



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Θερμική και διηλεκτρική συμπεριφορά των εναέριων
γραμμών διανομής μέσης τάσης από αγωγούς ACSR 35 mm²
κατά το βραχυκύκλωμα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Σ. Χατζημανώλης

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Θερμική και διηλεκτρική συμπεριφορά των εναέριων
γραμμών διανομής μέσης τάσης από αγωγούς ACSR 35 mm²
κατά το βραχυκύκλωμα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Σ. Χατζημανώλης

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την η Μαΐου 2009

.....
Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Νικόλαος Ι. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα Μάιος 2009

.....
Δημήτριος Σ. Χατζημανώλης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Δημήτριος Σ. Χατζημανώλης, 2009
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τη θερμική συμπεριφορά υπό τριφασικό και διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα καθώς και την διηλεκτρική συμπεριφορά υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας των αγωγών του εναέριου δικτύου διανομής μέσης τάσης. Εξετάζεται ο αγωγός τύπου ACSR, ισοδύναμης διατομής χαλκού 35mm^2 για μήκος γραμμής μέχρι εκατό χιλιόμετρα. Επίσης εξετάζεται η περίπτωση επαναληπτικής διακοπής (από διακόπτη ισχύος ή διακόπτη αυτόματης επαναφοράς) και η επίδραση αυτής στην αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνουν ότι ο αγωγός των 35mm^2 δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γραμμή κορμού στην Μέση Τάση. Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα για τους εγκαταστάτες μηχανικούς και εμπειρογνώμονες, καθώς μπορούν να βασιστούν σε αυτά για τη εξαγωγή συμπερασμάτων στα πεδία που τους απασχολούν.

Λέξεις κλειδιά:

βραχυκύκλωμα, θερμική συμπεριφορά, μέση τάση, γυμνοί αγωγοί, διακόπτης αυτόματης επαναφοράς, διηλεκτρική συμπεριφορά.

ABSTRACT

The present diploma thesis focuses on the thermal behaviour in the case of two-phase or three-phase short circuit without grounding as well as the dielectric behaviour under normal operating conditions of the overhead lines of medium voltage distribution network. Aluminum conductor steel reinforced is investigated with a corresponding cross section of a copper conductor of 50mm^2 for a line up to 100 kilometres. Moreover the presence of a reclosing circuit breaker or a recloser is investigated along with its impact on the operation of the lines. The results after calculations show that the conductor of 35mm^2 can not be used as a body line in the Middle Voltage. The results and conclusions of this work may seem especially useful for installation engineers and experts, as they can rely on them to draw conclusions in the areas of concern.

Keywords:

short-circuit, thermal behaviour, medium-voltage, bare conductors, recloser, dielectric behaviour.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τον αξιότιμο καθηγητή Περικλή Δ. Μπούρκα, ο οποίος επέβλεψε την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, για την αρωγή που μου προσέφερε με τις πολύτιμες συμβουλές του, ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η προσπάθεια. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα που με βοήθησε να αποκτήσω τον τρόπο σκέψης του μηχανικού. Δεν θα πρέπει να παραλείψω να αναφερθώ στην άριστη συνεργασία μας, την καθαρότητα των συνεννοήσεων και πάνω από όλα την άμεση και ειλικρινή αντιμετώπισή μου.

Εν κατακλείδι, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους τους γονείς μου, Σωτήρη και Θεοδώρα, για την υποστήριξη και την αμέριστη συμπαράστασή τους στον δύσκολο και διαρκή αγώνα που έδωσα, προκειμένου να πετύχω τους στόχους μου, μέχρι τώρα στην ζωή μου. Η συμβολή και η καθοδήγησή τους υπήρξε καθοριστική για την περάτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Το εισαγωγικό τμήμα της εργασίας προέρχεται από την διπλωματική εργασία του συνάδελφου ΒΙΛΛΙΑ Γ.Α., ηλεκτρολόγου μηχανικού Ε.Μ.Π, με θέμα την θερμική και διηλεκτρική συμπεριφορά αγωγού διατομής 50 mm^2 ισοδύναμου χαλκού του εναέριου δικτύου διανομής μέσης τάσης.

*Δημήτριος Σ. Χατζημανώλης,
Αθήνα, Μάιος 2009*

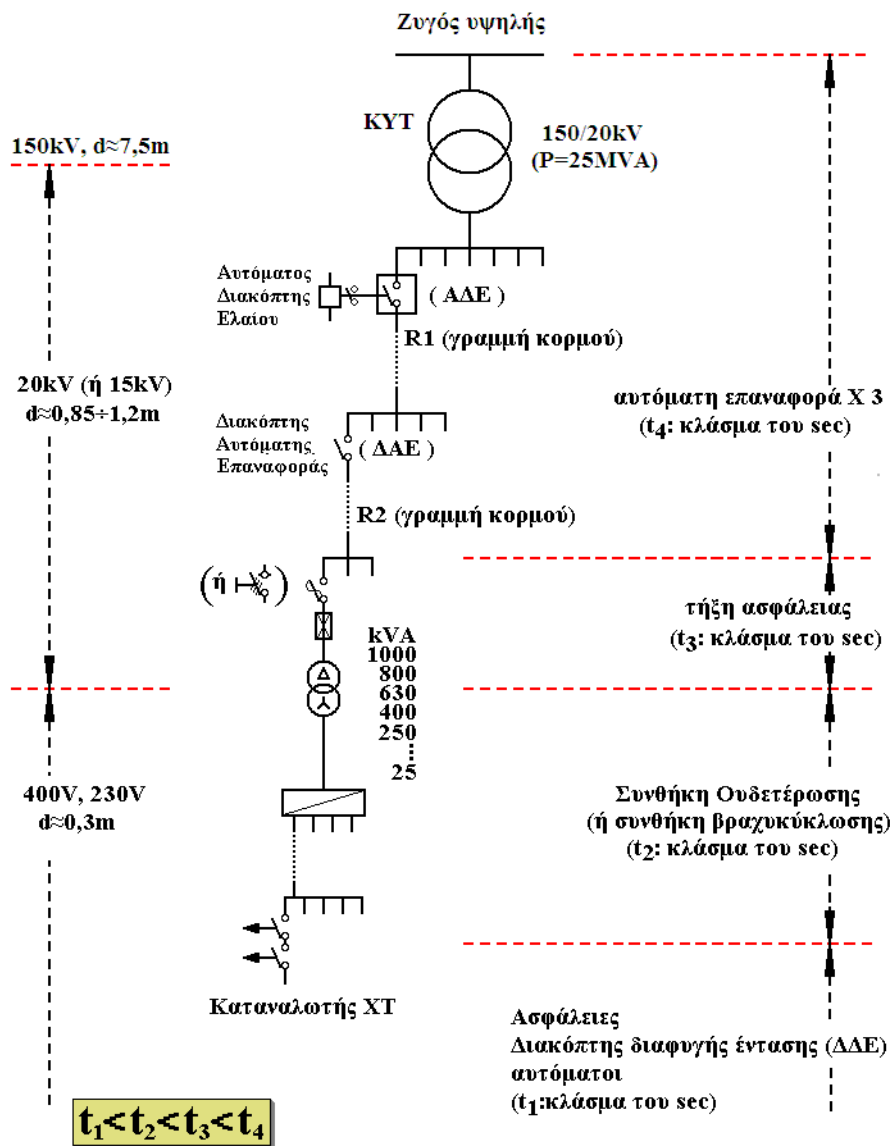
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	18
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΤΟΥ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	19
3.1. Γενικά περί αγωγών δικτύου διανομής ΜΤ.....	19
3.2. Η ωμική και επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ.....	21
3.3. Επιδερμικό φαινόμενο.....	23
4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ	25
4.1. Εισαγωγικές παρατηρήσεις – Βασικοί ορισμοί.....	25
4.2. Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε εναέρια δίκτυα διανομής μέσης τάσης 15kV και 20kV από τις αντιστάσεις.....	27
4.2.1 Υπολογισμός της ολικής σύνθετης αντίστασης κατά το βραχυκύκλωμα	27
Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή υψηλής τάσης προς μέση τάση.....	28
Η ωμική και η επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ.....	28
4.2.2. Υπολογισμός του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{sw})	28
4.2.3. Υπολογισμός του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d)	29
4.3. Προσδιορισμός της θερμικής καταπόνησης σε γυμνούς αγωγούς του δικτύου διανομής κατά το βραχυκύκλωμα.	29
4.4. Υπολογισμός θερμοκρασίας σε αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα σύμφωνα με το σχετικό ευρωπαϊκό πρότυπο.	31
5. ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ	34
5.1. Γενικά περί σπινθηρισμών και ερπουσών εκκενώσεων.....	34
5.2. Οι στεμματοειδείς εκκενώσεις (ή εκκενώσεις Korona)	34
5.3. Πεδιακή ένταση κατά την λειτουργία του εναέριου δικτύου ΜΤ	35
6. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ & ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ 2 ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.	
6.1. Υπολογισμός στοιχείων του Μ/Σ-Χρήσιμες σχέσεις για το βραχυκύκλωμα	38
6.2. Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA, $M\Sigma$ 150/20 KV)	40
6.3. Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA, $M\Sigma$ 150/20 KV)	65
6.4. Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA, $M\Sigma$ 150/15 KV)	90
6.5. Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA, $M\Sigma$ 150/15 KV)	115

6.6.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	140
6.7.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	165
6.8.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/15 KV) Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοποίηση	
6.9.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	215
7.	ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ & ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ 2 ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ(5 ΠΡΩΤΑ ΚΜ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ)	240
7.1.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	241
7.2.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	243
7.3.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	245
7.4.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	247
7.5.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	249
7.6.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	251
7.7.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	253
7.8.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	255
8.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ 1^ο,2^ο ΚΑΙ 3^ο ON-OFF.....	257
8.1.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	258
8.2.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	263
8.3.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	268
8.4.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	273
8.5.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	278
8.6.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/20 KV)	283
8.7.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=25$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	288
8.8.	Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα($P_N=50$ MVA,ΜΣ 150/15 KV)	293
9.	ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	298
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	299

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

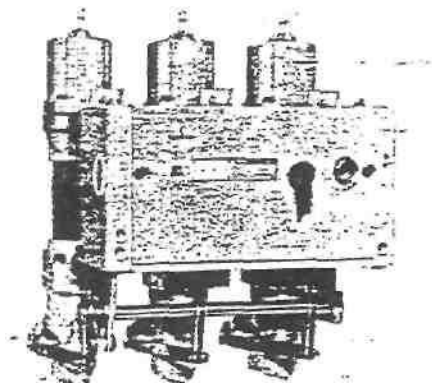
Τα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης (ΜΤ) του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από μεγάλο πλήθος στοιχείων και έχουν κατά κανόνα δενδροειδή μορφή. Στο σχήμα 1-1 δίνεται απλοποιημένα ένα παράδειγμα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με αυτό, από το μετασχηματιστή υψηλής τάσης (150 kV/20 kV, 25 MVA) του Κέντρου Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αναχωρούν μέσω αυτόματων διακοπών ελαίου (ΑΔΕ –βλ. σχήμα 1-2) διάφορες γραμμές μέσης τάσης (20 kV), που η καθεμία αφορά τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία ευρύτερη περιοχή. Οι γραμμές αυτές ονομάζονται «γραμμές κορμού» και κατασκευάζονται με αγωγούς μεγάλης διατομής, συνήθως 95mm² ισοδύναμου χαλκού, ενώ συμβολίζονται στα σχέδια με το γράμμα R και ένα αριθμό (π.χ. R 23) [2, 6, 8, 10, 13, 14]. Καθεμία από τις παραπάνω γραμμές διακλαδίζεται σε ορισμένες



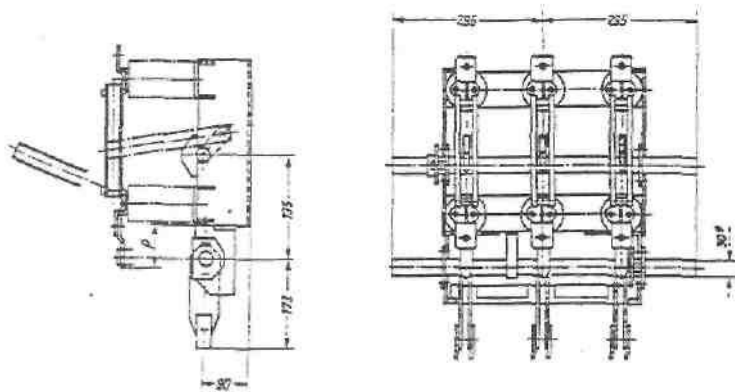
Σχήμα 1-1: Απλοποιημένο παράδειγμα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας

γραμμές, που αφορούν την ηλεκτροδότηση (τμημάτων της ευρύτερης περιοχής) μέσω διακοπών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ), οι οποίες ονομάζονται επίσης γραμμές κορμού [2, 10, 13, 14].

Δεδομένου ότι τα δίκτυα διανομής λειτουργούν ακτινικά η προστασία τους είναι δυνατή με απλές διατάξεις διαβαθμισμένες κατάλληλα. Κατά μήκος του δικτύου διανομής μέσης τάσης εγκαθίστανται μέσα ζεύξεως όπως αποζεύκτες (Σχήμα 1-3) και διακόπτες φορτίου και μέσα προστασίας όπως διακόπτες ισχύος (ΑΔΕ), διακόπτες απομονώσεως (Sectionalizers) και ασφάλειες. Τα μέσα ζεύξεως χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση ή απομόνωση των τμημάτων του δικτύου (π.χ. σε περιπτώσεις πυρκαγιών, εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών). Τα μέσα προστασίας χρησιμοποιούνται για την αυτόματη απομόνωση τμημάτων του δικτύου σε περίπτωση σφάλματος. Λόγω του ότι τα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι εκτεθειμένα, η συχνότητα εμφάνισης σφαλμάτων είναι αυξημένη. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε ποσοστό που υπερβαίνει το 80% του συνόλου, τα σφάλματα είναι παροδικά [8, 13].



Σχήμα 1-2: Αυτόματος διακόπτης ελαίου



Σχήμα 1-3: Τριπολικός αποζεύκτης μέσης τάσης με γείωση

Όταν συμβεί ένα σφάλμα σε μία γραμμή κορμού (π.χ. βραχυκύκλωμα λόγω πτώσης ενός κλαδιού στη γραμμή), τότε ο διακόπτης προστασίας (ΑΔΕ ή ο ΔΑΕ) θα διακόψει αυτομάτως την ηλεκτροδότηση της συγκεκριμένης γραμμής και θα τεθεί αμέσως αυτομάτως στη θέση εντός για να ηλεκτροδοτηθεί η γραμμή και αν υπάρχει ακόμα το σφάλμα θα γίνει και πάλι αυτόματη διακοπή και ακολούθως αυτόματη εκ νέου ηλεκτροδότηση. Αν και κατά την δεύτερη αυτή αυτόματη προσπάθεια του διακόπτη συνεχίζει να υπάρχει το σφάλμα, θα γίνει και μία τρίτη αυτόματη "διακοπή - εκ νέου ηλεκτροδότησης" και μόνο αν εξακολουθεί να υπάρχει το σφάλμα θα συμβεί πλέον οριστική διακοπή ρεύματος της εν λόγω γραμμής κορμού. Είναι προφανές ότι η προαναφερθείσα σε "τρεις κύκλους λειτουργία" των ΑΔΕ και των ΔΑΕ αποσκοπεί, σε

περιπτώσεις εμφάνισης παροδικών σφαλμάτων, τόσο στην προσπάθεια για απρόσκοπτη ηλεκτροδότηση μίας μεγάλης περιοχής, όσο και στην αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων συνεργείων. Σημειώνεται ότι η διακοπή της ηλεκτροδότησης σε κάθε κύκλο λειτουργίας των ΑΔΕ και των ΔΑΕ συμβαίνει πάντοτε σε κλάσμα του δευτερολέπτου (σχεδόν ακαριαία διακοπή, π.χ.: 0,15 sec, 0,35 sec, κ.λ.π.), που στην πράξη σημαίνει πως δεν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χρόνος για την εκδήλωση αξιόλογων θερμικών φαινομένων (δεν προκαλείται υπερθέρμανση της γραμμής πάνω από τα ανεκτά όρια [1, 2, 3, 11, 12], πολύ δε περισσότερο δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από τους αγωγούς).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1-1, οι γραμμές κορμού μέσω των ΔΑΕ διακλαδίζονται με την σειρά τους σε διάφορες γραμμές που καταλήγουν σε υποσταθμούς υποβιβασμού της μέσης τάσης σε χαμηλή τάση (20 kV/400V, 230 V). Οι υποσταθμοί αυτοί διακρίνονται σε υπαίθριους επί στύλων ισχύος μέχρι 400 kVA και σε εσωτερικού χώρου (συνήθως σε υπόγεια πολυκατοικιών) μεγαλύτερης ισχύος από 400 kVA. Στους υπαίθριους υποσταθμούς η γραμμή μέσης τάσης ηλεκτροδοτεί τον μετασχηματιστή μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών ή τριπολικών αποζευκτών (βλ. σχήμα 1-1), ενώ στους υποσταθμούς εσωτερικού χώρου η ηλεκτροδότηση του μετασχηματιστή γίνεται μέσω συγκροτήματος πινάκων. Σημειώνεται ότι για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης γραμμών (σε περιπτώσεις π.χ. πυρκαγιών, εργασιών συντήρησης και εργασιών αποκατάστασης βλαβών) υπάρχουν στις γραμμές μέσης τάσης μονοπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες και τριπολικοί αποζεύκτες μη εντασσόμενοι σε υπαίθριους υποσταθμούς.

Στο σχήμα 1-4 δίνονται τα μονογραμμικά σχέδια των πινάκων (ή κυψελών) του δικτύου της Δ.Ε.Η.. Εκτός από τους πίνακες αυτούς υπάρχει και ένας πίνακας για τη μέτρηση και τη καταγραφή της ισχύος. Στους πίνακες αυτούς συναντώνται τα βασικά είδη διακοπών καθώς και τους συνδυασμούς τους, που προαναφέρθηκαν. Οι πίνακες του σχήματος 1-4 και ο πίνακας για τη μέτρηση και καταγραφή της ισχύος (πίνακας ΚΜ) συναρμολογούνται (σε χώρο που διατίθεται από τον καταναλωτή) σε ένα συγκρότημα πινάκων, το είδος του οποίου εξαρτάται από τις ανάγκες του δικτύου της Δ.Ε.Η.. Από το συγκρότημα αυτό τροφοδοτείται ο καταναλωτής, μέσω ενός πίνακα ΒΚ I ή ΒΚ II. Στον πίνακα 1-1 δίνονται τα τέσσερα τυποποιημένα είδη συγκροτημάτων μέσης τάσης [1, 3].

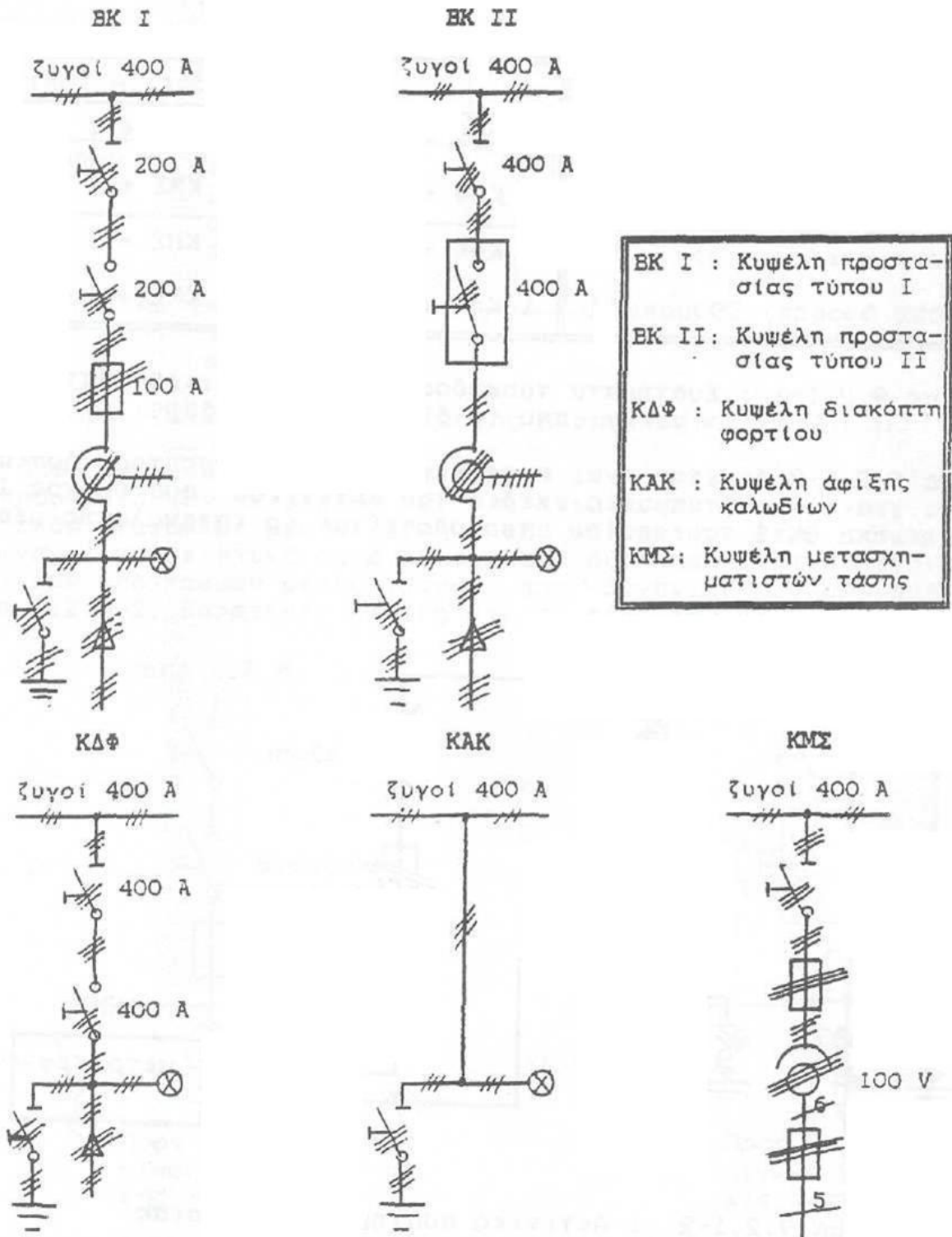
α/α	Σύστημα τροφοδοσίας	Περιλαμβάνει
1	Βροχοειδές σύστημα I	2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ I + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
2	Βροχοειδές σύστημα II	2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ II + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
3	Ακτινικό σύστημα I	1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ I + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
4	Ακτινικό σύστημα II	1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ II + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ

Πίνακας 1-1. Συστήματα τροφοδοσίας, μέσω συγκροτημάτων πινάκων, από το δίκτυο μέσης τάσης

Στο σχήμα 1-5 δίνεται ένα παράδειγμα συστήματος τροφοδοσίας. Πρόκειται για το μονογραμμικό σχέδιο του ακτινικού συστήματος I, από τον πίνακα ΒΚ I του οποίου τροφοδοτείται ο καταναλωτής μέσης τάσης.

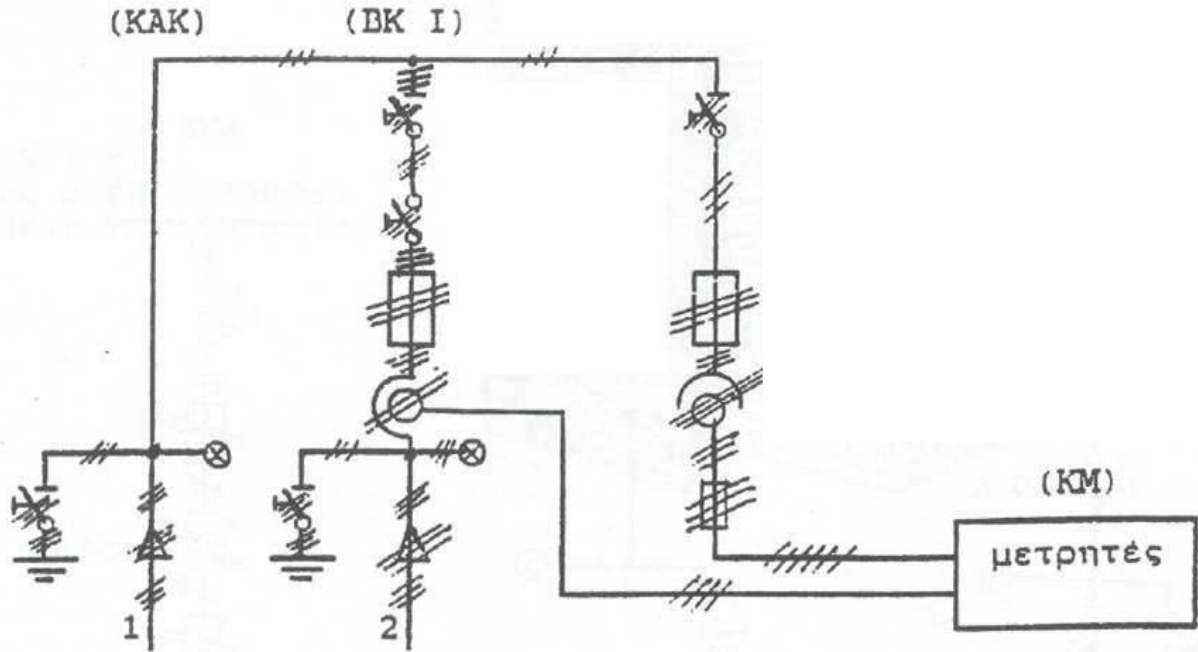
Η παροχή χαμηλής τάσης (400 V, 230 V) σε πελάτες χαμηλής τάσης γίνεται μέσω γραμμών χαμηλής τάσης (από γυμνούς αγωγούς ή συνεστραμμένα καλώδια) που ξεκινούν από τον πίνακα χαμηλής τάσης (ασφαλειοκιβώτιο) του υποσταθμού (σχήμα I). Τα συντεταγμένα καλώδια αποτελούν την σύγχρονη εξέλιξη των γραμμών διανομής χαμηλής.

Με σκοπό την ενημέρωση για τις παροχές χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. εξετάζονται παρακάτω ως παράδειγμα δύο γενικά μηχανολογικά σχέδια ενός πίνακα χαμηλής τάσης του δικτύου της (σχήματα 1-6 & 1-7), που αφορούν ένα πίνακα 6 διευθύνσεων (ή 5 αναχωρήσεων). ο οποίος αποτελείται από μία τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών και πέντε τριφασικές αναχωρήσεις. Ο παραπάνω πίνακας είναι εξωτερικού



Σχήμα 1-4: Πίνακες (κυψέλες) της Δ.Ε.Η. στη μέση τάση

χώρου. Από τις αναχωρήσεις του ξεκινούν οι γραμμές ρευματοδότησης προς τις κατοικίες και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (τριφασικές παροχές 380V/50Hz και μονοφασικές παροχές 220V/50Hz) [1, 3]. Σημειώνεται ότι στον ουδέτερο δεν τοποθετείται ασφάλεια, αλλά η ασφαλειοθήκη γεφυρώνεται. Η ύπαρξη της ασφαλειοθήκης στον ουδέτερο είναι Αγγλική τεχνική που στην Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζεται μόνο στην Αγγλία και στην Κύπρο.



Σχήμα 1-5. Ακτινικό σύστημα τροφοδοσίας
1: από το δίκτυο. 2: προς τον καταναλωτή

Ένα απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα πέντε αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων), που διευκολύνει στη κατανόηση της λειτουργίας του, δίνεται στο *σχήμα 1-8*. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό (αλλά και από το *σχήμα 1-6*) η τροφοδοσία του πίνακα από τον μετασχηματιστή μέσης τάσης γίνεται μέσω τεσσάρων μονοπολικών αποζευκτών (ένας σε κάθε φάση και ένας στον ουδέτερο). Οι τριφασικές αναχωρήσεις του πίνακα είναι κατακόρυφες διακλαδώσεις πέντε οριζώντιων ζυγών (R, S T, 0 και MP) [1, 3].

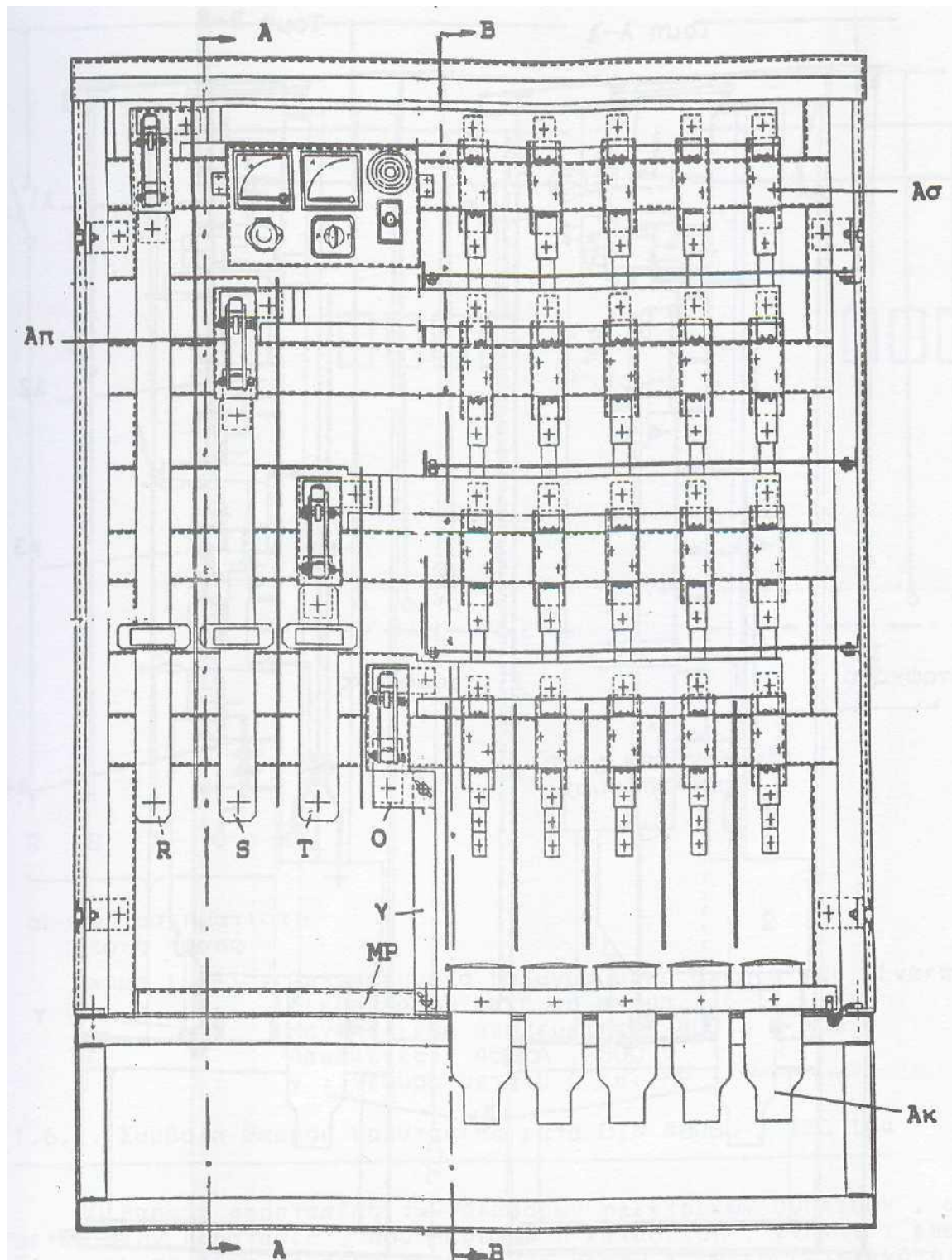
Η τροφοδοσία του πίνακα και μία αναχώρηση φαίνονται αναλυτικά στις τομές A-A και B-B αντίστοιχα. Στην τομή A-A παρατηρεί κανείς κυρίως : τον μονοπολικό αποζεύκτη της φάσης R και τον ζυγό (μπάρα) εισόδου προς αυτόν, τους ζυγούς (μπάρες) και το ακροκιβώτιο της πρώτης αναχώρησης, δύο μονωτικά διαχωριστικά (1 και 2) και έναν πίνακα φωτισμού-μετρήσεων. Τα ονομαστικά στοιχεία του απαζεύκτη είναι 800A/500V. Στην τομή B-B φαίνονται κυρίως τα στοιχεία της πρώτης αναχώρησης: οι τέσσερις ασφαλειοθήκες, οι ζυγοί των τριών φάσεων και του ουδέτερου, το ακροκιβώτιο και το μονωτικό διαχωριστικό (2). Οι ασφάλειες που τοποθετούνται στους πίνακες αυτούς είναι μαχαιρωτού τύπου και το ονομαστικό ρεύμα τους εξαρτάται από το μέγεθος του μετασχηματιστή, το είδος του αγωγού και το μήκος της γραμμής.

Οι πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου της Δ.Ε.Η. διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες [1, 3]:

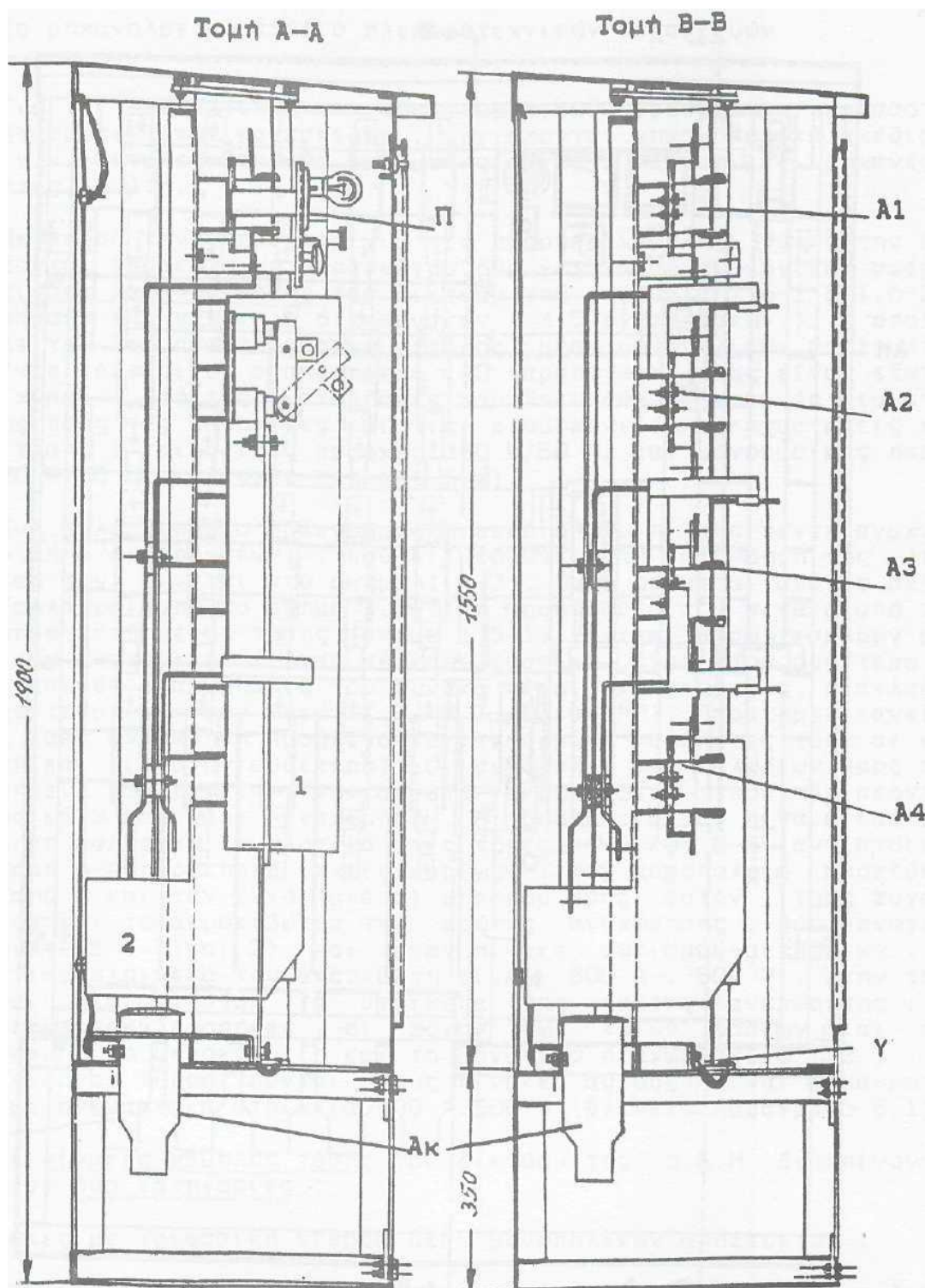
1) πίνακες με τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών :

- α) πίνακες 5 αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων) κατά τα *σχήματα 1-6 έως 1-8*
- β) πίνακες 8 αναχωρήσεων (ή 9 διευθύνσεων) , που είναι εσωτερικού χώρου

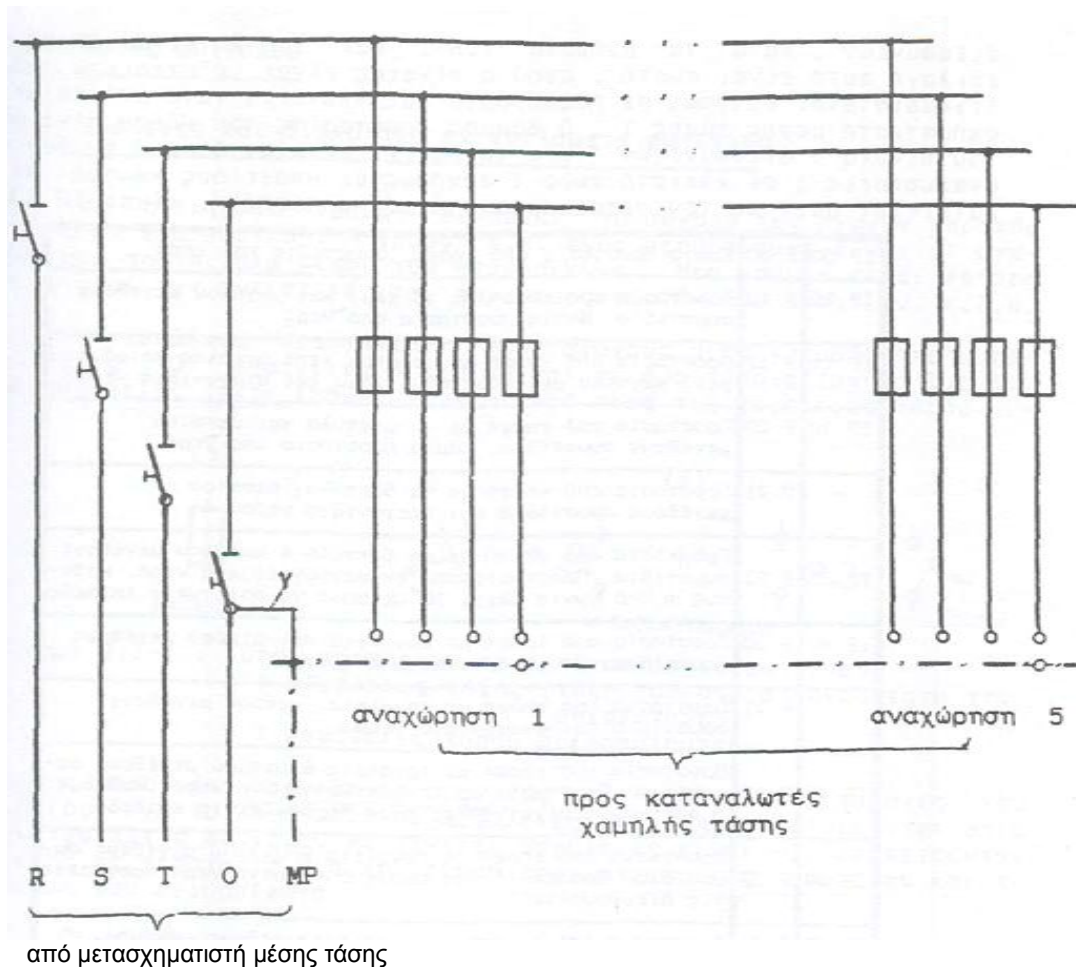
2) τα ασφαλειοκιβώτια (τεσσάρων ή δύο ή μίας αναχώρησης), που είναι εξωτερικού χώρου και δεν έχουν στην είσοδο αποζεύκτες



Σχήμα 1-6. Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. (6 διευθύνσεις: μία είσοδος και πέντε αναχωρήσεις).
R, S, T, 0, MP: ζυγί φάσεων (R, S & T), ουδετέρου (0) και γείωσης MP.
Ασ: ασφαλειοθήκη 400Α/500V
Απ: μονοπολικός απαζεύκτης 800Α/500V
Ακ: ακρακιβώτιο , γέφυρα μεταξύ 0 και MP



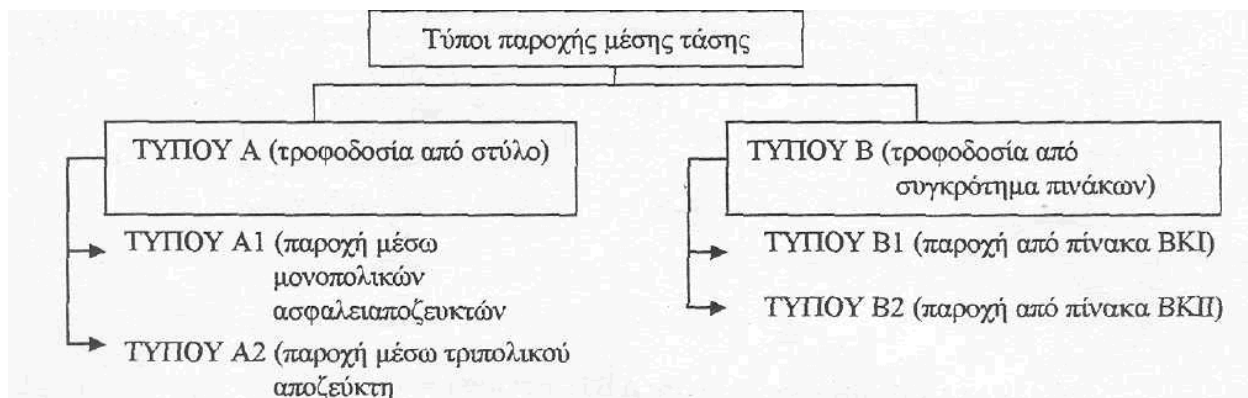
Σχήμα 1-7. Τομή Α-Α και Τομή Β-Β του πίνακα 6 διευθύνσεων κατά το προηγούμενο σχήμα.
 Α1, Α2, Α3 και Α4: ασφαλειοθήκες 400Α/500V
 1 και 2: μονωτικά διαχωριστικά,
 Απ: μονοπολικός απαζεύκτης 800Α/500V,
 Ακ: ακροκιβώτιο, γ: γέφυρα γείωσης,
 Π: Πίνακας φωτισμού - μετρήσεων



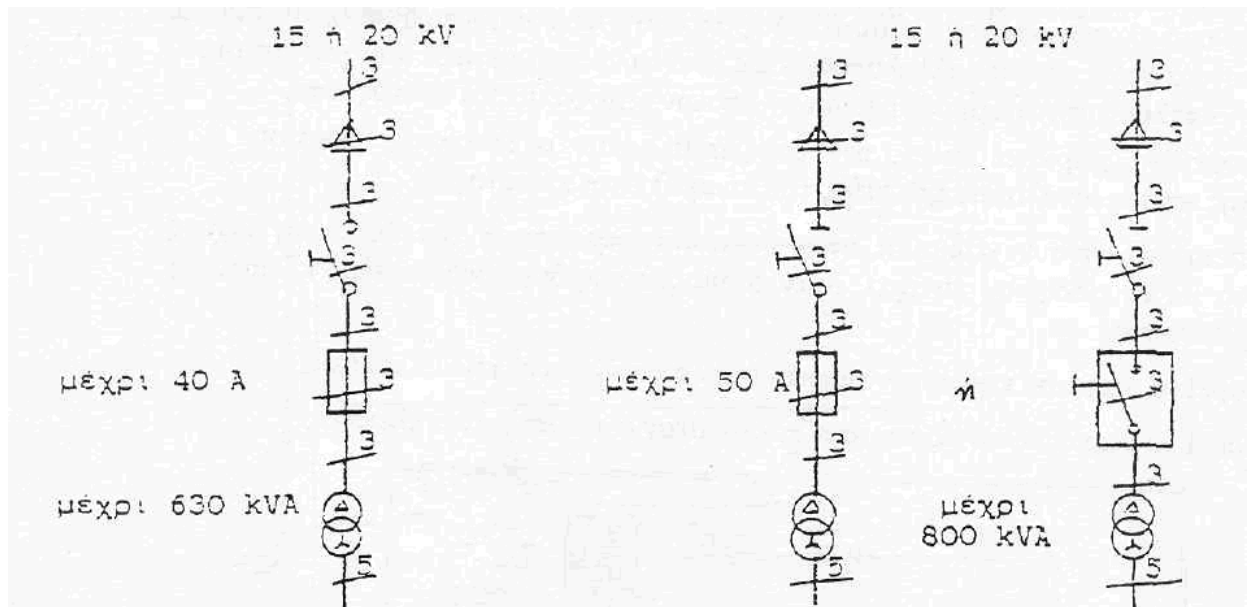
Σχήμα 1-8. Απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα 6 διεθύνσεων κατά το σχήμα 1-7.

Μονοπολικός απαζεύκτης: 800A/500V
Ασφάλειες: 400A/500V,
γ: γέφυρα μεταξύ 0 και MP

Η παροχή μέσης τάσης σε καταναλωτές αφορά απορροφημένες εντάσεις ρεύματος άνω των 200A ανά φάση, όπως συμβαίνει συνήθως σε βιομηχανίες, νοσοκομεία άνω των 100 κλινών, μεγάλα ξενοδοχεία, κτίρια ΑΕΙ, κ.λ.π. Οι τύποι παροχής μέσης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. προς τους καταναλωτές μέσης τάσης δίνονται στο διάγραμμα του *σχήματος 1-9*. Ορισμένα παραδείγματα υποσταθμών, ανάλογα με τον τύπο παροχής, την ονομαστική τάση του δικτύου και την ισχύ του μετασχηματιστή δίνονται στα *σχήματα 1-10 και 1-11* [1, 3].

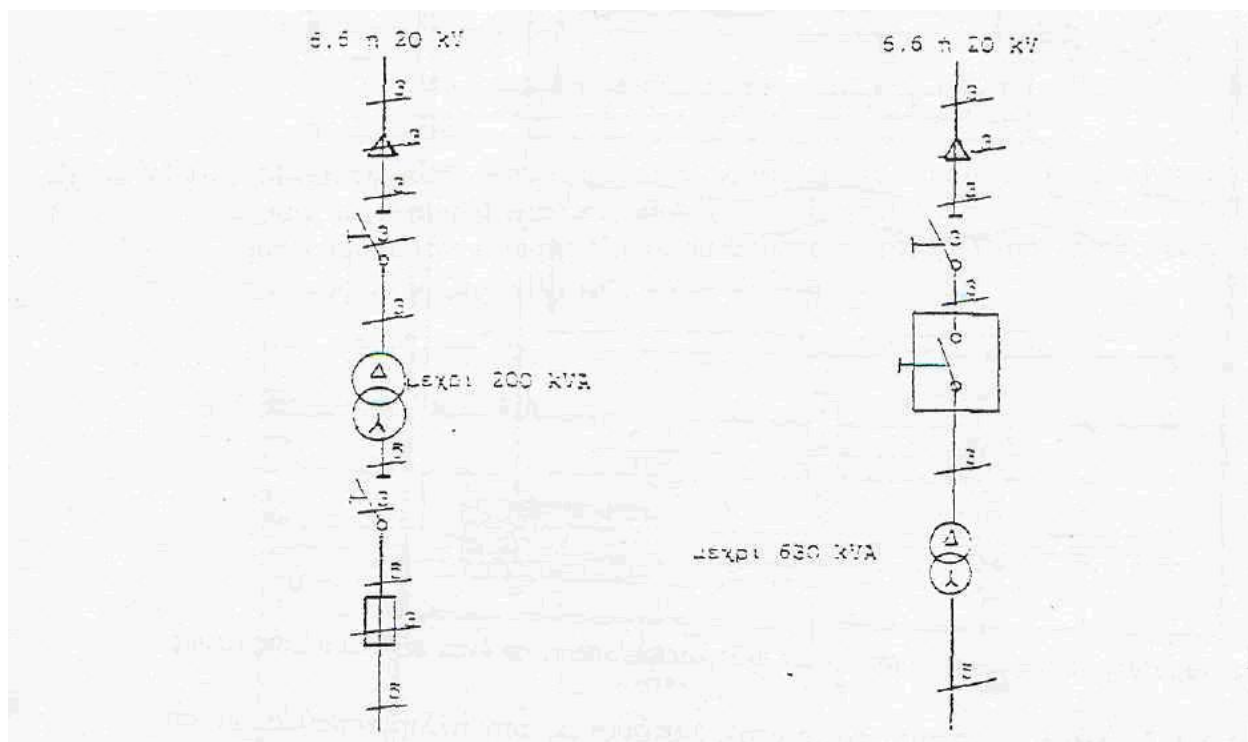


Σχήμα 1-9: Τύποι παροχής μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.



Σχήμα 1-10. Μονογραμμικά σχέδια υποσταθμών σε περίπτωση παροχής από στύλο (παροχές A1 και A2)

Για τον εξοπλισμό μέσης τάσης των ιδιωτικών υποσταθμών, από παροχές του δικτύου με ονομαστική τάση διαφορετική από 20kV, είναι γνωστό ότι η Δ.Ε.Η. στοχεύει στη μετατροπή όλων των δικτύων μέσης τάσης στα 20kV. Για το λόγο αυτό ο εξοπλισμός μέσης τάσης του υποσταθμού θα πρέπει να είναι κατάλληλος και για ονομαστική τάση 20kV. Αυτό σημαίνει π.χ. για έναν υποσταθμό, που θα λειτουργήσει στα 15kV ή στα 6,6kV, ότι ο εξοπλισμός μέσης τάσης (μετασχηματιστής, πίνακες και γενικά οι αποστάσεις μόνωσης και προστασίας στον χώρο του υποσταθμού) θα πρέπει να είναι κατάλληλος στα 15kV ή στα 6,6kV και για 20kV.



Σχήμα 1-11. Μονογραμμικά σχέδια υποσταθμών σε περίπτωση παροχής τύπου B1

Στα σχέδια 1-10 και 1-11 εννοείται ότι υπάρχει διάταξη γειωτή η οποία δεν έχει σχεδιασθεί στα έντυπα.

Από τα παραπάνω, που πολύ περιληπτικά επεξηγήθηκαν, διακρίνονται ως προς την προστασία έναντι του βραχυκυκλώματος 7 περιοχές (ζώνες):

- Προστασία των γραμμών κορμού διανομής μέσης τάσης μέσω ΑΔΕ ή ΔΑΕ.
- Προστασία γραμμών διανομής μέσης (για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης) μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών και τριπολικών αποζευκτών.
- Προστασία υπαίθριων υποσταθμών μέσης τάσης μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών.
- Προστασία υποσταθμών εσωτερικού χώρου μέσω ασφαλειών μέσης τάσης ή μέσω αυτόματων διακοπών.
- Προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών μέσης τάσης (κυρίως Βιομηχανίες, μεγάλα κτίρια γραφείων, μεγάλα ξενοδοχεία, νοσοκομεία άνω των 100 κλινών, κτίρια ΑΕΙ, κ.λ.π.) μέσω ασφαλειών μέσης τάσης ή μέσω αυτόματων διακοπών στους ιδιωτικούς πίνακες τους.
- Προστασία των γραμμών διανομής χαμηλής τάσης μέσω των ασφαλειών στο ασφαλιοκιβώτιο των υποσταθμών μέσης τάσης
- Προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών χαμηλής τάσης (κυρίως κατοικίες, γραφεία, βιοτεχνίες, κ.λ.π.) μέσω ΔΔΕ, ασφαλειών και αυτομάτων διακοπών.

Στην αρχή κάθε ζώνης υπάρχει ένα μέσο προστασίας ώστε να απομονώνει το προστατευόμενο τμήμα του δικτύου σε περίπτωση σφάλματος. Με κατάλληλη ρύθμιση (π.χ. ο χρόνος διακοπής t) επιτυγχάνεται η ιεράρχηση των προστασιών του δικτύου [1, 8, 13].

Τα σφάλματα του δικτύου διανομής οδηγούν στην μη κανονική λειτουργία του και οφείλονται κατά κύριο λόγο στην απώλεια μόνωσης, η οποία οδηγεί σε βραχυκύκλωμα. Το βραχυκύκλωμα, λόγω των υπερεντάσεων που δημιουργεί, καταπονεί δυναμικά και θερμικά [1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 20] τα στοιχεία του δικτύου και γενικότερα τις ηλεκτροτεχνικές κατασκευές, με αποτέλεσμα να προκαλούνται ακόμα και μόνιμες βλάβες του υλικού. Η δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας θεωρείται ότι είναι το τριφασικό βραχυκύκλωμα λόγω των μεγάλων ρευμάτων βραχυκυκλώσεως που δημιουργούνται. Εκτός από το βραχυκύκλωμα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η διηλεκτρική συμπεριφορά του εξοπλισμού μέσης και χαμηλής τάσης μίας εγκατάστασης διανομής, όπως, η αδυναμία εκδήλωσης σπινθηρισμών στους μονωτήρες μέσης τάσης, οι σωστές αποστάσεις μόνωσης, κ.λ.π.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

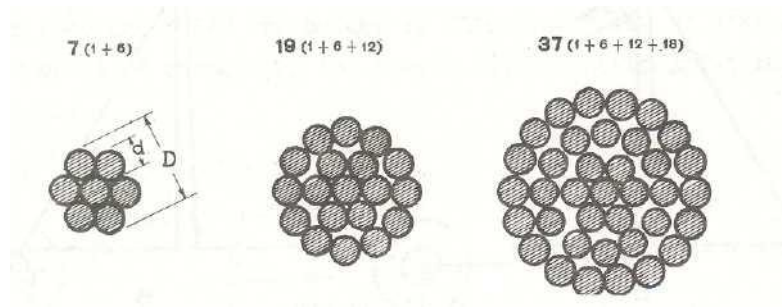
Η διπλωματική εργασία αυτή αφορά στον προσδιορισμό της θερμικής και τη διηλεκτρικής συμπεριφοράς των εναέριων γραμμών μέσης τάσης του δικτύου διανομής. Για το σκοπό αυτό γίνονται αρχικά υπολογισμοί που μπορούν να χρησιμεύσουν για όλα τα είδη γραμμών μέσης τάσης και εξετάζεται ως παράδειγμα μία γραμμή μέσης τάσης μήκους 100 km από αγωγούς αλουμινίου με χαλύβδινο πυρήνα (ACSR) ισοδύναμης διατομής χαλκού 35 mm².

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΤΟΥ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

3.1. Γενικά περί αγωγών δικτύου διανομής ΜΤ

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό, αλουμίνιο ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR) [1, 2, 3, 9, 10, 14]. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράμματα π.χ. από γαλβανισμένο χάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο κ.λ.π. [10].

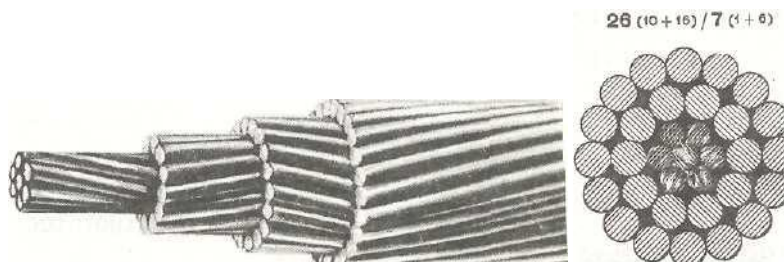
Οι αγωγοί κατασκευάζονται μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι. Στα εναέρια δίκτυα σπάνια χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι αγωγοί, γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλωνους. Επίσης οι μονόκλωνοι είναι δύσκαμπτοι. Η διατομή των μονόκλωνων αγωγών είναι μέχρι 16mm^2 [10]. Οι πολύκλωνοι αγωγοί έχουν τη μορφή του σχήματος 3.1-1



Σχήμα 3.1-1: Γυμνός πολύκλωνος αγωγός αποτελούμενος από 7, 19 και 37 κλώνους [10].

Οι αγωγοί, χαλκού και αλουμινίου, αποτελούνται από κλώνους της ίδιας διατομής. Γύρω από ένα κεντρικό αγωγό περιελίσσονται οι υπόλοιποι σε στρώσεις και οι αγωγοί παίρνουν τη μορφή των συρματόσχοινων. Οι αριθμοί των κλώνων είναι 7,19,37,61 κλπ. Ο χαλκός έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και καλή μηχανική αντοχή ενώ παράλληλα δεν διαβρώνεται εύκολα και γι' αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα που είναι κοντά στη θάλασσα. Το αλουμίνιο από την άλλη είναι τρεις φορές ελαφρύτερο από τον χαλκό και είναι πιο φθηνό. Όμως έχει το 1/2 της μηχανικής αντοχής και το 60% περίπου της αγωγιμότητας του χαλκού [10].

Τα μειονεκτήματα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζονται με επιτυχία με τους αγωγούς αλουμινίου-χάλυβα (ACSR). Αυτοί έχουν ψυχή από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα. Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος ενώ παράλληλα είναι πιο φθηνό από τους αγωγούς χαλκού [10]. Οι αγωγοί αλουμινίου-χάλυβα έχουν τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 3.1-2.



Σχήμα 3.1-2: Διατομή αγωγού αλουμινίου-χάλυβα. (ACSR) [10].

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΥΜΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ				
Διατομή Αγωγών mm ²	Βάρος Kg/m	Διάμετρος mm	Κλώνοι mm	Φορτίο θραύσεως Kg
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΎΨΗ (ACSR)				
16	0,102	6,96	6Al/1St/2,32	950
35	0,224	10,32	6Al/1St/3,44	2000
50	0,321	12,33	6Al/1St/4,11	2800
95	0,609	17,24	26/2,72Al+7/2,12St	5650
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΎΨΗ (ACSR-R)				
16	0,372	10,32	3Al/4St/3,44	4635
ΑΓΩΓΟΙ ΕΚ ΚΡΑΜΑΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (AAAC)				
35	0,098	7,50	7/2,50	980
70	0,189	10,50	19/2,10	1880
95	0,269	12,50	19/2,50	2670
185	0,525	17,50	37/2,50	5170
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (Al)				
16	0,074	6,63	7/2,21	470
35	0,158	9,66	7/3,22	940
50	0,229	11,75	19/2,35	1442
70	0,320	13,90	19/2,78	2018
ΑΓΩΓΟΙ ΧΑΛΚΟΥ (Cu)				
16	0,144	5,13	7/1,71	739
35	0,315	7,59	7/2,53	1566
50	0,453	9,20	19/1,83	2299
70	0,634	10,70	19/2,17	3162

Πίνακας 3.1-1 Χαρακτηριστικά γυμνών αγωγών εναέριου δικτύου [10]

Σημείωση:

Οι διατομές αγωγών ACSR, ACSR-R και Al είναι ισοδύναμου χαλκού.

Οι διατομές των αγωγών Χαλκού και AAAC είναι πραγματικές.

Η ανοχή του βάρους των αγωγών είναι, +2%.

Οι αγωγοί ACSR έχουν περίπου 50% μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς χαλκού και είναι 20% ελαφρύτεροι για ισοδύναμη διατομή με το χαλκό. Στον πίνακα 3.1-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά αγωγών που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία [1] οι κλώνοι αλουμινίου των αγωγών αλουμινίου και των αγωγών τύπου ACSR σχηματίζουν υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα οξείδιο αλουμινίου, που του προστατεύει από την διάβρωση. Είναι γνωστό ότι οι καθαλατώσεις προκαλούν αλλοιώσεις στους κλώνους αλουμινίου γιατί σχηματίζουν χλωρίδια του αλουμινίου τα οποία εξατμίζονται, ενώ το οξείδιο του αλουμινίου δεν καταστρέφεται αλλά παραμερίζεται στις θέσεις εξάτμισης. Πρόβλημα διάβρωσης του αλουμινίου υπάρχει ακόμα και υπό την

επίδραση της ηλεκτρικής τάσης που ονομάζεται ηλεκτρική διάβρωση και η οποία γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνει η θερμοκρασία, καθώς έτσι εννοούνται οι κινήσεις των ηλεκτρικών φορέων. Μια φυσική ερμηνεία της ηλεκτρικής διάβρωσης μπορεί να αποδοθεί στις ξένες επικαθήσεις επί των αγωγών, οι οποίες προκαλούν κατανομή του πεδίου στην επιφάνεια, με επακόλουθο την ενεργοποίηση μηχανισμών παραγωγής ελεύθερων ηλεκτρικών φορέων [1].

3.2. Η ωμική και επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ

Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών παρουσιάζουν ωμική αντίσταση που δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: την θερμοκρασία, την συχνότητα και την πυκνότητα ρεύματος. Από την βιβλιογραφία [5, 9, 10] γνωρίζουμε ότι αν είναι γνωστή η ωμική αντίσταση ενός αγωγού R_{T1} σε θερμοκρασία $T1$ και ζητείται να υπολογιστεί σε θερμοκρασία $T2$ τότε ισχύει η σχέση:

$$R_{T_2} = R_{T_1} [1 + a (T_2 - T_1)] \quad (3.2-1)$$

Όπου a : ο συντελεστής θερμοκρασίας του αγωγού, ο οποίος μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία που όμως για τις θερμοκρασίες -20°C έως 80°C η μεταβολή του είναι ελάχιστη. Για το αλουμίνιο [1, 2, 10]: $a \approx 0,0037 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών λόγω του επιδερμικού φαινομένου το οποίο αναλύεται στην επόμενη παράγραφο. Για την συχνότητα των 50 Hz όμως η αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών είναι πολύ μικρή (λιγότερη του 1%) για τις συνηθισμένες διατομές [10]. Επίσης για τον υπολογισμό της αντίστασης των αγωγών δεν λαμβάνεται υπόψη το πραγματικό μήκος που εξαρτάται από το βέλος των γραμμών, αλλά το μήκος ανοίγματος μεταξύ των σημείων στήριξης τους.

Καθώς οι αγωγοί των εναέριων γραμμών διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργείται γύρω τους ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο αντιδρά στην αιτία που το προκάλεσε δηλαδή την κίνηση των ηλεκτρονίων. Σε αυτήν ακριβώς την αδράνεια στην κίνηση των ηλεκτρονίων που προκαλείται από την αντίδραση του μαγνητικού πεδίου, οφείλεται η επαγωγική αντίσταση των γραμμών, η οποία δίνεται από τον τύπο [5, 9, 10]:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L \quad (3.2-2)$$

Όπου X_L σε Ω , f η κυκλική συχνότητα (Hz) και L ο συντελεστής αυτεπαγωγής (H)

Από την βιβλιογραφία [1, 2, 5, 9, 10, 14] δίνονται τιμές για την ωμική και επαγωγική αντίσταση των αγωγών ACSR (και ειδικότερα για τον ACSR 35mm² στην περίπτωση που εξετάζεται) οι οποίες όμως εμφανίζουν μικρές διαφορές. Στον πίνακα 3.2-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών μέσης τάσης έτσι όπως δίνονται από την Δ.Ε.Η.

Τέλος η χωρητικότητα των εναέριων γραμμών ΜΤ (όπως φαίνεται και στο πίνακα 3.2-2) είναι της τάξεως των 10nF/km [1, 5, 9, 10]. Όμως, λόγω του σχετικά μικρού μήκους των γραμμών αυτών δεν λαμβάνεται υπ' όψη η χωρητικότητα αυτή. Δεν λαμβάνεται επίσης υπ' όψη η αγωγιμότητα G (που βασικά εκφράζει τις απώλειες εξαιτίας του φαινομένου Κορονα) [1,2,3]. Το ισοδύναμο δηλαδή κύκλωμα της εναέριας γραμμής ΜΤ είναι η σύνθετη αντίσταση: $Z=R+j\omega L$.

Οι τιμές των αντιστάσεων για τον αγωγό ACSR 35mm² που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την εργασία είναι αυτές του πίνακα 3.2-1, δηλαδή $R_{\gamma}''=0,576\Omega/\text{km}$ και $X_{\gamma}''=0,397\Omega/\text{km}$.

ΑΓΩΓΟΙ	$Z_1=Z_2=R+jX$		$Y_1=Y_2=j\omega C$	$Z_0=R_0+jX_0$		$Y_0=j\omega C_0$	$Z_e=(Z_1+Z_2+Z_0)/3$	Imax (A)
	R (Ω/km)	X (Ω/km)	C (nF/km)	R ₀ (Ω/km)	X ₀ (Ω/km)	C ₀ (nF/km)	Z _e (Ω/km)	
16 ACSR	1,268	0,422	9,248	1,416	1,620	4,388	1,317+j0,821	136
35 ACSR	0,576	0,397	9,896	0,724	1,595	4,518	0,625+j0,796	224
50 ACSR	0,404	0,386	10,220	0,552	1,584	4,587	0,453+j0,785	295
95 ACSR	0,215	0,334	10,890	0,363	1,556	4,712	0,264+j0,741	448
95 ACSR (διπλή)	0,108	0,160	20,970	0,256	1,363	5,966	0,157+j0,561	896
35 AAAC	1,071	0,393	9,364	1,219	1,616	4,406	1,120+j0,801	160
70 AAAC	0,562	0,370	9,927	0,710	1,592	4,527	0,611+j0,777	240
185 AAAC	0,204	0,337	10,922	0,352	1,559	4,723	0,253+j0,744	462
16 Cu	1,274	0,417	8,802	1,422	1,639	4,292	1,323+j0,824	115
35 Cu	0,596	0,393	9,383	0,744	1,615	4,443	0,645+j0,800	185
50 Cu	0,426	0,377	9,698	0,574	1,600	4,510	0,475+j0,785	232
95 Cu	0,220	0,358	10,268	0,368	1,580	4,629	0,269+j0,765	352
95 Cu (διπλή)	0,110	0,172	19,817	0,258	1,375	5,922	0,159+j0,573	704
16 ACSR-R	1,150	0,397	9,896	1,298	1,600	4,507	1,199+j0,798	148
3x50 Al+50 St	0,823	0,150	146	1,689	1,589	146	1,112+j0,630	123
3x150Al+50 St	0,266	0,125	217	1,183	1,395	217	0,572+j0,548	241
3x150 Al NAEKBA	0,245	0,116		1,117	0,616		0,536+j0,283	233
3x240 Al NAEKBA	0,150	0,108	530	1,083	0,585	530	0,461+j0,267	310
3X240 Al+25 Al XLPE	0,162	0,115	270	1,092	0,800	270	0,472+j0,343	410
1x50 Al υποβρ.	0,739	0,619	235	3,695	1,857	235	1,724+j1,032	203
1x50Cu υποβρ.	0,388	0,645	247	1,940	1,935	247	0,905+j1,075	228
1x95 Cu υποβρ.	0,215	0,626	296	1,075	1,878	296	0,502+j1,043	300
3x35 Al υποβρ.	1,035	0,115	226	5,175	0,345	226	2,415+j0,192	145
3x35 CU υποβρ.	0,617	0,115	226	3,085	0,345	226	1,440+j0,192	190
3x50 Al υποβρ.	0,757	0,112	280	3,785	0,336	280	1,766+j0,187	170
3x150Al υποβρ.	0,243	0,079	373	1,215	0,237	373	0,567+j0,132	300
3x95 Cu υποβρ.	0,248	0,125	296	0,620	0,210	296	0,372+j0,153	350

Πίνακας 3.2-1:

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά γραμμών ΜΤ (Πηγή: ΔΕΗ)

1. Απόσταση 100m μεταξύ διαδοχικών πύλων μονοπολικών υποβρυχίων καλωδίων.
2. Όλες οι τιμές I_{max} αντιστοιχούν σε συνεχή φόρτιση (συντελεστής φορτίου 100%).
3. Οι τιμές I_{max} για τα υποβρύχια καλώδια αντιστοιχούν σε θερμοκρασία νερού 25°C.
4. Με σκίαση υποδηλώνεται η αναθεώρηση του I_{max} για τα ΣΚ ΜΤ με την επανέκδοση της ΟΔ Νο 46.
5. Για τις διπλές γραμμές θεωρείται παράλληλη λειτουργία των δύο κυκλωμάτων.
6. Οι ομοπολικές χωρητικότητες έχουν υπολογιστεί με βάση το ελάχιστο ύψος ανάρτησης των αγωγών, για κανονικό έδαφος, βασικό άνοιγμα 75m και θερμοκρασία περιβάλλοντος +16°C.

3.3. Επιδερμικό φαινόμενο

Η αντίσταση ενός αγωγού που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του ίδιου αγωγού όταν αυτός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. Η διαφορά αυτή της τιμής της αντίστασης ενός αγωγού οφείλεται αποκλειστικά στην διαφορετική κατανομή της πυκνότητας του ρεύματος επί της διατομής του αγωγού. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται μεγαλύτερη πυκνότητα ρεύματος στην επιφάνεια των αγωγών από ότι στο κέντρο τους. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται με τον όρο επιδερμικό φαινόμενο (skin effect) [10, 12, 16]. Το επιδερμικό φαινόμενο οφείλεται σε επαγωγικά φαινόμενα που προκαλούνται από το χρονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.

Όπως γίνεται σαφές λόγω του επιδερμικού φαινομένου το ρεύμα δεν διαρρέει ολόκληρη την διατομή ενός αγωγού. Ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει το μέγεθος του επιδερμικού φαινομένου ορίζεται από το βάθος διείσδυσης (επιδερμικό βάθος) δ . Σε απόσταση δ από την επιφάνεια του αγωγού η πυκνότητα ρεύματος έχει το $1/e$ της αρχικής της τιμής S_0 στη επιφάνεια του αγωγού. Το βάθος διείσδυσης δίνεται από τον τύπο [12, 16, 18]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}} \quad (3.3-1)$$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του υλικού, μ η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού και f η συχνότητα.

Για συχνότητα 50 Hz έχουμε:

$$\delta_{Cu} = 9,44\text{mm στο χαλκό}$$

$$\delta_{Al} = 12,3\text{mm στο αλουμίνιο}$$

$$\delta_{Fe} = 1,8\text{mm στο σίδηρο (ατσάλι) όταν η σχετική μαγνητική διαπερατότητα } \mu_r \text{ έχει τιμή } 200$$

Ο αγωγός του εναέριου δικτύου που εξετάζεται είναι ο ACSR 35mm² ο οποίος έχει 6 κλώνους αλουμινίου τυλιγμένους γύρω από 1 κλώνο χάλυβα (Πίνακας 3.1-1). Τόσο οι κλώνοι αλουμινίου όσο και οι κλώνοι χάλυβα έχουν διάμετρο $d=3,44\text{mm}$ έκαστος. Γίνεται πλήρης εκμετάλλευση τόσο των κλώνων αλουμινίου όσο και του κλώνου χάλυβα. Επομένως η διατομή των κλώνων αλουμινίου είναι :

$$A_{Al}=N_{Al}*\pi*\left(\frac{d_{Al}}{2}\right)^2 = 6 * \pi * \left(\frac{3,44}{2}\right)^2 \leftrightarrow A_{Al}=55,73 \text{ mm}^2 \quad (3.3-2)$$

Η διατομή του κλώνου χάλυβα είναι,

$$A_{St}=N_{Al}*\pi*\left(\frac{d_{Al}}{2}\right)^2 = \pi * \left(\frac{3,44}{2}\right)^2 \leftrightarrow A_{St}=9,29 \text{ mm}^2 \quad (3.3-3)$$

Για την μετατροπή της διατομής αυτής σε ισοδύναμη αλουμινίου είναι:

$$A_{Al} = A_{St} * \rho_{Al} / \rho_{St} = 9,29 * 0,03 / 0,15 = 1,86 \text{ mm}^2 \quad (3.3-4)$$

Όπου $\rho_{Al}=0,03 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ και $\rho_{St}=0,15 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ οι ειδικές αντιστάσεις του αλουμινίου και του χάλυβα αντίστοιχα [1].

Άρα η συνολική διατομή του αγωγού σε ισοδύναμη αλουμινίου είναι :

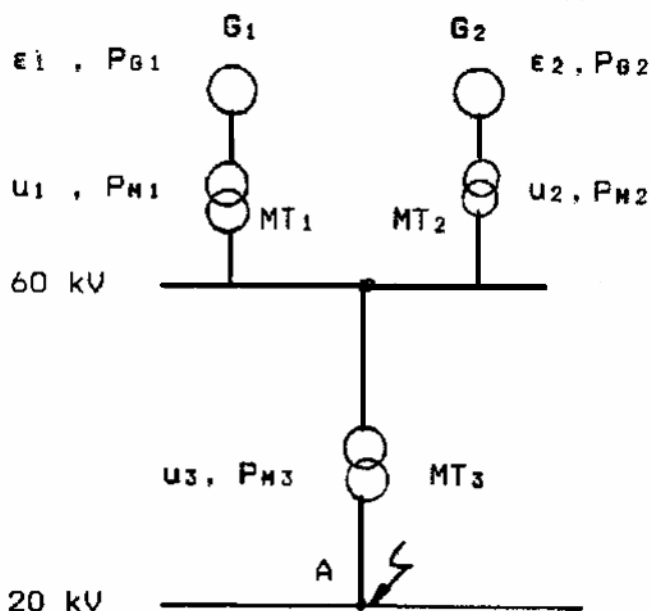
$$A_{ACSR \text{ 35 mm}}^2 = 57,59 \text{ mm}^2$$

Στην πραγματικότητα η ανάλυση της επίδρασης του επιδερμικού φαινομένου είναι αρκετά πιο συνθέτη ιδιαίτερα κατά τα μεταβατικά φαινόμενα όπου λαμβάνουν χώρα π.χ. κατά το βραχυκύκλωμα ή την καταπόνηση υπό κεραυνικό ρεύμα. Από την βιβλιογραφία [16] είναι γνωστό ότι η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου σε τέτοιες περιπτώσεις είναι σημαντική ιδιαίτερα για μεγάλες διατομές αγωγών στις οποίες η κατανομή της πυκνότητας ρεύματος καλύπτει μόνο τα στρώματα πλησίον της επιφάνεια. Με την αύξηση της διατομής του αγωγού το επιδερμικό φαινόμενο γίνεται ισχυρότερο. Για διατομές της τάξεως αυτής των αγωγών μέσης τάσης, η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου κατά την μελέτη θερμικής καταπόνησής των αγωγών θεωρείται αμελητέα.

4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ

4.1. Εισαγωγικές παρατηρήσεις – Βασικοί ορισμοί

Για την θερμική καταπόνηση των ηλεκτρικών αγωγών μελετάται η δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας, η οποία θεωρείται ότι είναι το βραχυκύκλωμα [1, 3, 4, 5, 13, 14, 20]. Το βραχυκύκλωμα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, προκαλεί στους αγωγούς, στις επαφές (λυόμενες ή μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά μια επιπλέον θερμική καταπόνηση [1, 5, 11, 15, 16, 17, 20]. Αν υποθεθεί ότι στο σημείο A της εγκατάστασης του σχήματος 4-1 εκδηλώνεται κάποιο βραχυκύκλωμα, τότε η συνολική ισχύς του δικτύου θα οδεύσει προς το σημείο αυτό. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι η τιμή του ρεύματος στο σημείο A. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την αντίσταση του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης [1, 3].



Σχήμα 4.1-1: Παράδειγμα βραχυκυκλώματος

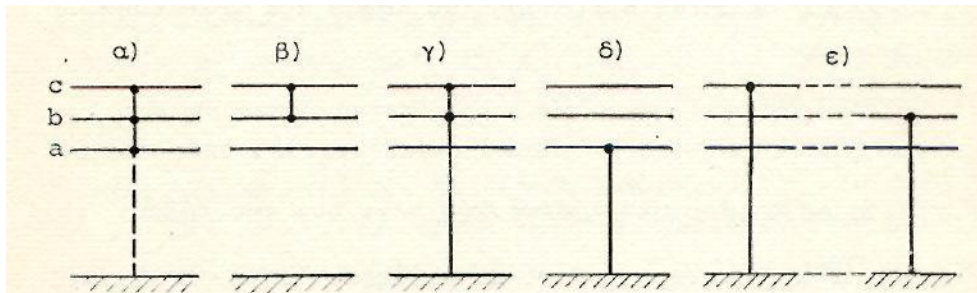
ϵ_1 και ϵ_2 : οι κρουστικές τάσεις διασποράς των γεννητριών G1 και G2

P_{g1} & P_{g2} ονομαστική ισχύς των γεννητριών G1 & G2 αντίστοιχα,

u_1 , u_2 και u_3 : σχετική τάση βραχυκύκλωσης των μετασχηματιστών MT1, MT2 και MT3 αντίστοιχα.

P_{m1} , P_{m2} και P_{m3} : ονομαστική ισχύς των μετασχηματιστών MT1, MT2 και MT3 αντίστοιχα.

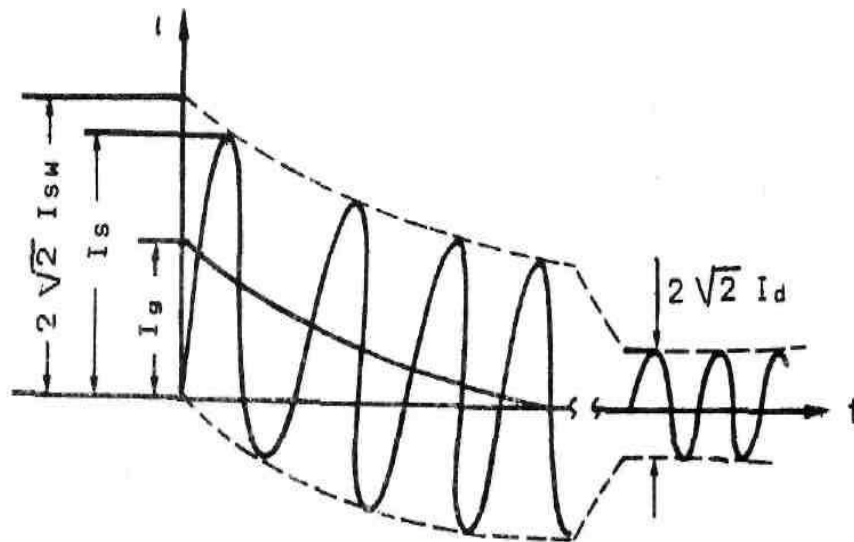
Το σχήμα 4.1-2 δείχνει τα σπουδαιότερα βραχυκυκλώματα [5, 14]. Το τριφασικό και το διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή γης ή με επαφή γης προκαλεί μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλώσεως [1, 2, 3, 5]. Επειδή το τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι ένα συμμετρικό σφάλμα, τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως δεν επηρεάζονται από την ενδεχόμενη ύπαρξη επαφής προς γη, που συμβολίζεται με διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα 4.1-2.α.



Σχήμα 4.1-2: Είδη βραχυκυκλωμάτων

- α) Τριφασικό βραχυκύκλωμα
- β) Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή γης
- γ) Διφασικό βραχυκύκλωμα με επαφή γης
- δ) Μονοφασικό βραχυκύκλωμα
- ε) Διπλό βραχυκύκλωμα

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.1-3 το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά κατά την υπομεταβατική και μεταβατική περίοδο ως ασύμμετρο και κατόπιν κατά την περίοδο μόνιμης κατάστασης ως συμμετρικό [1, 3, 4, 5, 7]. Το ασύμμετρο τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ή αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sw} ή I_k'') και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_g). Το συμμετρικό τμήμα αποτελείται από το διαρκές ή μόνιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_d ή I_k). Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης ονομάζεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_s).



Σχήμα 4.1-3: Μορφή του ρεύματος κατά το βραχυκύκλωμα

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί βασικών μεγεθών:

- Ρεύμα βραχυκυκλώσεως $i_k(t)$ είναι το ρεύμα που ρέει κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος στη θέση του σφάλματος.
- Εναλλασσόμενη συνιστώσα $i_{k,ac}(t)$ είναι η συνιστώσα του $i_k(t)$ με τη συχνότητα του δικτύου.

- Αρχικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_{SW} ή I_k'' ή υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως είναι η ενδεικνυμένη τιμή του $i_{k,ac}(t)$ κατά τη στιγμή εμφάνισης του βραχυκυκλώματος.
- Κρουστικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_s είναι η μέγιστη στιγμιαία τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως $i_k(t)$. Το ρεύμα $i_k(t)$ αποκτά τη μέγιστη τιμή του όταν και η συνεχής συνιστώσα αποκτά τη μέγιστη τιμή της (I_g).
- Ρεύμα διακοπής I_a ενός διακόπτη είναι η ενδεικνυμένη τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως κατά τη στιγμή της διακοπής του πρώτου πόλου του διακόπτη.
- Μόνιμο ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_d ή I_k είναι η ενδεικνυμένη τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως που παραμένει μετά την απόσβεση των μεταβατικών φαινομένων.

Η μελέτη αντοχής στο βραχυκύκλωμα σε μια θέση του δικτύου (π.χ. στο άνοιγμα μεταξύ δύο στύλων μίας εναέριας γραμμής των 20kV με γυμνούς αγωγούς τύπου ACSR 35mm²) περιλαμβάνει [1, 2, 3]:

1. Τον υπολογισμό της συνολικής σύνθετης αντίστασης ανά φάση, από τις επιμέρους αντιστάσεις των στοιχείων της εγκατάστασης μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.
2. Τον υπολογισμό των I_{SW} , I_d , I_s
3. Τον υπολογισμό του συμμετρικού ρεύματος διακοπής (I_a) και τις ισχύος διακοπής (P_a)

Ιδιαίτερη σημασία για τη θερμική καταπόνηση των αγωγών κατά το βραχυκύκλωμα έχουν, όπως αναλύεται παρακάτω, η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και ο χρόνος (t) μέχρι την διακοπή του βραχυκυκλώματος.[1, 2]

4.2. Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε εναέρια δίκτυα διανομής μέσης τάσης 15kV και 20kV από τις αντιστάσεις

Στους υπολογισμούς αυτούς λαμβάνονται μόνο υπόψη οι αντιστάσεις από KYT μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης. Δεν λαμβάνονται δηλαδή υπόψη οι αντιστάσεις της γεννήτριας και του μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης. Αυτό έχει ως επακόλουθο οι υπολογιζόμενες τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης να είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές τιμές τους με ικανοποιητική όμως προσέγγιση προς αυτές.

4.2.1 Υπολογισμός της ολικής σύνθετης αντίστασης κατά το βραχυκύκλωμα

Η συνισταμένη της ωμικής και επαγωγικής αντίστασης όλων των στοιχείων της εγκατάστασης μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης είναι η ολική σύνθετη αντίσταση ($Z_{ολ}$ σε Ω):

$$Z_{ολ} = \sqrt{R_{\gamma}' \cdot L + R_{M\Sigma}^2 + X_{\gamma}' \cdot L + X_{M\Sigma}^2} \quad (4.2.1-1)$$

όπου:

$R_{M\Sigma}$ ωμική αντίσταση σε Ω του M/Σ,

$X_{M\Sigma}$ επαγωγική αντίσταση σε Ω του M/Σ,

R_{γ}' η ολική ωμική αντίσταση της γραμμής σε Ω/km ,

X_{γ}' η ολική επαγωγική αντίσταση της γραμμής σε Ω/km ,

L το μήκος της γραμμής σε **km** μέχρι το σημείο του σφάλματος

Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή υψηλής τάσης προς μέση τάση

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία [1, 2, 5] ο υπολογισμός των αντιστάσεων του μετασχηματιστή (Μ/Σ) υψηλής προς μέση τάση γίνεται με εφαρμογή των παρακάτω τύπων:

$$R_{M\Sigma} = u_r * \frac{U_2}{P_N} \quad (4.2.1-1)$$

$$X_{M\Sigma} = \{(u_k^2 - u_r^2)\}^{0,5} * \frac{U_2}{P_N} \quad (4.2.1-2)$$

όπου:

$R_{M\Sigma}$ ωμική αντίσταση σε Ω του Μ/Σ,

$X_{M\Sigma}$ επαγωγική αντίσταση σε Ω του Μ/Σ,

$u_r=0,6\%$, η ωμική συνιστώσα της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης,

$u_k=20\%$, η σχετική τάση βραχυκύκλωσης,

U_2 η ονομαστική τάση σε **kV** του δευτερεύοντος του Μ/Σ (20kV ή 15kV),

P_N η ονομαστική ισχύς σε **MVA** του Μ/Σ

Η ωμική και η επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ

Οι τιμές R_γ' και X_γ' για τον αγωγό ACSR 35mm² είναι $R_\gamma'=0,576\Omega/\text{km}$ και $X_\gamma'=0,397\Omega/\text{km}$. (Παράγραφος 3.2)

4.2.2. Υπολογισμός του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (ISW)

Η αρχική υπομεταβατική τάση E'' συνδέεται με την ονομαστική τάση U_N με την σχέση

$$E'' = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3}} \quad (4.2.2-1)$$

Όπου c συντελεστής για την διακύμανση της τάσεως. Για τον υπολογισμό των μέγιστων ρευμάτων βραχυκυκλώσεως λαμβάνεται $c=1,1$.

Για την τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{SW}) στις περιπτώσεις τριφασικού και διφασικού σφάλματος στον αέρα ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις [1, 2, 3, 5, 7, 13, 14]:

$$I_{sw,3\phi} = \frac{E''}{Z_{o\lambda}} \Leftrightarrow \quad (4.2.2-2)$$

$$I_{sw,3\phi} = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_\gamma + R_{M\Sigma}^2 + X_\gamma + X_{M\Sigma}^2}}$$

$$I_{sw,2\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot E''}{2 \cdot Z_{o\lambda}} \Leftrightarrow \quad (4.2.2-3)$$

$$I_{sw,2\phi} = \frac{1,1 \cdot U_N}{2 \cdot \sqrt{R_\gamma + R_{M\Sigma}^2 + X_\gamma + X_{M\Sigma}^2}}$$

όπου:

$I_{sw,3\phi}$ το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε **kA** κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα,

$I_{sw,2\phi}$ το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε **kA** κατά το διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα,

U_N η ονομαστική τάση σε **kV** στη θέση του σφάλματος,

$Z_{ολ}$ η ολική αντίσταση σε Ω μέχρι το σημείο του σφάλματος,

R_γ η ολική ωμική αντίσταση της γραμμής σε Ω μέχρι το σημείο του σφάλματος,

X_γ η ολική επαγωγική αντίσταση της γραμμής σε Ω μέχρι το σημείο του σφάλματος,

$R_{M\Sigma}$ ωμική αντίσταση σε Ω του Μ/Σ,

$X_{M\Sigma}$ επαγωγική αντίσταση σε Ω του Μ/Σ

Σημειώνεται, ότι η μέγιστη τιμή του I_{sw} σε δίκτυα των 20kV της Δ.Ε.Η. είναι (σύμφωνα με τις προδιαγραφές προμηθειών της Δ.Ε.Η.) 7,2kA για διάρκεια του βραχυκυκλώματος $t=1\text{sec}$. Στα δίκτυα των 15kV και 6,6kV η μέγιστη τιμή του I_{sw} είναι 10kA για $t=1\text{sec}$ [1, 2].

4.2.3. Υπολογισμός του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d)

Για την τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) ισχύει η παρακάτω σχέση [1, 2, 3] :

$$I_d = \mu_d \cdot I_{sw} \quad (4.2.3-1)$$

όπου :

μ_d ένας συντελεστής του οποίου οι οριακές τιμές είναι 0,35 και 1, τις οποίες και θα χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό της βέλτιστης και της χειρίστης περίπτωσης.

Άρα:

$$\boxed{I_{d1} = 0,35 \cdot I_{sw}} \quad (4.2.3-2)$$

και

$$\boxed{I_{d2} = I_{sw}} \quad (4.2.3-3)$$

Για να καλυφθεί όλο το εύρος των περιπτώσεων, οι υπολογισμοί θα γίνουν με την μέγιστη τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης, δηλαδή για $\mu_d = 1$, έτσι ώστε να μελετηθεί η **μέγιστη δυνατή θερμική καταπόνηση** των αγωγών μέσης τάσης.

4.3. Προσδιορισμός της θερμικής καταπόνησης σε γυμνούς αγωγούς του δικτύου διανομής κατά το βραχυκύκλωμα.

Το βραχυκύκλωμα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, προκαλεί στους αγωγούς, στις επαφές (λύομενες ή μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά μια επιπλέον θερμική καταπόνηση [1, 5, 11, 15, 16, 17]. Για τη θερμική αυτή καταπόνηση έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και ο χρόνος t μέχρι την διακοπή του βραχυκυκλώματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αγωγούς υπολογίζεται αναλυτικά από τα γραφήματα κατά το πρότυπο IEC 60865-1 και -2 (Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1 and 2) [15]. Στην πράξη όμως για το υπολογισμό της θερμοκρασίας στους αγωγούς που καταπονούνται από τα ρεύματα βραχυκύκλωσης,

χρησιμοποιούνται συχνότερα εμπειρικές σχέσεις [1, 2, 15, 16, 17] αλλά και μαθηματικά μοντέλα [15, 17]. Μια εμπειρική σχέση που δίνει την αύξηση της θερμοκρασίας σε αγωγούς συναρτήσει του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και του χρόνου μέχρι την διακοπή του βραχυκυκλώματος t είναι η ακόλουθη [1, 2, 15, 17, 20]:

$$\Delta\Theta = \kappa \cdot \left(\frac{I_d}{A}\right)^2 \cdot \left[t + T \cdot \left(\frac{I_{sw}}{I_d}\right)^2 \right] \quad (4.3-1)$$

όπου:

$\Delta\Theta$ η αύξηση της θερμοκρασίας σε $^{\circ}\text{C}$,

I_{sw} και I_d σε **A**,

κ σταθερά του υλικού:

- για χαλκό $\kappa = 0,0058$
- για αλουμίνιο $\kappa = 0,0135$

A η διατομή του αγωγού σε **mm²**,

t ο χρόνος σε **sec** από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος,

T ο συντελεστής χρόνου η τιμή του οποίου είναι:

- για τριφασικό βραχυκύκλωμα $T = 0,3$ έως $0,15$ sec
- για διφασικό βραχυκύκλωμα $T = 0,6$ έως $0,25$ sec

Η τιμή του T μειώνεται με την απόσταση από την θέση βραχυκύκλωσης.

Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 4.2.3. μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών όταν $\mu_d = 1$ ή $I_{d2} = I_{sw}$. Δηλαδή:

$$\Delta\Theta_{\max} = \kappa \cdot \left(\frac{I_{sw}}{A}\right)^2 \cdot t + T \quad (4.3-2)$$

Η συνολική θερμοκρασία των αγωγών εκφράζεται από την σχέση:

$$\Theta = \Delta\Theta + \Theta_{\text{περ.}} \quad (4.3-3)$$

όπου:

$\Theta_{\text{περ}}$ η αρχική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για τους υπολογισμούς λαμβάνεται $\Theta_{\text{περ}} = 40^{\circ}\text{C}$

Ως οριακή θερμοκρασία για γυμνούς αγωγούς αλουμινίου θεωρείται αυτή των **180^oC** ενώ για τους γυμνούς αγωγούς χαλκού αυτή των **200^oC** [1, 3, 15].

Σε περίπτωση ύπαρξης αυτόματου ελαιοδιακόπτη ή διακόπτη αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) στην γραμμή μέσης τάσης γίνεται επαναφορά του συστήματος σε τρία στάδια, όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή. Αρχικά όταν συμβεί το σφάλμα ο ΔΑΕ ανοίγει σε t sec και αυτόματα κλείνει. Αν το σφάλμα εξακολουθεί να υπάρχει ανοίγει ξανά σε t' sec και έπειτα επιχειρείται δεύτερο κλείσιμο. Στην συνέχεια αν και εφόσον το βραχυκύκλωμα παραμένει ανοίγει μόνιμα μετά από t'' sec. Λαμβάνεται ότι [21]:

$$t' = \sqrt{2} \cdot t \text{ sec} \quad (4.3-4)$$

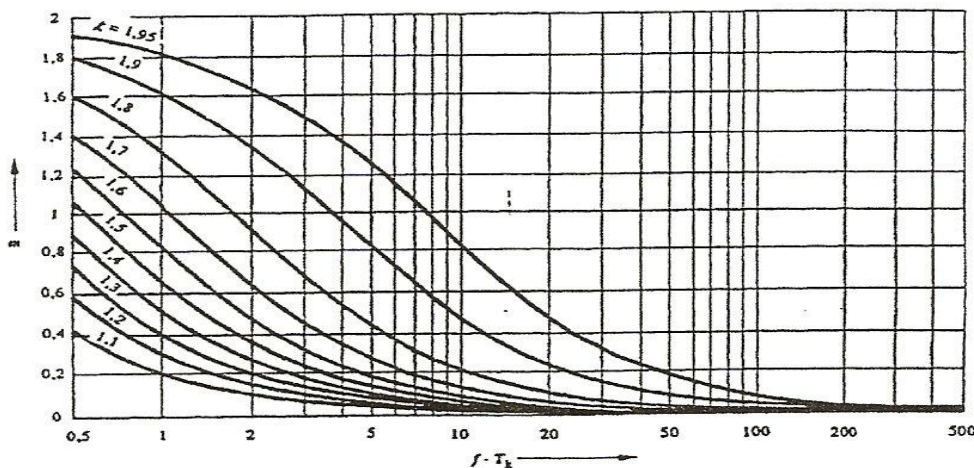
$$t'' = \sqrt{2} \cdot t' = 2t \text{ sec} \quad (4.3-5)$$

4.4. Υπολογισμός θερμοκρασίας σε αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα σύμφωνα με το σχετικό ευρωπαϊκό πρότυπο.

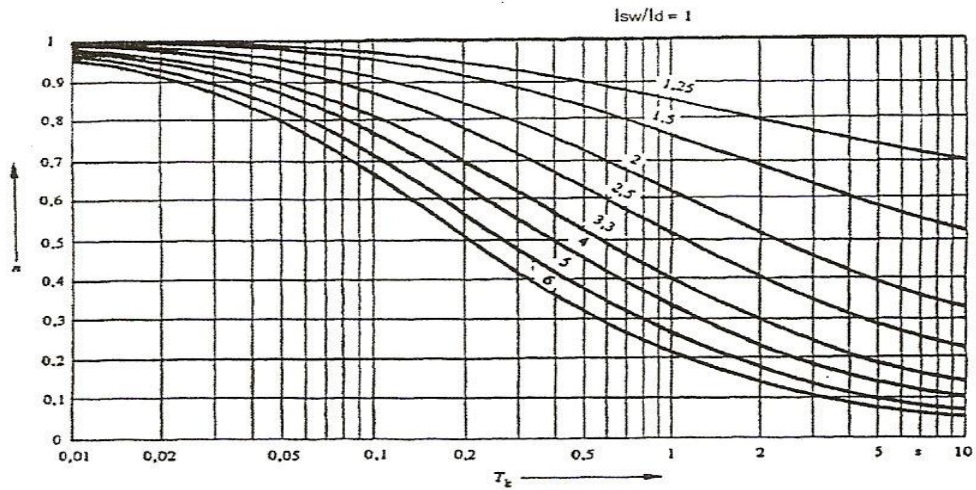
Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα υπολογίζεται από το θερμικά ισοδύναμο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{th} , από τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος και από συντελεστές που εξαρτώνται από το υλικό των αγωγών. Το θερμικά ισοδύναμο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται από τη σχέση [15]:

$$I_{th} = I_{sw} \cdot \sqrt{m+n} \quad (4.4-1)$$

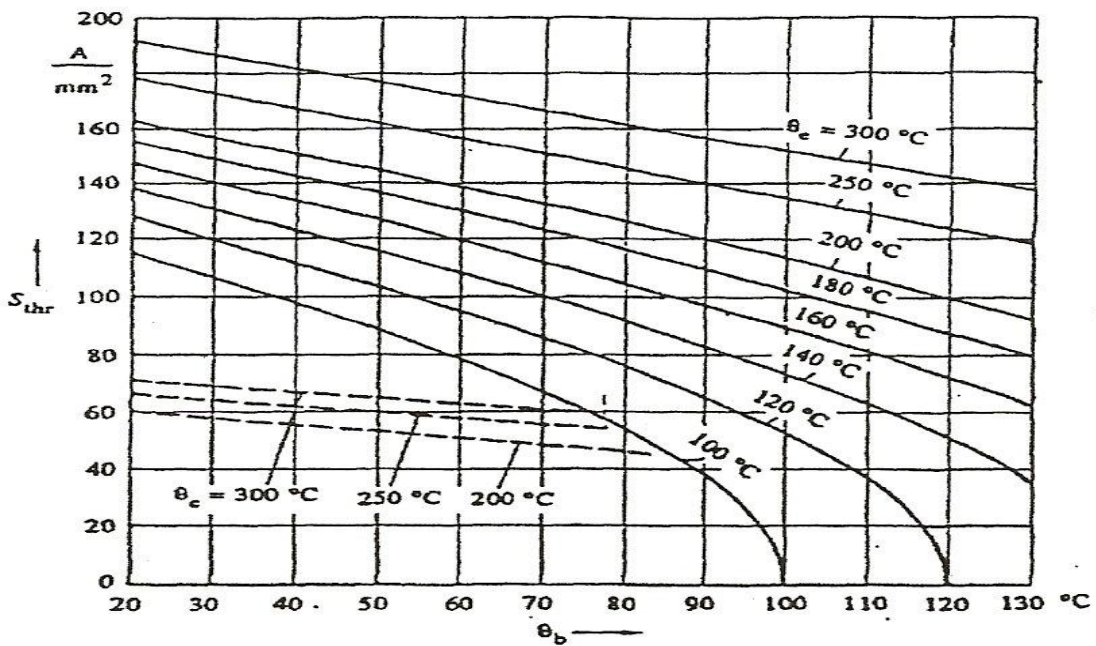
όπου I_{sw} είναι η ενεργός τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης και m και n παράγοντες που υπολογίζονται είτε αναλυτικά από μαθηματικές σχέσεις που εξαρτώνται από τα στοιχεία του δικτύου και των ρευμάτων βραχυκύκλωσης είτε από διαγράμματα που δίνονται επίσης από το πρότυπο. Οι συντελεστές m και n αφορούν στην έκλυση της θερμότητας που οφείλεται στη συνεχή και στην εναλλασσόμενη συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης αντίστοιχα. Τα σχήματα 4.4-1 και 4.4-2 δίνουν τους συντελεστές m και n . Η θερμοκρασία βάσει των προηγούμενων συντελεστών και της πυκνότητας του ρεύματος δίνεται για αγωγούς από χαλκό και κράμα χάλυβα (διακεκομμένες γραμμές) στο σχήμα 4.4-3, ενώ για αγωγούς από αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου στο σχήμα 4.4-4. Η μέγιστη προτεινόμενη θερμοκρασία για τους αγωγούς που δίνεται από το πρότυπο είναι 200°C για χαλκό και αλουμίνιο και 300°C για χάλυβα.



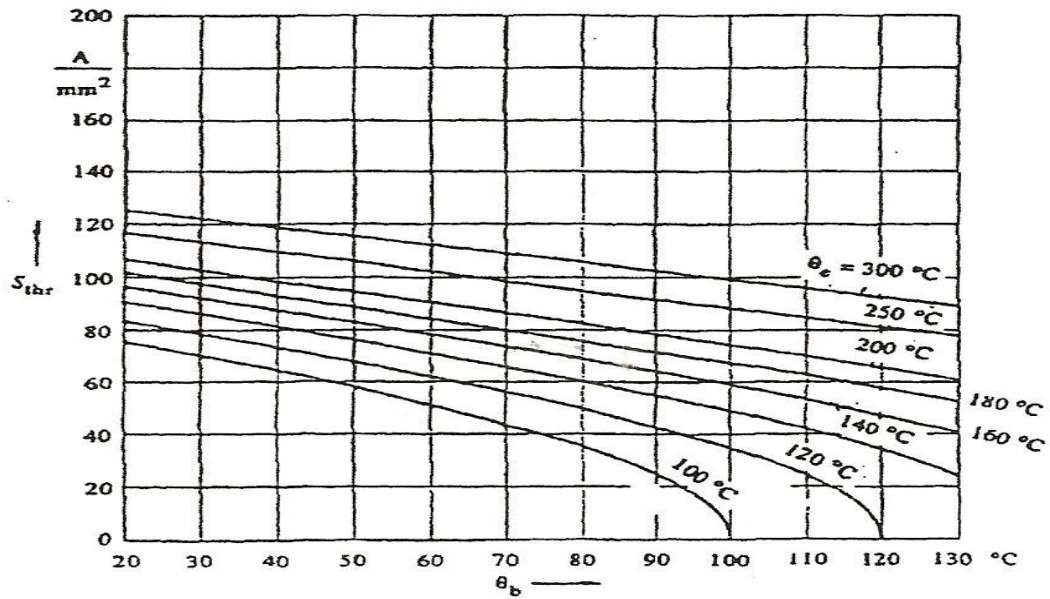
Σχήμα 4.4-1: Συντελεστής m συναρτήσει του χρόνου καταπόνησης (T_k) και της παραμέτρου k , f η συχνότητα της πηγής.



Σχήμα 4.4-2: Συντελεστής η συναρτήσει του χρόνου καταπόνησης (T_k) και του λόγου I_{sw}/I_d



Σχήμα 4.4-3: Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στους αγωγούς από χαλκό και κράμα χάλυβα (διακεκομμένες γραμμές) και της πυκνότητας του ρεύματος για διάρκεια βραχυκύκλωσης 1sec.



Σχήμα 4.4-4: Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στους αγωγούς από αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου και της πυκνότητας του ρεύματος για διάρκεια βραχυκύκλωσης 1sec.

5. ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

5.1. Γενικά περί σπινθηρισμών και ερπουσών εκκενώσεων

Ως σπινθηρισμοί επί των αγωγών συνηθίζεται να αποκαλούνται οι φωτεινές μερικές εκκενώσεις περί τους αγωγούς που συνοδεύονται με θόρυβο (φαινόμενο *Korona*). Ως σπινθηρισμούς επί των μονωτήρων εννοεί κανείς φωτεινές εκκενώσεις περιορισμένης διαδρομής επί της επιφάνειας αυτών συνοδευμένες από θόρυβο. Αποτελούν ένα θεαματικό φαινόμενο αλλά ακίνδυνο για το περιβάλλον, γιατί πρόκειται για φωτεινή ακτινοβολία και ήχο (που αποδίδονται κατά την εξαναγκασμένη συλλογή των ελεύθερων κυρίως ηλεκτρονίων από την άνοδο) και όχι κάποια πυρακτωμένα τεμαχίδια μονωτήρων ή αγωγών. Οι σπινθηρισμοί επί των αγωγών παρόλα αυτά προκαλούν ισχυρές ραδιοφωνικές παρεμβολές, διάβρωση και πρόωρη γήρανση των αγωγών και των μονωτήρων καθώς και σημαντικές απώλειες οι οποίες χαρακτηρίζονται στην πράξη ως απώλειες *Korona* [1, 2, 3, 10, 19].

Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται αρχικά λόγω ξένων επικαθήσεων. Οι μερικές εκκενώσεις εξελίσσονται ενίοτε (λόγω πάρα πολύ μεγάλου ποσοστού ρύπων και υγρασίας) και σε έρπουσες διαρροές, που μπορεί να προκαλέσουν επιφανειακή διάσπαση ή υπερπήδηση, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τάσης από το μέσο προστασίας της γραμμής (από της ασφάλειες ή από τον διακόπτη προστασίας της γραμμής) η ακόμα σε περίπτωση διατεταγμένης προστασίας και το «Black- Out» (διακοπή της τάσης σε πολλές γραμμές). Οι σπινθηρισμοί και η εξέλιξή τους σε έρπουσες εκκενώσεις οφείλονται κατά κανόνα σε ταυτόχρονη επίδραση υγρασίας της ατμοσφαιράς (που επικάθεται στην επιφάνεια των μονωτήρων και των αγωγών υπό μορφή δρόσου) και ρύπανσης στην επιφάνεια των μονωτήρων και των αγωγών από καθαλατώσεις, σκόνη, καπναιθάλη, κ.λ.π. [1, 2, 10]. Είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν και οι δύο αυτές συνθήκες για να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις σπινθηρισμών μετά ερπουσών ηλεκτρικών εκκενώσεων επιφανειακής διάσπασης ή υπερπήδησης. Για το λόγο αυτό, τέτοια φαινόμενα παρουσιάζονται ενίοτε κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (Οκτώβριο και Νοέμβριο), όταν υπάρχει παρατεταμένη ανομβρία (πριν η πρώτη βροχή πλύνει τους μονωτήρες) και έντονη υγρασία κατά τις πρώτες μεταμεσονύκτιες και πρωινές ώρες της ημέρας, σε γραμμές υψηλής και μέσης τάσης (όπως προαναφέρθηκε) και σε περιοχές όπου υπάρχουν επικαθήσεις ρύπων στις επιφάνειες των μονωτήρων και των αγωγών. Αυτό συμβαίνει σε γραμμές παραθαλάσσιες, ή σε γραμμές που βρίσκονται πολύ κοντά σε ρυπογόνες βιομηχανίες, όπου στη μεν πρώτη περίπτωση είναι ενδεχόμενο να υπάρχουν καθαλατώσεις, στη σε δεύτερη έντονη βιομηχανική ρύπανση στους αγωγούς και στους μονωτήρες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, έχουν διαπιστωθεί σπινθηρισμοί καθώς και διακοπές ρεύματος σε δίκτυα μέχρι 500kV, που προήλθαν από περιπτώματα πουλιών στους μονωτήρες και στους αγωγούς, διότι έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αλάτι (βλ. τεύχος της διεθνούς Cigre: Αύγουστος 1998, Polluted Insulators) [1, 2].

5.2. Οι στεμματοειδείς εκκενώσεις (ή εκκενώσεις *Korona*)

Ο όρος στεμματοειδείς εκκενώσεις (ή εκκενώσεις *Korona*) είναι ταυτόσημος με την εκδήλωση μερικών εκκενώσεων γύρω από τους αγωγούς των εναέριων γραμμών υψηλής και μέσης τάσης [1, 2, 10, 19].

Όταν ένας αγωγός είναι τελείως καθαρός και λείος, τότε παρατηρεί κανείς, ότι σε μια τιμή της τάσης (U_0), η οποία ονομάζεται τάση έναρξης, περιβάλλεται ο αγωγός από μια

ομοιόμορφη φωτεινή αίγλη. Στην περίπτωση των ακάθαρτων και οξειδωμένων αγωγών (όπως συμβαίνει στην πράξη διαπιστώνει κανείς ότι σε κάποια τιμή $U < U_0$ εκδηλώνονται θύσανοι μήκους μερικών mm, ο αριθμός των οποίων είναι περιορισμένος ανά μονάδα επιφανείας [1, 2, 10]. Όταν στην συνέχεια αυξηθεί η τάση στην τιμή τότε εμφανίζεται η φωτεινή αίγλη που προαναφέρθηκε. Μια ερμηνεία για τη δημιουργία των θυσάνων μπορεί να δοθεί από τοπικές αυξήσεις της πεδιακής έντασης λόγω των προεξοχών στην επιφάνεια του αγωγού, οι οποίες προκαλούνται από τις οξειδώσεις και τις ακαθαρσίες. Ο περιορισμός του αριθμού των θυσάνων ανά μονάδα επιφανείας μπορεί να αποδοθεί στη μείωση της πεδιακής έντασης στην περιοχή όπου εκδηλώνεται ένας θύσανος, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η εκδήλωση ενός άλλου πλησίον αυτού [1, 2].

Η τάση λειτουργίας των εναέριων γραμμών είναι μικρότερη από την τιμή U_0 . Έτσι, οι στεμματοειδείς εκκενώσεις εκδηλώνονται υπό μορφή θυσάνων. Οι εκκενώσεις αυτές προκαλούν όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, σημαντική διάβρωση των αγωγών και απώλειες. Επομένως κρίνεται αναγκαία μελέτη η περαιτέρω μελέτη του φαινομένου [1, 2].

Μια εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της μέγιστης τιμής πεδιακής έντασης έναρξης του φαινομένου Korona είναι η παρακάτω :

$$E_{\alpha} = m_1 \cdot m_2 \cdot 30 \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right) \quad (5.2-1)$$

όπου :

E_α σε ***kV/cm***

r η ακτίνα του αγωγού σε ***mm***

m₁ = **0,98** έως **0,83** συντελεστής για την κατάσταση στην επιφάνεια του αγωγού,

m₂ = **1** σε περίπτωση ξηρασίας έως **0,8** σε περίπτωση βροχής

δ σε ***°K/mbar*** ένας συντελεστής για την πυκνότητα του αέρα ανάλογα με την πίεση ***p*** και την θερμοκρασία ***T***:

$$\delta = \frac{p}{1013} \cdot \frac{293}{T} \quad (5.2-2)$$

5.3. Πεδιακή ένταση κατά την λειτουργία του εναέριου δικτύου MT

Σε ένα ανομοιογενές πεδίο, όπως αυτό που δημιουργείται μεταξύ των αγωγών του εναέριου δικτύου μέσης τάσης ή ανάμεσα στους αγωγούς και το έδαφος, το διάνυσμα της πεδιακής έντασης δεν έχει παντού την ίδια διεύθυνση και την ίδια απόλυτη τιμή. Κάθε ανομοιογενές πεδίο έχει μία μέγιστη πεδιακή ένταση (E_{max}). Σε μία δεδομένη διάταξη ηλεκτροδίων, υπό υψηλή τάση, η E_{max} έχει ιδιαίτερη σημασία για την πράξη, γιατί εκφράζει τη μέγιστη δύναμη, που εξασκείται από το πεδίο [1, 2, 19].

Από την εμπειρία είναι γνωστό, ότι η μέγιστη τιμή της πεδιακής έντασης, σε μία δεδομένη διάταξη ηλεκτροδίων, εκδηλώνεται στις θέσεις, όπου οι μεταλλικές επιφάνειες έχουν την μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας αποδεικνύεται εύκολα πειραματικά με το φορτισμένο δοχείο Faraday (μεταλλικό δοχείο σφαιρικού σχήματος επί μονωτικής βάσης), μέσω του οποίου επιχειρείται η φόρτιση μίας αφόρτιστης μεταλλικής σφαίρας (με μονωτική λαβή), μέσω βραχύχρονης επαφής της στο δοχείο. Το πείραμα δείχνει (μέσω του ηλεκτροσκοπίου), ότι το δοχείο δεν φέρει ηλεκτρισμό στην εξωτερική του επιφάνεια, αλλά μόνο την εσωτερική του, που σημαίνει ότι το ηλεκτρικό φορτίο συγκεντρώνεται στο περισσότερο "αιχμηρό" μέρος μίας επιφάνειας.

Ο παραπάνω εμπειρικός κανόνας αποδεικνύεται και από τα παραδείγματα, που έχουν εξεταστεί, για τον σφαιρικό και τον κυλινδρικό πυκνωτή. Στο ομογενές πεδίο δεν υπάρχει η έννοια της E_{max} , γιατί η πεδιακή ένταση είναι σε κάθε σημείο η ίδια. Διαπιστώνεται ότι για τον σφαιρικό και τον κυλινδρικό πυκνωτή μπορεί να δοθεί η ακόλουθη σχέση [1, 2, 19]:

$$\boxed{E_{max} = \frac{U}{d \cdot n}} \quad (5.3-1)$$

όπου:

U τάση μεταξύ των οπλισμών

d η απόσταση μεταξύ των οπλισμών

Ο συντελεστής $0 < n < 1$ (κατά Schweiger), που ονομάζεται *συντελεστής χρησιμοποίησης* (ή βαθμός ομοιογένειας) υπολογίζεται (όπως φαίνεται από τις παραπάνω σχέσεις) από το πηλίκο [1, 2, 19]:

$$n = \frac{E_{\mu}}{E_{max}} \quad (5.3-2)$$

Όπου E_{μ} η μέση πεδιακή ένταση:

$$E_{\mu} = \frac{U}{d} \quad (5.3-3)$$

Ο συντελεστής :

$$a = \frac{1}{n} \quad (5.3-4)$$

ονομάζεται *συντελεστής καταπόνησης*.

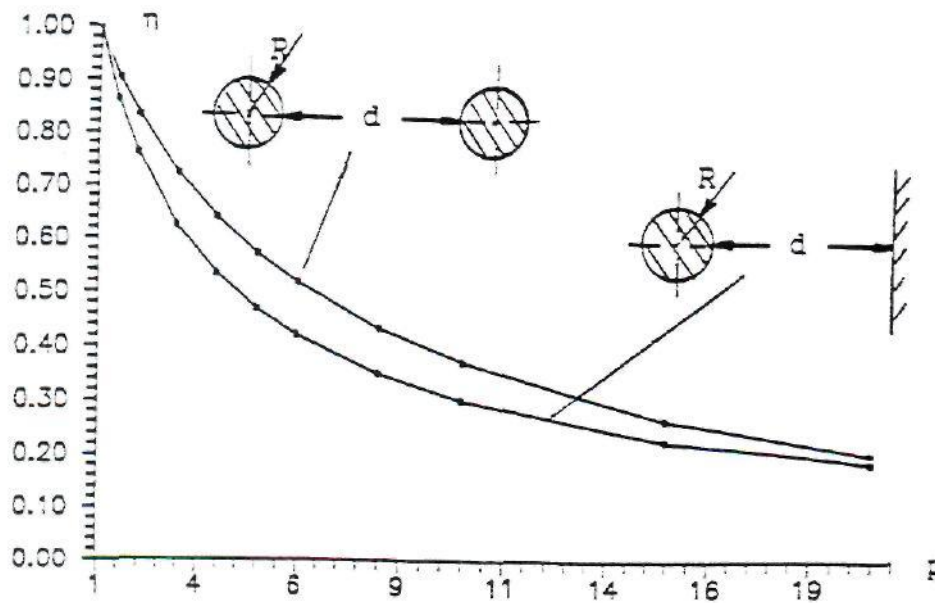
Στο παρακάτω σχήμα 5.3-1 δίνεται χαρακτηριστικές για τον συντελεστή χρησιμοποίησης (με ικανοποιητική προσέγγιση για την πράξη), οι οποίες αφορούν: κυλινδρικά τμήματα παράλληλων επίπεδων επιφανειών (αγωγοί του εναέριου δικτύου) και κυλινδρικές επιφάνειες ως προς μία πλάκα (έδαφος). Η γεωμετρική σταθερά (p) των διατάξεων αυτών υπολογίζεται από την σχέση [1, 2]:

$$\boxed{p = \frac{R+d}{R}} \quad (4.3-4)$$

όπου:

R η ακτίνα του αγωγού σε mm

d η απόσταση των μεταξύ αγωγών σε mm



Σχήμα 5.3-1: $n=f(p)$ για κύλινδρο-κύλινδρο ($R = R$) και κύλινδρο-πλάκα.

Σημείωση :

- 1) για τη διάταξη κύλινδρος-κύλινδρος και $p > 19,6$ ισχύει περίπου :

$$n \approx \frac{2 \cdot R \cdot \ln \left[2 + \left(\frac{d}{R} \right) \right]}{d} \quad (5.3-5)$$

- 2) για τη διάταξη κύλινδρος-πλάκα και $p > 19,6$ μπορεί να γίνει χρήση της προσεγγιστικής σχέσης :

$$n \approx \frac{10 \cdot R \cdot \ln \left[2 + \left(\frac{d}{R} \right) \right]}{9 \cdot d} \quad (5.3-6)$$

- 3) για δύο καθέτως διασταυρωμένους κυλίνδρους με την ίδια διάμετρο (R) ισχύει η παρακάτω προσεγγιστική σχέση :

$$n \approx \frac{10 \cdot R \cdot \ln \left[2 + \left(\frac{d}{R} \right) \right]}{9 \cdot d} \quad (5.3-7)$$

Παρατήρηση: οι παραπάνω προσεγγιστικές σχέσεις ισχύουν επίσης για $p < 19,6$ [1, 2].

6. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ & ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ 2 ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

6.1 Υπολογισμός στοιχείων του Μ/Σ –Χρήσιμες σχέσεις για το βραχυκύκλωμα

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται υπολογισμοί και διαγράμματα για τα πρώτα 100 Km της γραμμής Μ.Τ που εξετάζεται.

P_N (MVA)	U_N (KV)	R_{MΣ} = u_rU₂/P_N (mΩ)	X_{MΣ}={ (u_k²-u_r²) }^{0,5}U₂/P_N (mΩ)
25	20	0,0048	0,159927984
50	20	0,0024	0,079963992

Πίνακας I : Αντιστάσεις του μετασχηματιστή 150 KV/20KV , u_k=20% , u_r=0,6%

P_N (MVA)	U_N (KV)	R_{MΣ} = u_rU₂/P_N (mΩ)	X_{MΣ}={ (u_k²-u_r²) }^{0,5}U₂/P_N (mΩ)
25	15	0,0036	0,119945988
50	15	0,0018	0,059972994

Πίνακας II : Αντιστάσεις του μετασχηματιστή 150 KV/15KV , u_k=20% , u_r=0,6%

Όπως ήδη αναφέρθηκε:

➤ $R_{\gamma'}=0,576\Omega/\text{km}$ & $X_{\gamma'}=0,397\Omega/\text{km}$

$$\text{➤ } Z_{o\lambda} = \sqrt{R_{\gamma}' \cdot L + R_{M\Sigma}^2 + X_{\gamma}' \cdot L + X_{M\Sigma}^2}$$

$$I_{sw,3\phi} = \frac{E''}{Z_{o\lambda}} \Leftrightarrow$$

$$\text{➤ } I_{sw,3\phi} = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\gamma} + R_{M\Sigma}^2 + X_{\gamma} + X_{M\Sigma}^2}}$$

$$I_{sw,2\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot E''}{2 \cdot Z_{o\lambda}} \Leftrightarrow$$

$$\text{➤ } I_{sw,2\phi} = \frac{1,1 \cdot U_N}{2 \cdot \sqrt{R_{\gamma} + R_{M\Sigma}^2 + X_{\gamma} + X_{M\Sigma}^2}}$$

$$\text{➤ } I_{d1} = 0,35 \cdot I_{sw}$$

$$\text{➤ } I_{d2} = I_{sw}$$

➤ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ (T=0,3) :

$$\Delta\theta_{1,3} = \kappa(0,35I_{sw})^2/A^2[t + 0,3(1/0,35)^2]$$

$$\Delta\theta_{2,3} = \kappa I_{sw}^2/A^2[t + 0,3]$$

➤ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ (T=0,6) :

$$\Delta\theta_{1,3} = \kappa(0,35I_{sw})^2/A^2[t + 0,6(1/0,35)^2]$$

$$\Delta\theta_{2,3} = \kappa I_{sw}^2/A^2[t + 0,6]$$

➤ $A=35 \text{ mm}^2$ (ισοδύναμη χαλκού)

➤ $K=0,0058$

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζονται οι ακόλουθοι πίνακες για τις διάφορες περιπτώσεις(χρόνοι t σε sec από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος,για ισχείς 25 και 50 MVA,μετασχηματιστές 150KV/20KV&150KV/15KV)και για τις δύο περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων(τριφασικό,διφασικό),σχεδιάζοντας για κάθε περίπτωση τα διαγράμματα $I_{sw}=f(L)$, $I_{d1}=f(L)$, $I_{d2}=f(L)$, $\Delta\theta1=f(L)$, $\Delta\theta2=f(L)$.

6.2 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

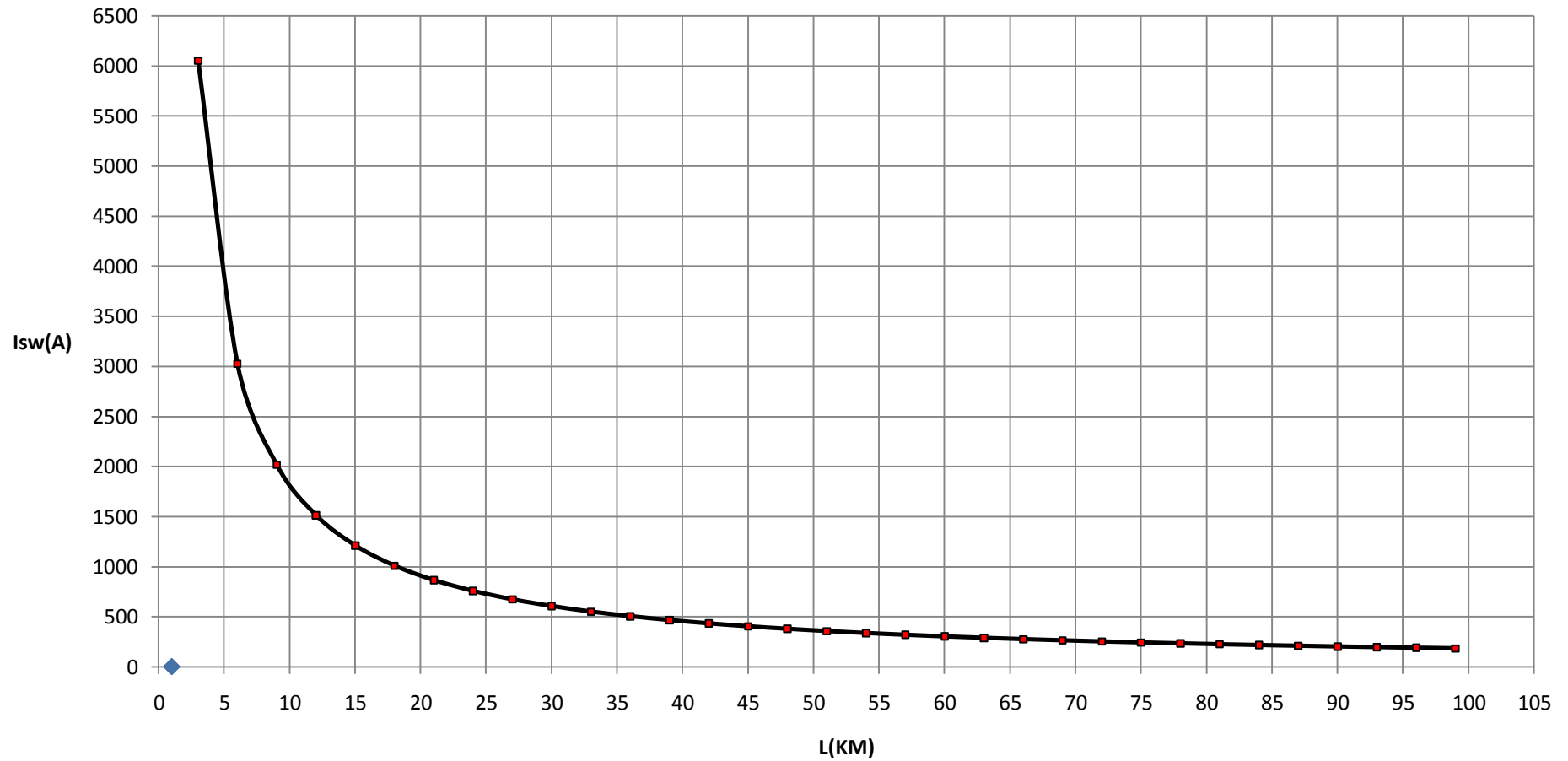
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	6051,9575380	2118,1851383	6051,9575380	55,2106179	78,0362090
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	3026,0470513	1059,1164679	3026,0470513	13,8032774	19,5099327
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	2017,3798747	706,0829562	2017,3798747	6,1348822	8,6712116
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1513,0405962	529,5642087	1513,0405962	3,4508972	4,8775932
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1210,4352083	423,6523229	1210,4352083	2,2085842	3,1216738
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	1008,6975243	353,0441335	1008,6975243	1,5337436	2,1678355
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	864,5988070	302,6095824	864,5988070	1,1268345	1,5926989
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	756,5245658	264,7835980	756,5245658	0,8627340	1,2194121
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	672,4667022	235,3633458	672,4667022	0,6816673	0,9634873
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	605,2203354	211,8271174	605,2203354	0,5521510	0,7804255
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	550,2005307	192,5701857	550,2005307	0,4563235	0,6449803
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	504,3506589	176,5227306	504,3506589	0,3834388	0,5419630
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	465,5545890	162,9441062	465,5545890	0,3267173	0,4617912
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	432,3007970	151,3052790	432,3007970	0,2817104	0,3981773
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	403,4808306	141,2182907	403,4808306	0,2454012	0,3468568
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	378,2633498	132,3921724	378,2633498	0,2156847	0,3048547
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	356,0126236	124,6044183	356,0126236	0,1910564	0,2700444
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	336,2341941	117,6819679	336,2341941	0,1704177	0,2408730
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	318,5376996	111,4881949	318,5376996	0,1529511	0,2161853
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	302,6108506	105,9137977	302,6108506	0,1380384	0,1951073
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	288,2008410	100,8702944	288,2008410	0,1252049	0,1769681
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	275,1008297	96,2852904	275,1008297	0,1140814	0,1612457
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	263,1399475	92,0989816	263,1399475	0,1043769	0,1475292
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	252,1758036	88,2615313	252,1758036	0,0958601	0,1354912
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	242,0887897	84,7310764	242,0887897	0,0883446	0,1248688
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	232,7776986	81,4721945	232,7776986	0,0816796	0,1154482
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	224,1563167	78,4547109	224,1563167	0,0757413	0,1070549
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	216,1507469	75,6527614	216,1507469	0,0704278	0,0995446
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	208,6972845	73,0440496	208,6972845	0,0656545	0,0927979
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	201,7407188	70,6092516	201,7407188	0,0613505	0,0867145
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	195,2329631	68,3315371	195,2329631	0,0574562	0,0812102
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	189,1319416	66,1961796	189,1319416	0,0539213	0,0762139
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	183,4006785	64,1902375	183,4006785	0,0507029	0,0716649

Πίνακας 6.2.1 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

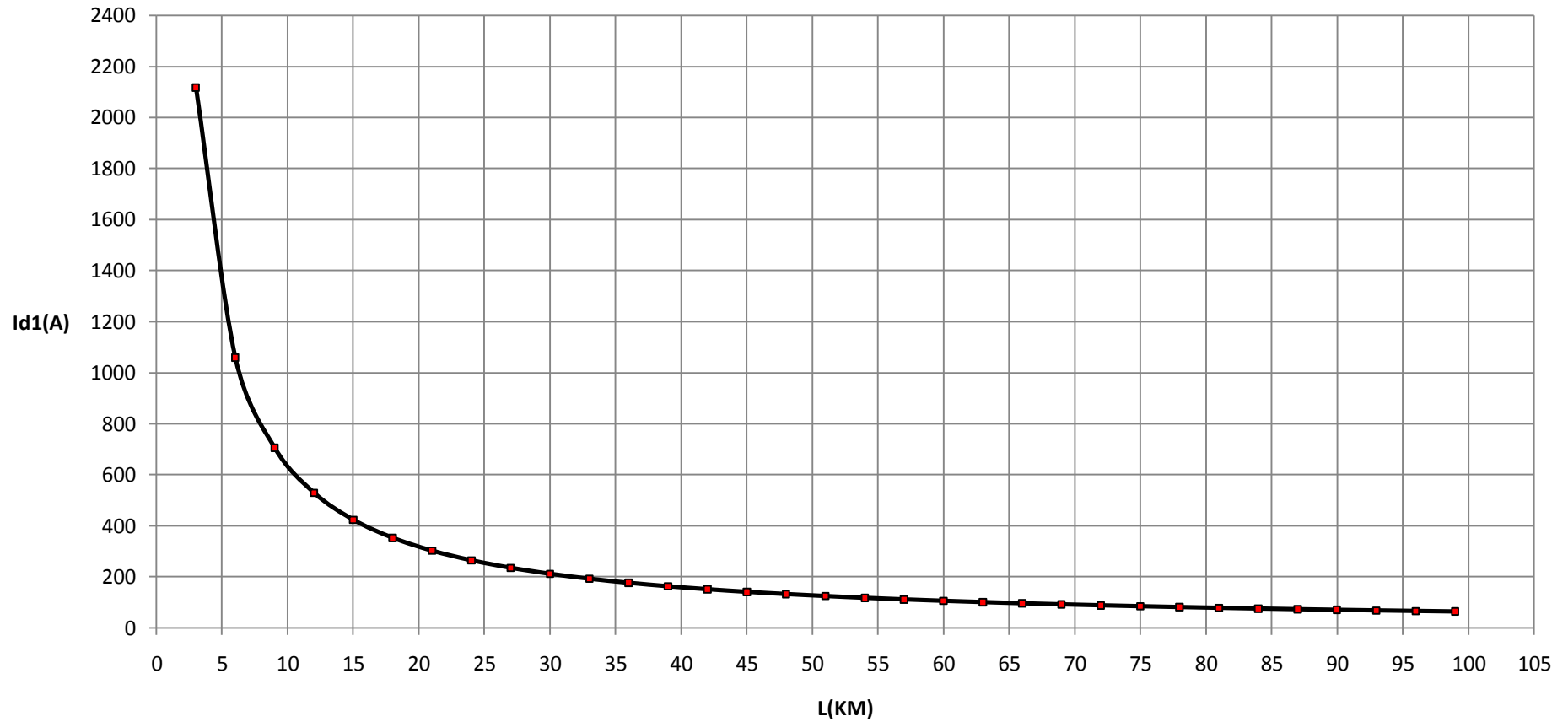
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.2.1.1

$I_{d1}=f(L)$

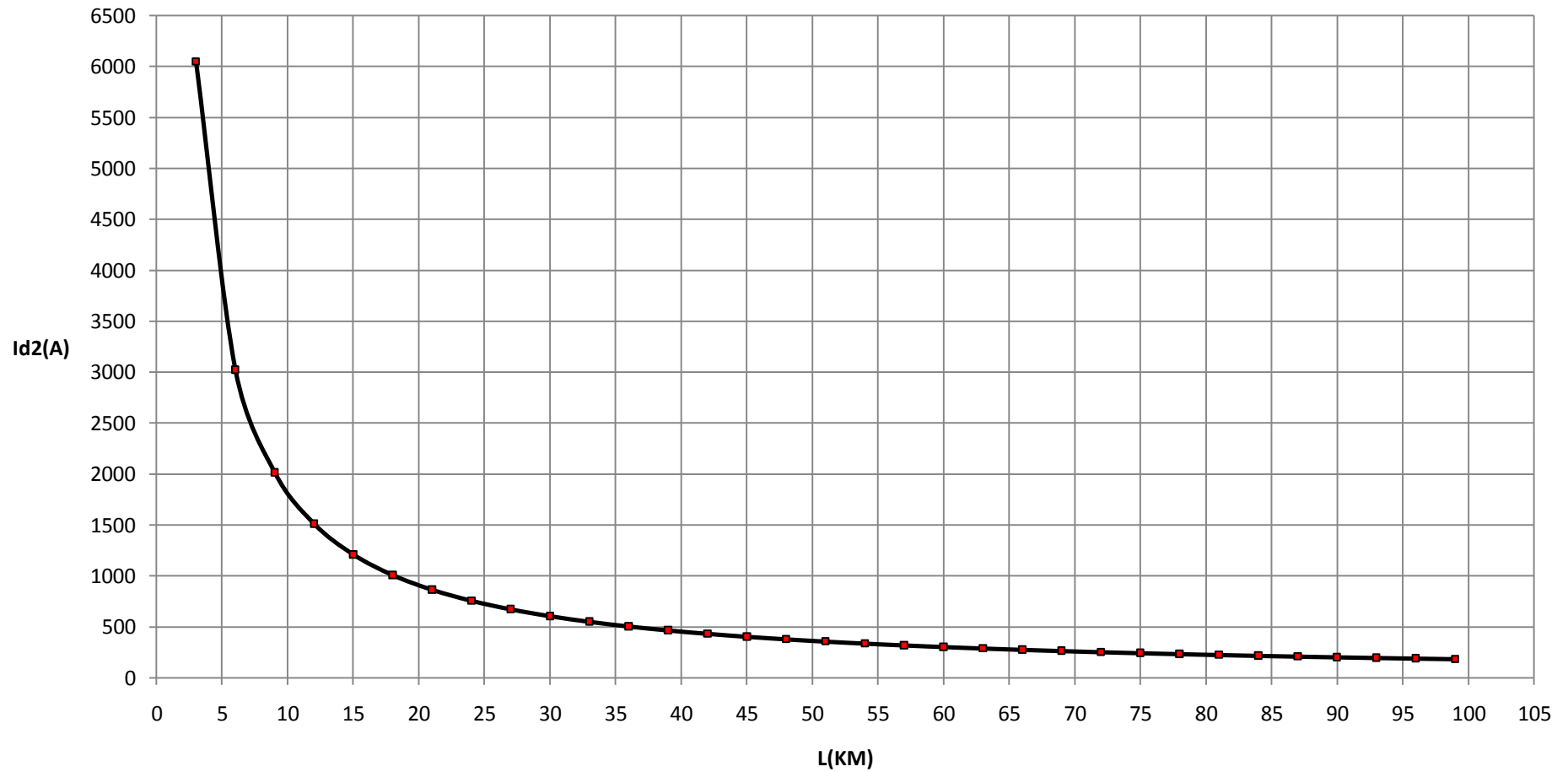
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.2.1.2

$I_{d2}=f(L)$

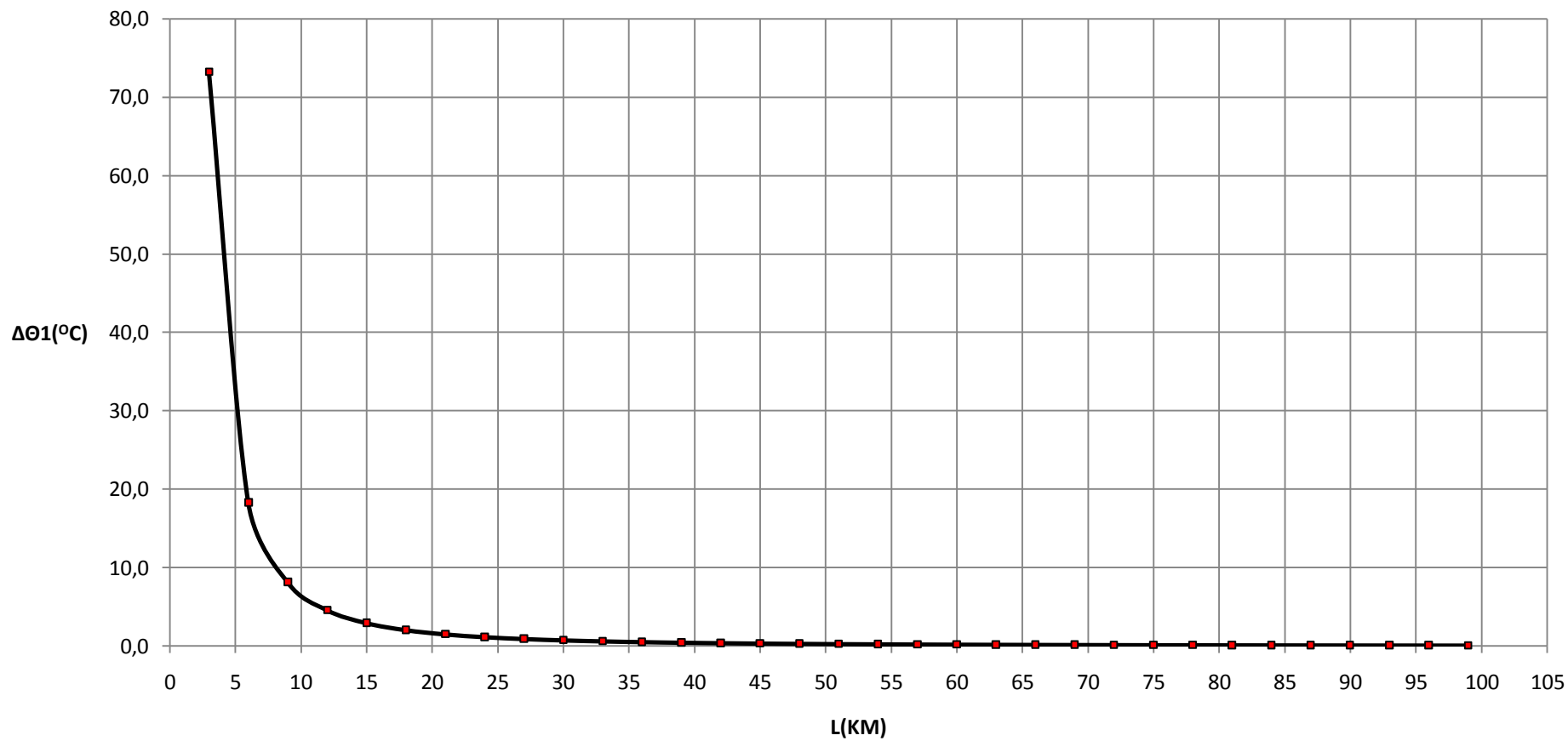
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.2.1.3

$\Delta\Theta_1=f(L)$

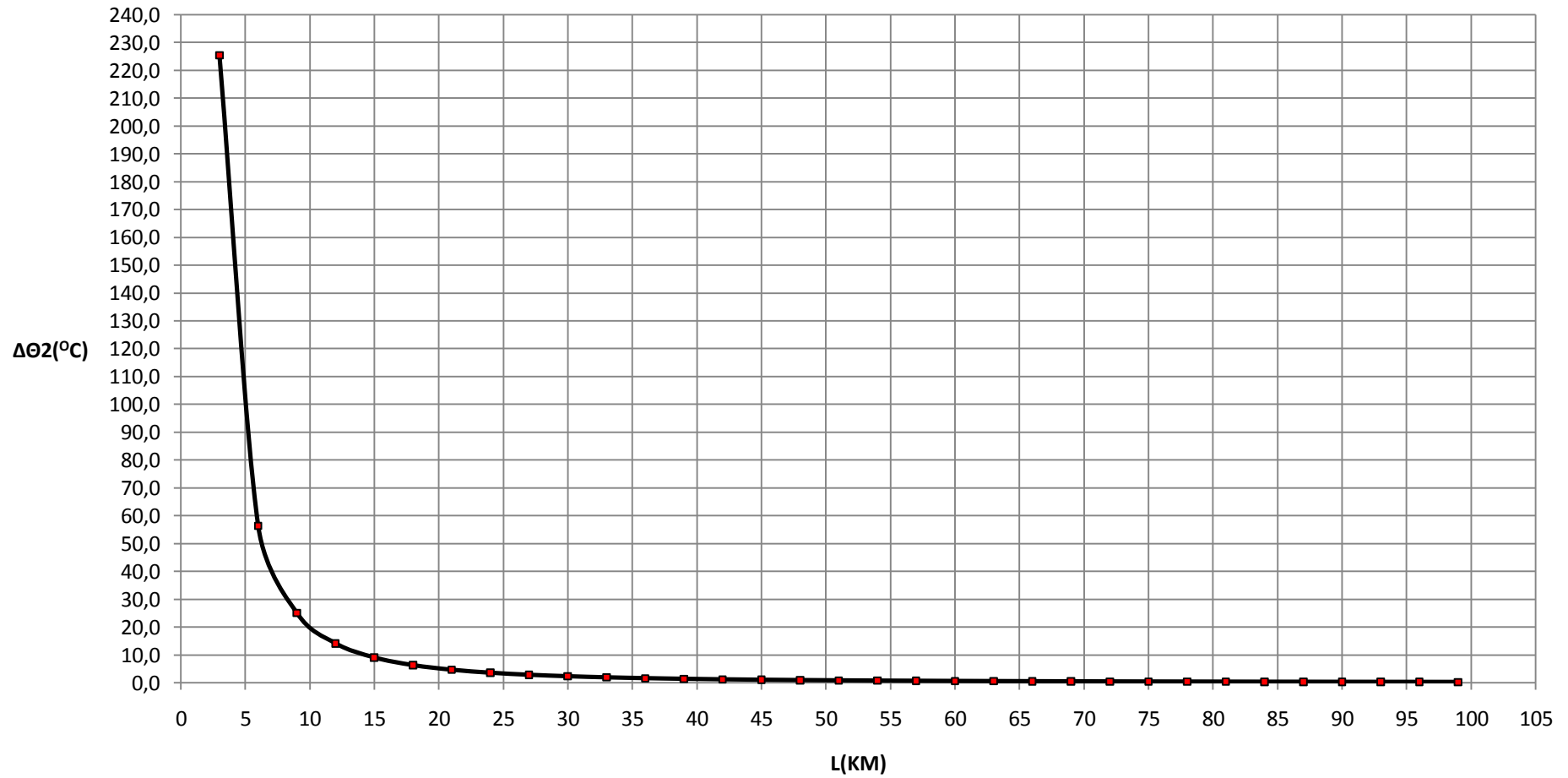
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.2.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



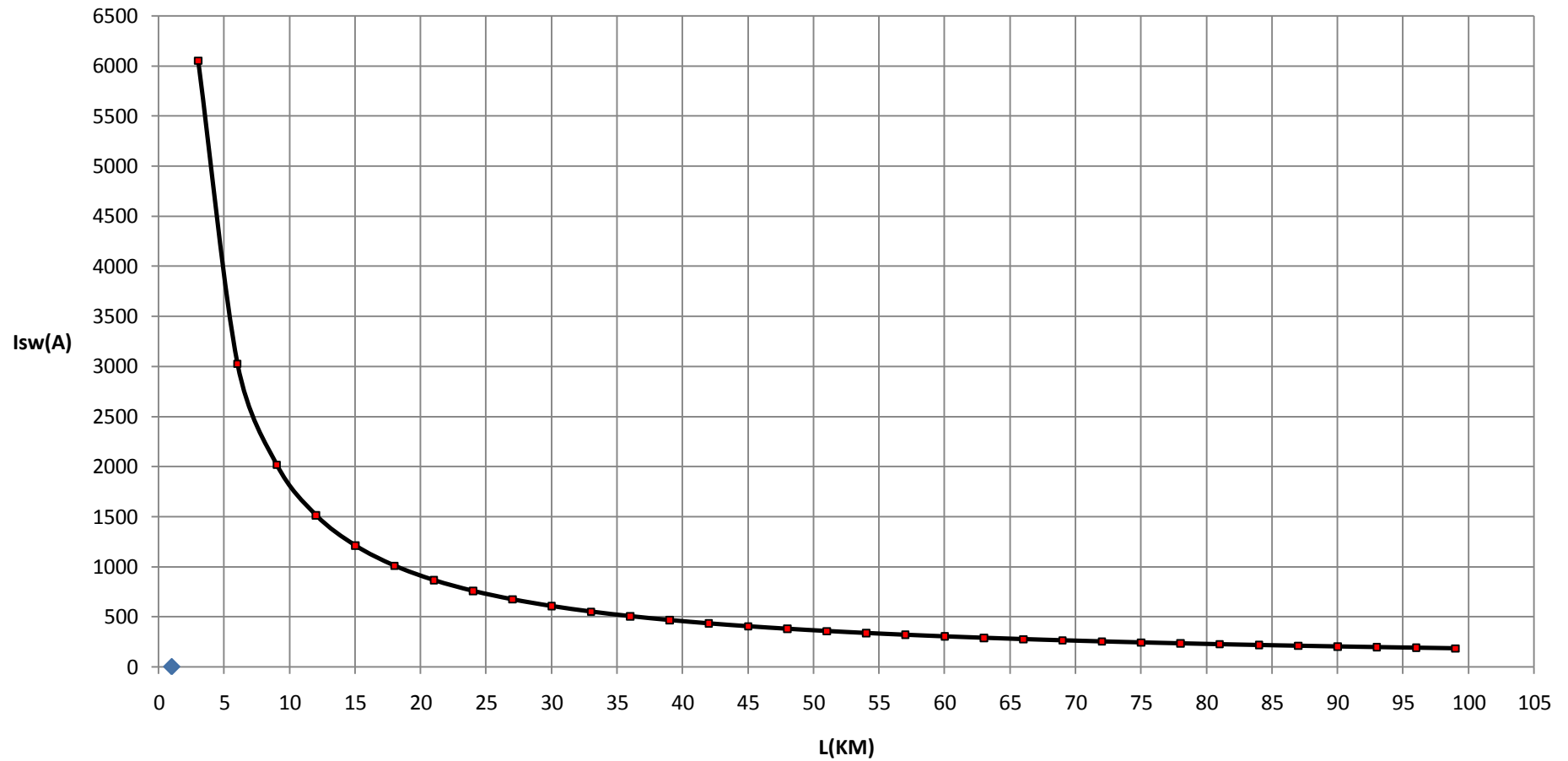
Σχήμα 6.2.1.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	6051,9575380	2118,1851383	6051,9575380	57,3349369	95,3775888
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	3026,0470513	1059,1164679	3026,0470513	14,3343811	23,8454733
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	2017,3798747	706,0829562	2017,3798747	6,3709319	10,5981476
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1513,0405962	529,5642087	1513,0405962	3,5836761	5,9615028
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1210,4352083	423,6523229	1210,4352083	2,2935631	3,8153790
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	1008,6975243	353,0441335	1008,6975243	1,5927569	2,6495768
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	864,5988070	302,6095824	864,5988070	1,1701913	1,9466320
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	756,5245658	264,7835980	756,5245658	0,8959291	1,4903925
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	672,4667022	235,3633458	672,4667022	0,7078955	1,1775956
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	605,2203354	211,8271174	605,2203354	0,5733959	0,9538534
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	550,2005307	192,5701857	550,2005307	0,4738813	0,7883092
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	504,3506589	176,5227306	504,3506589	0,3981922	0,6623992
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	465,5545890	162,9441062	465,5545890	0,3392882	0,5644115
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	432,3007970	151,3052790	432,3007970	0,2925497	0,4866611
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	403,4808306	141,2182907	403,4808306	0,2548434	0,4239361
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	378,2633498	132,3921724	378,2633498	0,2239835	0,3726002
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	356,0126236	124,6044183	356,0126236	0,1984076	0,3300543
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	336,2341941	117,6819679	336,2341941	0,1769748	0,2944004
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	318,5376996	111,4881949	318,5376996	0,1588361	0,2642264
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	302,6108506	105,9137977	302,6108506	0,1433496	0,2384644
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	288,2008410	100,8702944	288,2008410	0,1300224	0,2162943
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	275,1008297	96,2852904	275,1008297	0,1184708	0,1970781
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	263,1399475	92,0989816	263,1399475	0,1083930	0,1803135
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	252,1758036	88,2615313	252,1758036	0,0995484	0,1656004
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	242,0887897	84,7310764	242,0887897	0,0917438	0,1526174
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	232,7776986	81,4721945	232,7776986	0,0848224	0,1411034
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	224,1563167	78,4547109	224,1563167	0,0786556	0,1308448
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	216,1507469	75,6527614	216,1507469	0,0731377	0,1216657
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	208,6972845	73,0440496	208,6972845	0,0681807	0,1134196
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	201,7407188	70,6092516	201,7407188	0,0637110	0,1059843
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	195,2329631	68,3315371	195,2329631	0,0596670	0,0992569
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	189,1319416	66,1961796	189,1319416	0,0559960	0,0931503
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	183,4006785	64,1902375	183,4006785	0,0526538	0,0875904

Πίνακας 6.2.2 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

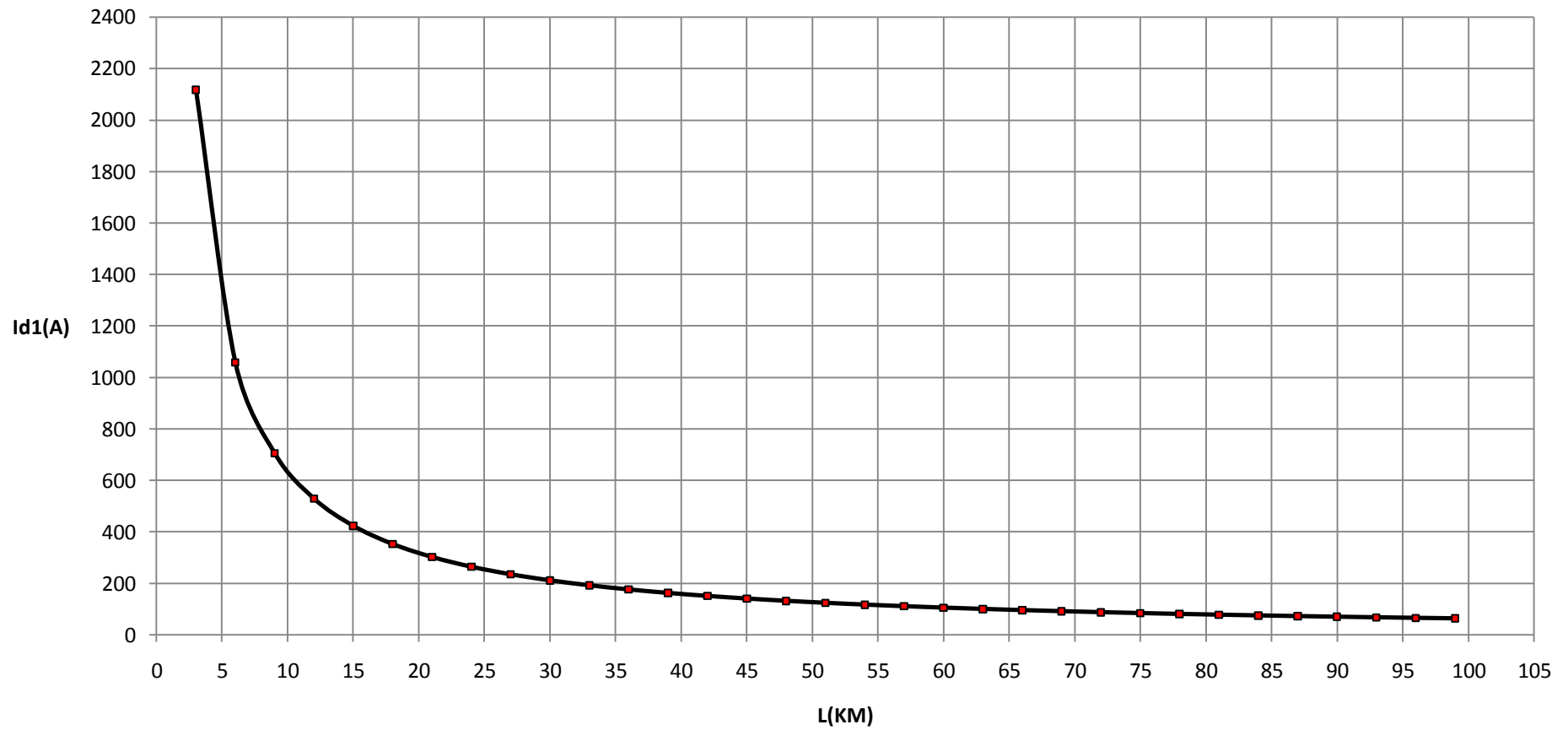
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.2.2.1

$I_{d1}=f(L)$

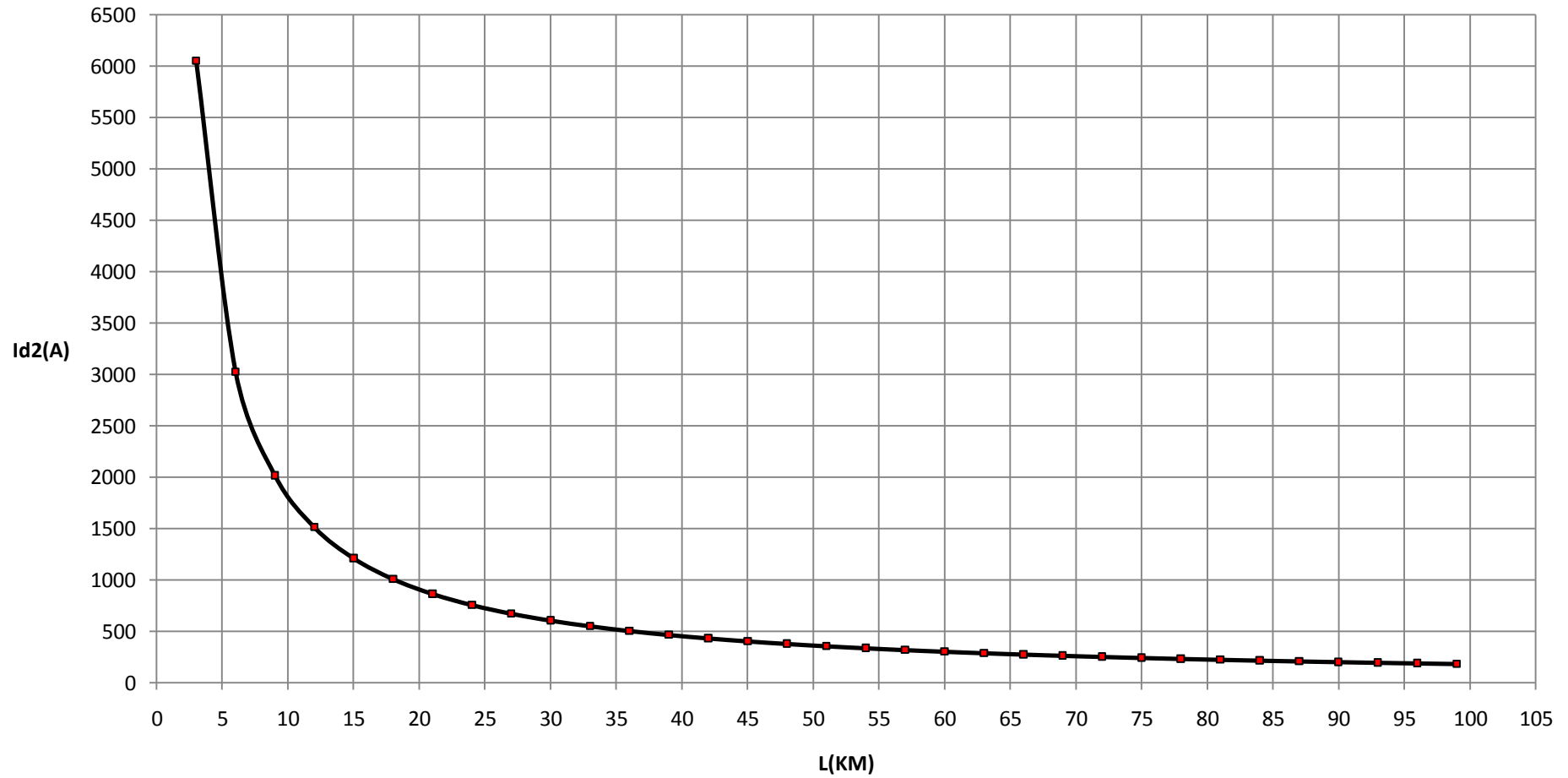
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.2.2.2

$I_{d2}=f(L)$

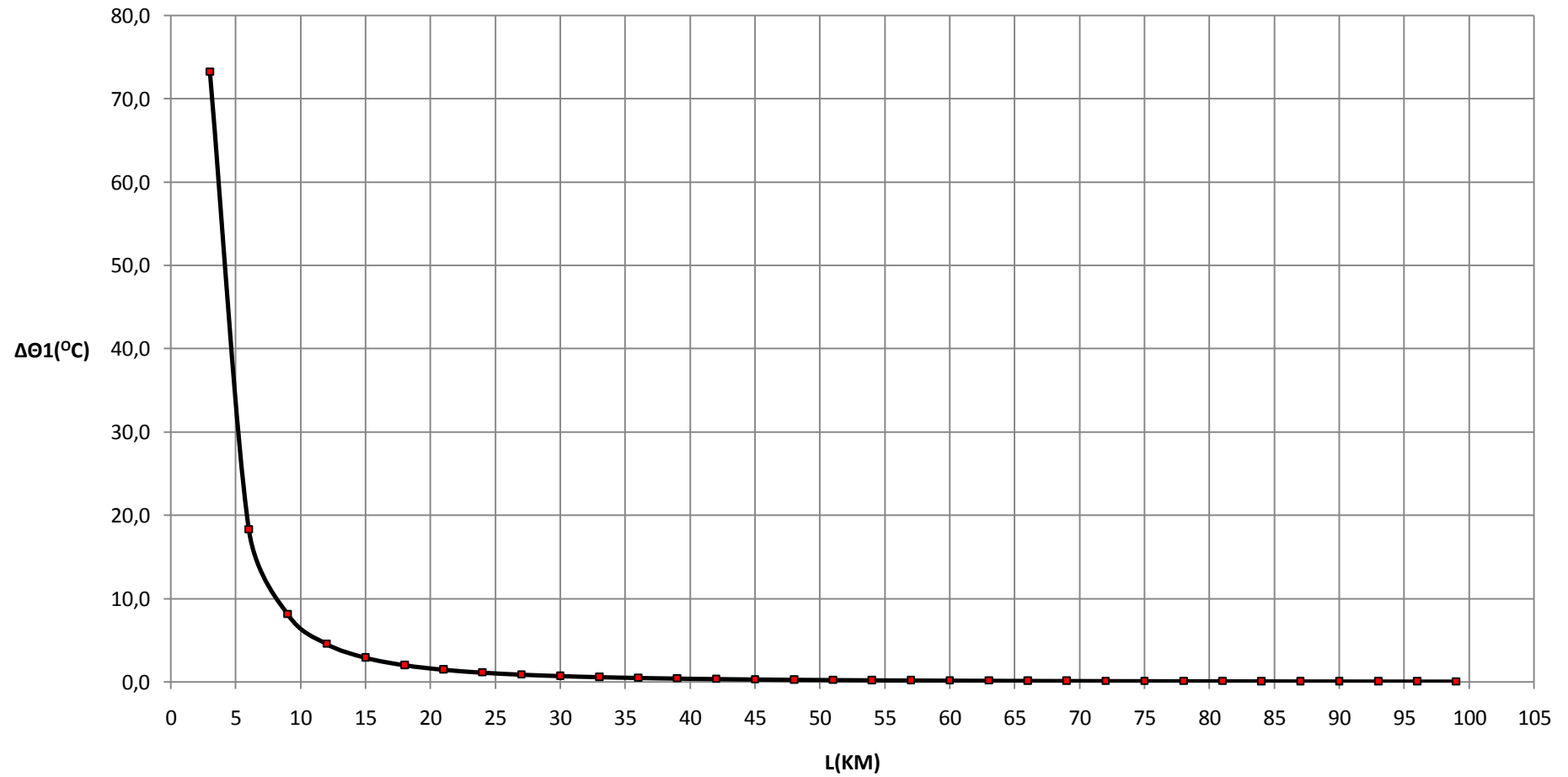
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.2.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

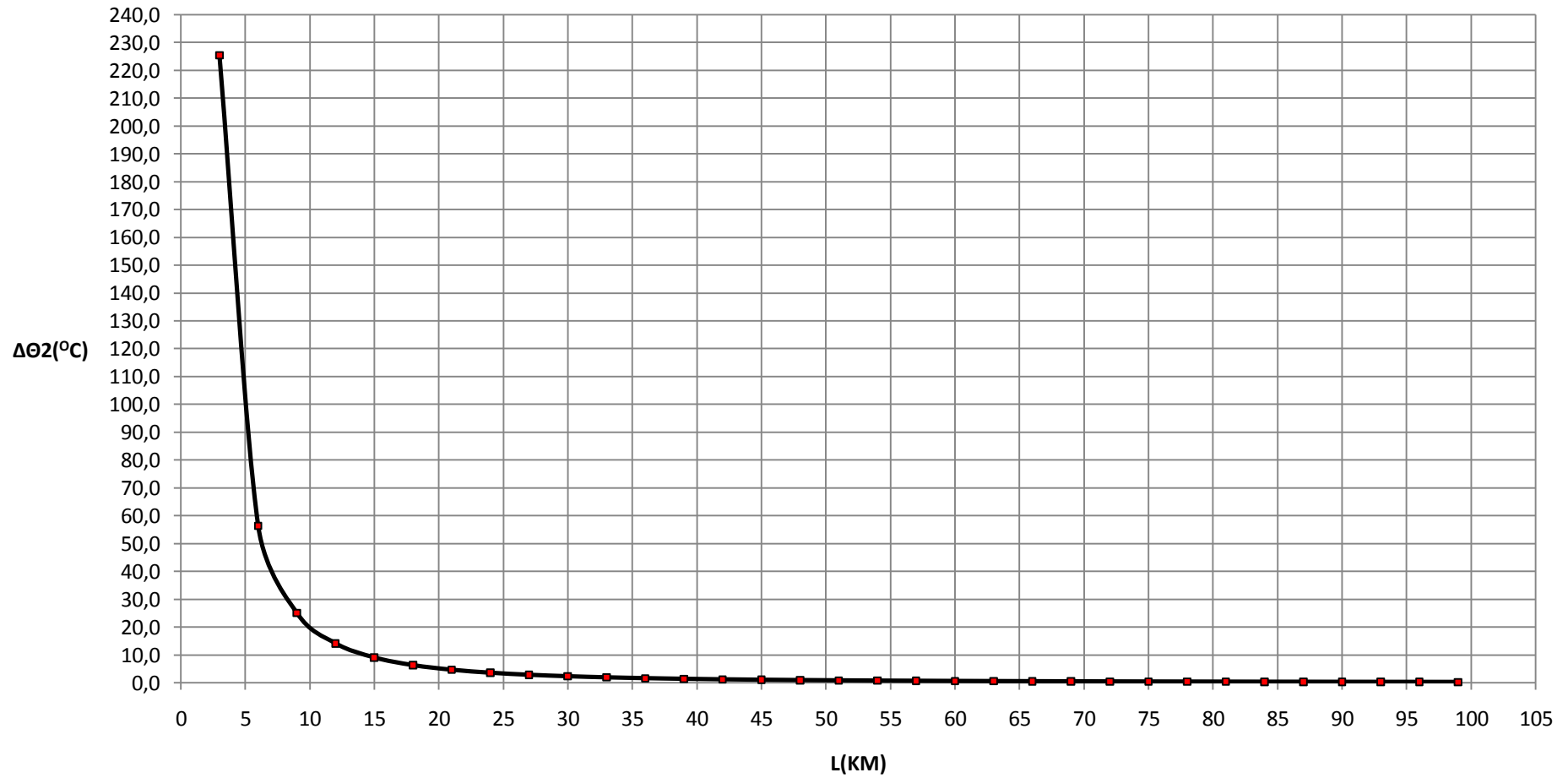
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.2.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



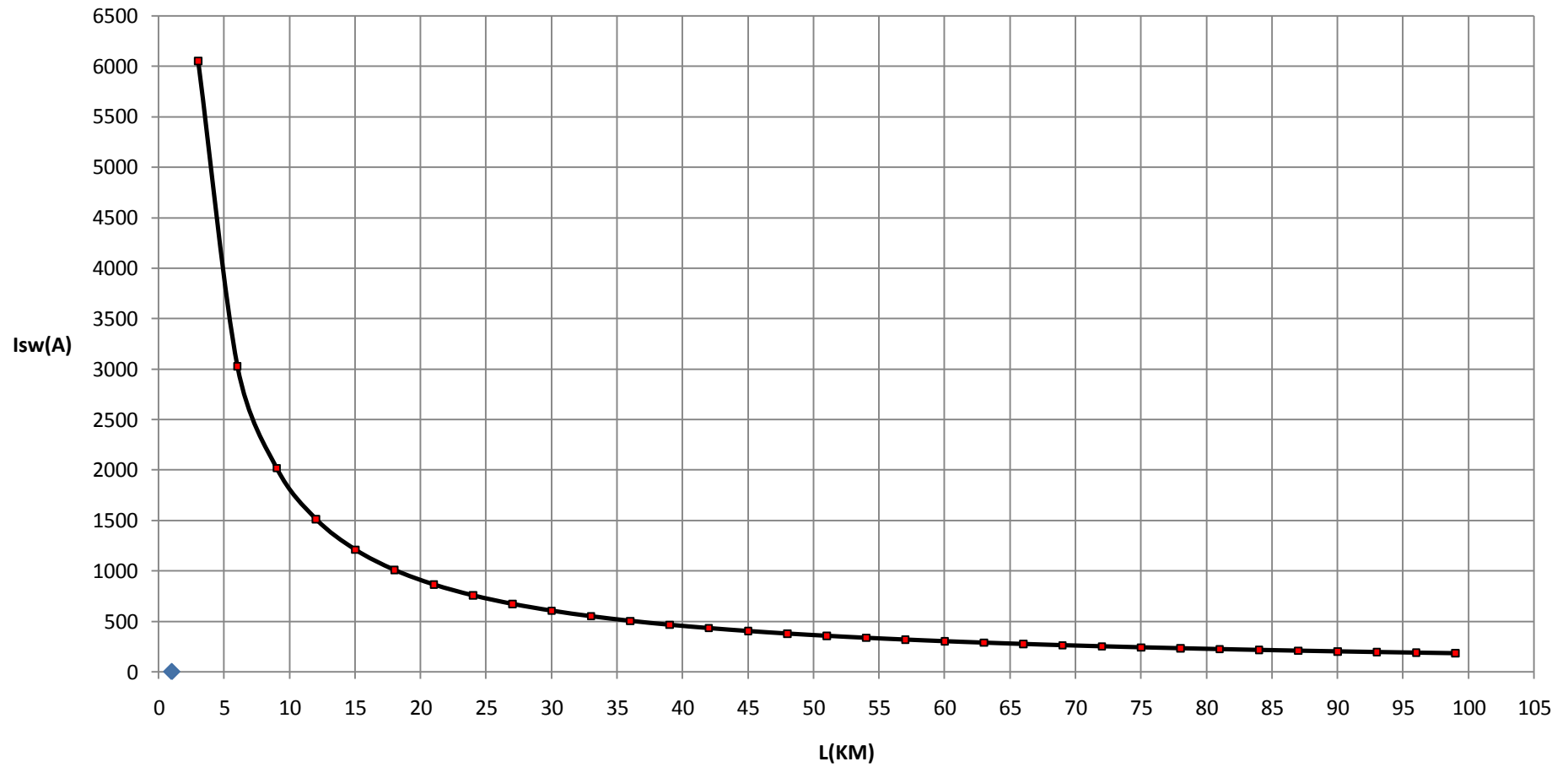
Σχήμα 6.2.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	Δθ1 (°c)	Δθ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	6051,9575380	2118,1851383	6051,9575380	60,5214154	121,3896584
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	3026,0470513	1059,1164679	3026,0470513	15,1310367	30,3487842
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	2017,3798747	706,0829562	2017,3798747	6,7250064	13,4885515
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1513,0405962	529,5642087	1513,0405962	3,7828445	7,5873673
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1210,4352083	423,6523229	1210,4352083	2,4210314	4,8559370
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	1008,6975243	353,0441335	1008,6975243	1,6812769	3,3721886
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	864,5988070	302,6095824	864,5988070	1,2352265	2,4775316
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	756,5245658	264,7835980	756,5245658	0,9457218	1,8968632
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	672,4667022	235,3633458	672,4667022	0,7472379	1,4987580
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	605,2203354	211,8271174	605,2203354	0,6052633	1,2139952
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	550,2005307	192,5701857	550,2005307	0,5002180	1,0033026
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	504,3506589	176,5227306	504,3506589	0,4203224	0,8430535
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	465,5545890	162,9441062	465,5545890	0,3581447	0,7183418
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	432,3007970	151,3052790	432,3007970	0,3088086	0,6193869
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	403,4808306	141,2182907	403,4808306	0,2690067	0,5395550
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	378,2633498	132,3921724	378,2633498	0,2364318	0,4742185
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	356,0126236	124,6044183	356,0126236	0,2094345	0,4200691
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	336,2341941	117,6819679	336,2341941	0,1868104	0,3746914
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	318,5376996	111,4881949	318,5376996	0,1676637	0,3362882
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	302,6108506	105,9137977	302,6108506	0,1513165	0,3035002
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	288,2008410	100,8702944	288,2008410	0,1372486	0,2752837
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	275,1008297	96,2852904	275,1008297	0,1250550	0,2508267
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	263,1399475	92,0989816	263,1399475	0,1144171	0,2294899
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	252,1758036	88,2615313	252,1758036	0,1050810	0,2107642
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	242,0887897	84,7310764	242,0887897	0,0968427	0,1942403
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	232,7776986	81,4721945	232,7776986	0,0895365	0,1795861
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	224,1563167	78,4547109	224,1563167	0,0830270	0,1665298
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	216,1507469	75,6527614	216,1507469	0,0772024	0,1548472
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	208,6972845	73,0440496	208,6972845	0,0719699	0,1443522
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	201,7407188	70,6092516	201,7407188	0,0672519	0,1348892
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	195,2329631	68,3315371	195,2329631	0,0629830	0,1263270
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	189,1319416	66,1961796	189,1319416	0,0591081	0,1185550
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	183,4006785	64,1902375	183,4006785	0,0555801	0,1114787

Πίνακας 6.2.3 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

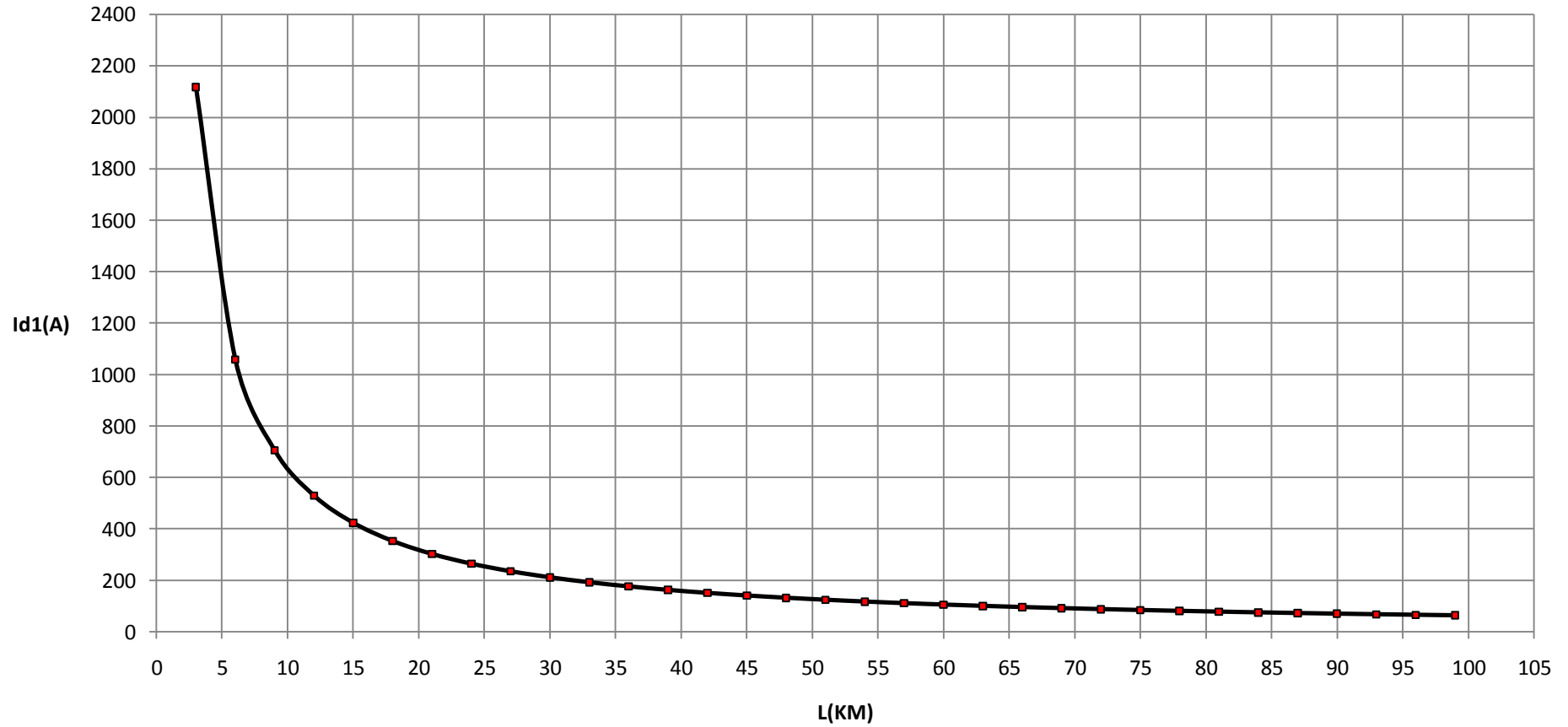
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, $MΣ$ 150/20 KV, $P_N=25$ MVA, $t=0,4$ sec



Σχήμα 6.2.3.1

$I_{d1}=f(L)$

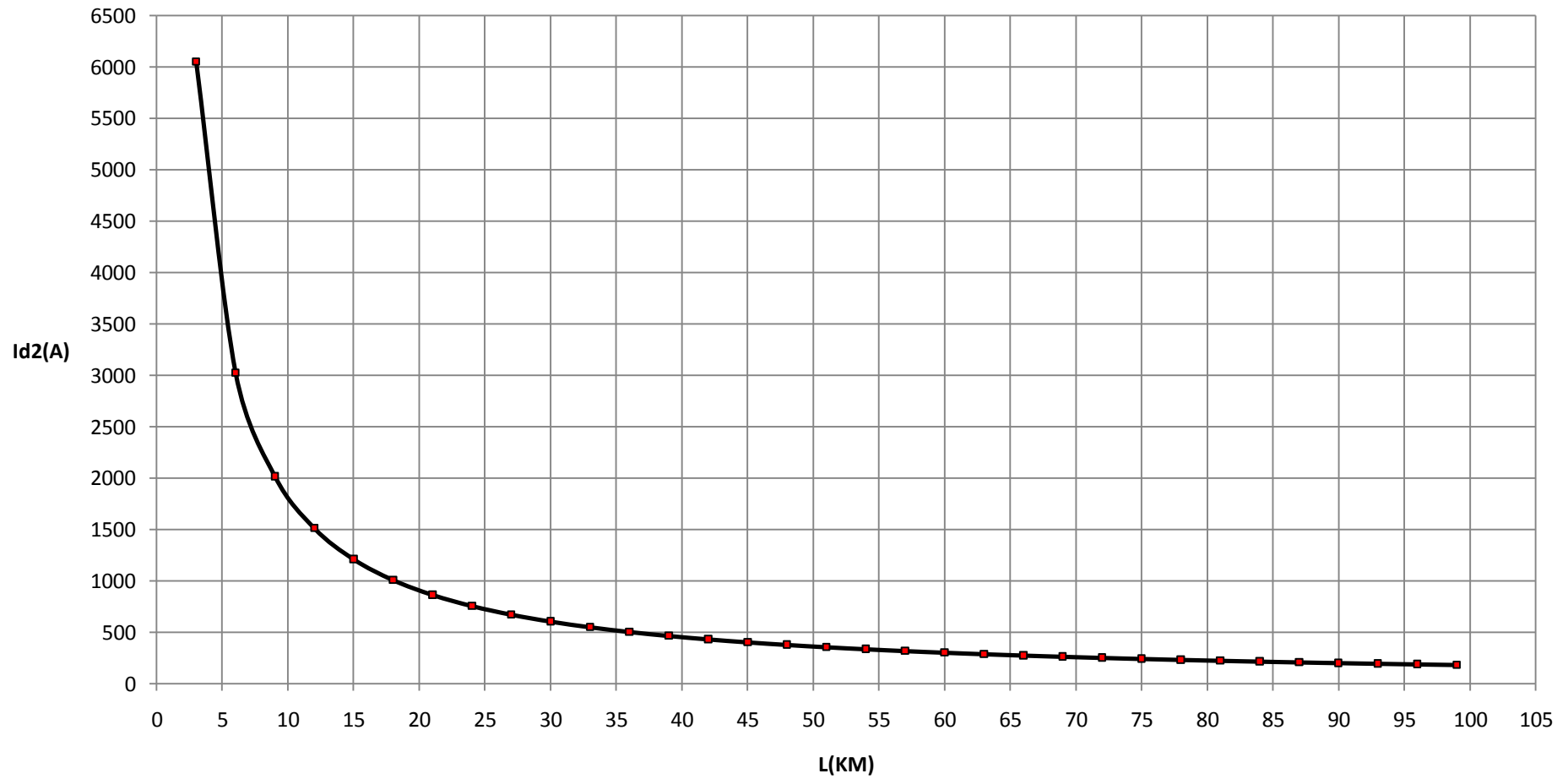
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.2.3.2

$I_{d2}=f(L)$

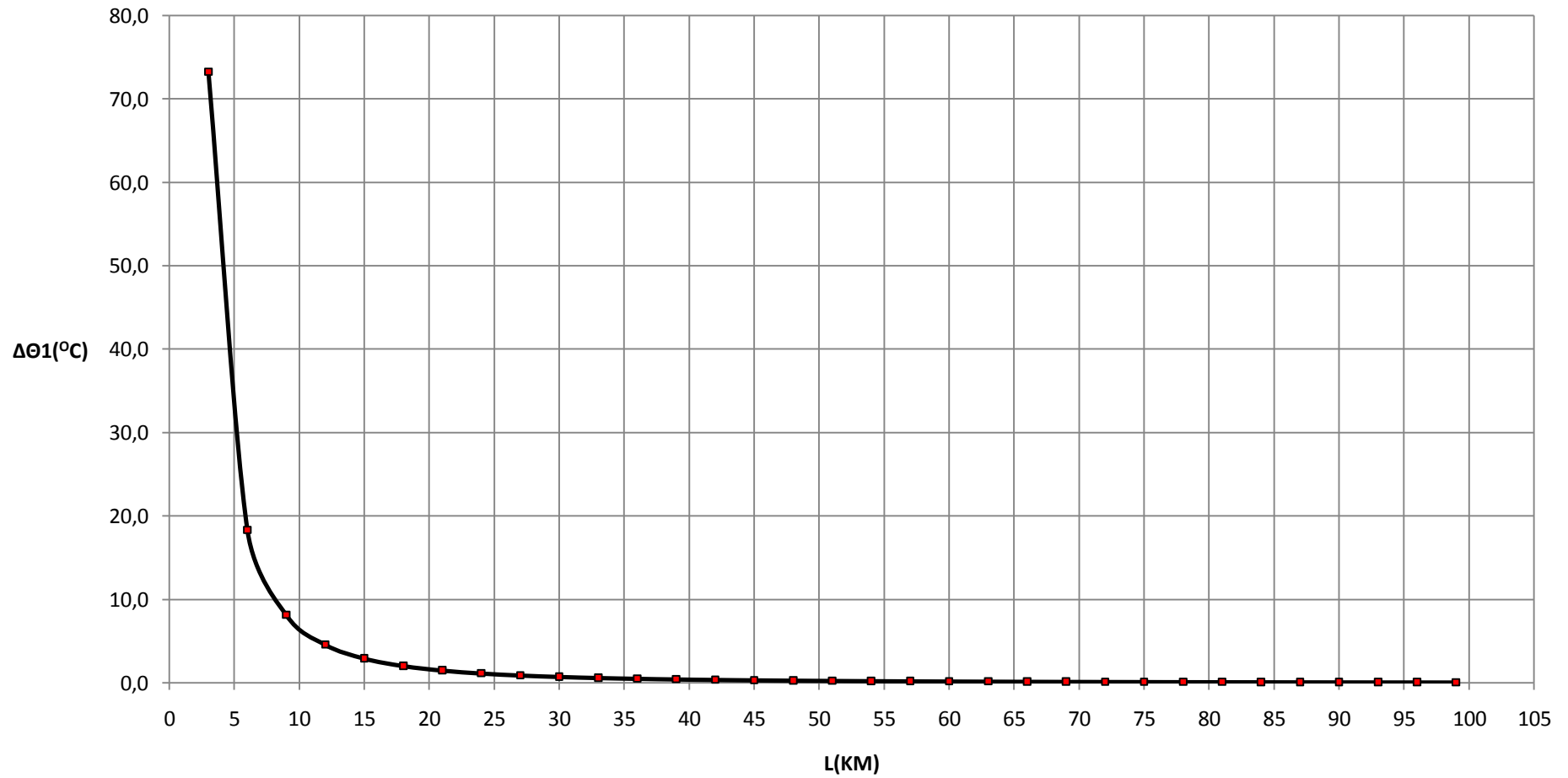
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, $M\bar{S}$ 150/20 KV, $P_N=25$ MVA, $t=0,4$ sec



Σχήμα 6.2.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

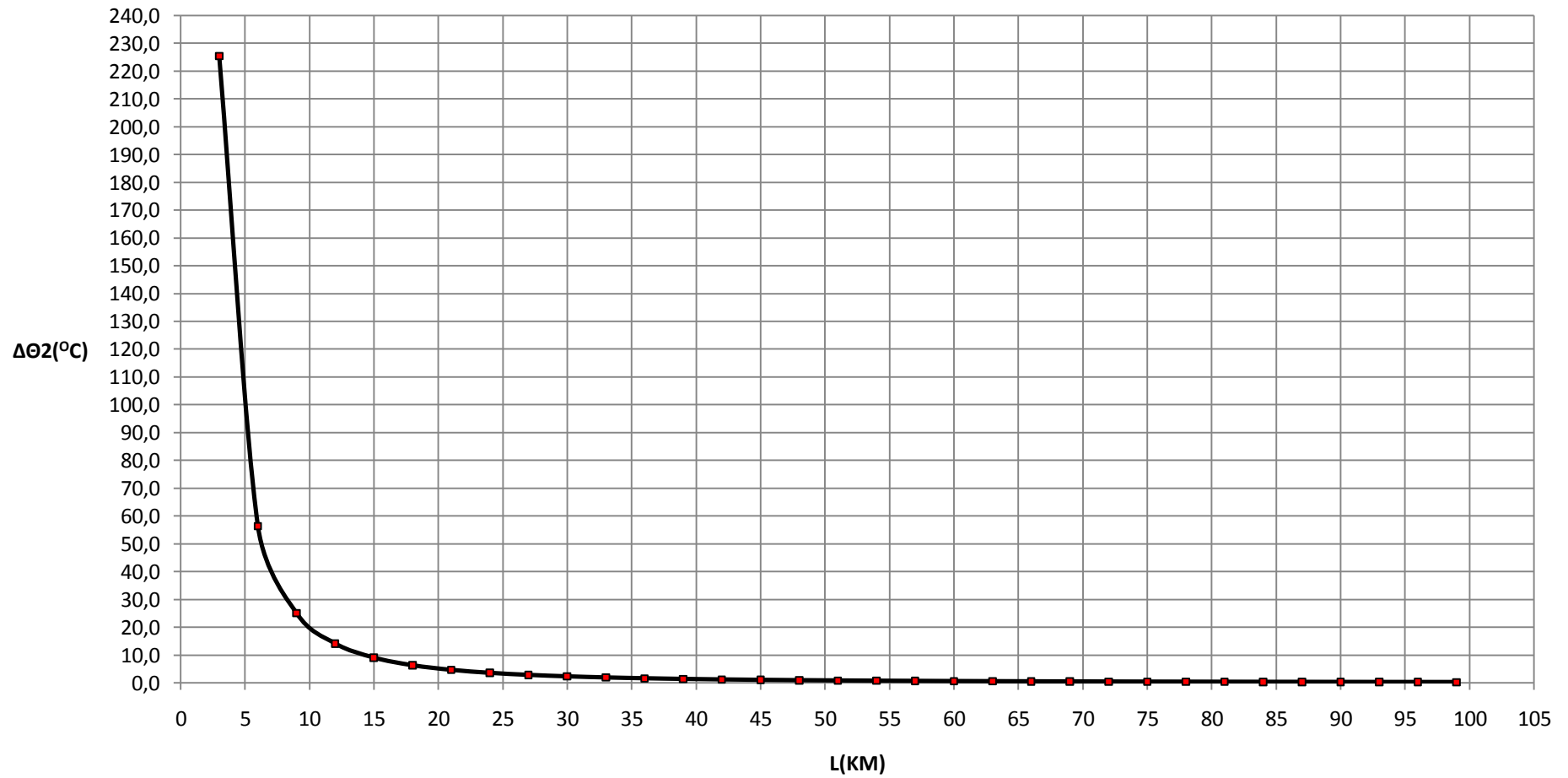
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.2.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



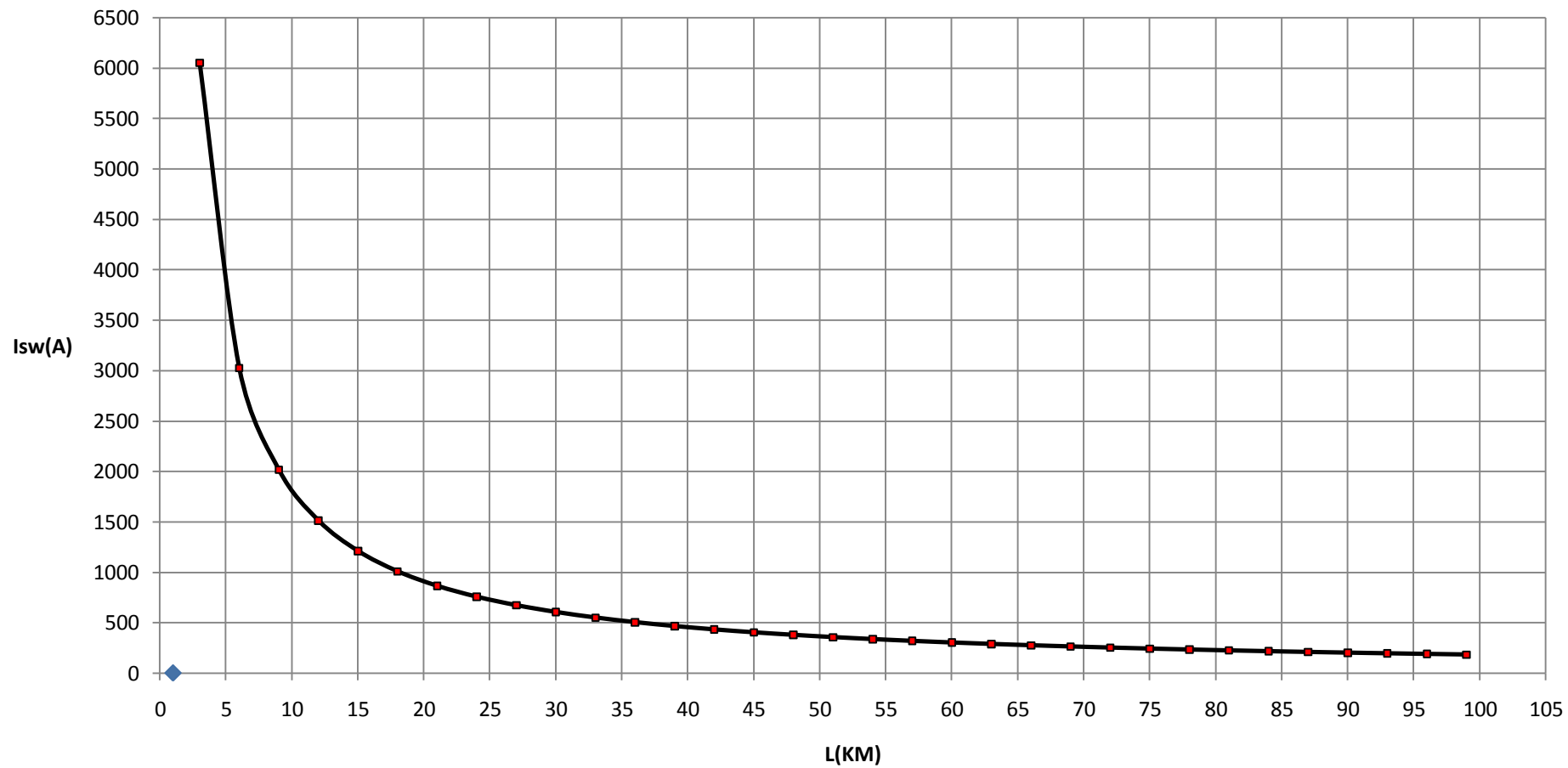
Σχήμα 6.2.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	6051,9575380	2118,1851383	6051,9575380	73,2673295	225,4379371
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	3026,0470513	1059,1164679	3026,0470513	18,3176590	56,3620278
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	2017,3798747	706,0829562	2017,3798747	8,1413043	25,0501670
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1513,0405962	529,5642087	1513,0405962	4,5795181	14,0908249
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1210,4352083	423,6523229	1210,4352083	2,9309048	9,0181686
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	1008,6975243	353,0441335	1008,6975243	2,0353567	6,2626360
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	864,5988070	302,6095824	864,5988070	1,4953673	4,6011302
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	756,5245658	264,7835980	756,5245658	1,1448924	3,5227460
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	672,4667022	235,3633458	672,4667022	0,9046075	2,7834077
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	605,2203354	211,8271174	605,2203354	0,7327328	2,2545625
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	550,2005307	192,5701857	550,2005307	0,6055648	1,8632763
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	504,3506589	176,5227306	504,3506589	0,5088430	1,5656708
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	465,5545890	162,9441062	465,5545890	0,4335706	1,3340634
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	432,3007970	151,3052790	432,3007970	0,3738442	1,1502900
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	403,4808306	141,2182907	403,4808306	0,3256600	1,0020308
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	378,2633498	132,3921724	378,2633498	0,2862247	0,8806915
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	356,0126236	124,6044183	356,0126236	0,2535417	0,7801283
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	336,2341941	117,6819679	336,2341941	0,2261530	0,6958554
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	318,5376996	111,4881949	318,5376996	0,2029739	0,6245352
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	302,6108506	105,9137977	302,6108506	0,1831840	0,5636432
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	288,2008410	100,8702944	288,2008410	0,1661534	0,5112411
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	275,1008297	96,2852904	275,1008297	0,1513918	0,4658210
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	263,1399475	92,0989816	263,1399475	0,1385135	0,4261955
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	252,1758036	88,2615313	252,1758036	0,1272112	0,3914192
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	242,0887897	84,7310764	242,0887897	0,1172379	0,3607320
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	232,7776986	81,4721945	232,7776986	0,1083930	0,3335170
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	224,1563167	78,4547109	224,1563167	0,1005126	0,3092696
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	216,1507469	75,6527614	216,1507469	0,0934614	0,2875734
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	208,6972845	73,0440496	208,6972845	0,0871269	0,2680827
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	201,7407188	70,6092516	201,7407188	0,0814152	0,2505085
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	195,2329631	68,3315371	195,2329631	0,0762474	0,2346073
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	189,1319416	66,1961796	189,1319416	0,0715564	0,2201735
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	183,4006785	64,1902375	183,4006785	0,0672853	0,2070318

Πίνακας 6.2.4: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

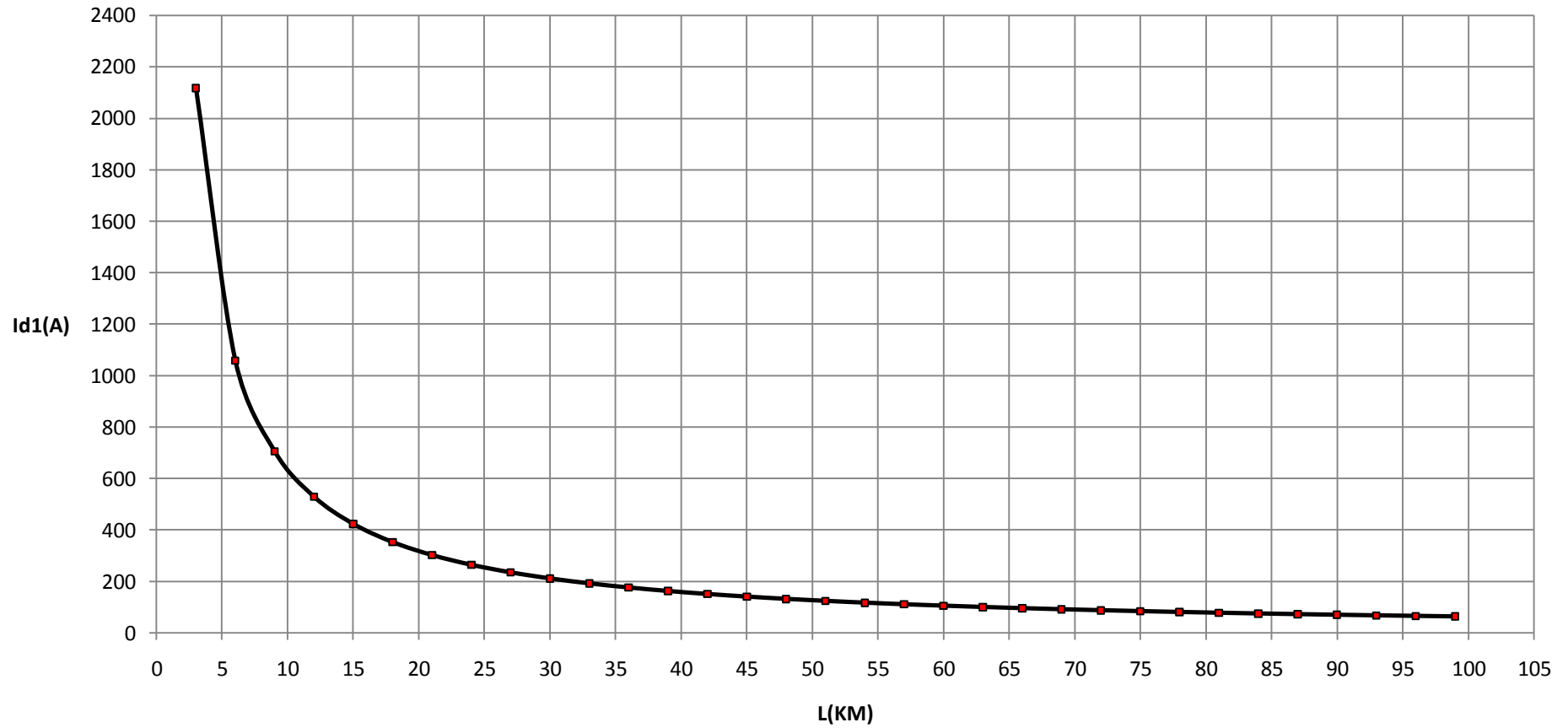
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.2.4.1

$I_{d1}=f(L)$

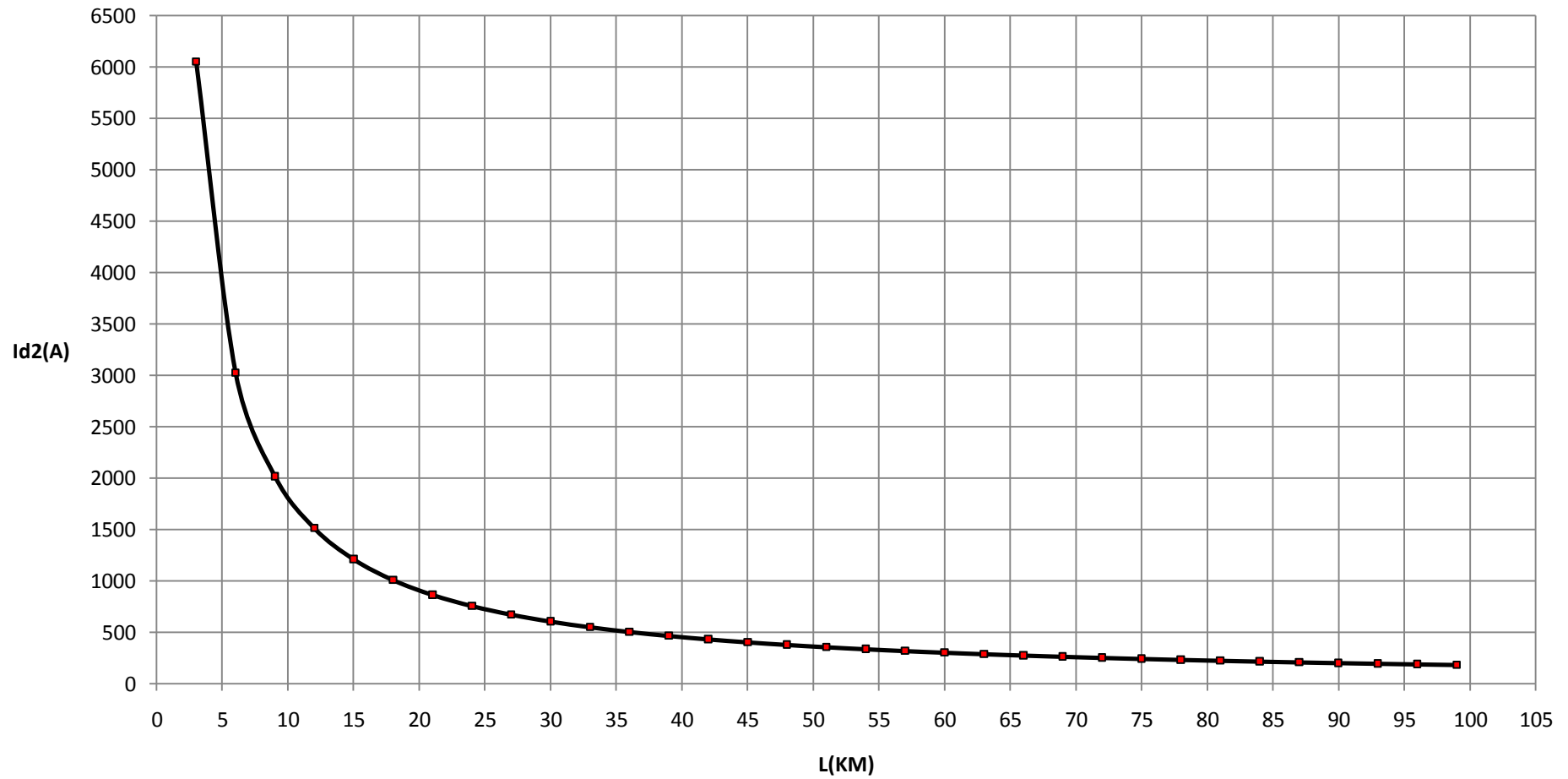
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.2.4.2

$I_{d2}=f(L)$

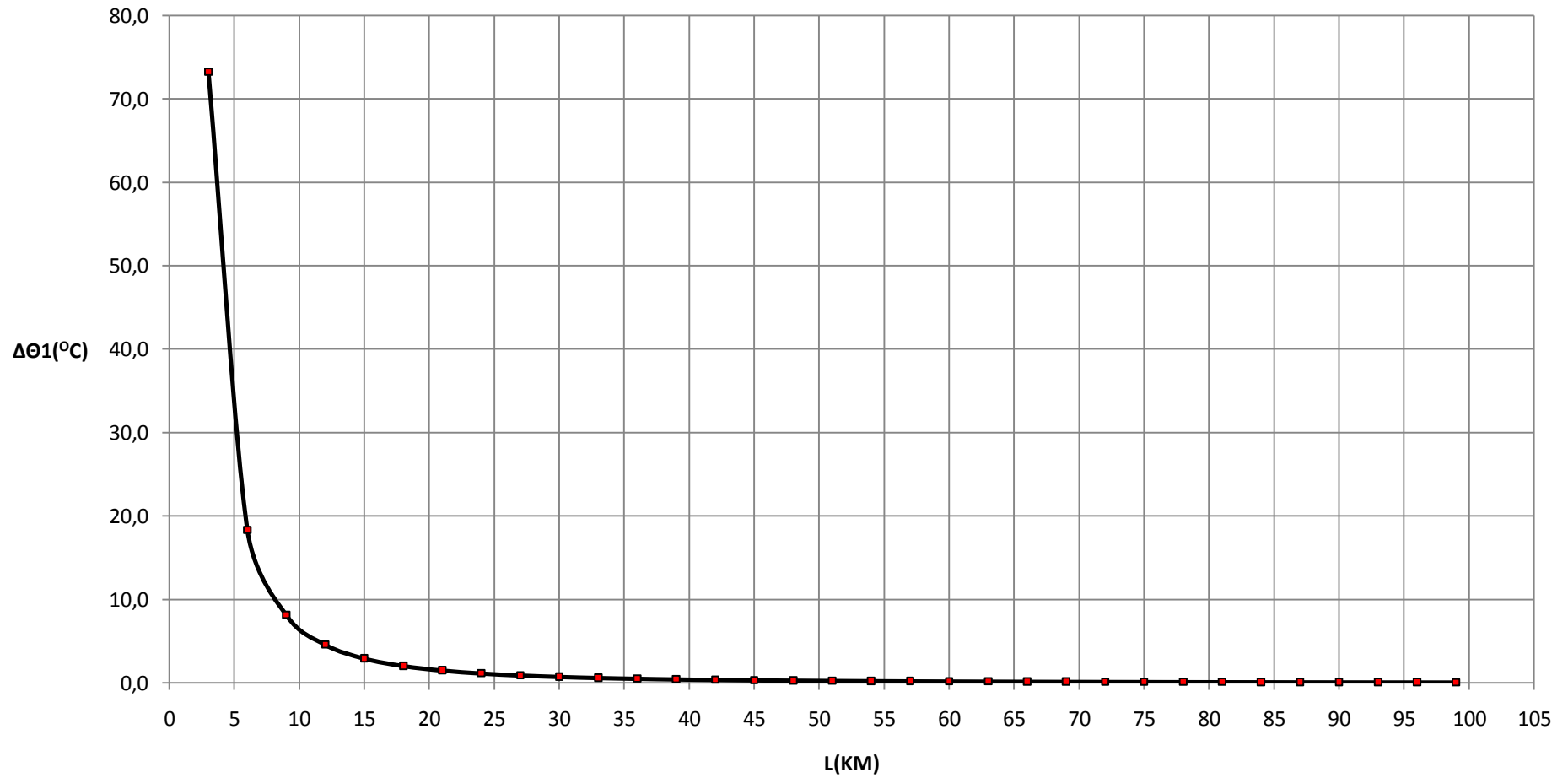
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.2.4.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

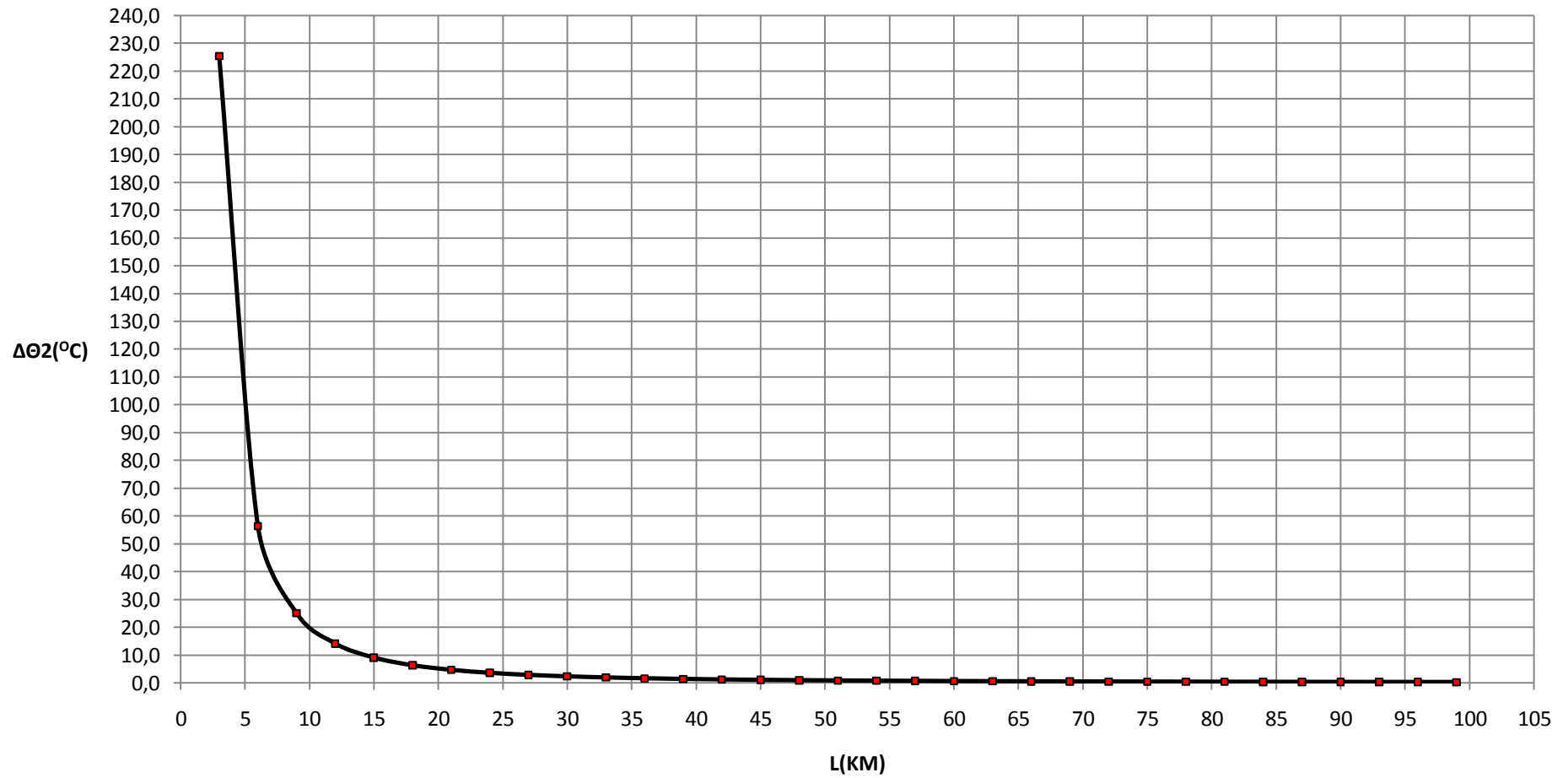
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.2.4.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_Ν=25 ΜVA, t=1 sec



Σχήμα 6.2.4.5

6.3 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

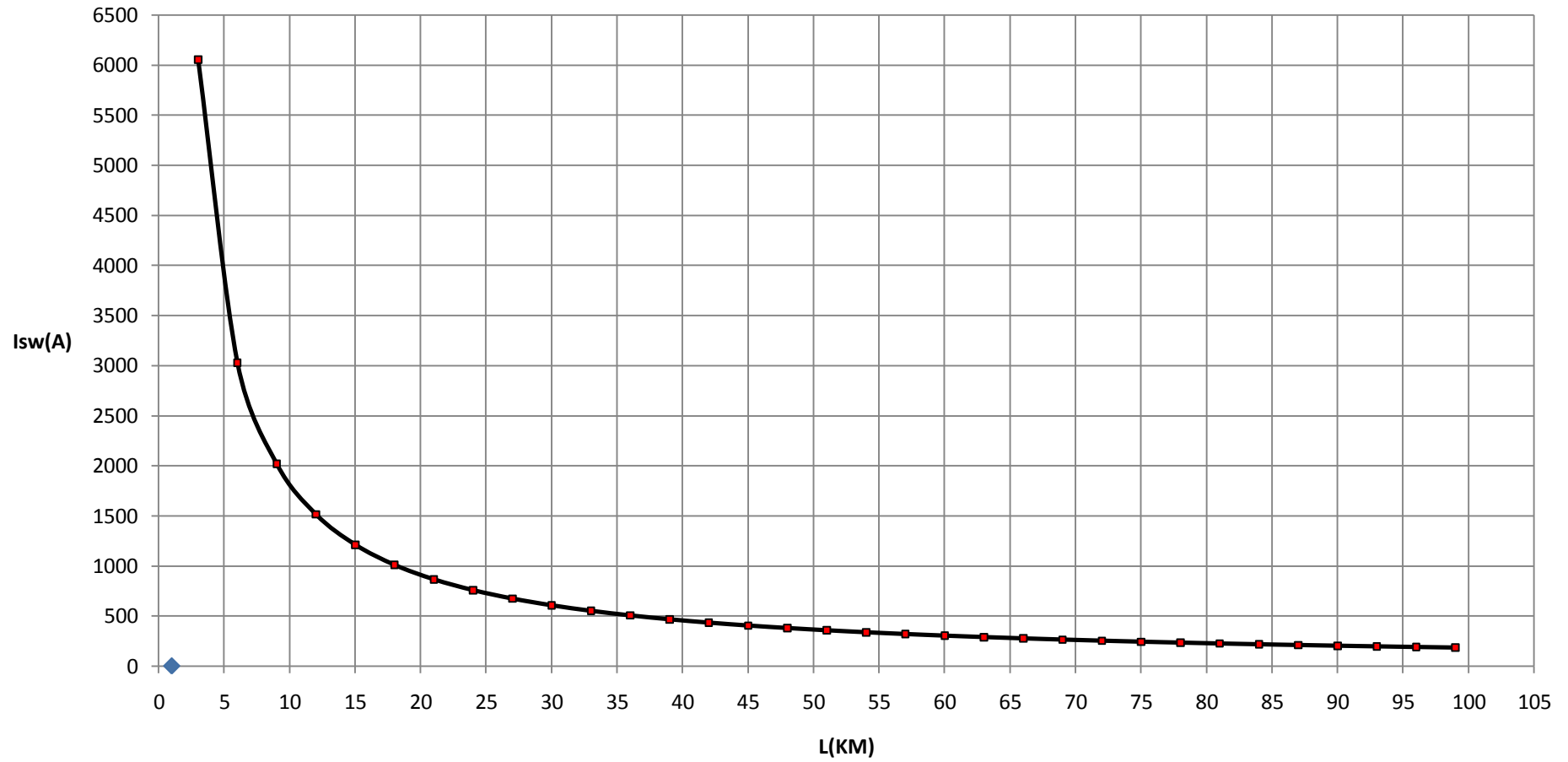
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	6052,0942073	2118,2329725	6052,0942073	55,2131115	78,0397336
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	3026,0812187	1059,1284265	3026,0812187	13,8035891	19,5103733
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	2017,3950602	706,0882711	2017,3950602	6,1349746	8,6713422
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1513,0491381	529,5671983	1513,0491381	3,4509362	4,8776483
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1210,4406751	423,6542363	1210,4406751	2,2086041	3,1217020
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	1008,7013207	353,0454622	1008,7013207	1,5337552	2,1678518
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	864,6015962	302,6105587	864,6015962	1,1268417	1,5927092
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	756,5267012	264,7843454	756,5267012	0,8627389	1,2194190
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	672,4683895	235,3639363	672,4683895	0,6816707	0,9634921
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	605,2217021	211,8275958	605,2217021	0,5521535	0,7804290
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	550,2016602	192,5705811	550,2016602	0,4563254	0,6449829
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	504,3516080	176,5230628	504,3516080	0,3834402	0,5419650
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	465,5553977	162,9443892	465,5553977	0,3267184	0,4617928
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	432,3014943	151,3055230	432,3014943	0,2817113	0,3981786
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	403,4814380	141,2185033	403,4814380	0,2454019	0,3468579
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	378,2638837	132,3923593	378,2638837	0,2156853	0,3048556
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	356,0130965	124,6045838	356,0130965	0,1910569	0,2700451
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	336,2346159	117,6821156	336,2346159	0,1704181	0,2408736
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	318,5380782	111,4883274	318,5380782	0,1529514	0,2161858
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	302,6111922	105,9139173	302,6111922	0,1380387	0,1951077
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	288,2011509	100,8704028	288,2011509	0,1252052	0,1769684
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	275,1011120	96,2853892	275,1011120	0,1140816	0,1612461
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	263,1402058	92,0990720	263,1402058	0,1043771	0,1475295
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	252,1760409	88,2616143	252,1760409	0,0958602	0,1354915
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	242,0890084	84,7311529	242,0890084	0,0883448	0,1248690
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	232,7779007	81,4722653	232,7779007	0,0816797	0,1154484
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	224,1565042	78,4547765	224,1565042	0,0757414	0,1070550
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	216,1509212	75,6528224	216,1509212	0,0704279	0,0995448
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	208,6974470	73,0441064	208,6974470	0,0656546	0,0927980
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	201,7408706	70,6093047	201,7408706	0,0613506	0,0867146
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	195,2331053	68,3315869	195,2331053	0,0574563	0,0812103
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	189,1320751	66,1962263	189,1320751	0,0539214	0,0762140
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	183,4008040	64,1902814	183,4008040	0,0507030	0,0716650

Πίνακας 6.3.1 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

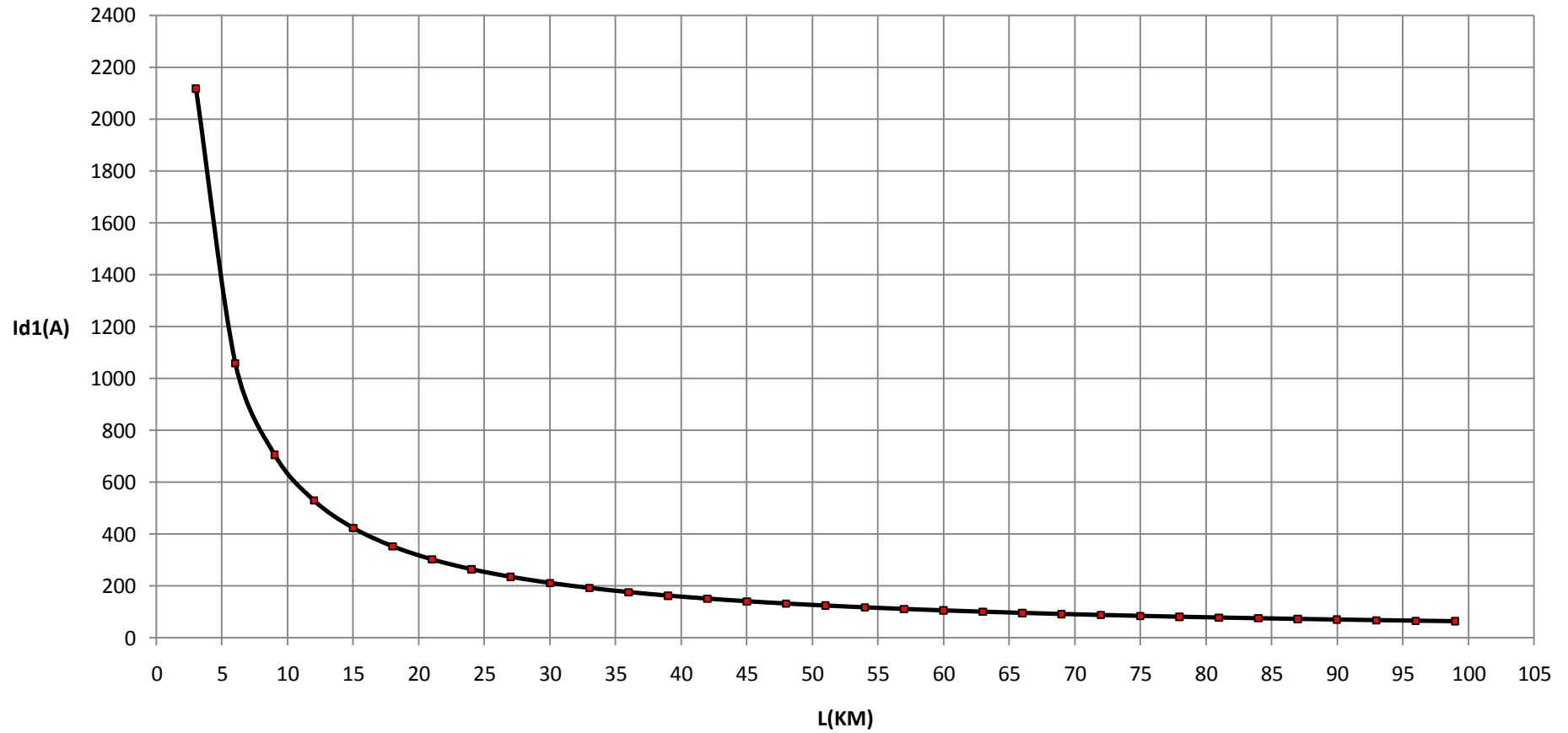
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.3.1.1

$I_{d1}=f(L)$

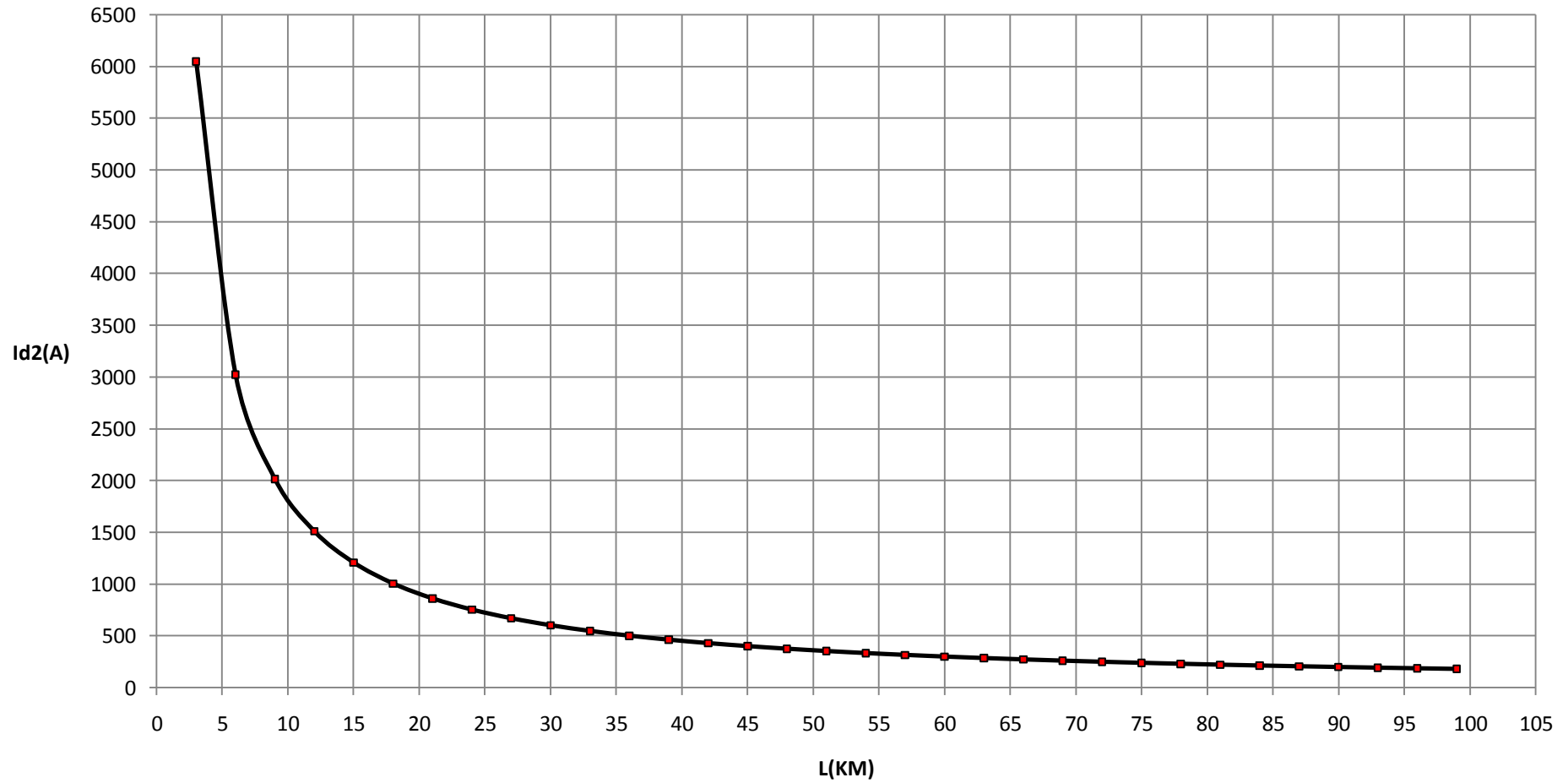
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.3.1.2

$I_{d2}=f(L)$

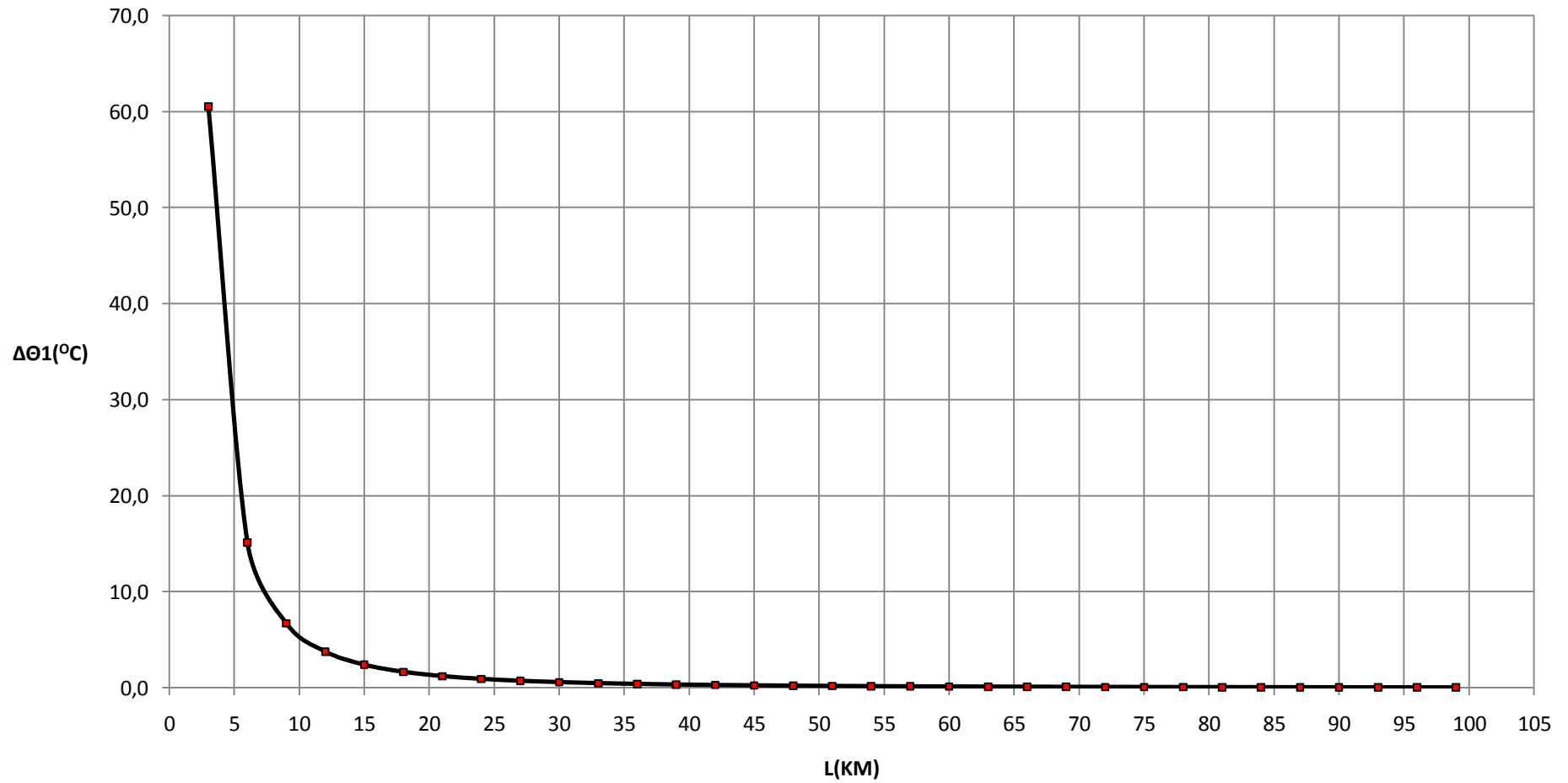
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.3.1.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

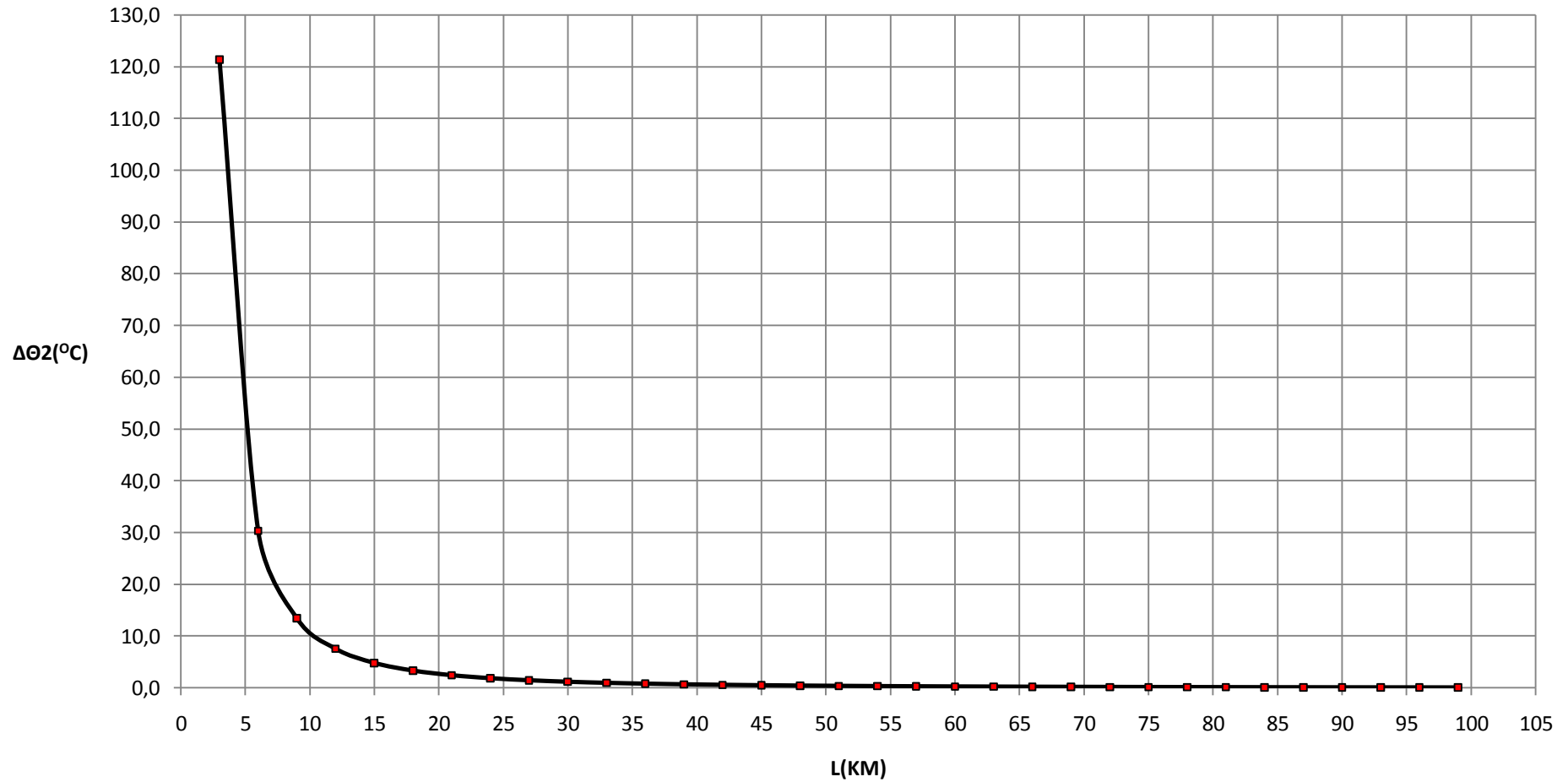
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.3.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,15 sec



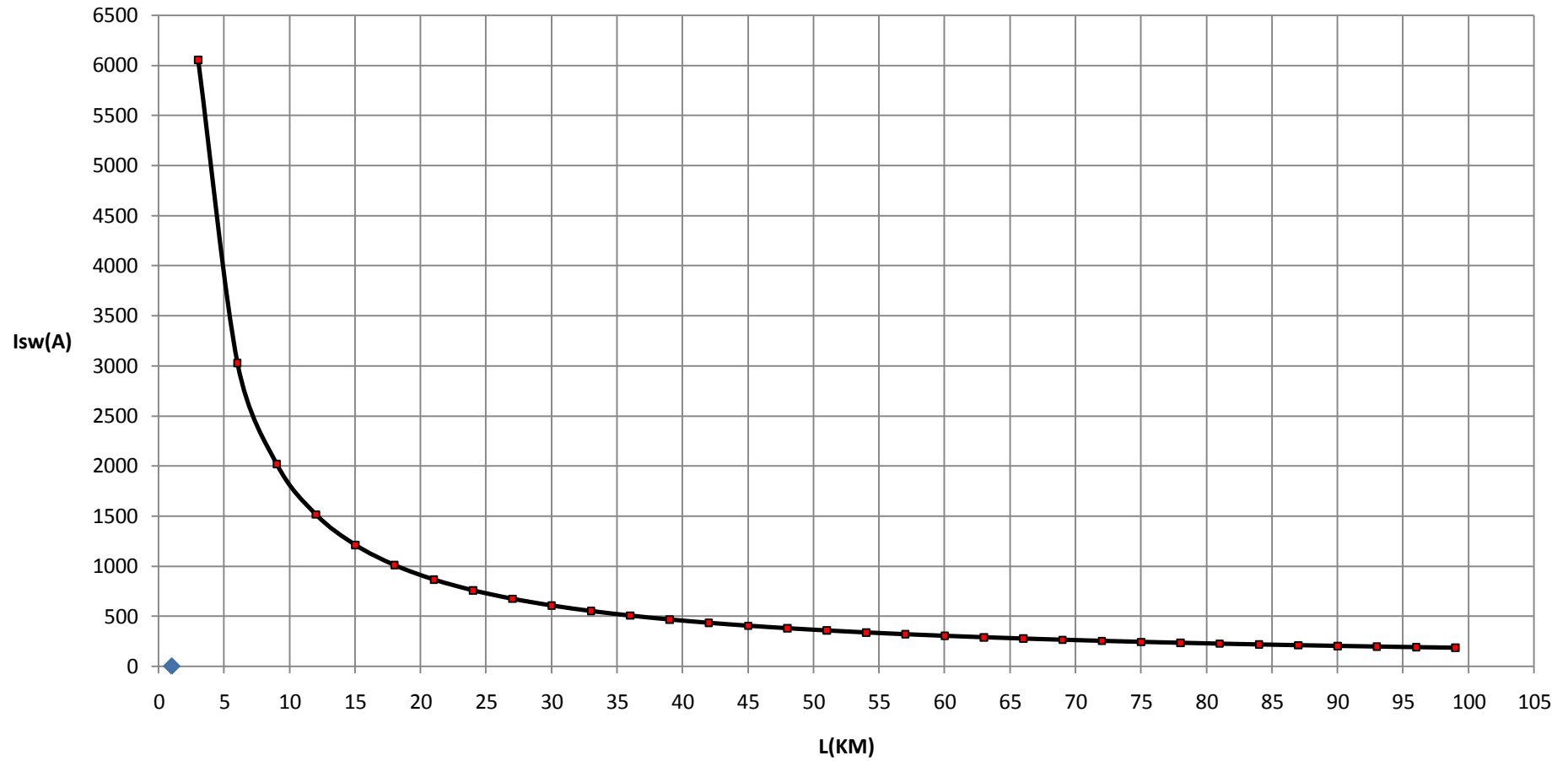
Σχήμα 6.3.1.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	6052,0942073	2118,2329725	6052,0942073	57,3375265	95,3818966
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	3026,0812187	1059,1284265	3026,0812187	14,3347048	23,8460118
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	2017,3950602	706,0882711	2017,3950602	6,3710278	10,5983071
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1513,0491381	529,5671983	1513,0491381	3,5837166	5,9615702
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1210,4406751	423,6542363	1210,4406751	2,2935838	3,8154135
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	1008,7013207	353,0454622	1008,7013207	1,5927689	2,6495967
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	864,6015962	302,6105587	864,6015962	1,1701988	1,9466446
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	756,5267012	264,7843454	756,5267012	0,8959342	1,4904009
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	672,4683895	235,3639363	672,4683895	0,7078991	1,1776015
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	605,2217021	211,8275958	605,2217021	0,5733985	0,9538577
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	550,2016602	192,5705811	550,2016602	0,4738833	0,7883125
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	504,3516080	176,5230628	504,3516080	0,3981937	0,6624017
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	465,5553977	162,9443892	465,5553977	0,3392894	0,5644134
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	432,3014943	151,3055230	432,3014943	0,2925507	0,4866627
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	403,4814380	141,2185033	403,4814380	0,2548442	0,4239374
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	378,2638837	132,3923593	378,2638837	0,2239842	0,3726013
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	356,0130965	124,6045838	356,0130965	0,1984082	0,3300552
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	336,2346159	117,6821156	336,2346159	0,1769752	0,2944011
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	318,5380782	111,4883274	318,5380782	0,1588365	0,2642271
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	302,6111922	105,9139173	302,6111922	0,1433500	0,2384650
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	288,2011509	100,8704028	288,2011509	0,1300227	0,2162948
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	275,1011120	96,2853892	275,1011120	0,1184711	0,1970785
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	263,1402058	92,0990720	263,1402058	0,1083932	0,1803138
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	252,1760409	88,2616143	252,1760409	0,0995486	0,1656007
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	242,0890084	84,7311529	242,0890084	0,0917440	0,1526176
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	232,7779007	81,4722653	232,7779007	0,0848225	0,1411036
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	224,1565042	78,4547765	224,1565042	0,0786557	0,1308450
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	216,1509212	75,6528224	216,1509212	0,0731378	0,1216659
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	208,6974470	73,0441064	208,6974470	0,0681808	0,1134198
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	201,7408706	70,6093047	201,7408706	0,0637111	0,1059845
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	195,2331053	68,3315869	195,2331053	0,0596670	0,0992571
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	189,1320751	66,1962263	189,1320751	0,0559961	0,0931505
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	183,4008040	64,1902814	183,4008040	0,0526538	0,0875905

Πίνακας 6.3.2 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,25 sec

$$I_{sw}=f(L)$$

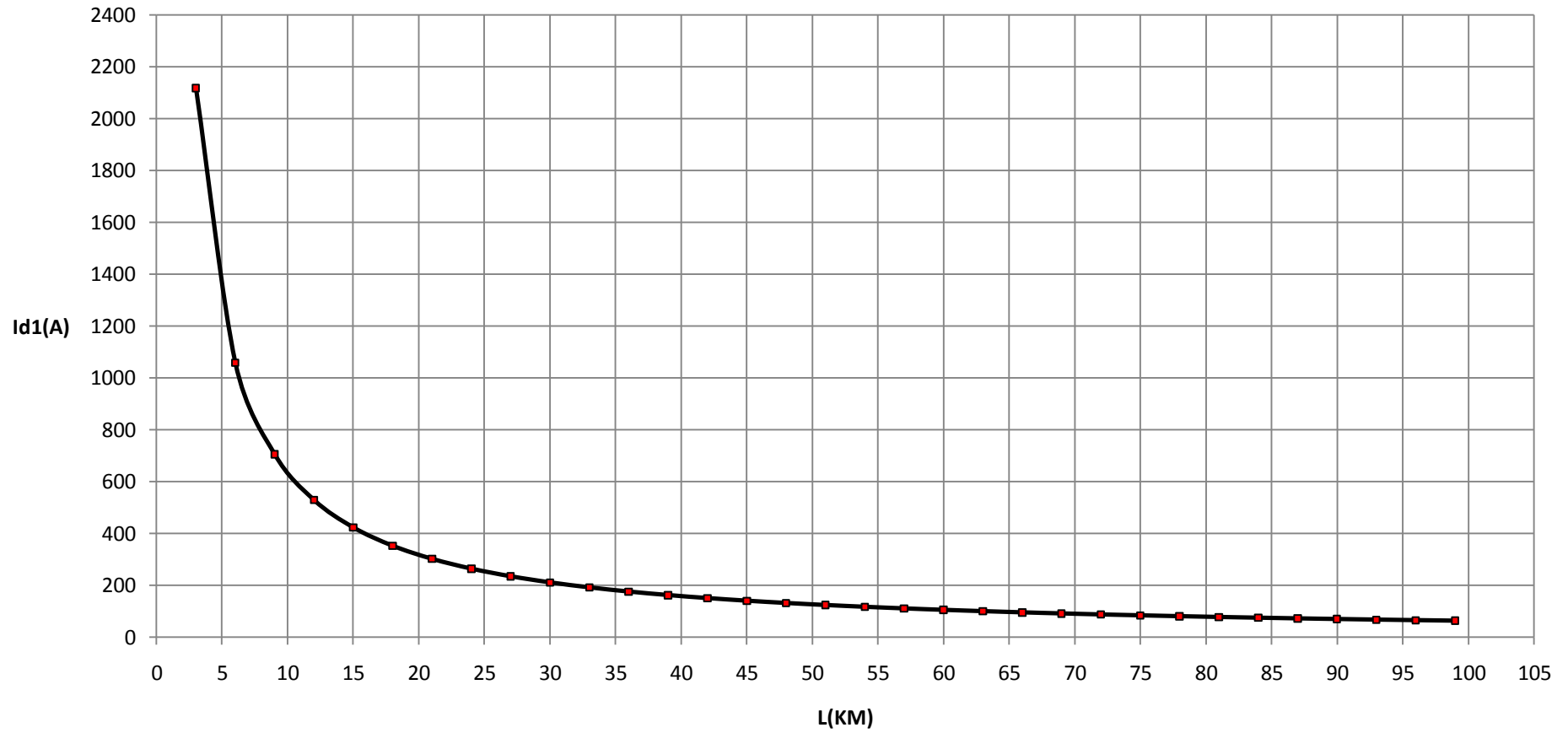
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.3.2.1

$I_{d1}=f(L)$

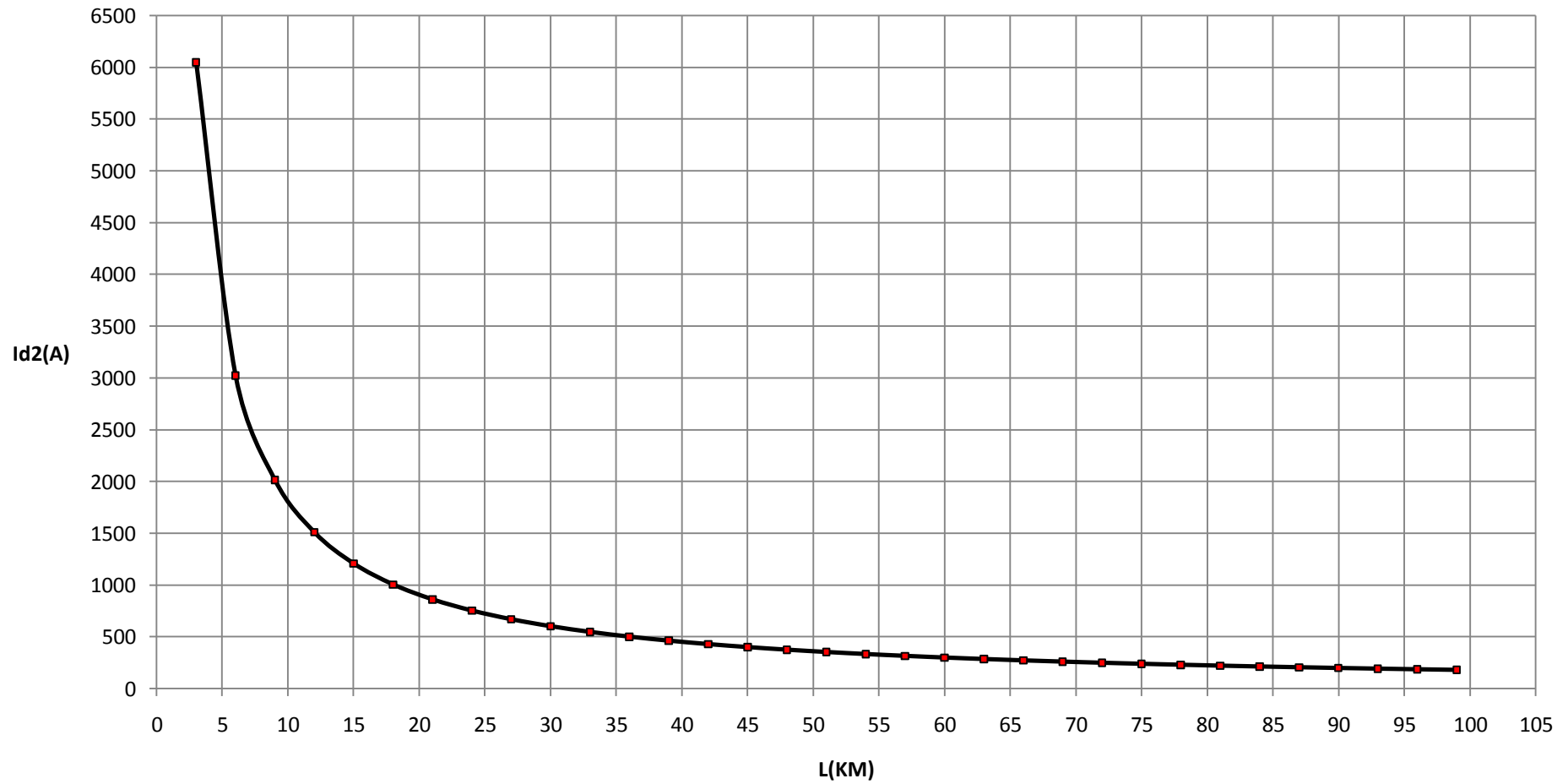
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.3.2.2

$I_{d2}=f(L)$

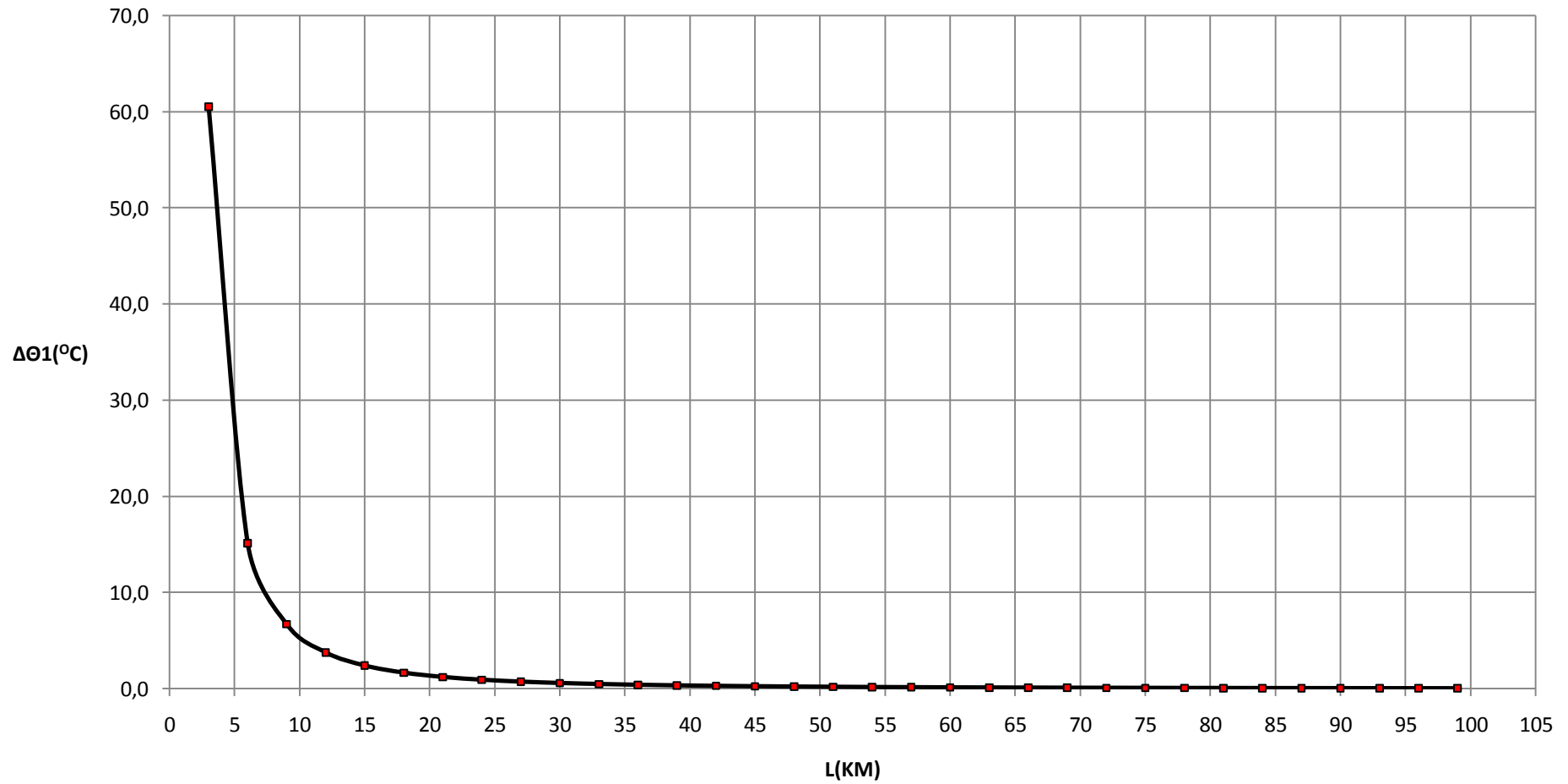
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.3.2.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

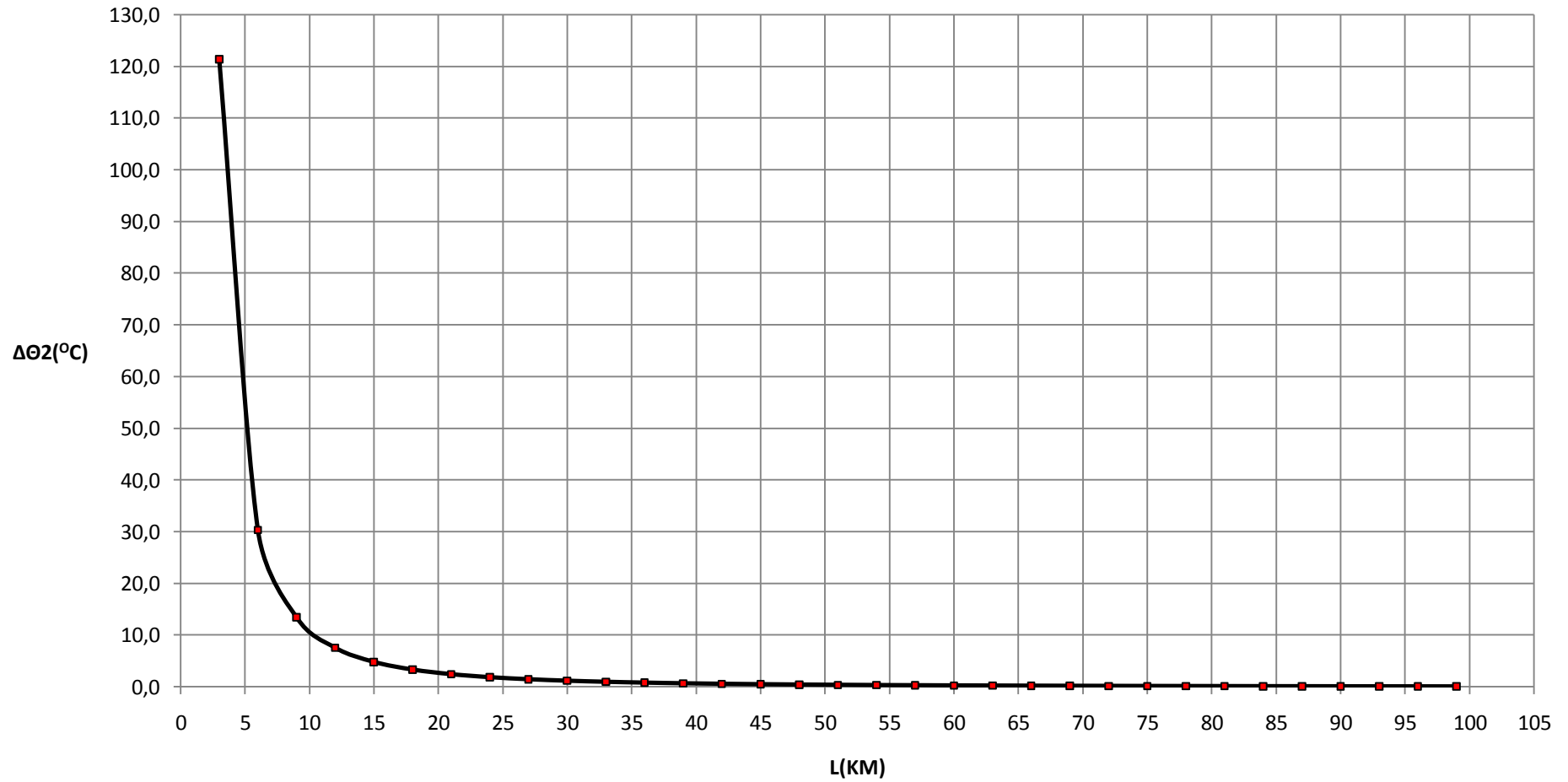
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.3.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



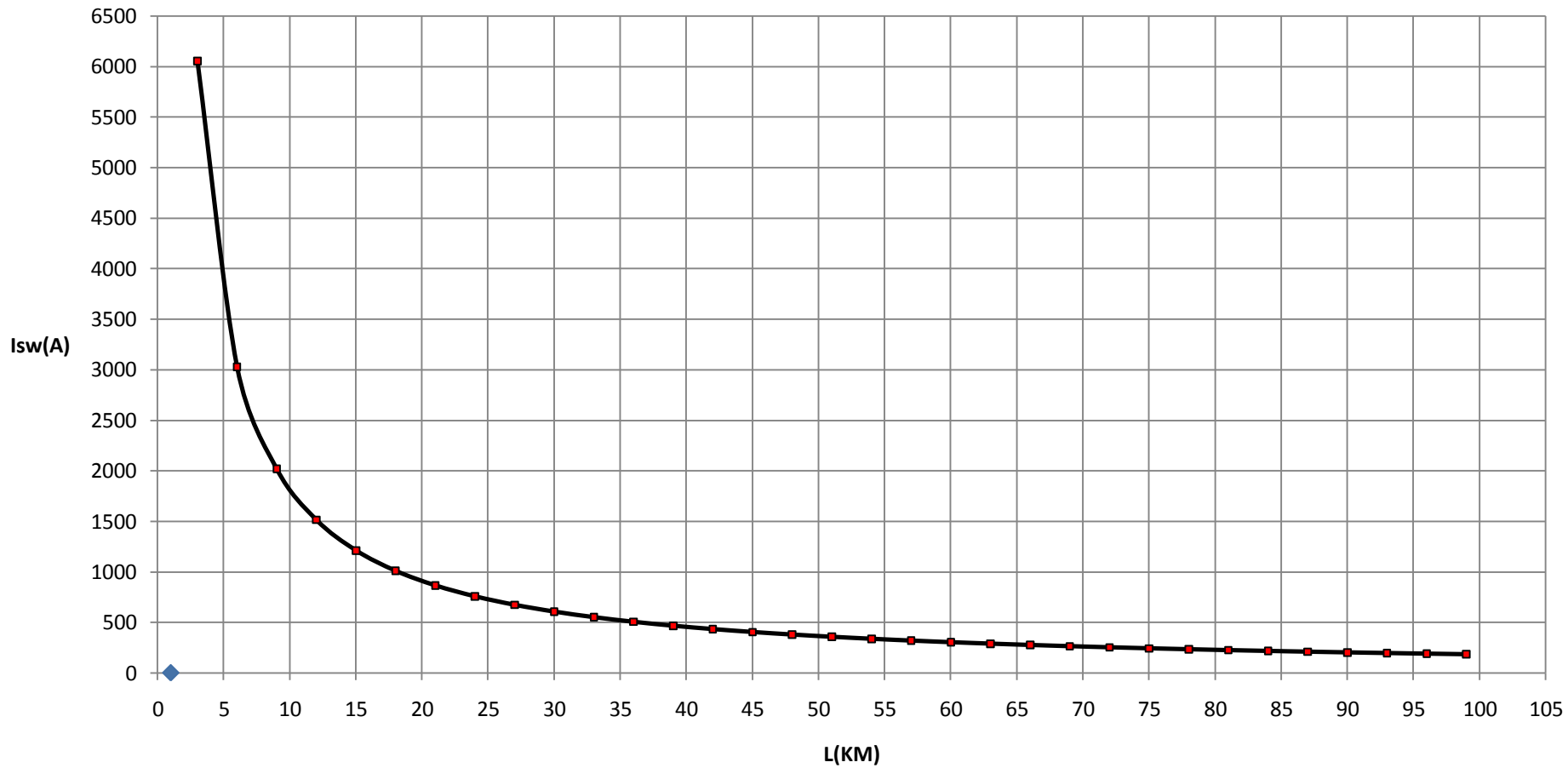
Σχήμα 6.3.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	6052,0942073	2118,2329725	6052,0942073	60,5241489	121,3951411
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	3026,0812187	1059,1284265	3026,0812187	15,1313784	30,3494696
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	2017,3950602	706,0882711	2017,3950602	6,7251076	13,4887545
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1513,0491381	529,5671983	1513,0491381	3,7828872	7,5874529
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1210,4406751	423,6542363	1210,4406751	2,4210533	4,8559808
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	1008,7013207	353,0454622	1008,7013207	1,6812895	3,3722140
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	864,6015962	302,6105587	864,6015962	1,2352345	2,4775476
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	756,5267012	264,7843454	756,5267012	0,9457271	1,8968739
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	672,4683895	235,3639363	672,4683895	0,7472417	1,4987655
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	605,2217021	211,8275958	605,2217021	0,6052661	1,2140007
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	550,2016602	192,5705811	550,2016602	0,5002201	1,0033068
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	504,3516080	176,5230628	504,3516080	0,4203240	0,8430567
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	465,5553977	162,9443892	465,5553977	0,3581460	0,7183443
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	432,3014943	151,3055230	432,3014943	0,3088096	0,6193889
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	403,4814380	141,2185033	403,4814380	0,2690075	0,5395567
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	378,2638837	132,3923593	378,2638837	0,2364325	0,4742198
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	356,0130965	124,6045838	356,0130965	0,2094350	0,4200702
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	336,2346159	117,6821156	336,2346159	0,1868109	0,3746923
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	318,5380782	111,4883274	318,5380782	0,1676641	0,3362890
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	302,6111922	105,9139173	302,6111922	0,1513169	0,3035009
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	288,2011509	100,8704028	288,2011509	0,1372489	0,2752843
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	275,1011120	96,2853892	275,1011120	0,1250553	0,2508272
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	263,1402058	92,0990720	263,1402058	0,1144173	0,2294903
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	252,1760409	88,2616143	252,1760409	0,1050812	0,2107646
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	242,0890084	84,7311529	242,0890084	0,0968428	0,1942406
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	232,7779007	81,4722653	232,7779007	0,0895366	0,1795864
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	224,1565042	78,4547765	224,1565042	0,0830271	0,1665301
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	216,1509212	75,6528224	216,1509212	0,0772025	0,1548475
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	208,6974470	73,0441064	208,6974470	0,0719700	0,1443525
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	201,7408706	70,6093047	201,7408706	0,0672520	0,1348894
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	195,2331053	68,3315869	195,2331053	0,0629831	0,1263272
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	189,1320751	66,1962263	189,1320751	0,0591082	0,1185551
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	183,4008040	64,1902814	183,4008040	0,0555802	0,1114788

Πίνακας 6.3.3: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

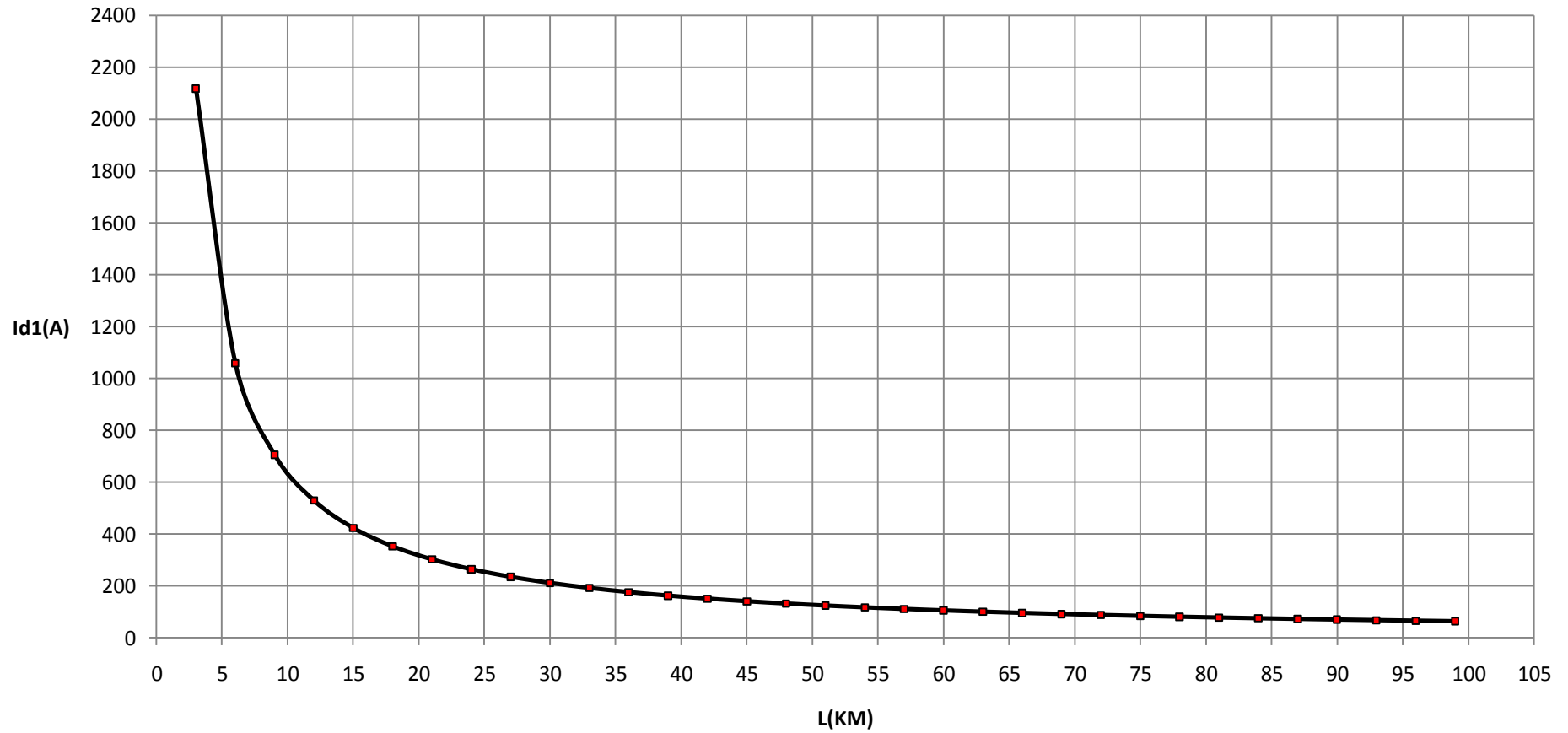
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, $MΣ 150/20\text{ KV}$, $P_N=50\text{ MVA}$, $t=0,4\text{ sec}$



Σχήμα 6.3.3.1

$I_{d1}=f(L)$

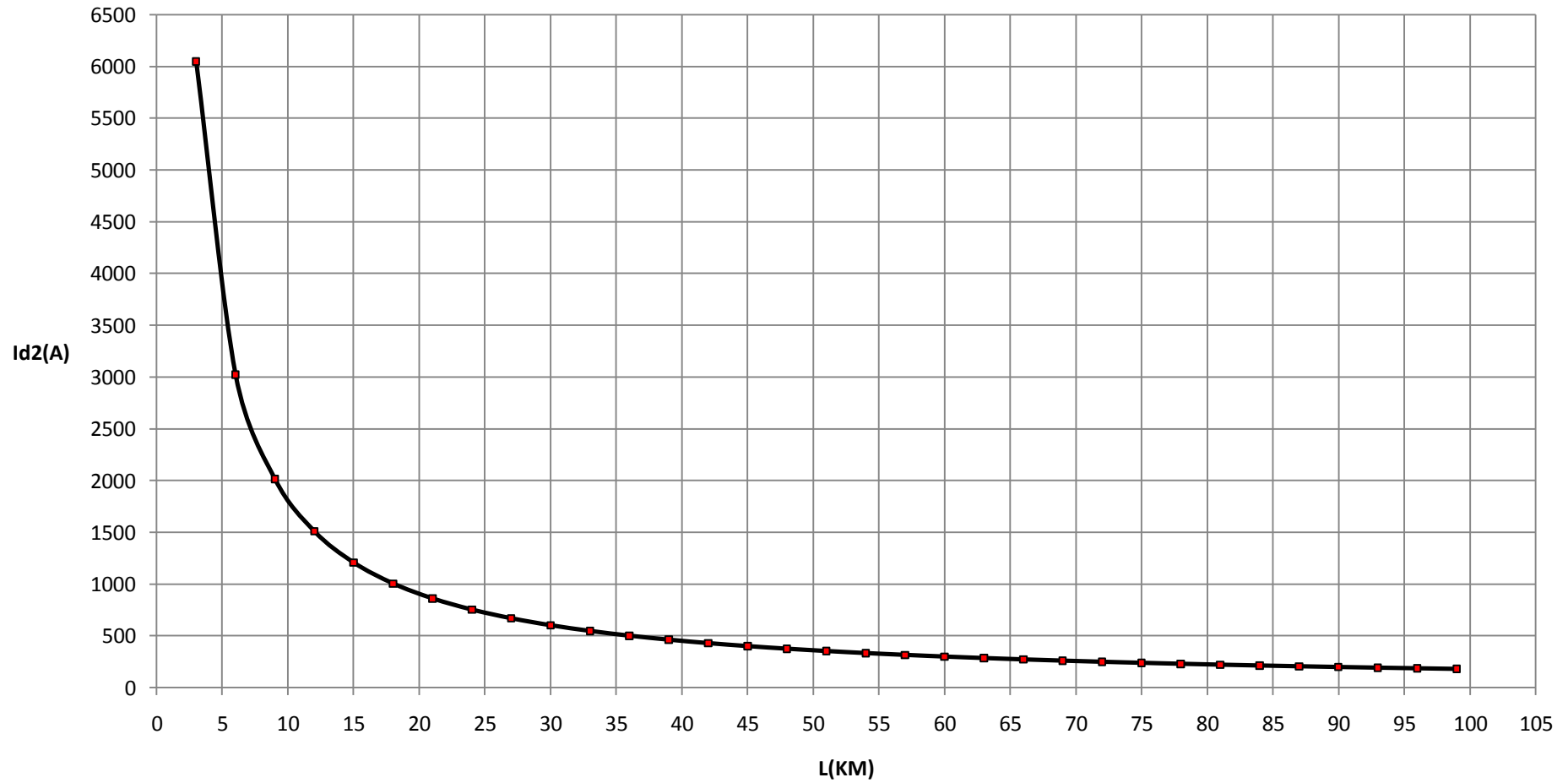
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.3.3.2

$I_{d2}=f(L)$

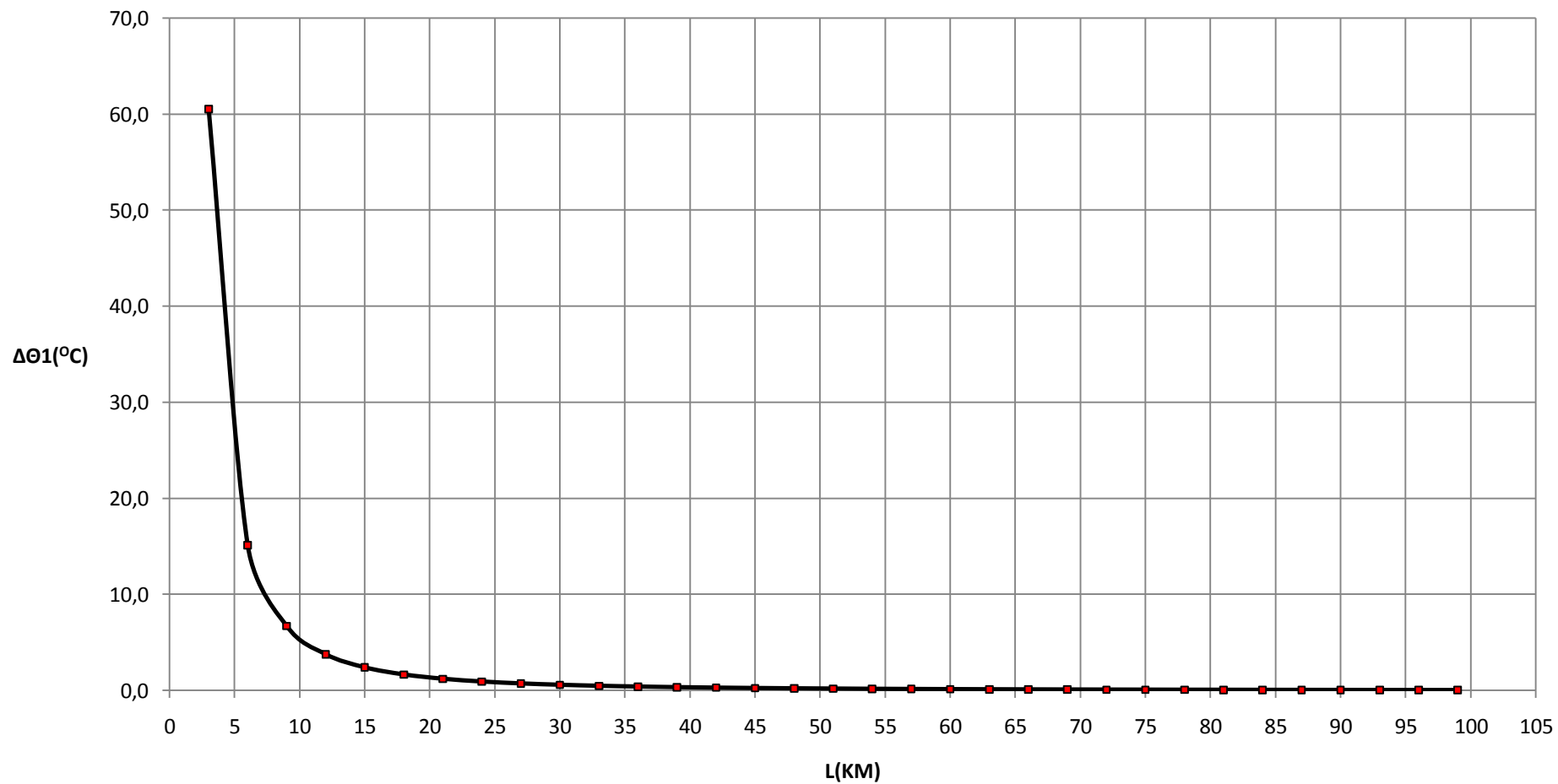
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.3.3.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

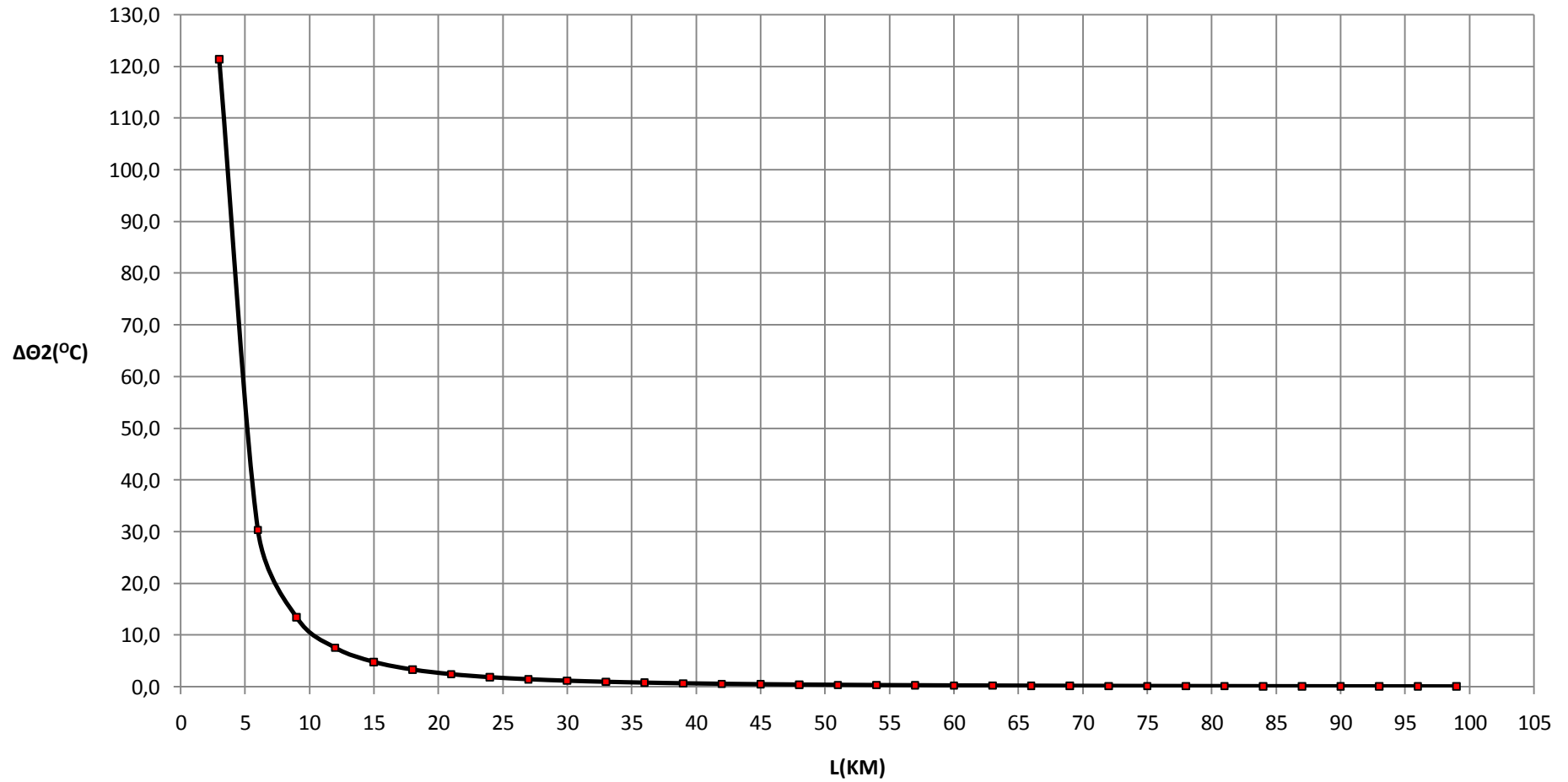
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,4sec



Σχήμα 6.3.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



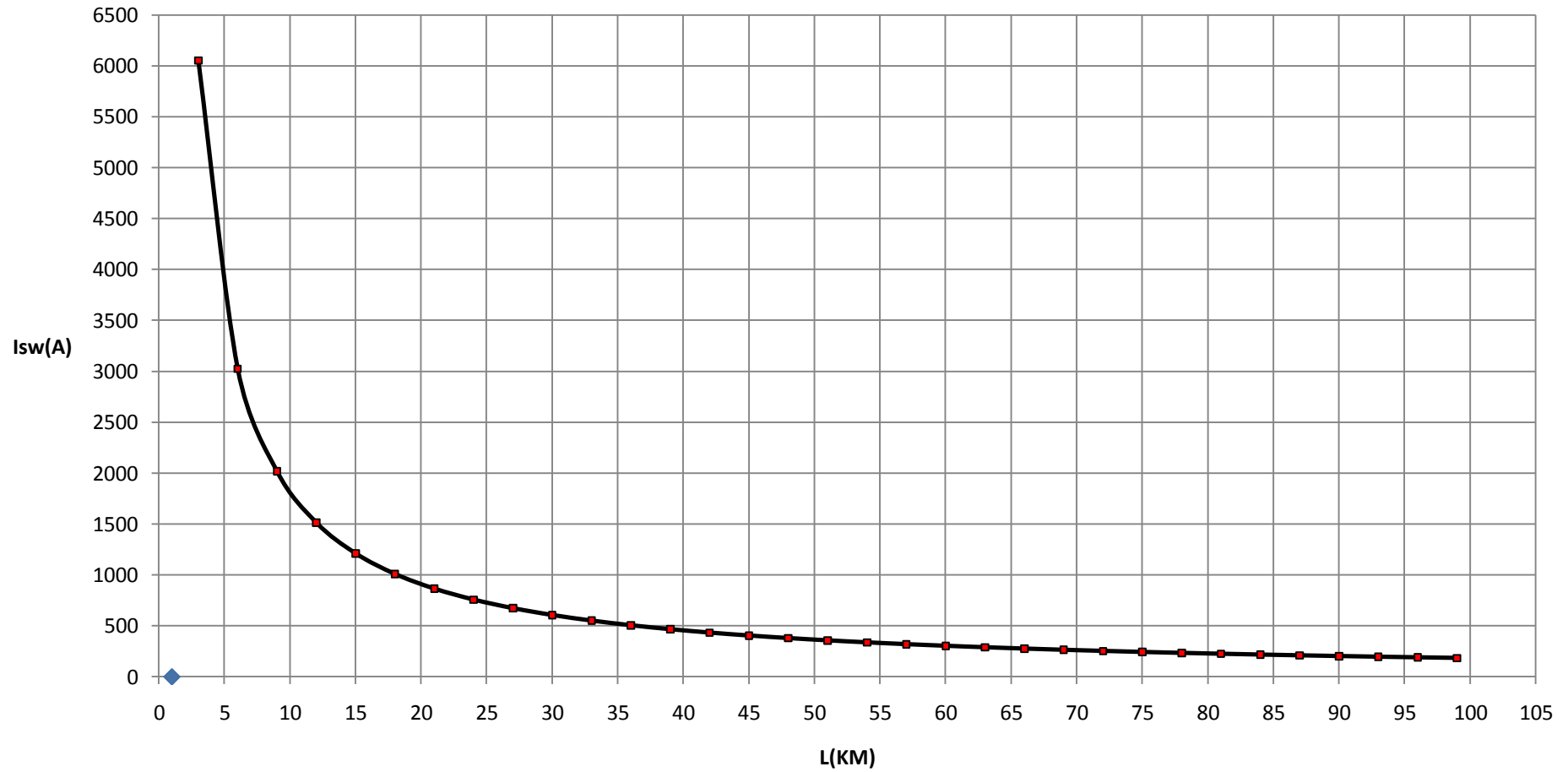
Σχήμα 6.3.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	6052,0942073	2118,2329725	6052,0942073	73,2706387	225,4481192
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	3026,0812187	1059,1284265	3026,0812187	18,3180727	56,3633006
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	2017,3950602	706,0882711	2017,3950602	8,1414268	25,0505441
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1513,0491381	529,5671983	1513,0491381	4,5795698	14,0909840
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1210,4406751	423,6542363	1210,4406751	2,9309313	9,0182501
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	1008,7013207	353,0454622	1008,7013207	2,0353720	6,2626831
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	864,6015962	302,6105587	864,6015962	1,4953770	4,6011599
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	756,5267012	264,7843454	756,5267012	1,1448989	3,5227659
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	672,4683895	235,3639363	672,4683895	0,9046120	2,7834217
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	605,2217021	211,8275958	605,2217021	0,7327361	2,2545727
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	550,2016602	192,5705811	550,2016602	0,6055673	1,8632840
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	504,3516080	176,5230628	504,3516080	0,5088449	1,5656767
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	465,5553977	162,9443892	465,5553977	0,4335721	1,3340681
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	432,3014943	151,3055230	432,3014943	0,3738454	1,1502937
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	403,4814380	141,2185033	403,4814380	0,3256610	1,0020338
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	378,2638837	132,3923593	378,2638837	0,2862255	0,8806939
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	356,0130965	124,6045838	356,0130965	0,2535424	0,7801304
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	336,2346159	117,6821156	336,2346159	0,2261536	0,6958572
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	318,5380782	111,4883274	318,5380782	0,2029744	0,6245367
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	302,6111922	105,9139173	302,6111922	0,1831844	0,5636444
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	288,2011509	100,8704028	288,2011509	0,1661537	0,5112422
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	275,1011120	96,2853892	275,1011120	0,1513921	0,4658219
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	263,1402058	92,0990720	263,1402058	0,1385138	0,4261963
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	252,1760409	88,2616143	252,1760409	0,1272115	0,3914199
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	242,0890084	84,7311529	242,0890084	0,1172381	0,3607326
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	232,7779007	81,4722653	232,7779007	0,1083932	0,3335176
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	224,1565042	78,4547765	224,1565042	0,1005128	0,3092701
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	216,1509212	75,6528224	216,1509212	0,0934615	0,2875739
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	208,6974470	73,0441064	208,6974470	0,0871270	0,2680832
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	201,7408706	70,6093047	201,7408706	0,0814154	0,2505088
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	195,2331053	68,3315869	195,2331053	0,0762475	0,2346077
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	189,1320751	66,1962263	189,1320751	0,0715565	0,2201738
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	183,4008040	64,1902814	183,4008040	0,0672854	0,2070321

Πίνακας 6.3.4: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec

$$I_{sw}=f(L)$$

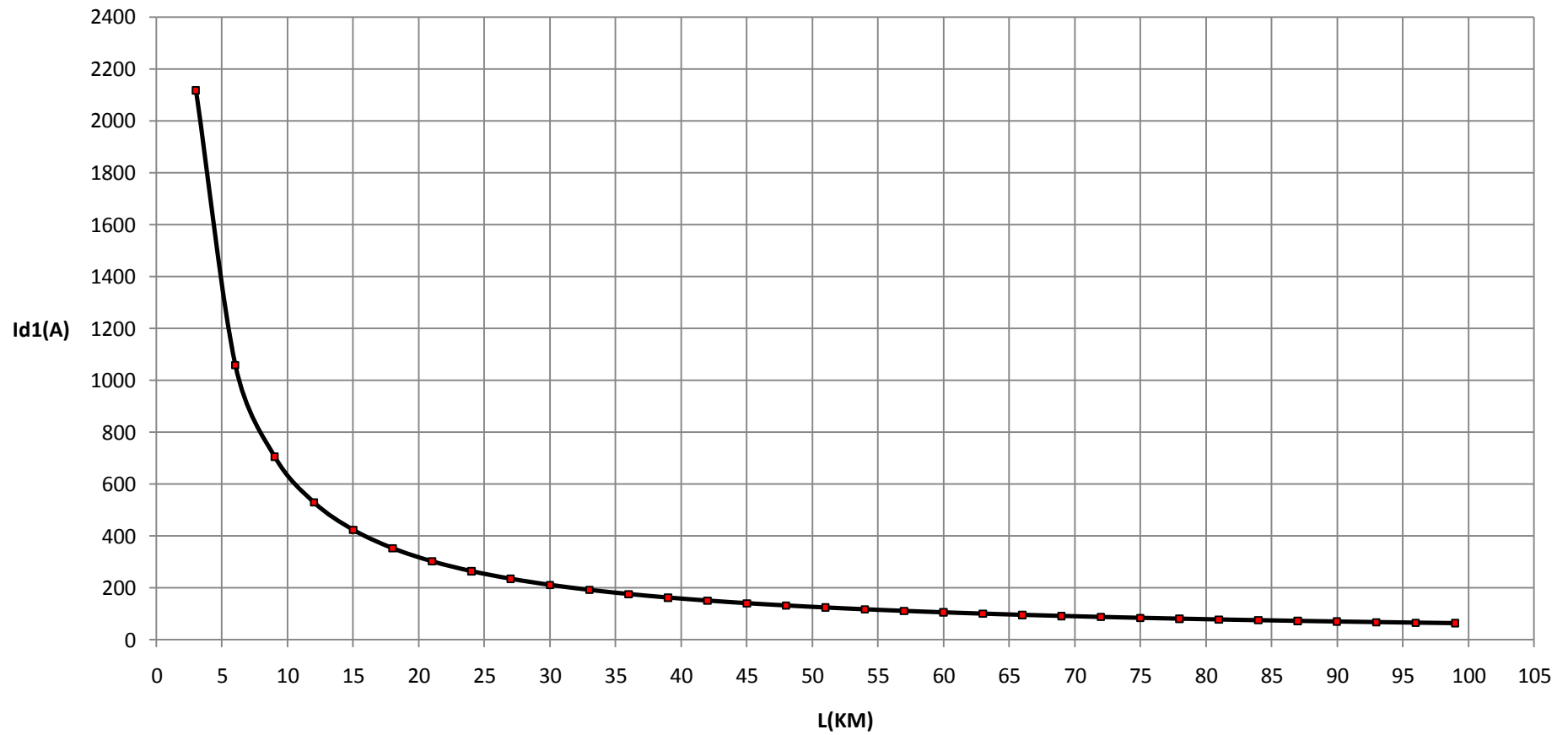
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.3.4.1

$I_{d1}=f(L)$

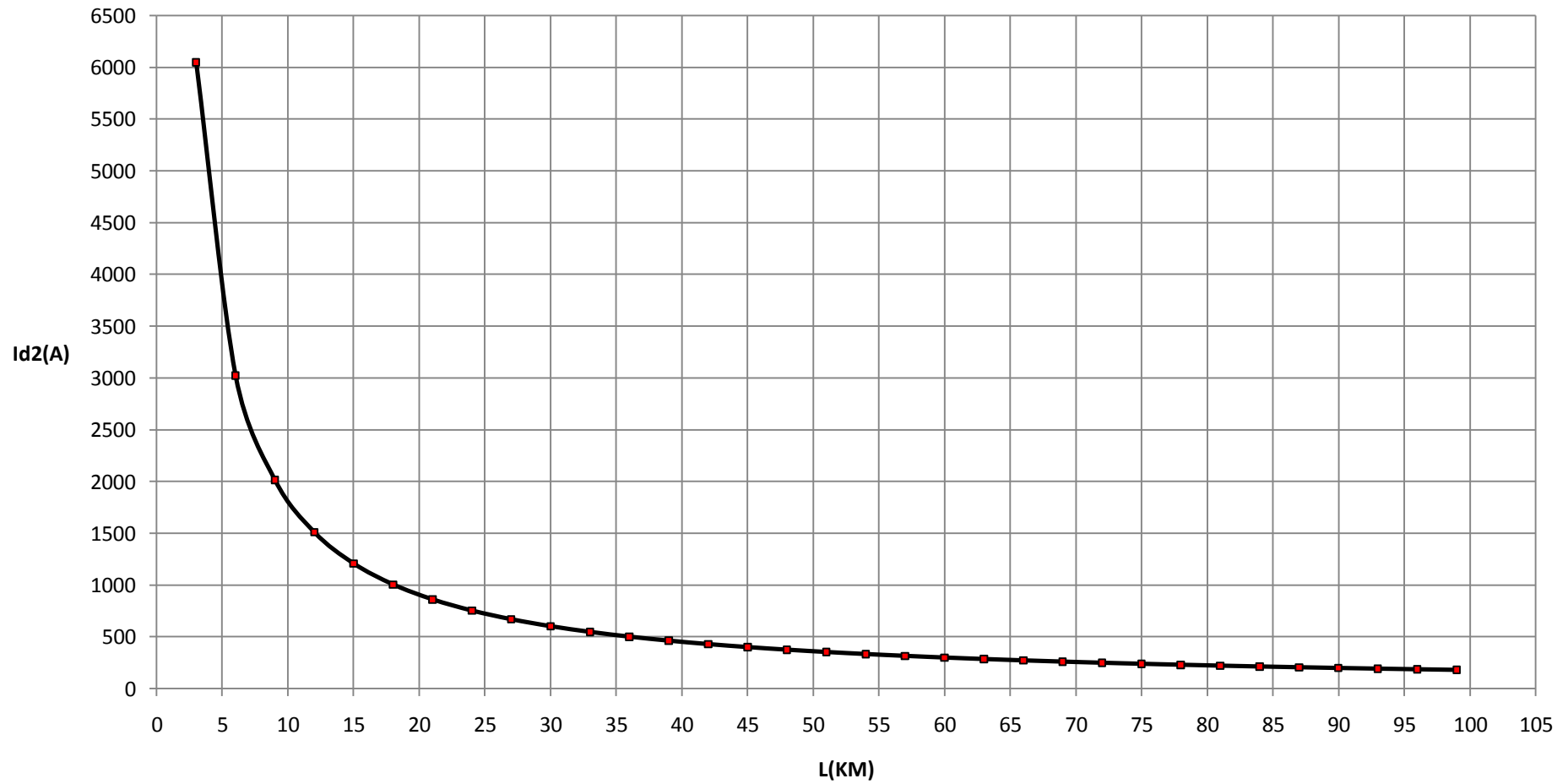
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.3.4.2

$I_{d2}=f(L)$

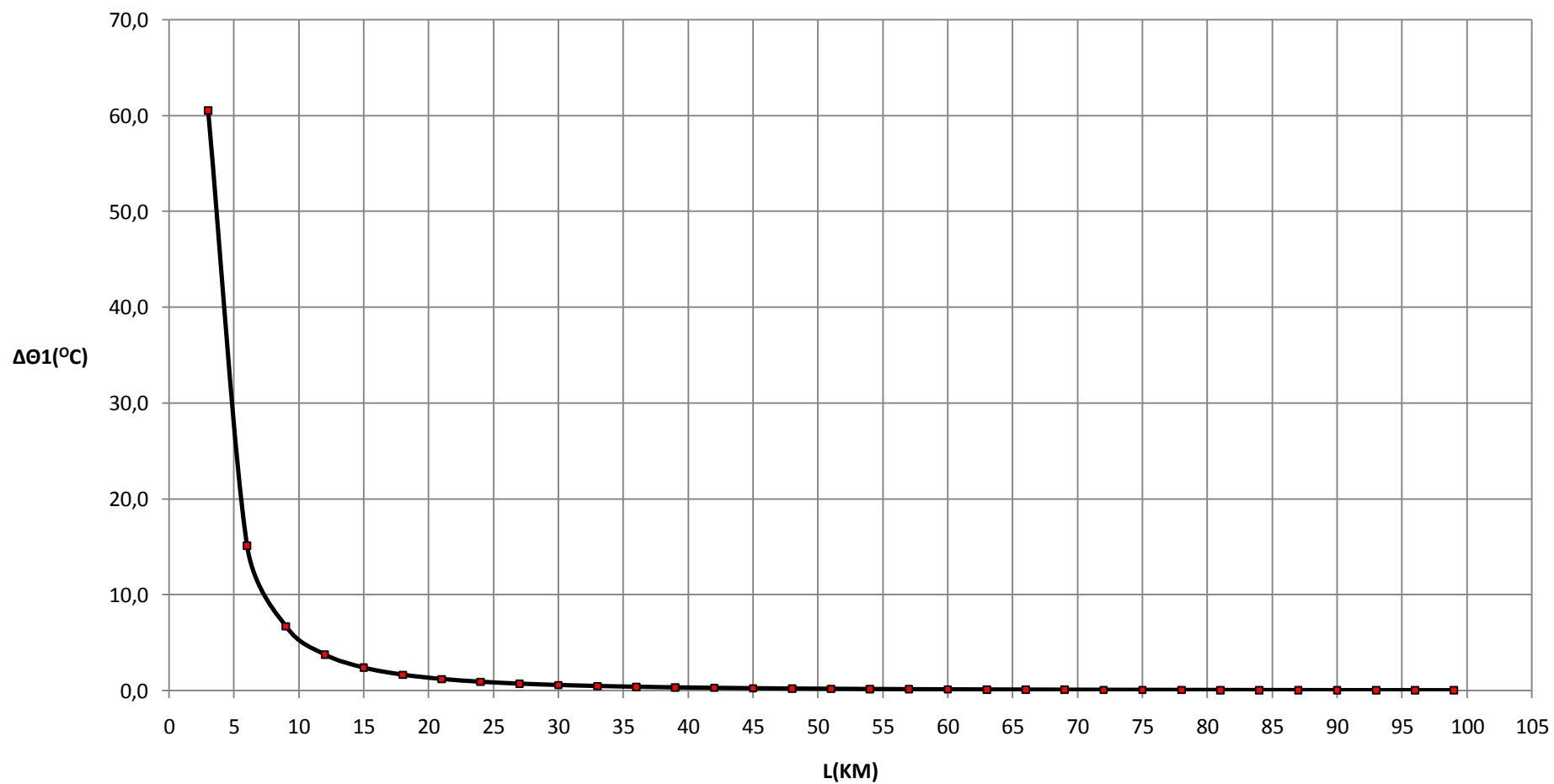
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.3.4.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

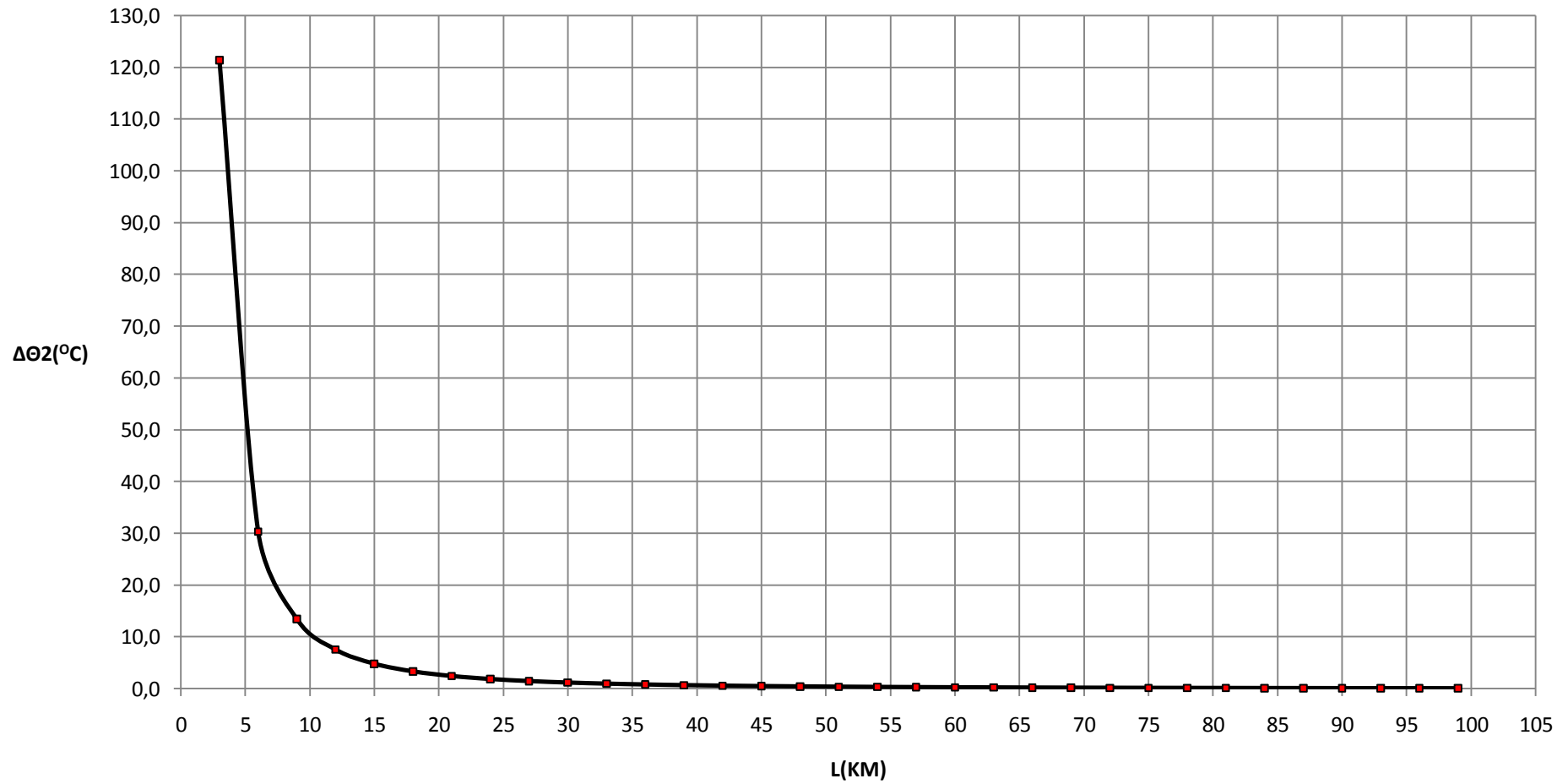
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.3.4.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.3.4.5

6.4 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

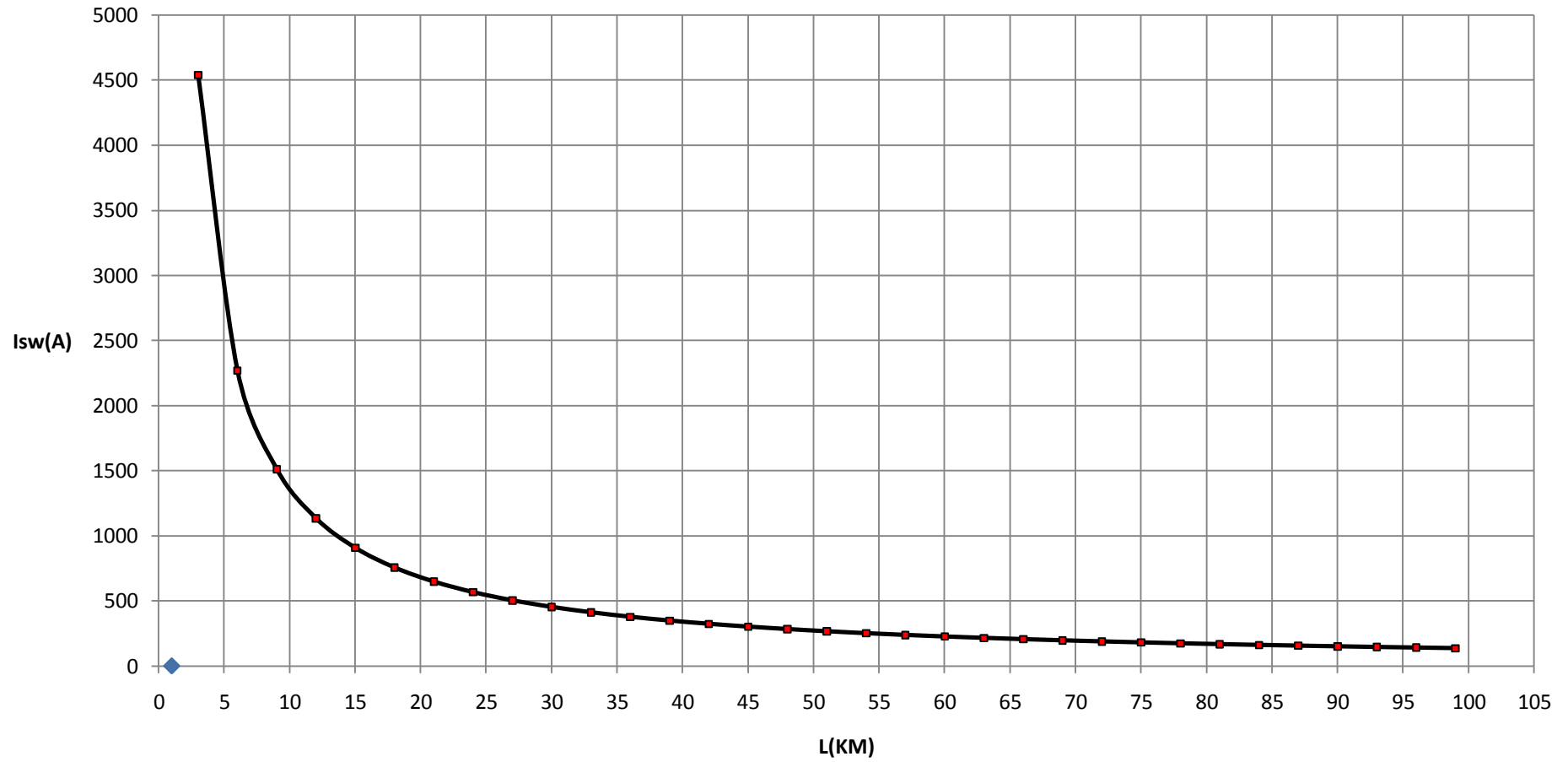
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	4539,0194216	1588,6567976	4539,0194216	31,0566741	43,8963592
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	2269,5481055	794,3418369	2269,5481055	7,7644312	10,9744611
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1513,0406025	529,5642109	1513,0406025	3,4508972	4,8775933
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	1134,7836515	397,1742780	1134,7836515	1,9411406	2,7436617
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	907,8284570	317,7399599	907,8284570	1,2423342	1,7559494
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	756,5245673	264,7835986	756,5245673	0,8627340	1,2194121
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	648,4501515	226,9575530	648,4501515	0,6338464	0,8958960
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	567,3942254	198,5879789	567,3942254	0,4852893	0,6859212
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	504,3506596	176,5227309	504,3506596	0,3834388	0,5419630
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	453,9157643	158,8705175	453,9157643	0,3105857	0,4389903
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	412,6508217	144,4277876	412,6508217	0,2566825	0,3628021
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	378,2633502	132,3921726	378,2633502	0,2156847	0,3048547
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	349,1662451	122,2081858	349,1662451	0,1837788	0,2597580
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	324,2258593	113,4790508	324,2258593	0,1584624	0,2239751
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	302,6108508	105,9137978	302,6108508	0,1380384	0,1951073
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	283,6977126	99,2941994	283,6977126	0,1213228	0,1714810
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	267,0096451	93,4533758	267,0096451	0,1074694	0,1519002
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	252,1758038	88,2615313	252,1758038	0,0958601	0,1354912
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	238,9034167	83,6161958	238,9034167	0,0860351	0,1216044
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	226,9582661	79,4353931	226,9582661	0,0776467	0,1097480
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	216,1507470	75,6527615	216,1507470	0,0704278	0,0995446
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	206,3257282	72,2140049	206,3257282	0,0641708	0,0907008
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	197,3550575	69,0742701	197,3550575	0,0587121	0,0829853
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	189,1319417	66,1961796	189,1319417	0,0539213	0,0762139
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	181,5666743	63,5483360	181,5666743	0,0496939	0,0702387
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	174,5833498	61,1041724	174,5833498	0,0459448	0,0649397
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	168,1173079	58,8410578	168,1173079	0,0426045	0,0602184
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	162,1131256	56,7395939	162,1131256	0,0396157	0,0559939
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	156,5230243	54,7830585	156,5230243	0,0369307	0,0521988
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	151,3055960	52,9569586	151,3055960	0,0345097	0,0487769
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	146,4247757	51,2486715	146,4247757	0,0323192	0,0456808
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	141,8490063	49,6471522	141,8490063	0,0303308	0,0428703
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	137,5505560	48,1426946	137,5505560	0,0285204	0,0403115

Πίνακας 6.4.1: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

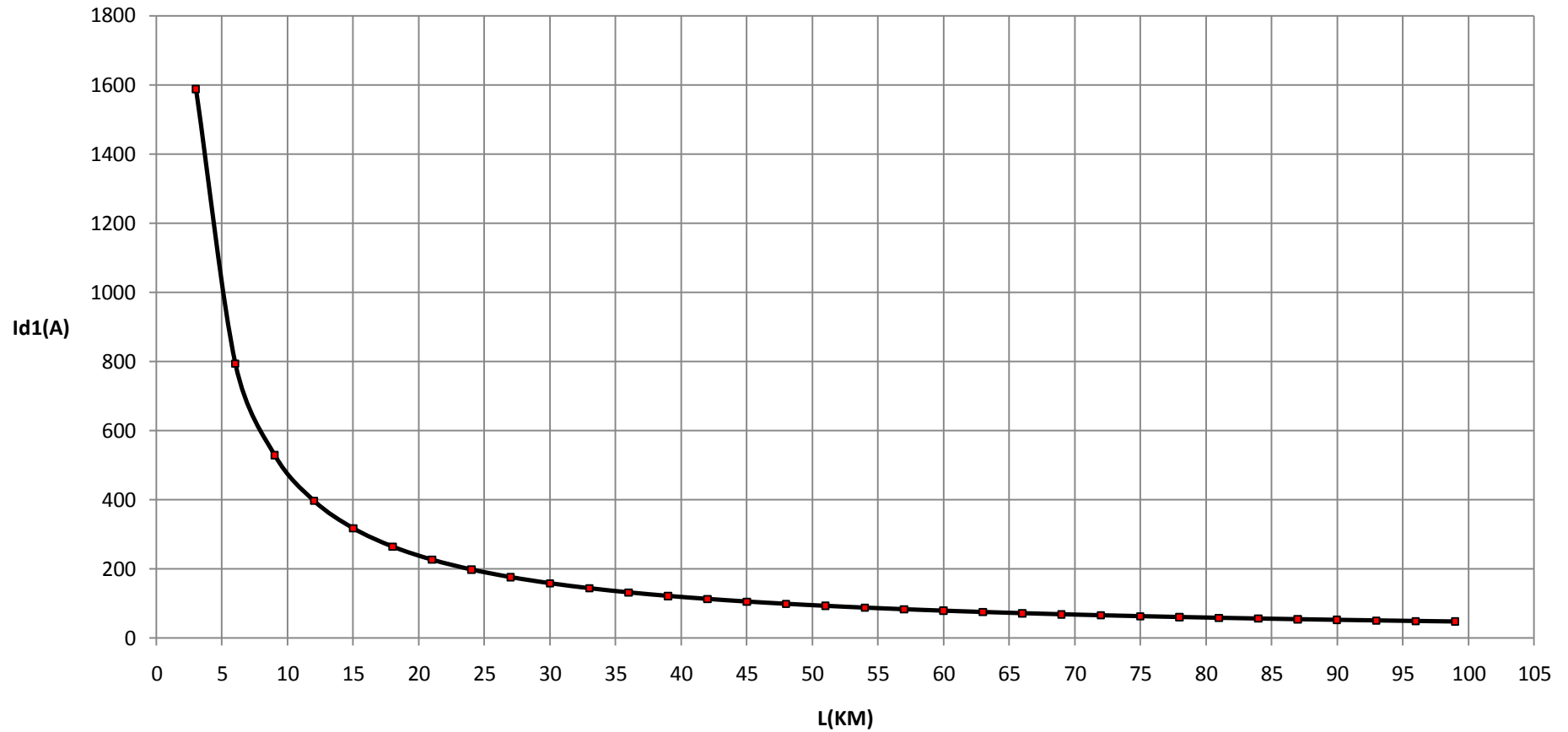
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.4.1.1

$I_{d1}=f(L)$

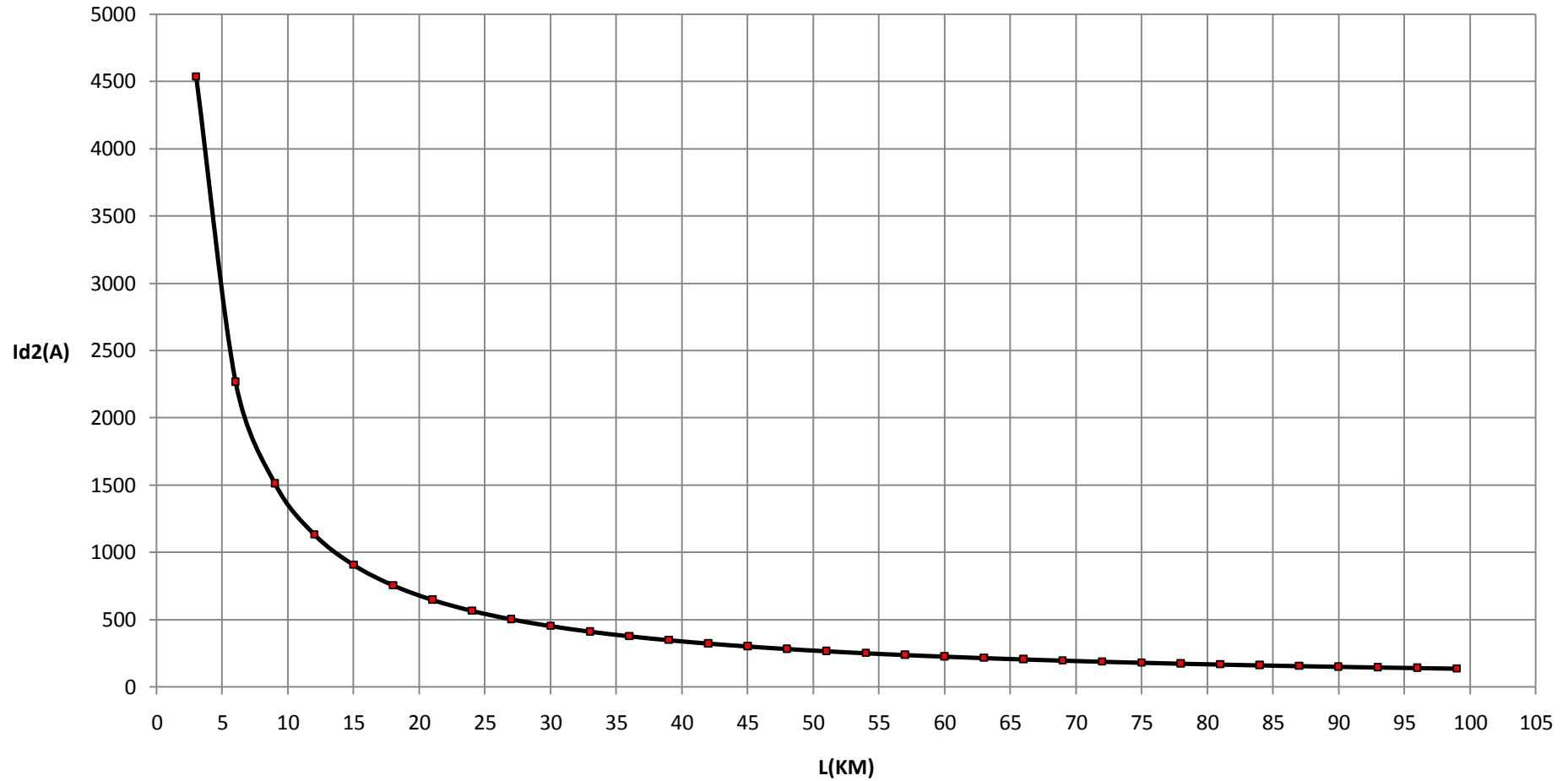
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,15sec



Σχήμα 6.4.1.2

$I_{d2}=f(L)$

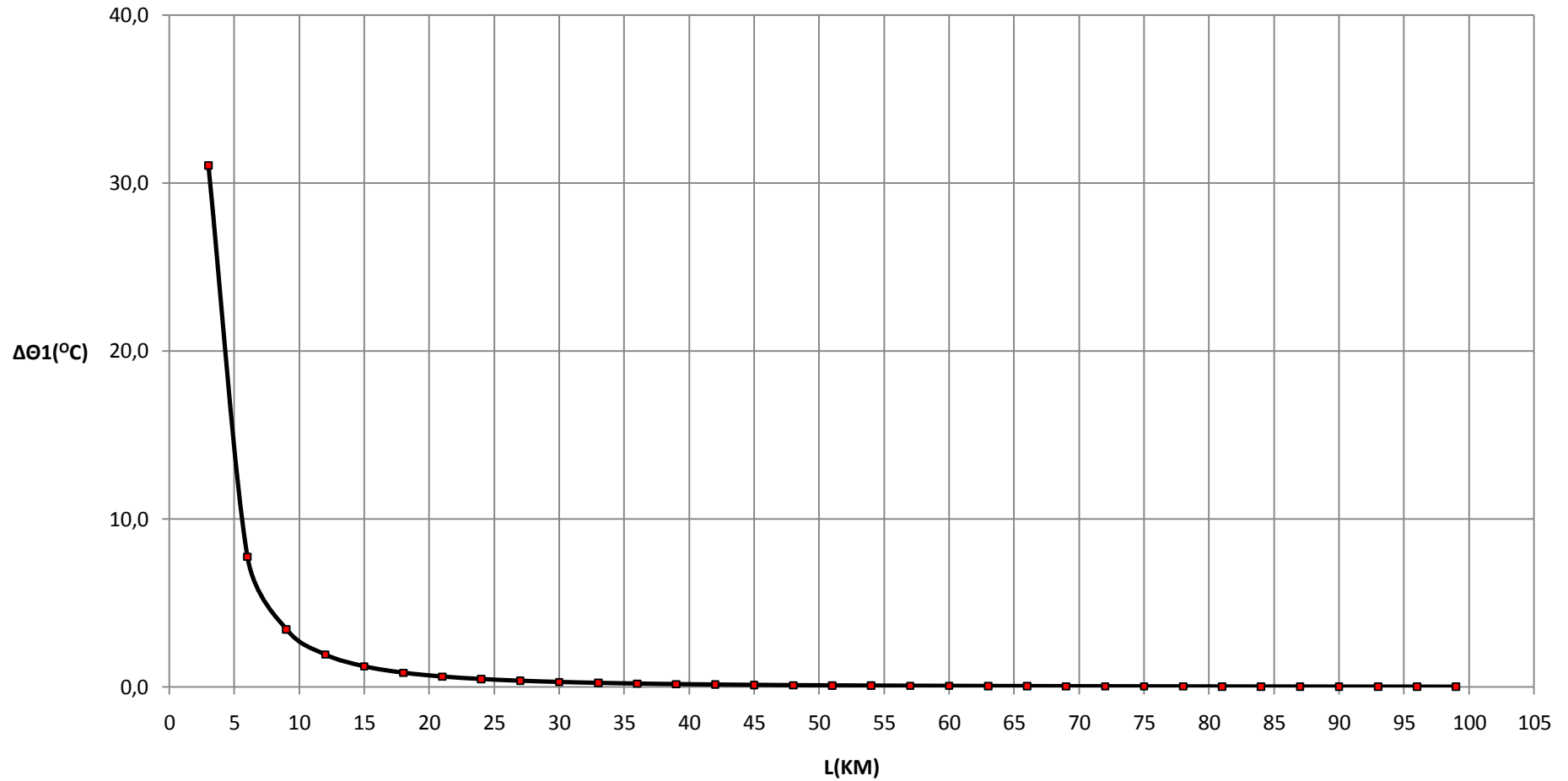
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.4.1.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

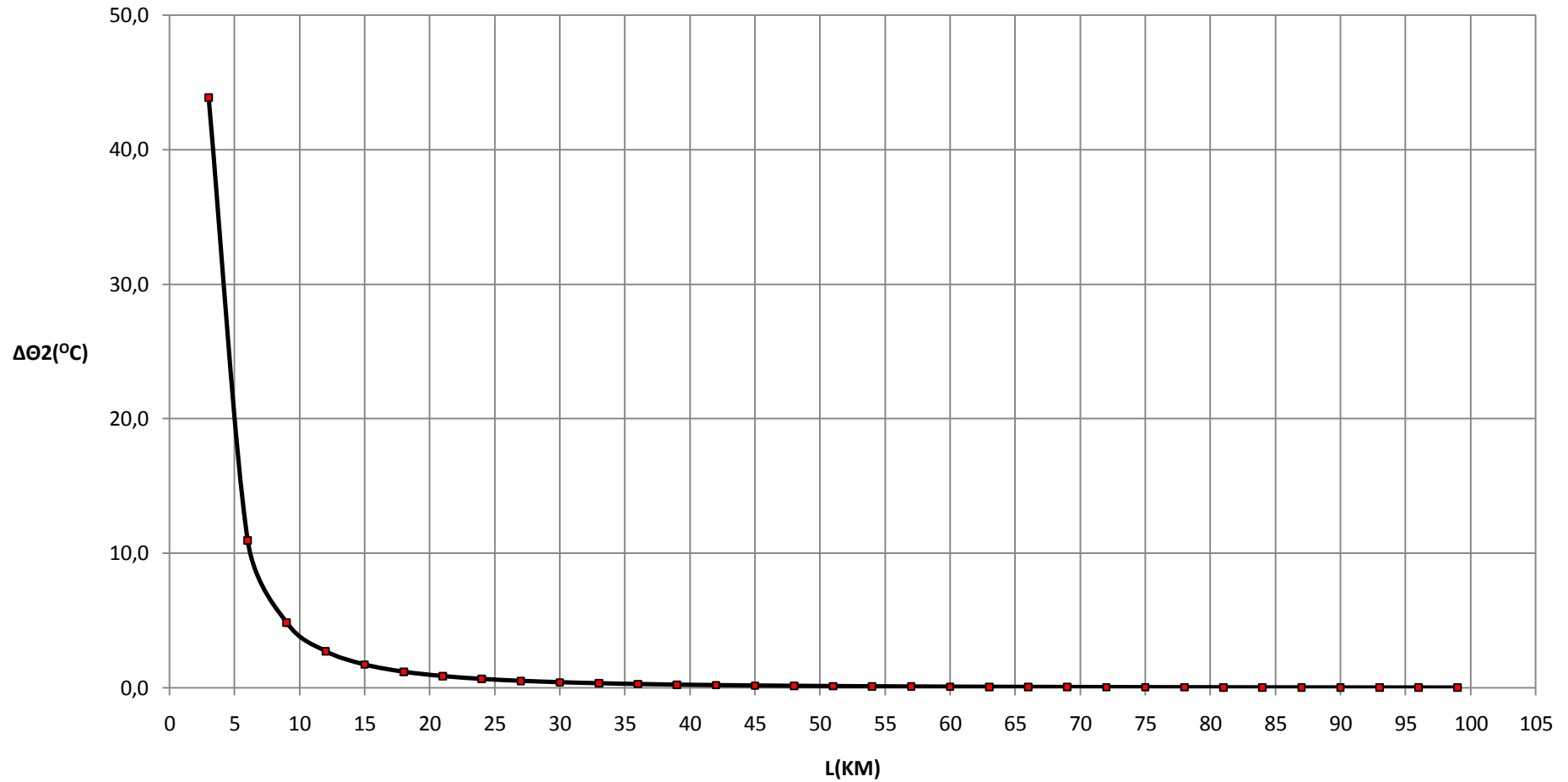
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, ΡΝ=25 ΜVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.4.1.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



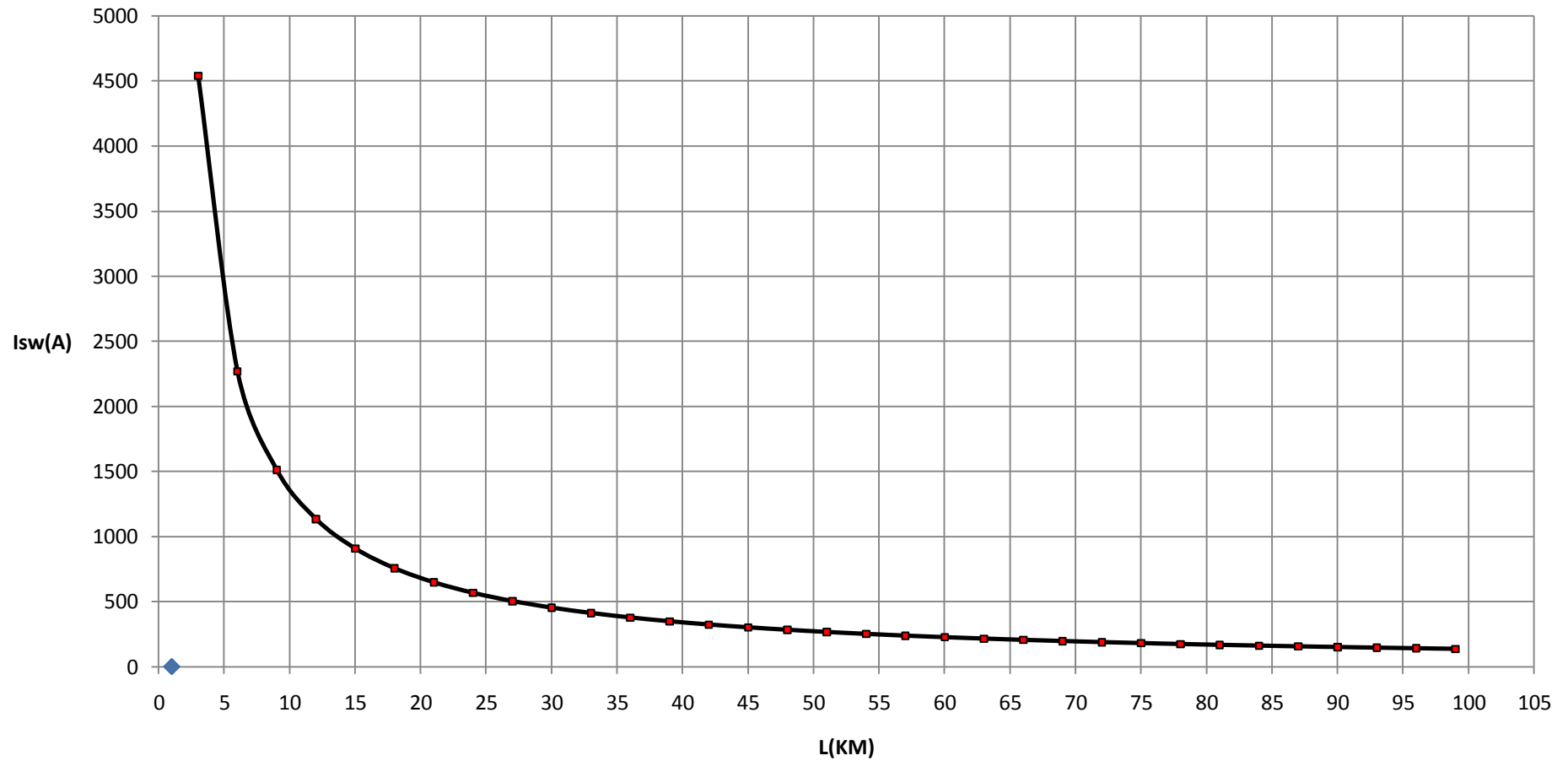
Σχήμα 6.4.1.5

L (Km)	R _γ (Ω)	Χ _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	Δθ1 (°c)	Δθ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	4539,0194216	1588,6567976	4539,0194216	32,2516306	53,6511056
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	2269,5481055	794,3418369	2269,5481055	8,0631805	13,4132302
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1513,0406025	529,5642109	1513,0406025	3,5836762	5,9615029
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	1134,7836515	397,1742780	1134,7836515	2,0158292	3,3533643
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	907,8284570	317,7399599	907,8284570	1,2901351	2,1461604
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	756,5245673	264,7835986	756,5245673	0,8959291	1,4903925
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	648,4501515	226,9575530	648,4501515	0,6582347	1,0949840
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	567,3942254	198,5879789	567,3942254	0,5039616	0,8383482
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	504,3506596	176,5227309	504,3506596	0,3981922	0,6623992
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	453,9157643	158,8705175	453,9157643	0,3225359	0,5365437
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	412,6508217	144,4277876	412,6508217	0,2665588	0,4434248
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	378,2633502	132,3921726	378,2633502	0,2239835	0,3726002
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	349,1662451	122,2081858	349,1662451	0,1908500	0,3174820
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	324,2258593	113,4790508	324,2258593	0,1645595	0,2737473
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	302,6108508	105,9137978	302,6108508	0,1433496	0,2384644
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	283,6977126	99,2941994	283,6977126	0,1259909	0,2095879
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	267,0096451	93,4533758	267,0096451	0,1116044	0,1856558
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	252,1758038	88,2615313	252,1758038	0,0995484	0,1656004
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	238,9034167	83,6161958	238,9034167	0,0893454	0,1486275
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	226,9582661	79,4353931	226,9582661	0,0806343	0,1341364
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	216,1507470	75,6527615	216,1507470	0,0731377	0,1216657
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	206,3257282	72,2140049	206,3257282	0,0666399	0,1108566
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	197,3550575	69,0742701	197,3550575	0,0609711	0,1014264
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	189,1319417	66,1961796	189,1319417	0,0559960	0,0931503
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	181,5666743	63,5483360	181,5666743	0,0516060	0,0858473
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	174,5833498	61,1041724	174,5833498	0,0477126	0,0793707
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	168,1173079	58,8410578	168,1173079	0,0442438	0,0736003
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	162,1131256	56,7395939	162,1131256	0,0411400	0,0684370
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	156,5230243	54,7830585	156,5230243	0,0383517	0,0637986
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	151,3055960	52,9569586	151,3055960	0,0358375	0,0596162
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	146,4247757	51,2486715	146,4247757	0,0335627	0,0558321
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	141,8490063	49,6471522	141,8490063	0,0314978	0,0523971
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	137,5505560	48,1426946	137,5505560	0,0296178	0,0492696

Πίνακας 6.4.2: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

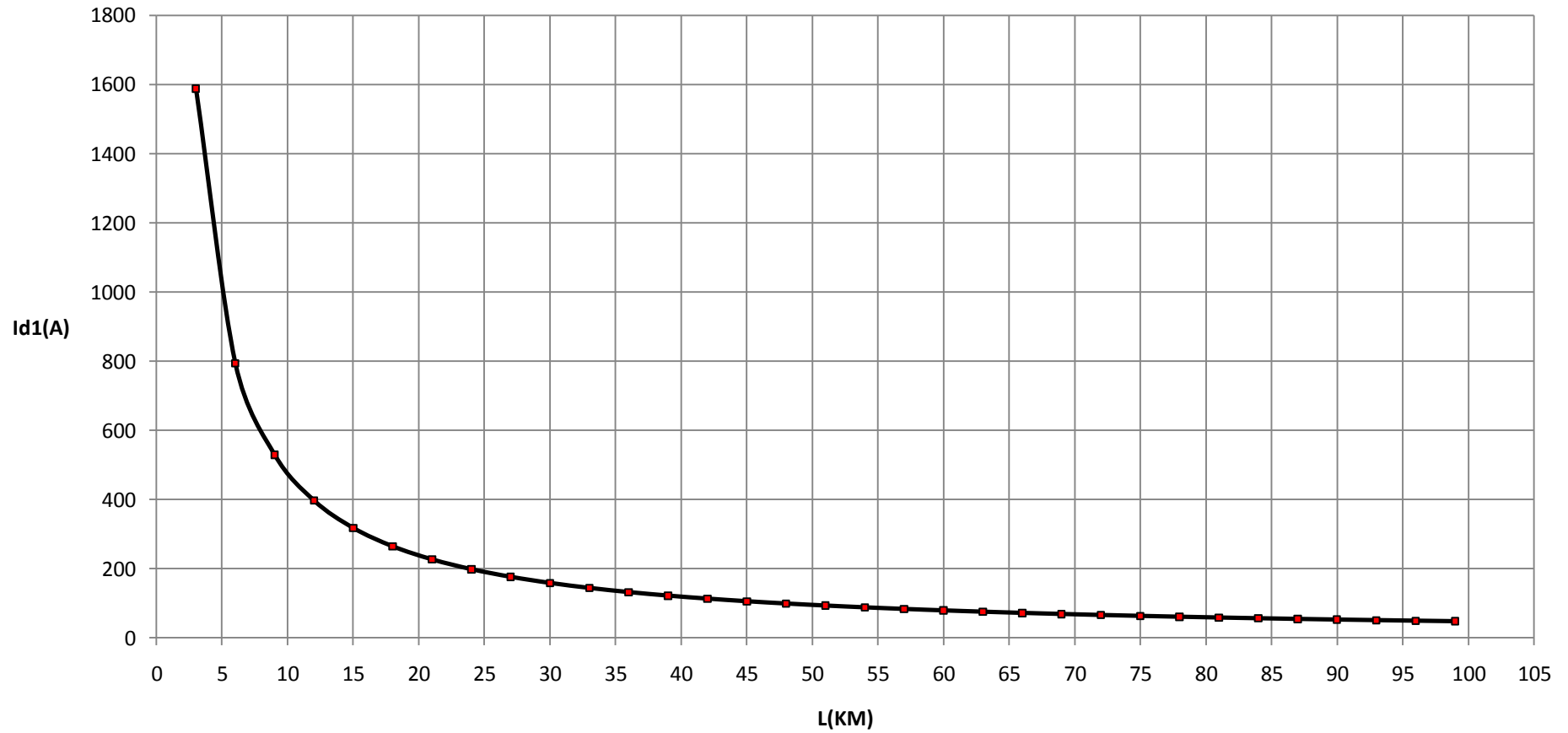
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.4.2.1

$I_{d1}=f(L)$

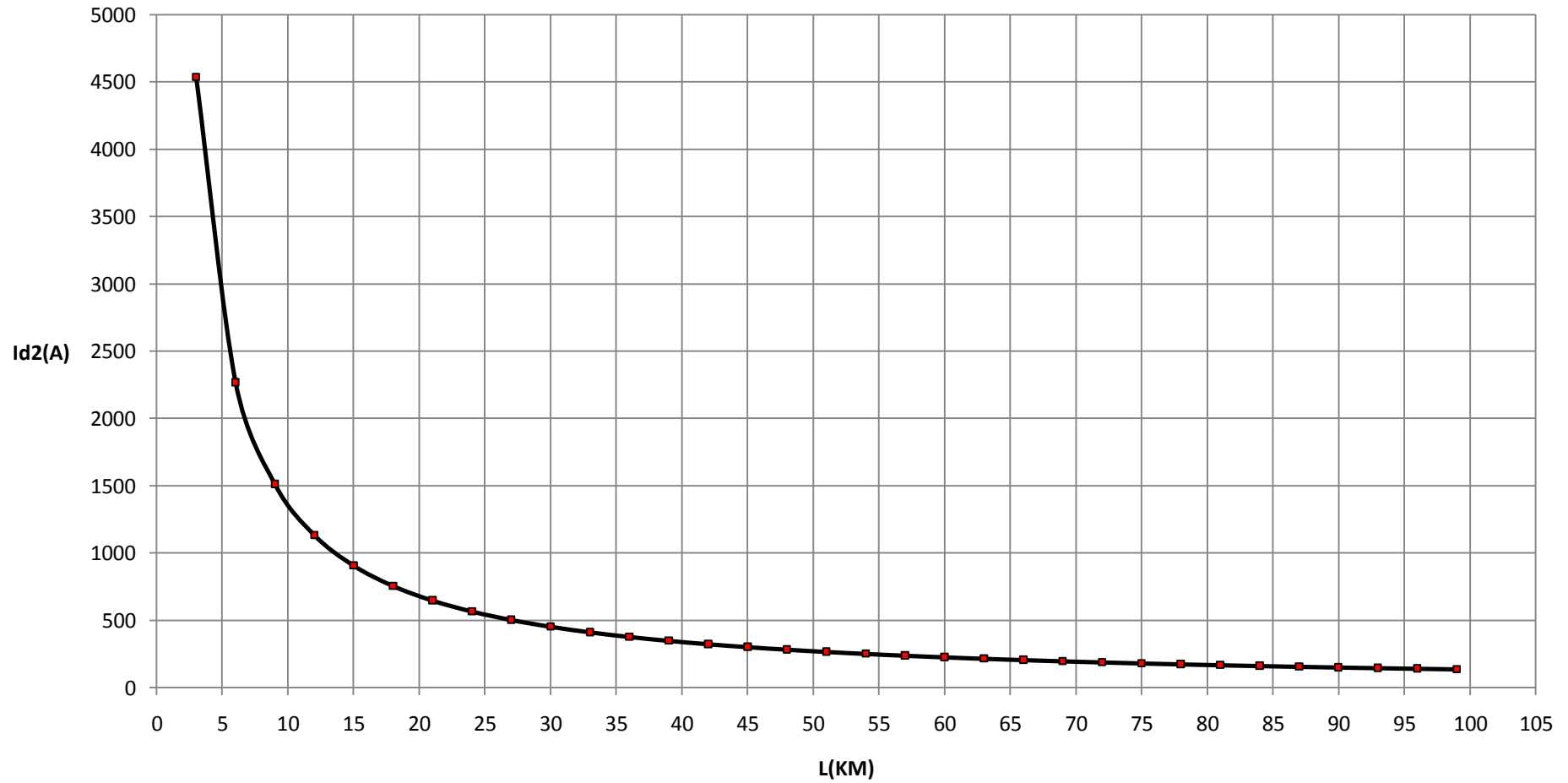
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,25sec



Σχήμα 6.4.2.2

$I_{d2}=f(L)$

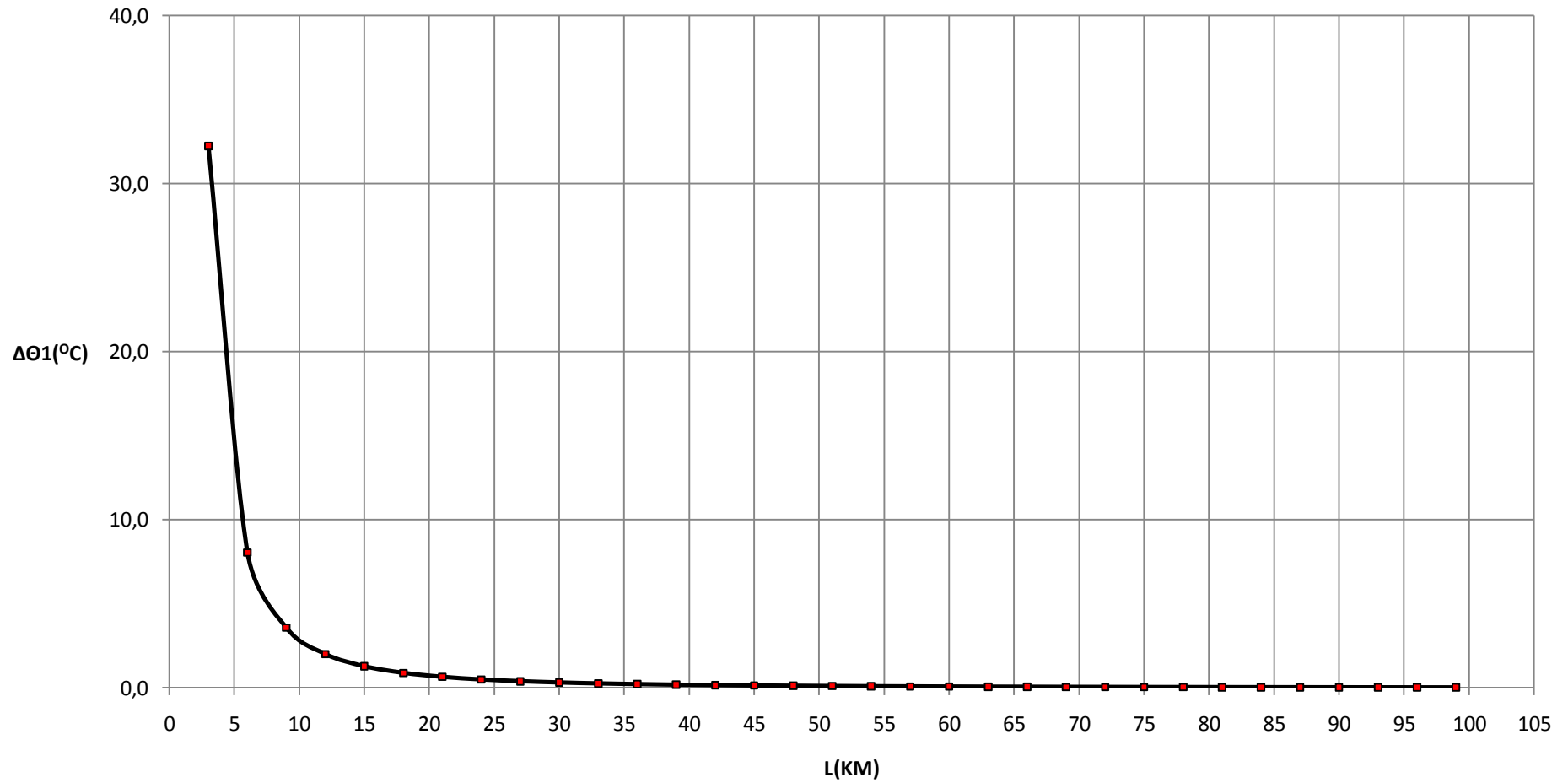
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, $P_N=25$ MVA, $t=0,25$ sec



Σχήμα 6.4.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

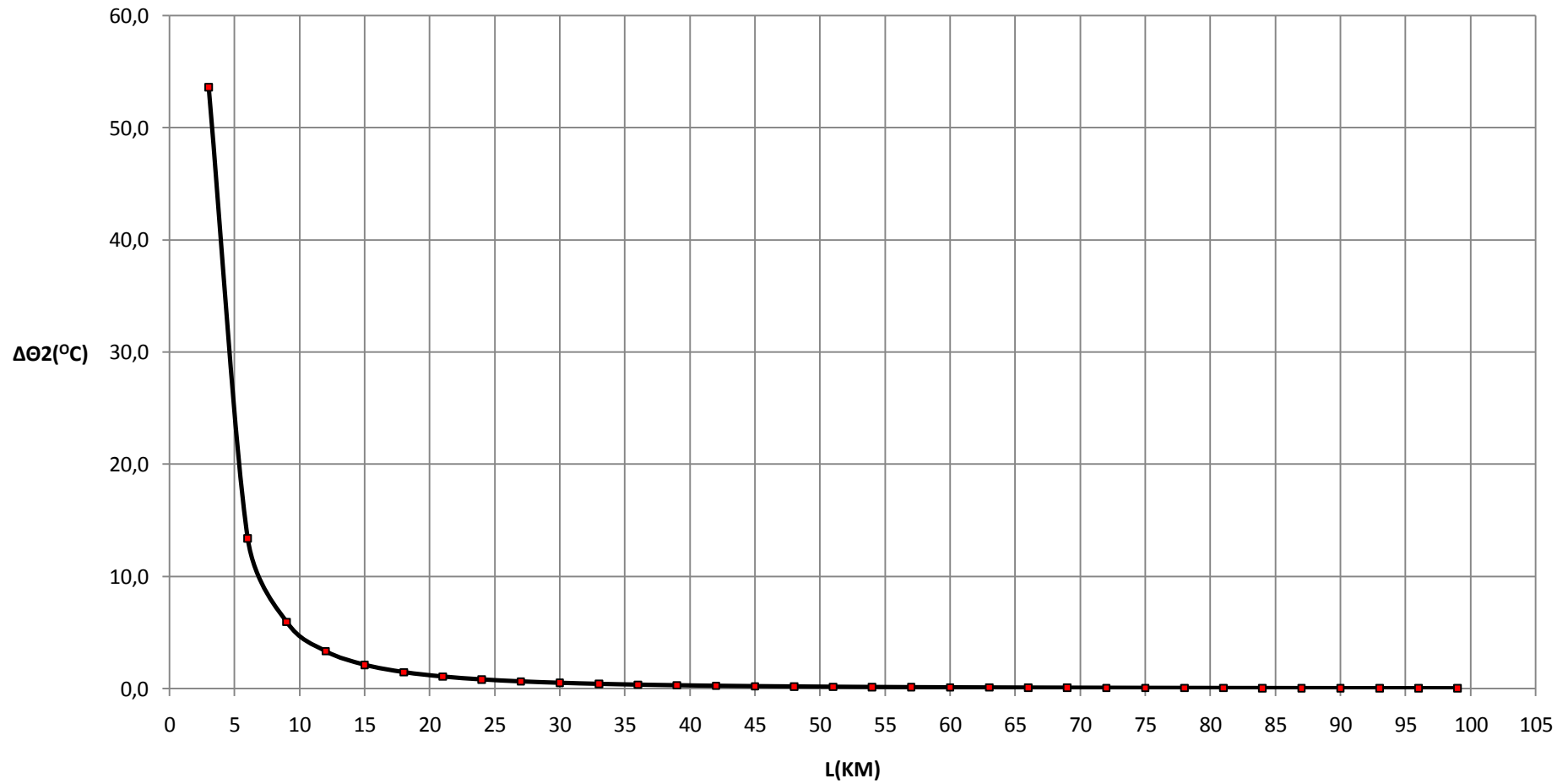
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, ΡN=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.4.2.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



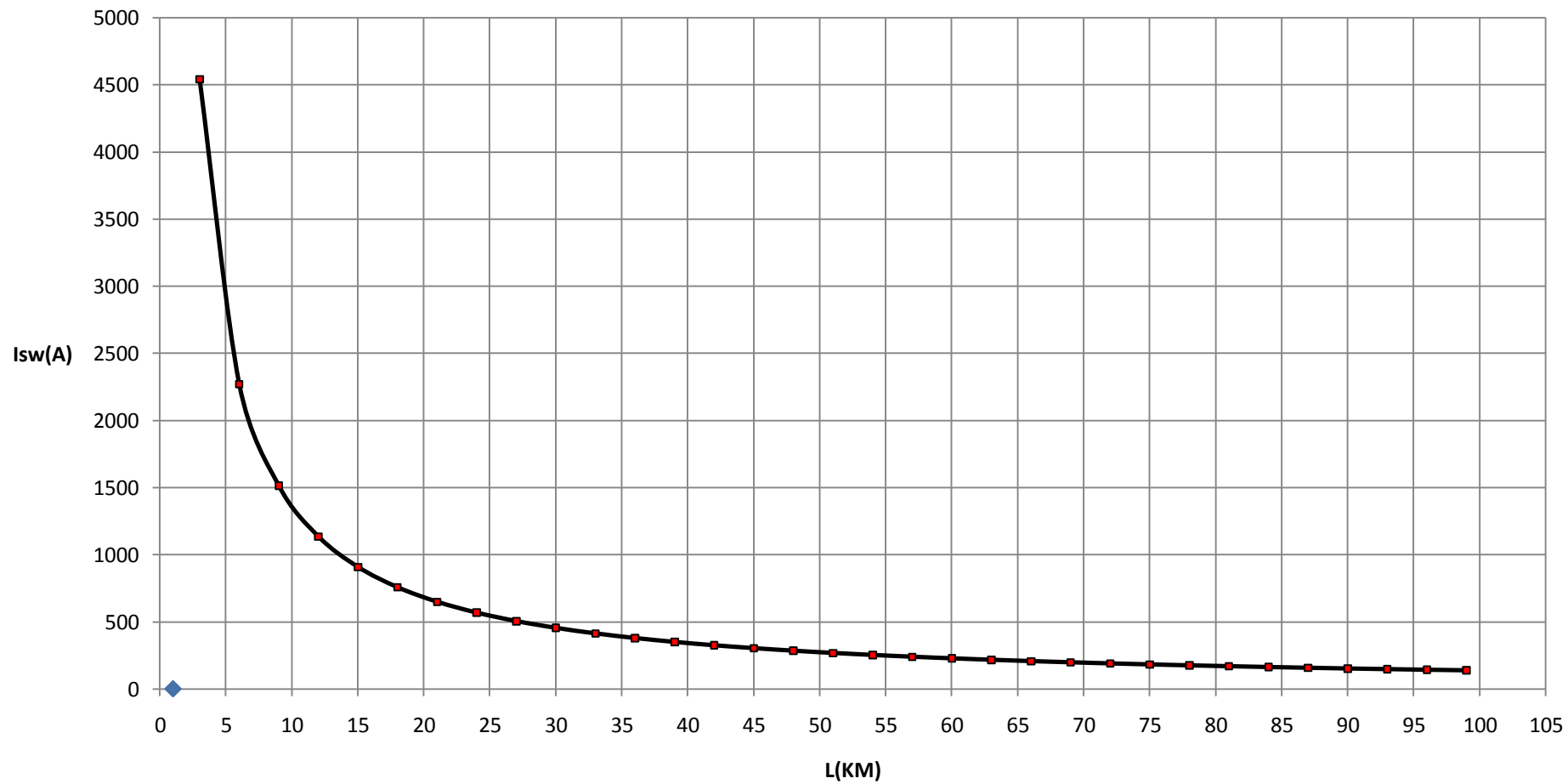
Σχήμα 6.4.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	4539,0194216	1588,6567976	4539,0194216	34,0440652	68,2832254
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	2269,5481055	794,3418369	2269,5481055	8,5113043	17,0713839
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1513,0406025	529,5642109	1513,0406025	3,7828446	7,5873673
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	1134,7836515	397,1742780	1134,7836515	2,1278621	4,2679182
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	907,8284570	317,7399599	907,8284570	1,3618363	2,7314769
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	756,5245673	264,7835986	756,5245673	0,9457218	1,8968632
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	648,4501515	226,9575530	648,4501515	0,6948171	1,3936160
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	567,3942254	198,5879789	567,3942254	0,5319700	1,0669886
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	504,3506596	176,5227309	504,3506596	0,4203224	0,8430535
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	453,9157643	158,8705175	453,9157643	0,3404614	0,6828738
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	412,6508217	144,4277876	412,6508217	0,2813732	0,5643589
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	378,2633502	132,3921726	378,2633502	0,2364318	0,4742185
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	349,1662451	122,2081858	349,1662451	0,2014568	0,4040680
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	324,2258593	113,4790508	324,2258593	0,1737051	0,3484057
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	302,6108508	105,9137978	302,6108508	0,1513165	0,3035002
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	283,6977126	99,2941994	283,6977126	0,1329931	0,2667483
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	267,0096451	93,4533758	267,0096451	0,1178070	0,2362892
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	252,1758038	88,2615313	252,1758038	0,1050810	0,2107642
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	238,9034167	83,6161958	238,9034167	0,0943109	0,1891623
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	226,9582661	79,4353931	226,9582661	0,0851156	0,1707190
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	216,1507470	75,6527615	216,1507470	0,0772024	0,1548472
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	206,3257282	72,2140049	206,3257282	0,0703435	0,1410902
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	197,3550575	69,0742701	197,3550575	0,0643597	0,1290882
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	189,1319417	66,1961796	189,1319417	0,0591081	0,1185550
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	181,5666743	63,5483360	181,5666743	0,0544740	0,1092603
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	174,5833498	61,1041724	174,5833498	0,0503643	0,1010173
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	168,1173079	58,8410578	168,1173079	0,0467027	0,0936731
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	162,1131256	56,7395939	162,1131256	0,0434264	0,0871016
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	156,5230243	54,7830585	156,5230243	0,0404831	0,0811982
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	151,3055960	52,9569586	151,3055960	0,0378292	0,0758752
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	146,4247757	51,2486715	146,4247757	0,0354280	0,0710590
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	141,8490063	49,6471522	141,8490063	0,0332483	0,0666872
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	137,5505560	48,1426946	137,5505560	0,0312638	0,0627068

Πίνακας 6.4.3: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

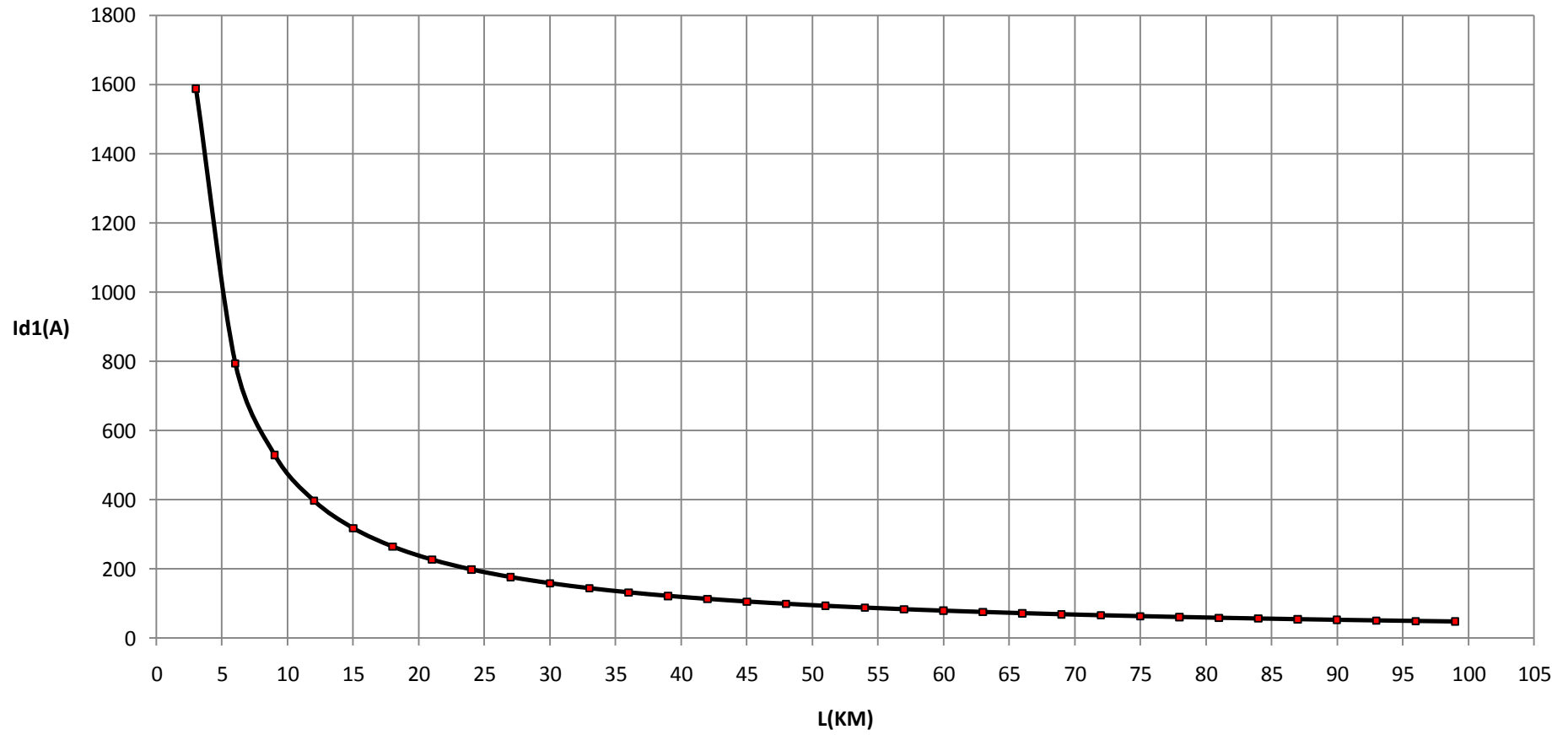
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.4.3.1

$I_{d1}=f(L)$

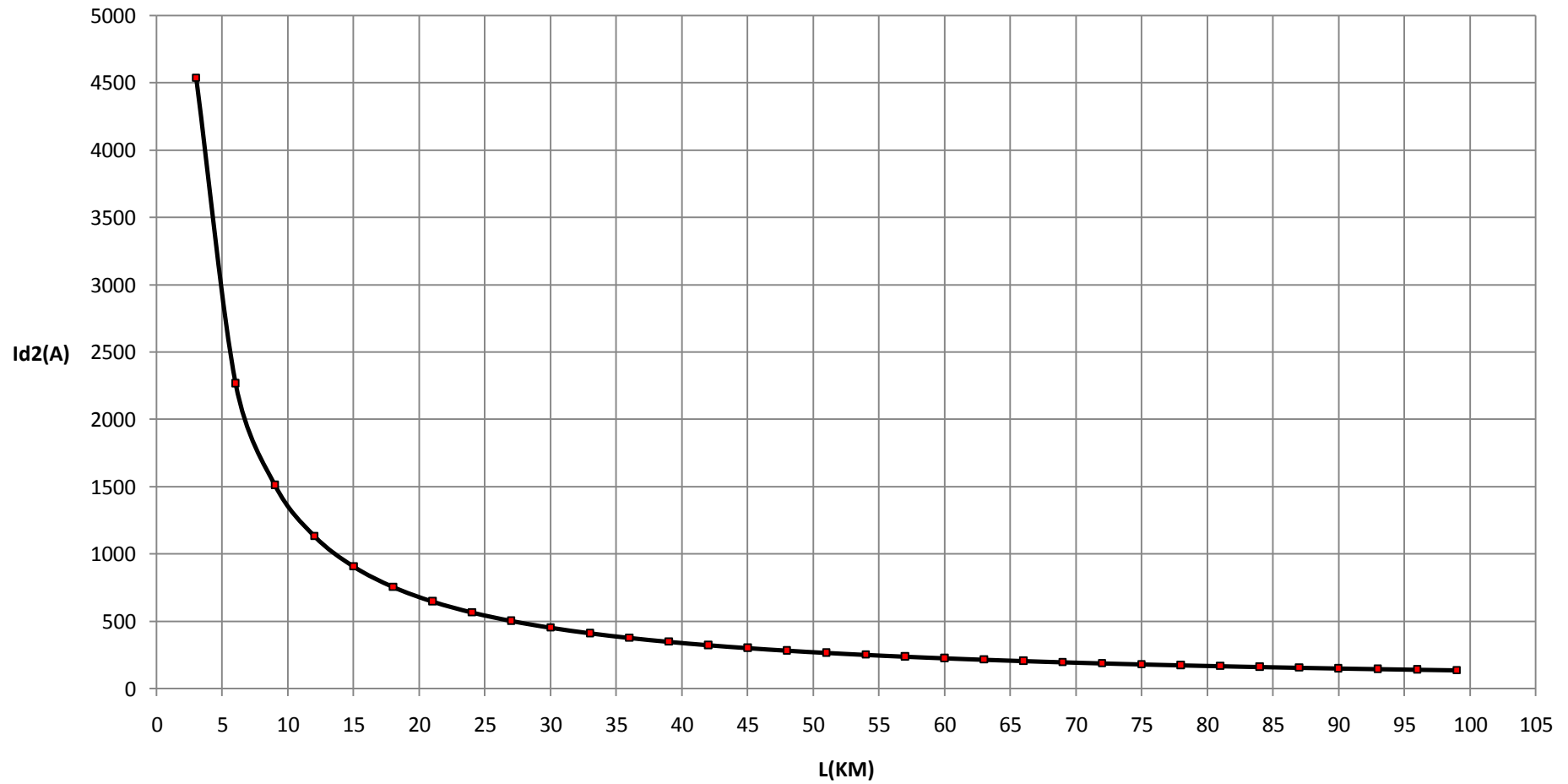
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4sec



Σχήμα 6.4.3.2

$I_{d2}=f(L)$

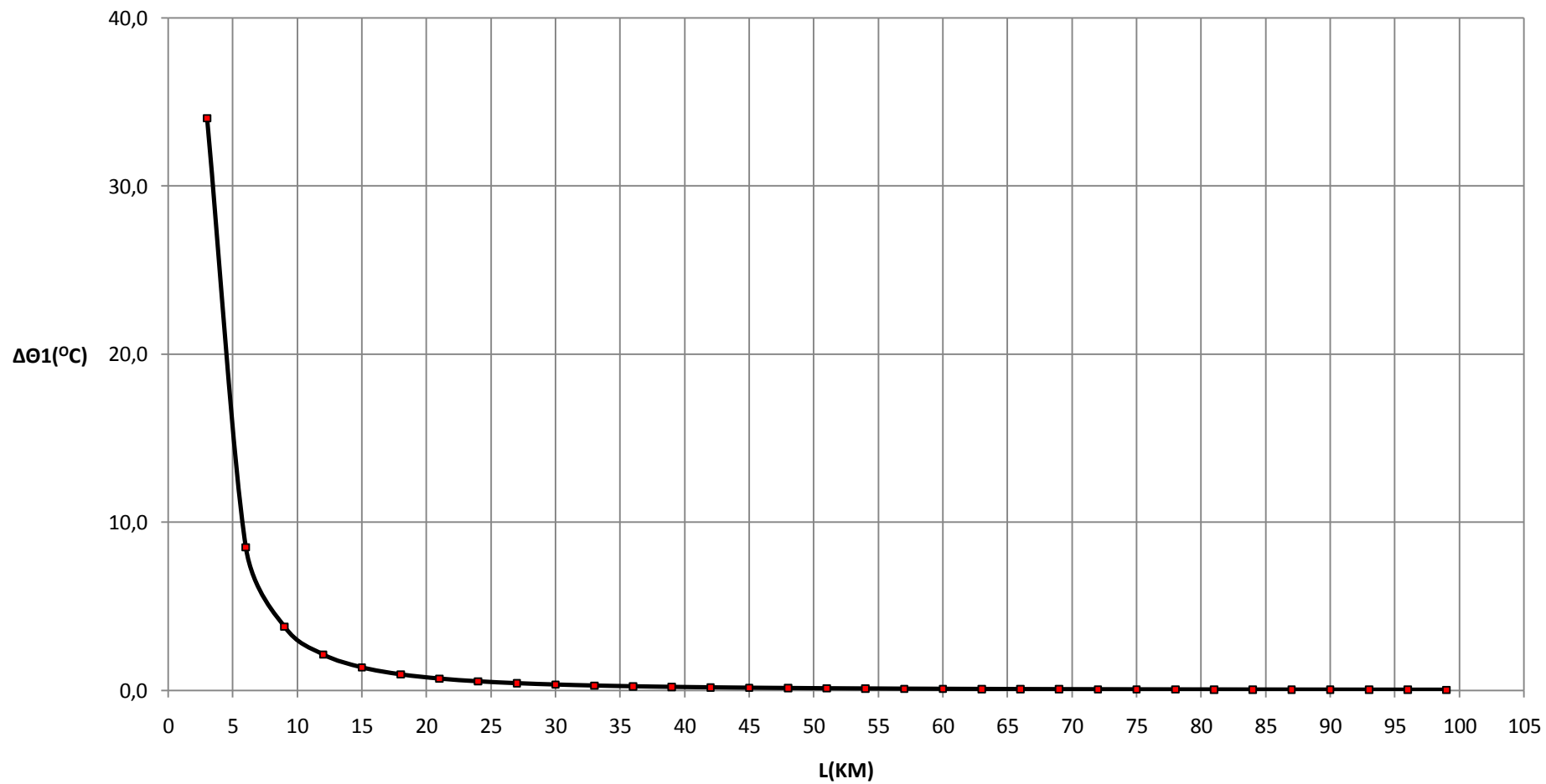
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.4.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

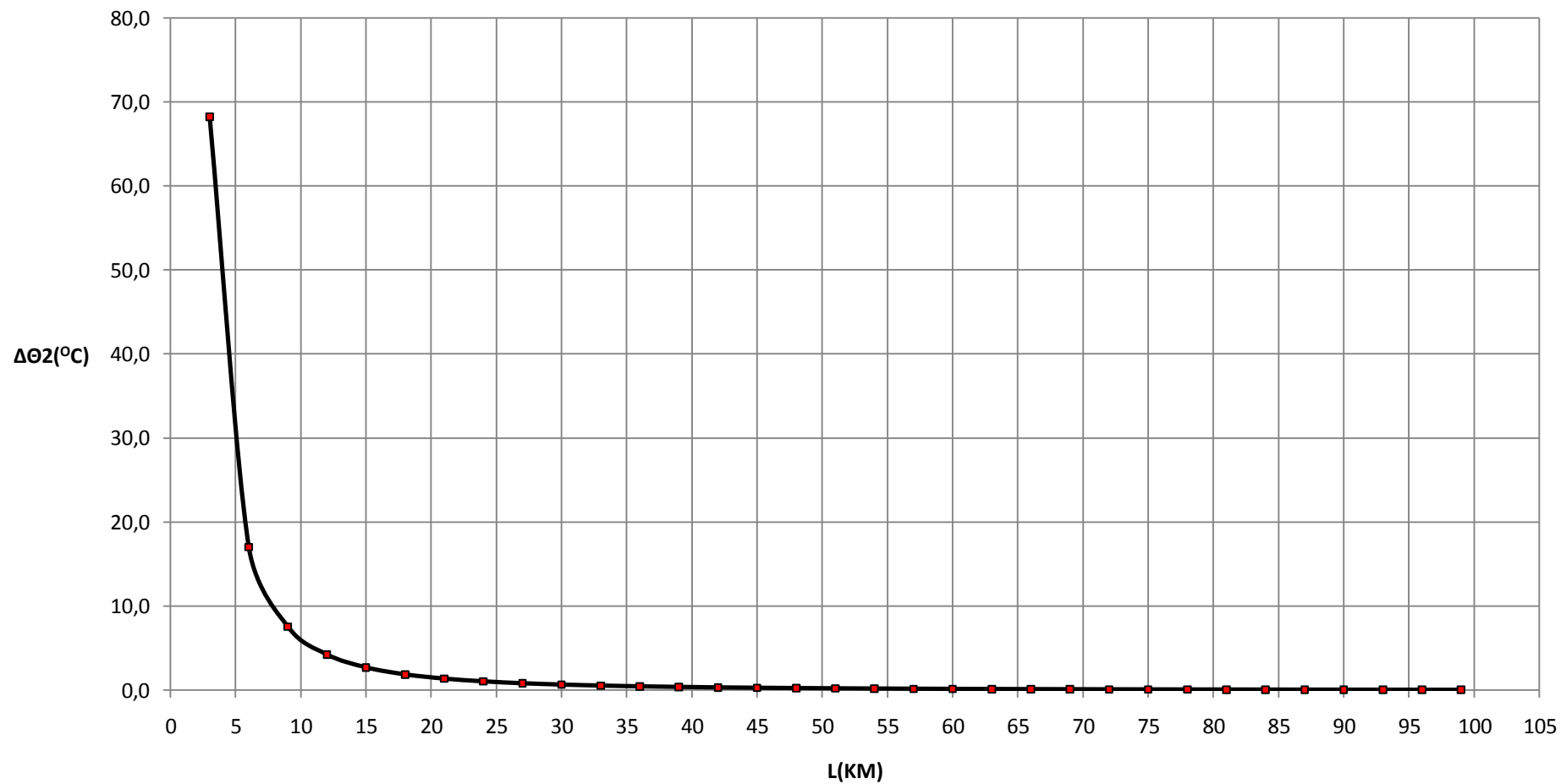
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.4.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



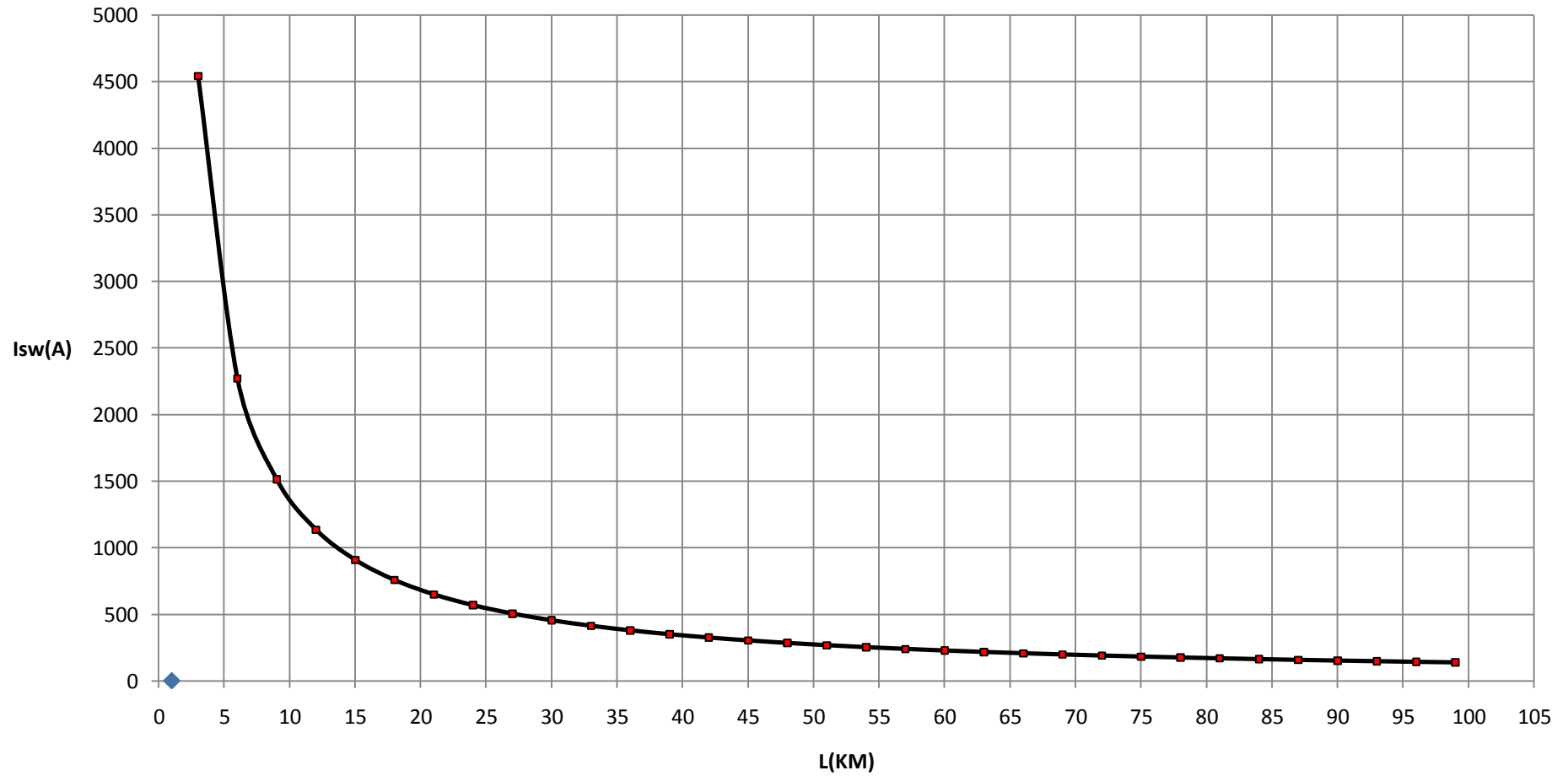
Σχήμα 6.4.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	4539,0194216	1588,6567976	4539,0194216	41,2138039	126,8117043
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	2269,5481055	794,3418369	2269,5481055	10,3037996	31,7039987
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1513,0406025	529,5642109	1513,0406025	4,5795181	14,0908250
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	1134,7836515	397,1742780	1134,7836515	2,5759935	7,9261338
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	907,8284570	317,7399599	907,8284570	1,6486414	5,0727428
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	756,5245673	264,7835986	756,5245673	1,1448924	3,5227460
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	648,4501515	226,9575530	648,4501515	0,8411468	2,5881441
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	567,3942254	198,5879789	567,3942254	0,6440038	1,9815502
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	504,3506596	176,5227309	504,3506596	0,5088430	1,5656708
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	453,9157643	158,8705175	453,9157643	0,4121631	1,2681943
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	412,6508217	144,4277876	412,6508217	0,3406309	1,0480951
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	378,2633502	132,3921726	378,2633502	0,2862247	0,8806915
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	349,1662451	122,2081858	349,1662451	0,2438839	0,7504120
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	324,2258593	113,4790508	324,2258593	0,2102877	0,6470391
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	302,6108508	105,9137978	302,6108508	0,1831840	0,5636432
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	283,6977126	99,2941994	283,6977126	0,1610016	0,4953896
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	267,0096451	93,4533758	267,0096451	0,1426174	0,4388228
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	252,1758038	88,2615313	252,1758038	0,1272112	0,3914192
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	238,9034167	83,6161958	238,9034167	0,1141730	0,3513015
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	226,9582661	79,4353931	226,9582661	0,1030411	0,3170496
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	216,1507470	75,6527615	216,1507470	0,0934614	0,2875734
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	206,3257282	72,2140049	206,3257282	0,0851580	0,2620246
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	197,3550575	69,0742701	197,3550575	0,0779139	0,2397352
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	189,1319417	66,1961796	189,1319417	0,0715564	0,2201735
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	181,5666743	63,5483360	181,5666743	0,0659464	0,2029119
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	174,5833498	61,1041724	174,5833498	0,0609711	0,1876035
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	168,1173079	58,8410578	168,1173079	0,0565384	0,1739643
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	162,1131256	56,7395939	162,1131256	0,0525721	0,1617602
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	156,5230243	54,7830585	156,5230243	0,0490089	0,1507967
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	151,3055960	52,9569586	151,3055960	0,0457961	0,1409111
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	146,4247757	51,2486715	146,4247757	0,0428892	0,1319667
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	141,8490063	49,6471522	141,8490063	0,0402505	0,1238477
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	137,5505560	48,1426946	137,5505560	0,0378480	0,1164555

Πίνακας 6.4.4: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec

$$I_{sw}=f(L)$$

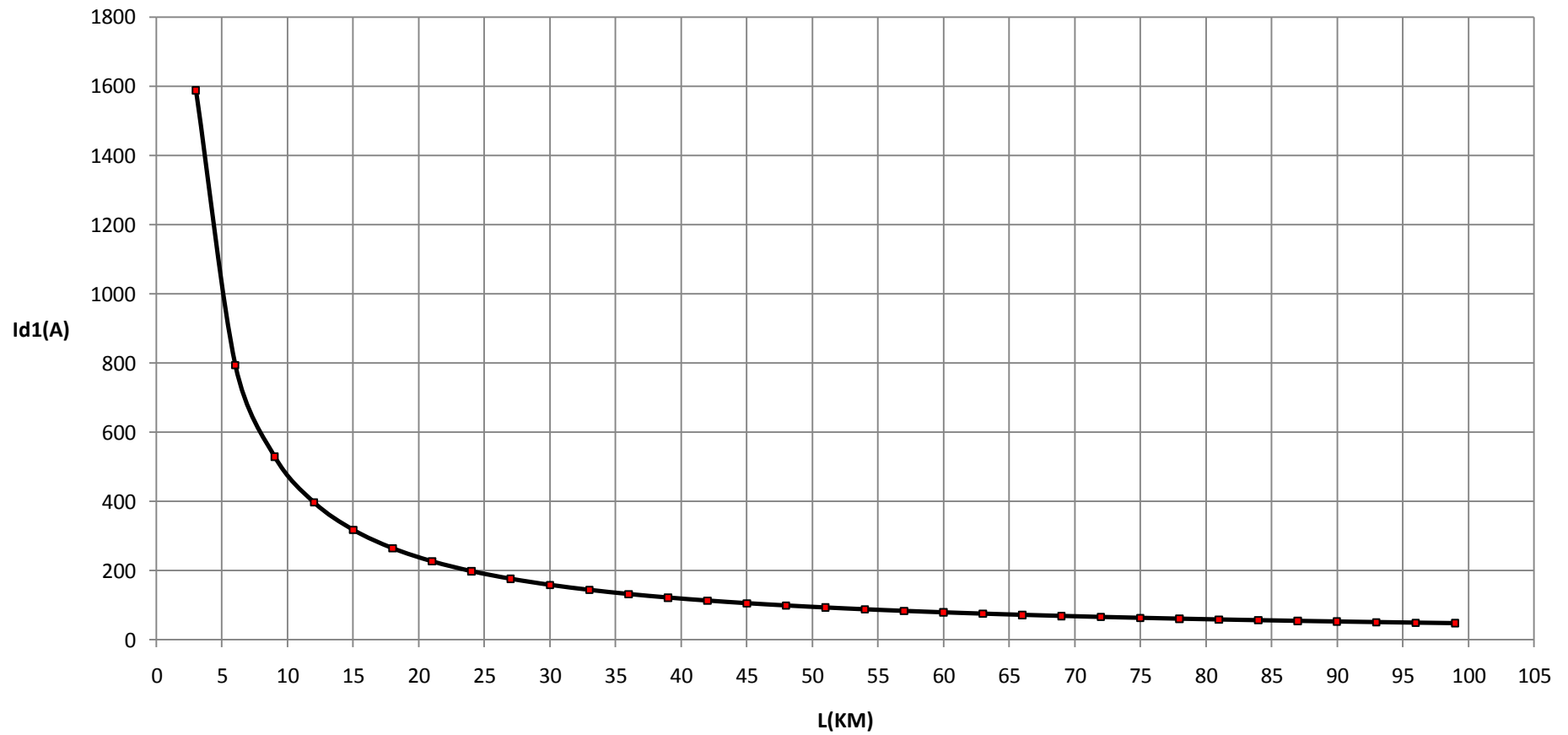
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.4.4.1

$I_{d1}=f(L)$

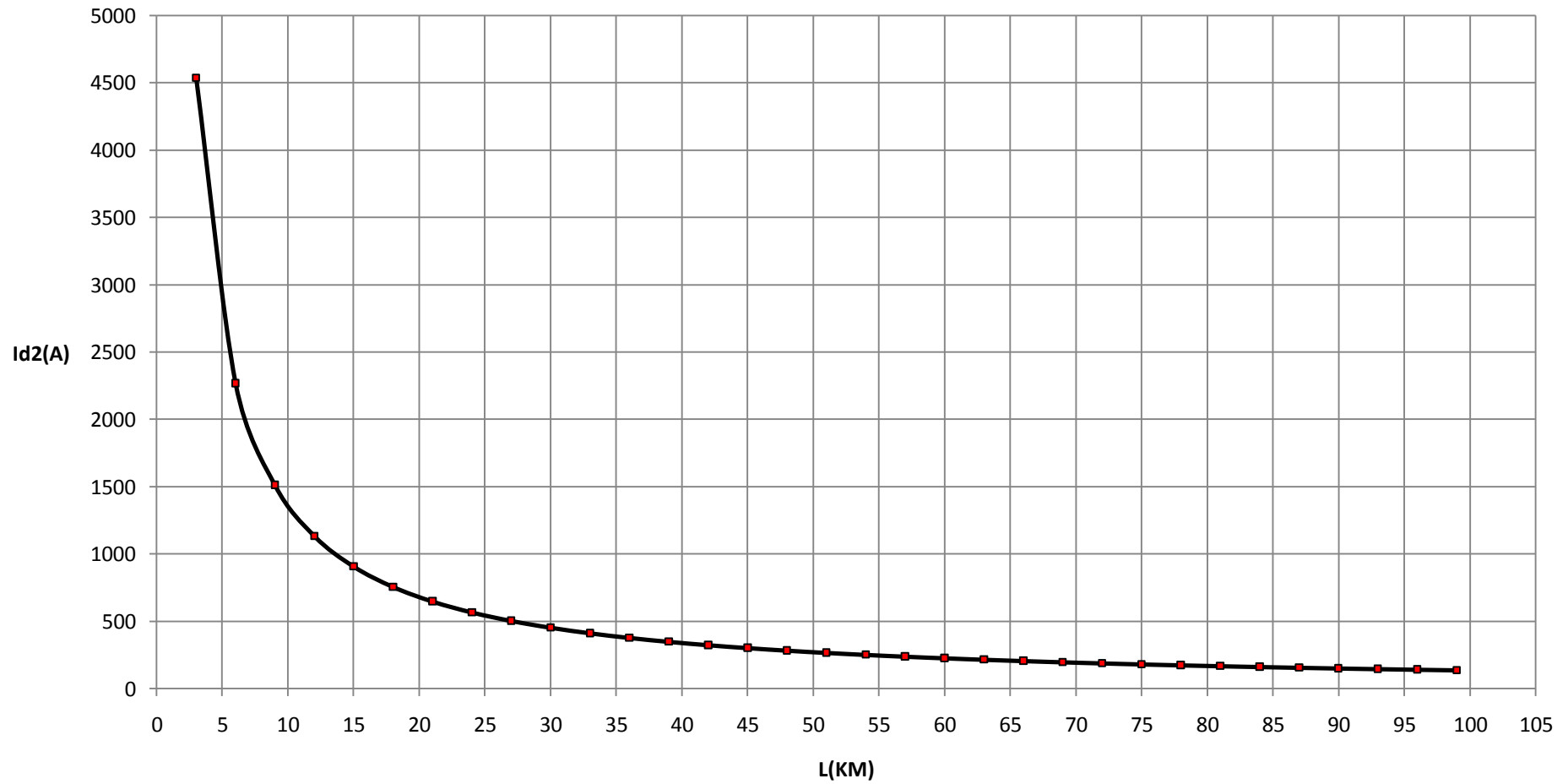
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.4.4.2

$I_{d2}=f(L)$

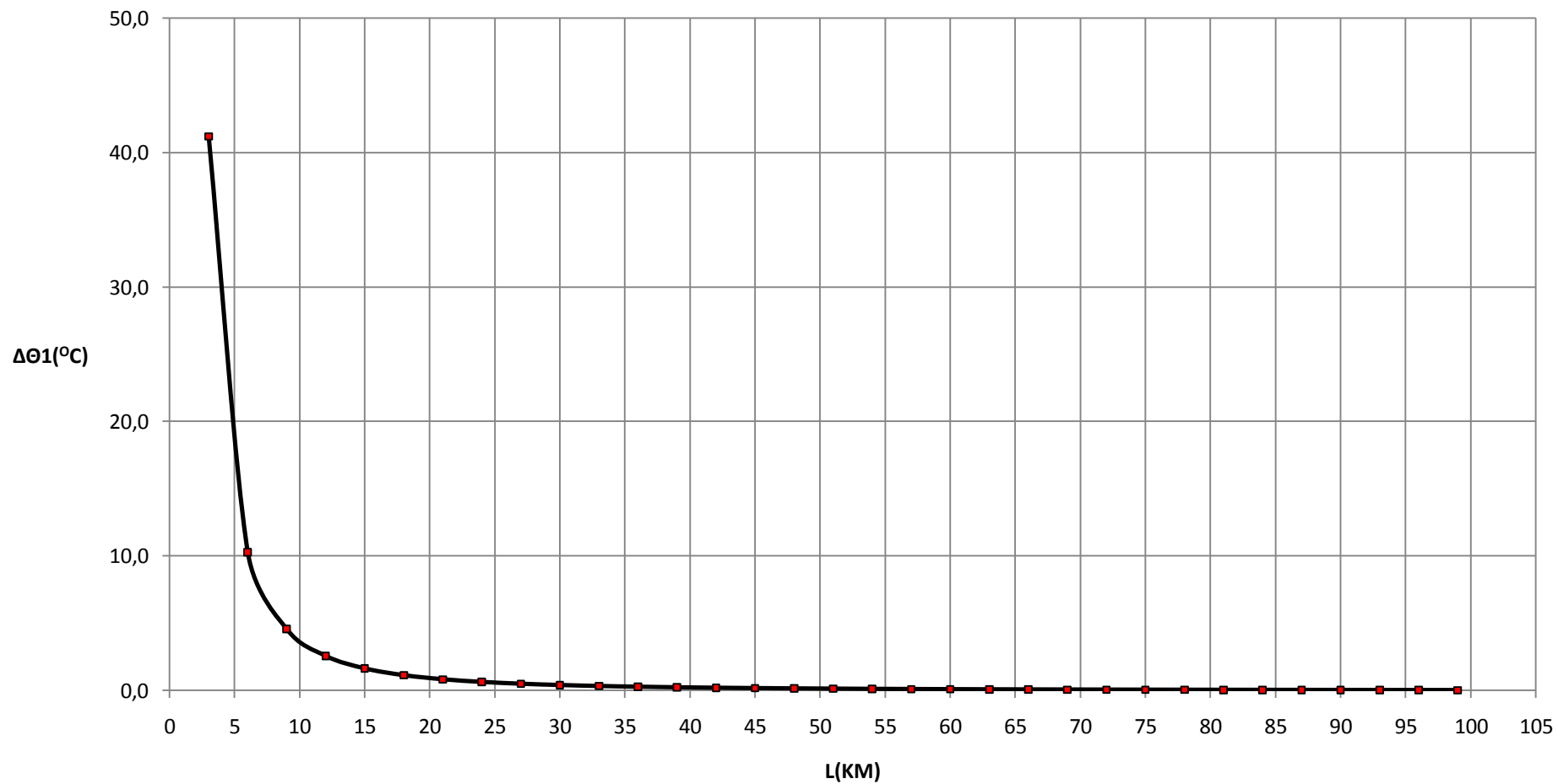
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.4.4.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

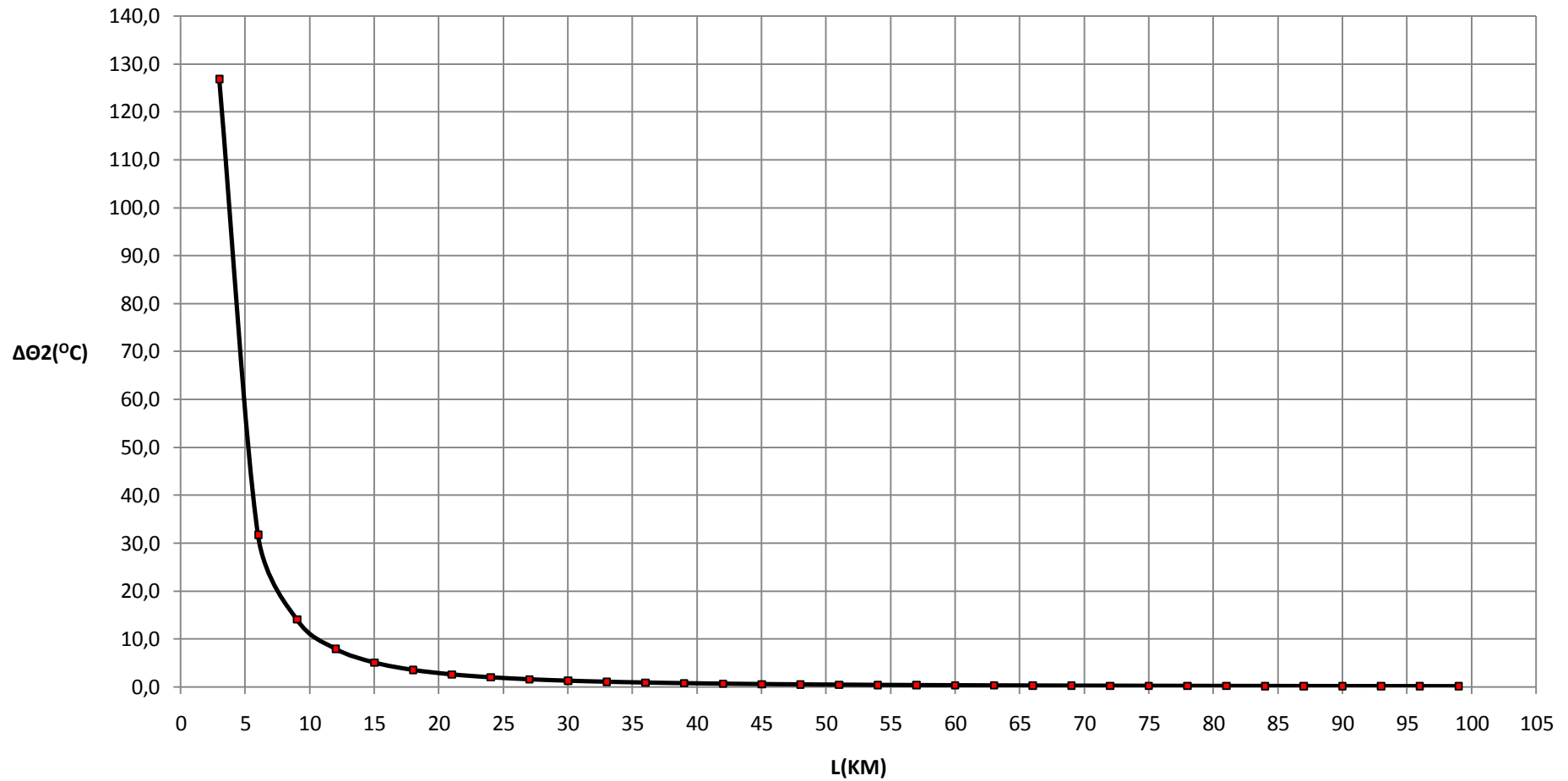
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, Ρ_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.4.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.4.4.5

6.5 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

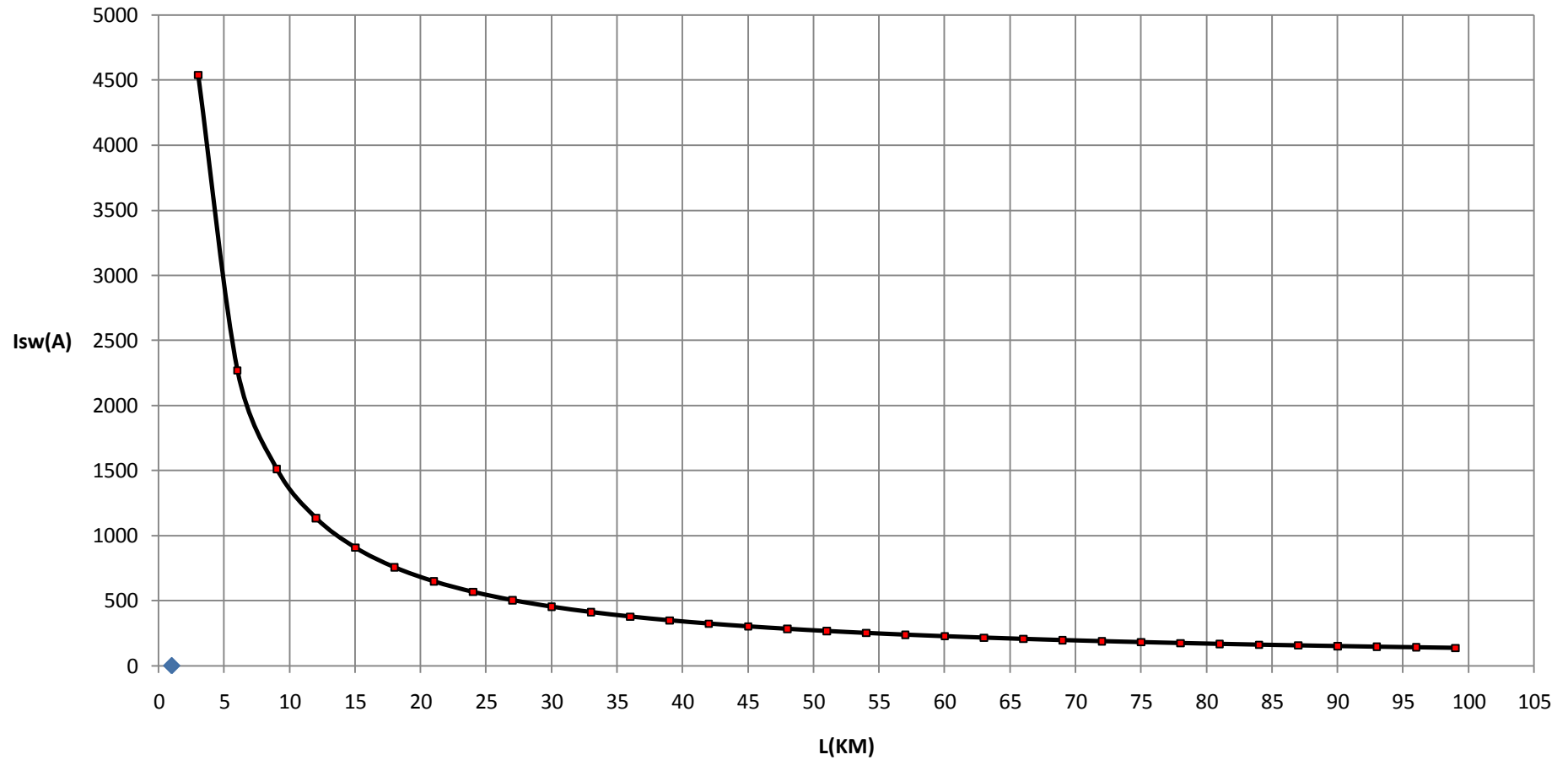
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	R _γ (Ω)	Χ _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	4539,0962724	1588,6836953	4539,0962724	31,0577258	43,8978456
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	2269,5673183	794,3485614	2269,5673183	7,7645627	10,9746469
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1513,0491415	529,5671995	1513,0491415	3,4509362	4,8776483
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	1134,7884546	397,1759591	1134,7884546	1,9411571	2,7436849
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	907,8315310	317,7410358	907,8315310	1,2423426	1,7559613
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	756,5267021	264,7843457	756,5267021	0,8627389	1,2194190
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	648,4517199	226,9581020	648,4517199	0,6338495	0,8959004
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	567,3954262	198,5883992	567,3954262	0,4852913	0,6859241
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	504,3516084	176,5230629	504,3516084	0,3834402	0,5419650
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	453,9165328	158,8707865	453,9165328	0,3105867	0,4389918
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	412,6514568	144,4280099	412,6514568	0,2566833	0,3628033
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	378,2638839	132,3923594	378,2638839	0,2156853	0,3048556
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	349,1666999	122,2083450	349,1666999	0,1837793	0,2597587
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	324,2262514	113,4791880	324,2262514	0,1584628	0,2239756
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	302,6111924	105,9139173	302,6111924	0,1380387	0,1951077
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	283,6980128	99,2943045	283,6980128	0,1213231	0,1714814
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	267,0099110	93,4534689	267,0099110	0,1074696	0,1519005
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	252,1760410	88,2616143	252,1760410	0,0958602	0,1354915
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	238,9036296	83,6162704	238,9036296	0,0860352	0,1216046
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	226,9584582	79,4354604	226,9584582	0,0776468	0,1097481
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	216,1509213	75,6528224	216,1509213	0,0704279	0,0995448
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	206,3258870	72,2140604	206,3258870	0,0641709	0,0907010
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	197,3552028	69,0743210	197,3552028	0,0587122	0,0829854
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	189,1320752	66,1962263	189,1320752	0,0539214	0,0762140
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	181,5667973	63,5483790	181,5667973	0,0496940	0,0702388
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	174,5834634	61,1042122	174,5834634	0,0459449	0,0649398
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	168,1174133	58,8410947	168,1174133	0,0426046	0,0602185
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	162,1132236	56,7396283	162,1132236	0,0396157	0,0559940
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	156,5231157	54,7830905	156,5231157	0,0369307	0,0521989
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	151,3056814	52,9569885	151,3056814	0,0345097	0,0487770
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	146,4248557	51,2486995	146,4248557	0,0323192	0,0456808
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	141,8490813	49,6471785	141,8490813	0,0303308	0,0428704
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	137,5506265	48,1427193	137,5506265	0,0285204	0,0403116

Πίνακας 6.5.1: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

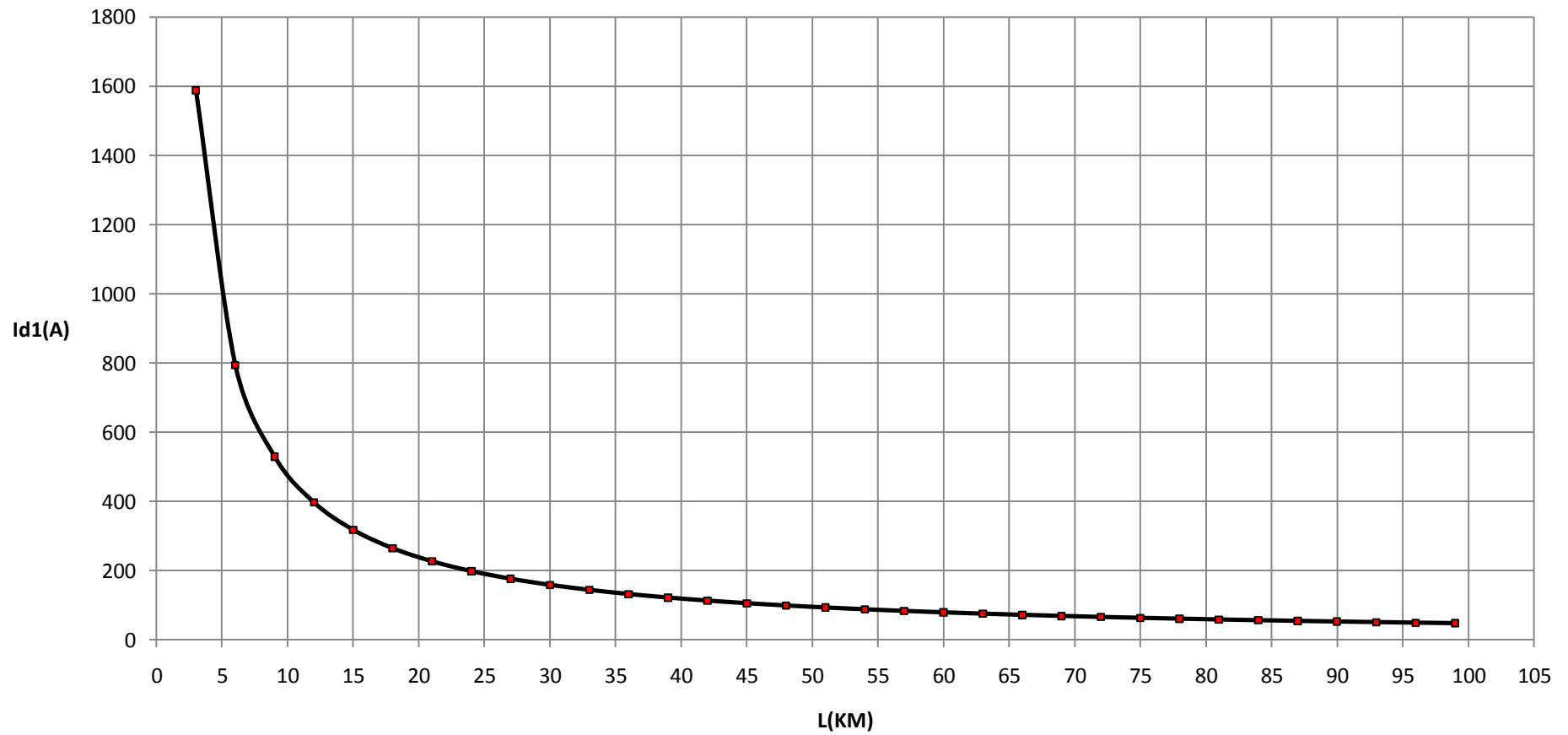
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.5.1.1

$I_{d1}=f(L)$

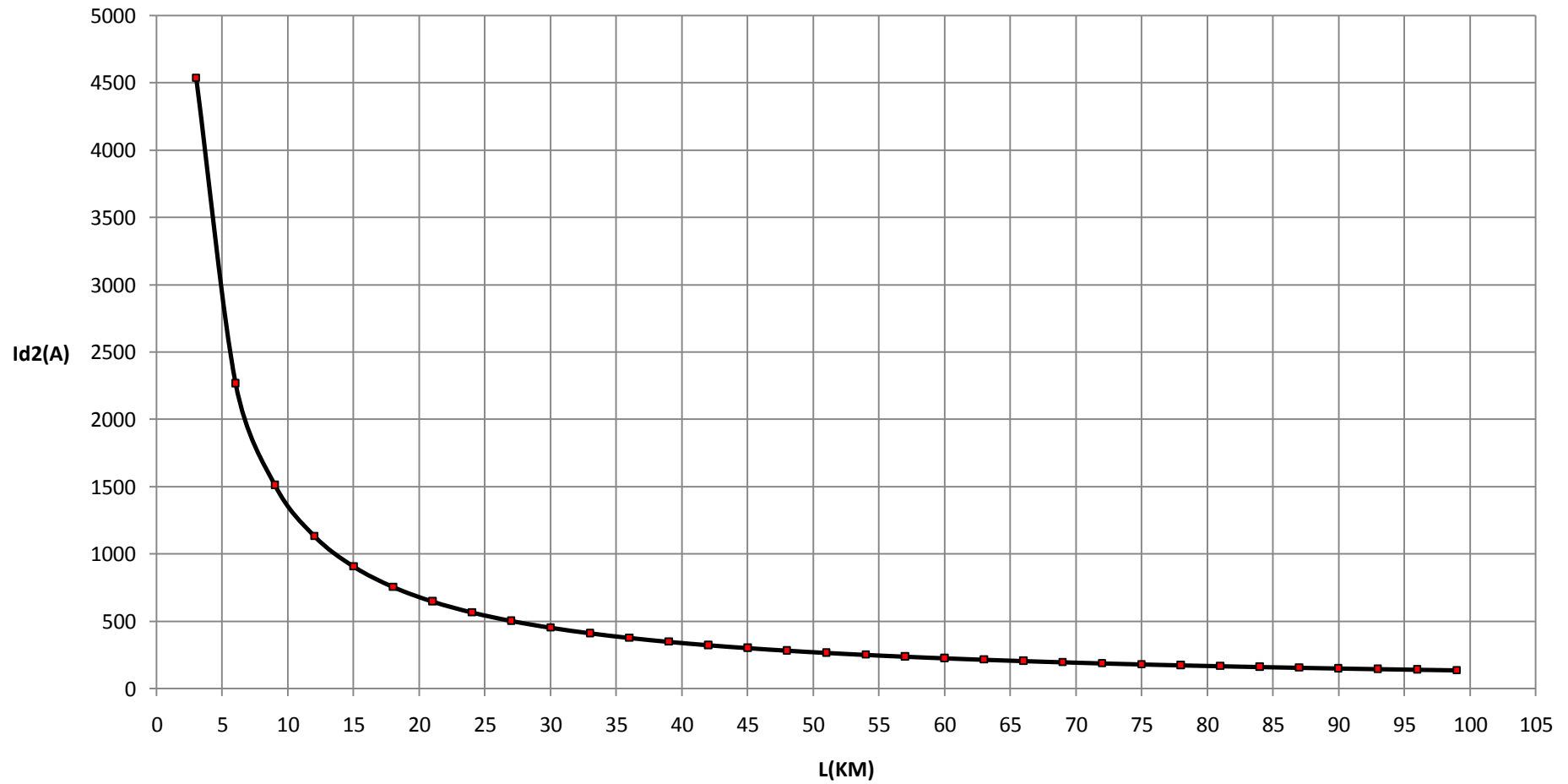
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.5.1.2

$I_{d2}=f(L)$

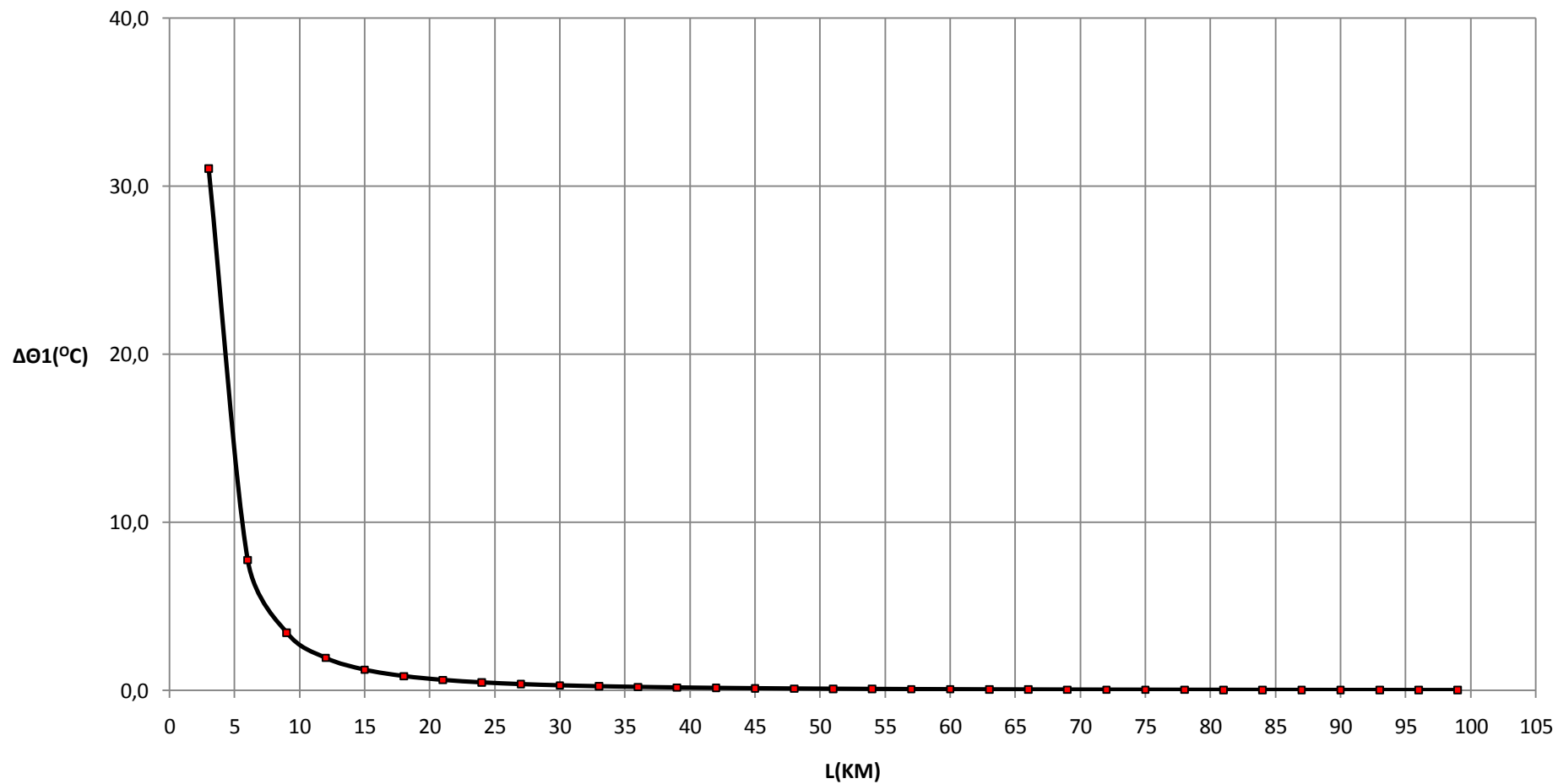
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.5.1.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

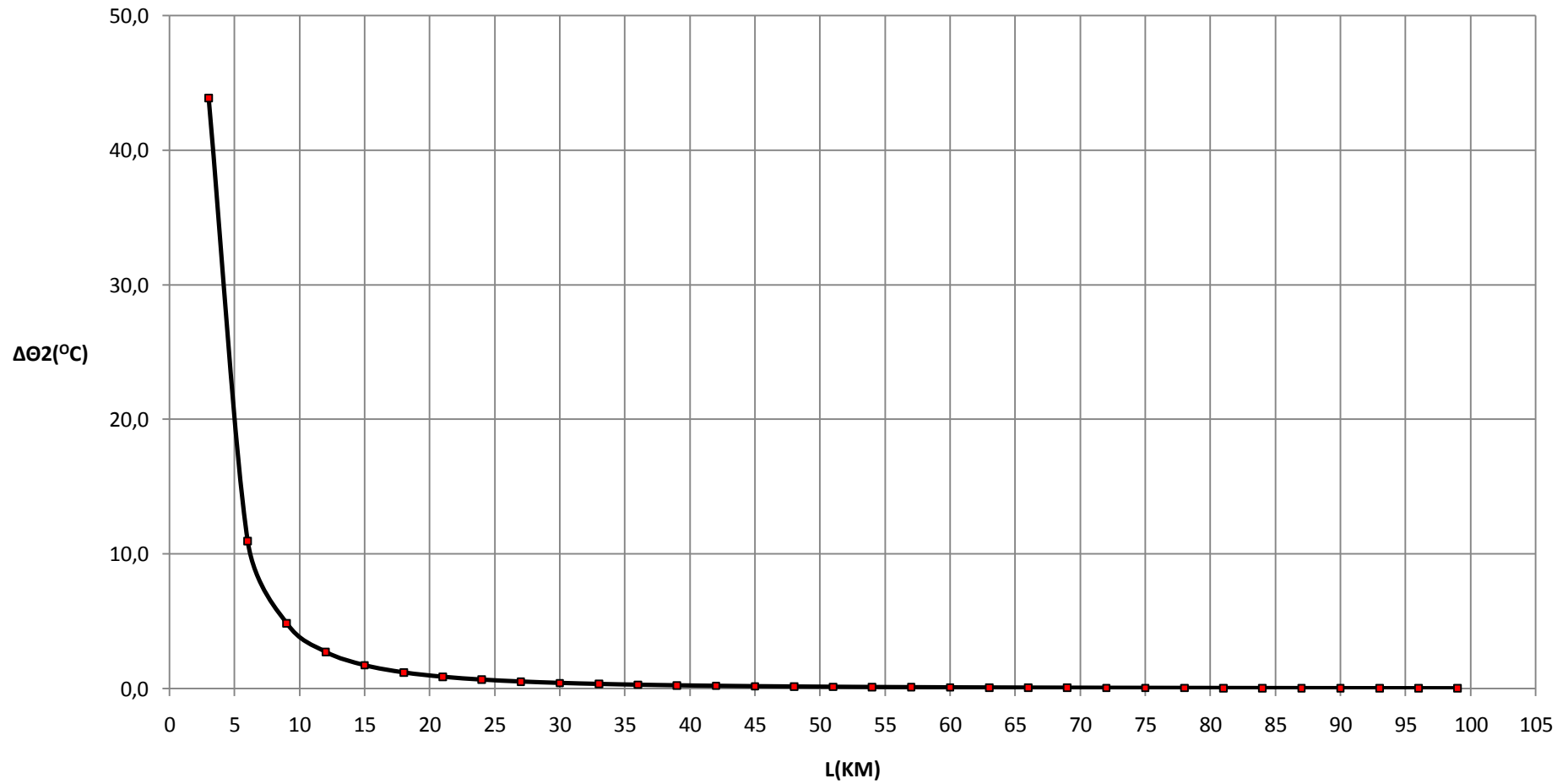
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.5.1.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



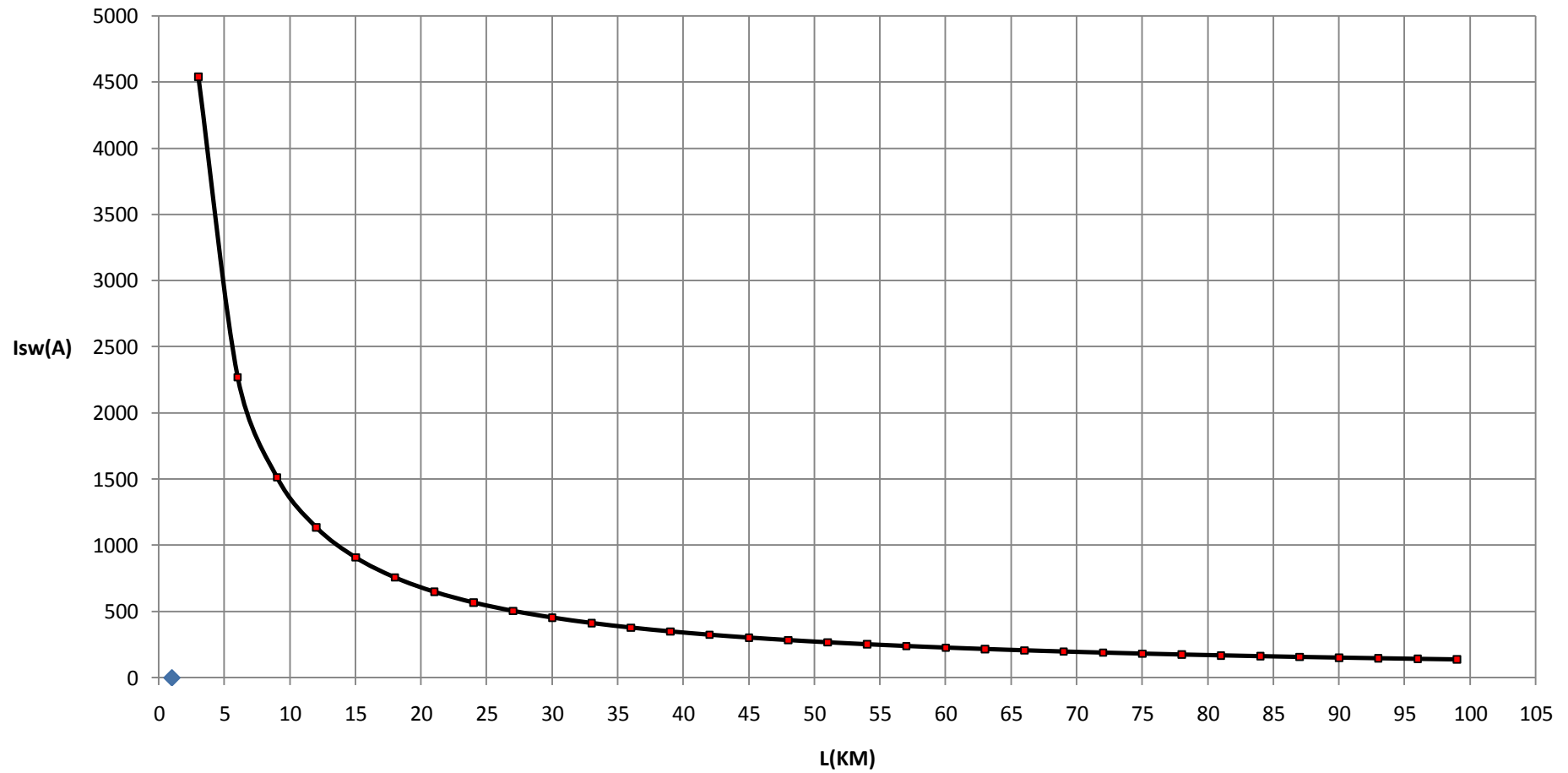
Σχήμα 6.5.1.5

L (Km)	R _γ (Ω)	Χ _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	Δθ1 (°c)	Δθ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	4539,0962724	1588,6836953	4539,0962724	32,2527227	53,6529224
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	2269,5673183	794,3485614	2269,5673183	8,0633170	13,4134573
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1513,0491415	529,5671995	1513,0491415	3,5837166	5,9615702
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	1134,7884546	397,1759591	1134,7884546	2,0158463	3,3533927
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	907,8315310	317,7410358	907,8315310	1,2901438	2,1461749
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	756,5267021	264,7843457	756,5267021	0,8959342	1,4904009
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	648,4517199	226,9581020	648,4517199	0,6582379	1,0949893
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	567,3954262	198,5883992	567,3954262	0,5039637	0,8383517
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	504,3516084	176,5230629	504,3516084	0,3981937	0,6624017
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	453,9165328	158,8707865	453,9165328	0,3225370	0,5365455
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	412,6514568	144,4280099	412,6514568	0,2665596	0,4434262
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	378,2638839	132,3923594	378,2638839	0,2239842	0,3726013
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	349,1666999	122,2083450	349,1666999	0,1908505	0,3174828
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	324,2262514	113,4791880	324,2262514	0,1645599	0,2737480
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	302,6111924	105,9139173	302,6111924	0,1433500	0,2384650
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	283,6980128	99,2943045	283,6980128	0,1259912	0,2095884
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	267,0099110	93,4534689	267,0099110	0,1116047	0,1856562
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	252,1760410	88,2616143	252,1760410	0,0995486	0,1656007
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	238,9036296	83,6162704	238,9036296	0,0893456	0,1486278
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	226,9584582	79,4354604	226,9584582	0,0806344	0,1341366
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	216,1509213	75,6528224	216,1509213	0,0731378	0,1216659
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	206,3258870	72,2140604	206,3258870	0,0666400	0,1108567
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	197,3552028	69,0743210	197,3552028	0,0609712	0,1014266
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	189,1320752	66,1962263	189,1320752	0,0559961	0,0931505
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	181,5667973	63,5483790	181,5667973	0,0516060	0,0858475
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	174,5834634	61,1042122	174,5834634	0,0477127	0,0793708
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	168,1174133	58,8410947	168,1174133	0,0442439	0,0736004
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	162,1132236	56,7396283	162,1132236	0,0411400	0,0684371
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	156,5231157	54,7830905	156,5231157	0,0383517	0,0637987
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	151,3056814	52,9569885	151,3056814	0,0358375	0,0596163
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	146,4248557	51,2486995	146,4248557	0,0335627	0,0558321
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	141,8490813	49,6471785	141,8490813	0,0314978	0,0523971
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	137,5506265	48,1427193	137,5506265	0,0296178	0,0492697

Πίνακας 6.5.2: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,25 sec

$$I_{sw}=f(L)$$

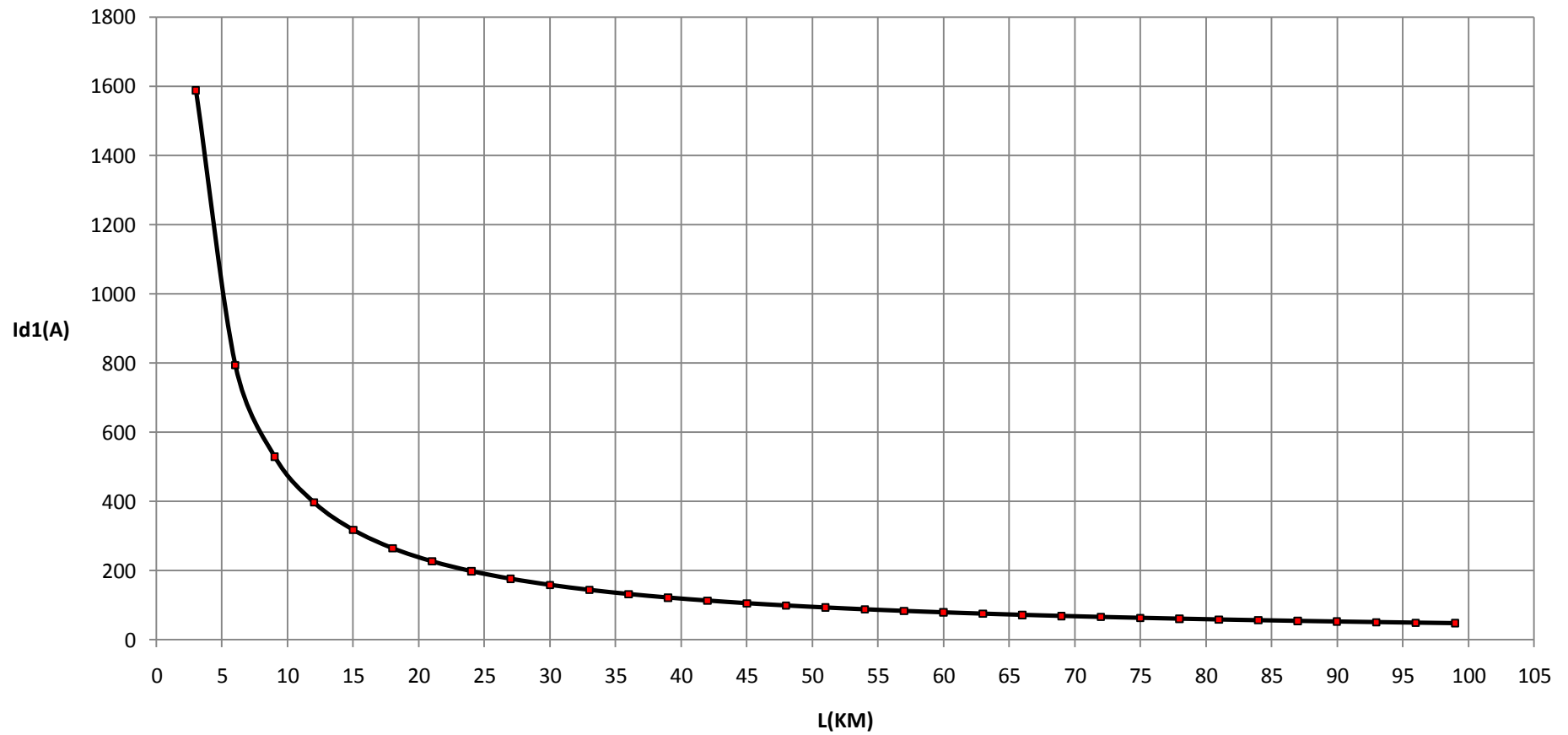
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.5.2.1

$I_{d1}=f(L)$

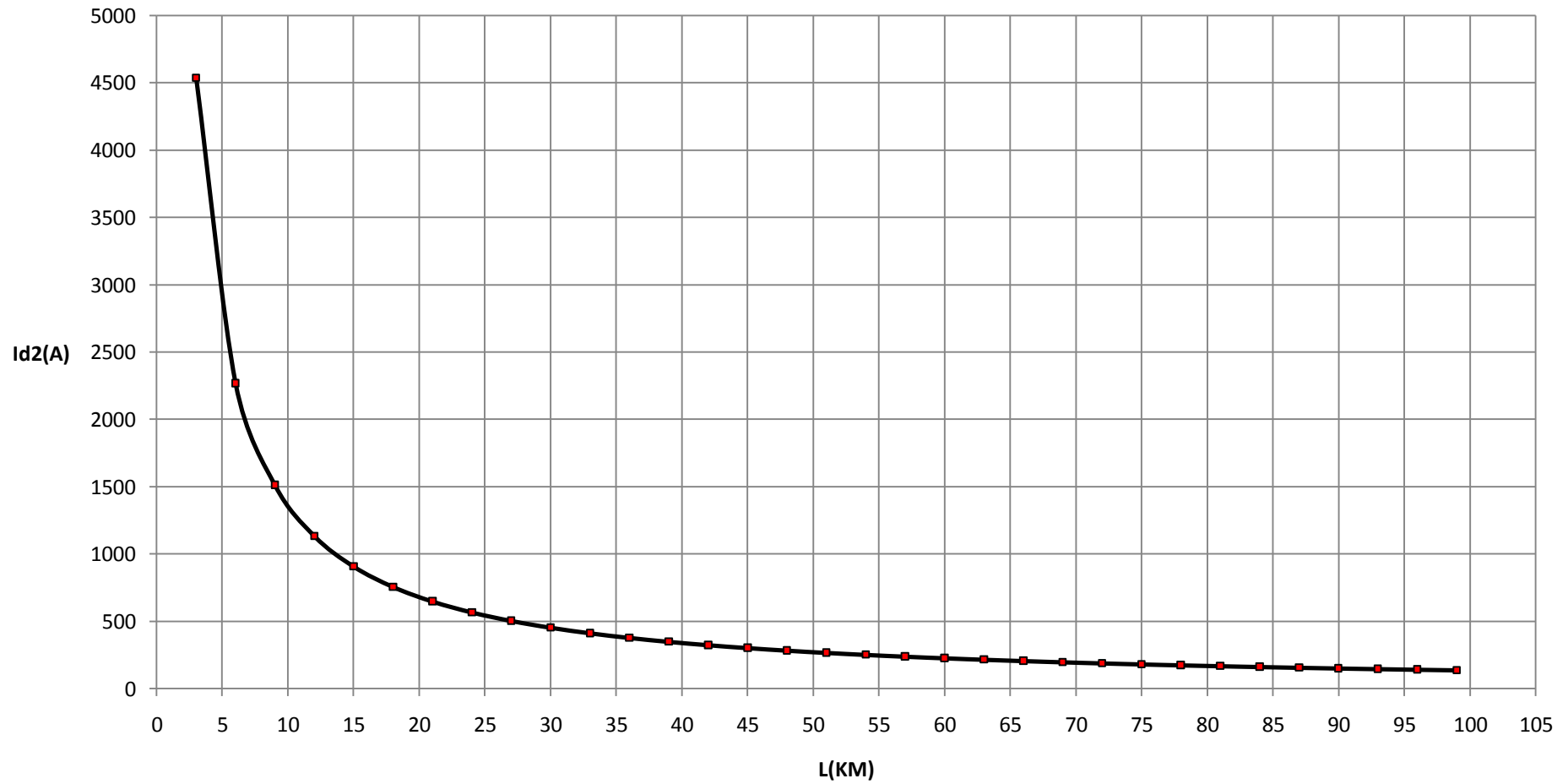
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.5.2.2

$I_{d2}=f(L)$

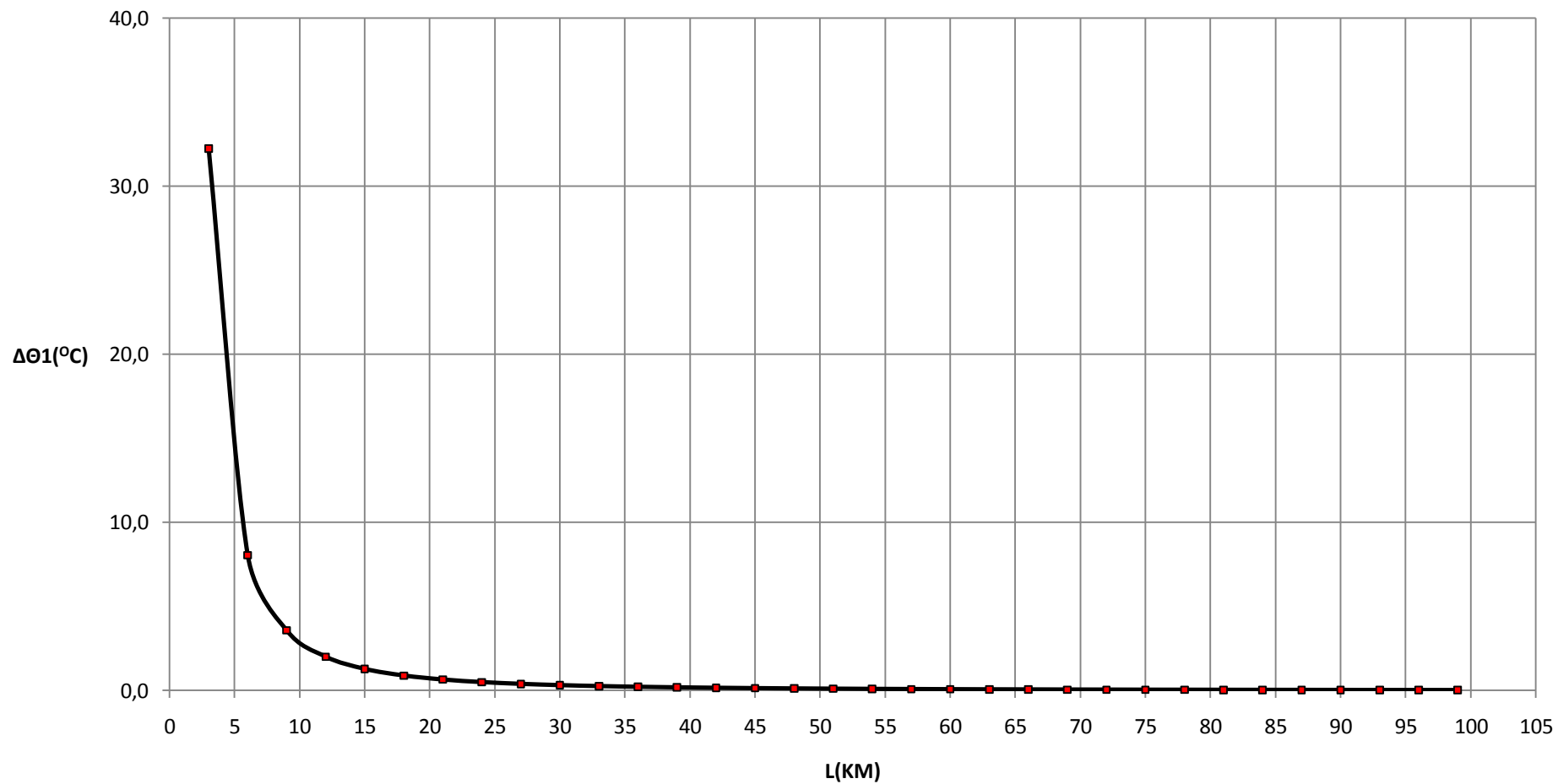
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.5.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

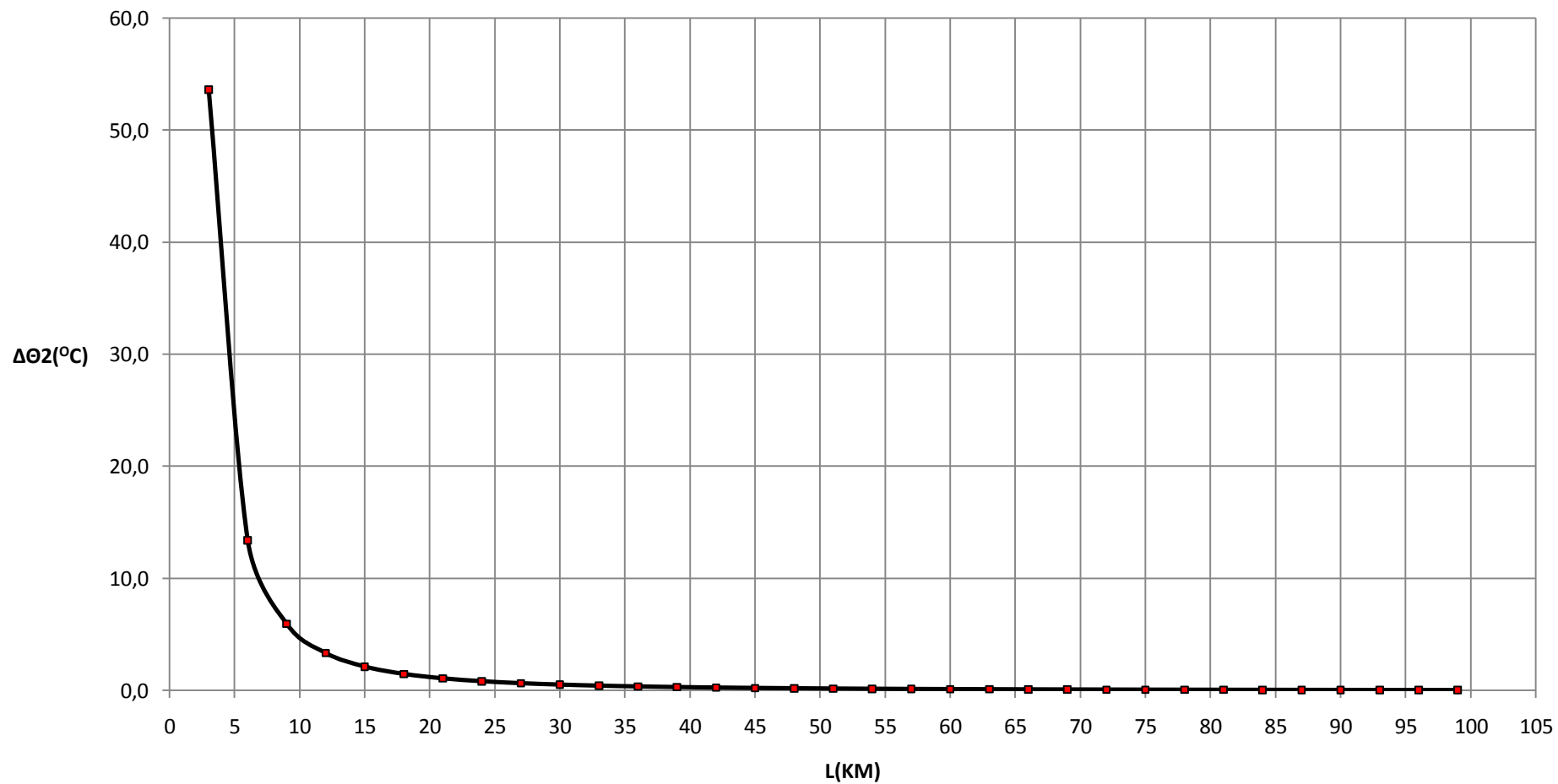
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.5.2.4

$\Delta\Theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



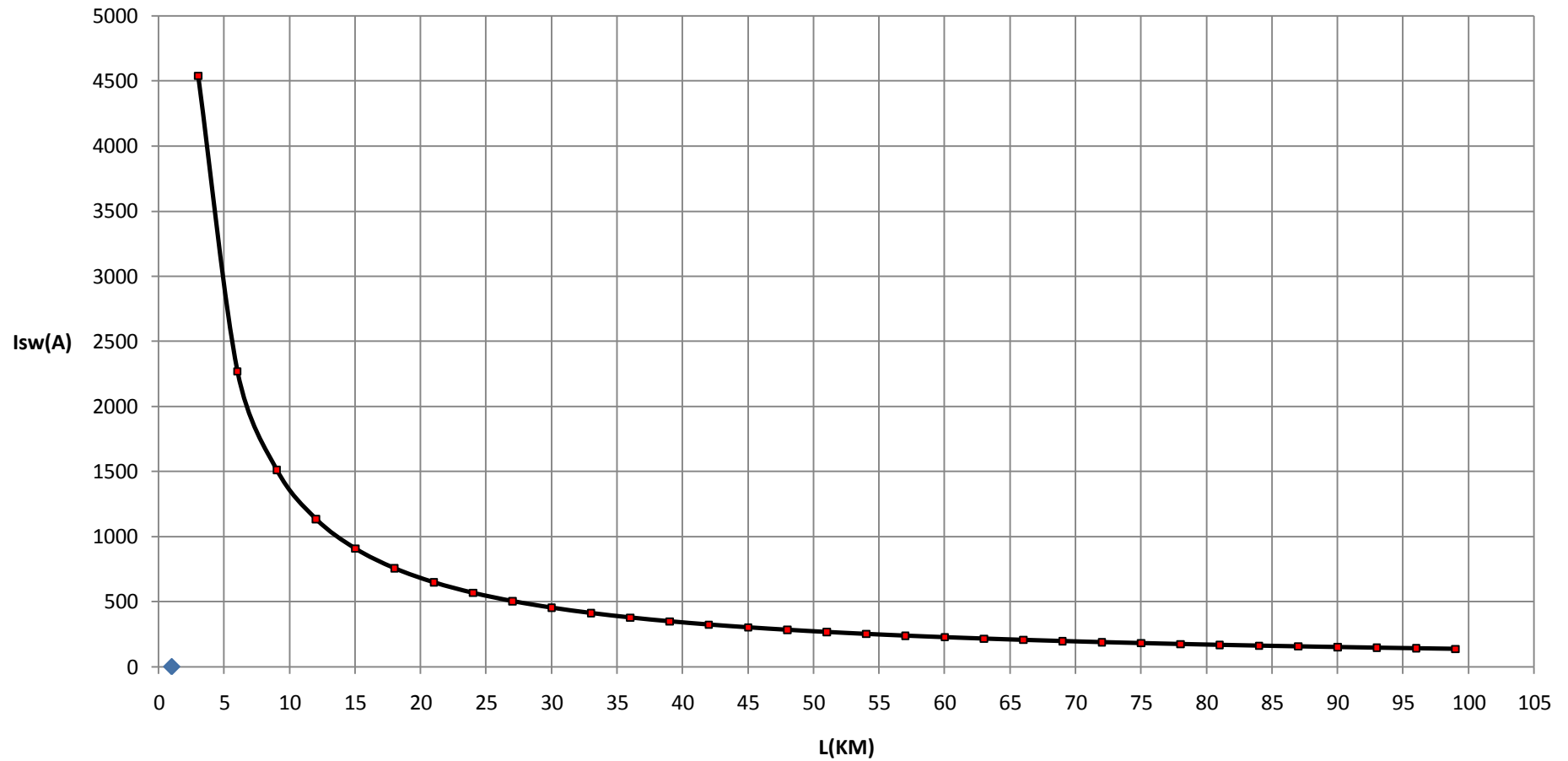
Σχήμα 6.5.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	4539,0962724	1588,6836953	4539,0962724	34,0452180	68,2855376
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	2269,5673183	794,3485614	2269,5673183	8,5114484	17,0716730
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1513,0491415	529,5671995	1513,0491415	3,7828873	7,5874530
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	1134,7884546	397,1759591	1134,7884546	2,1278801	4,2679543
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	907,8315310	317,7410358	907,8315310	1,3618456	2,7314954
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	756,5267021	264,7843457	756,5267021	0,9457271	1,8968739
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	648,4517199	226,9581020	648,4517199	0,6948205	1,3936228
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	567,3954262	198,5883992	567,3954262	0,5319723	1,0669931
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	504,3516084	176,5230629	504,3516084	0,4203240	0,8430567
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	453,9165328	158,8707865	453,9165328	0,3404625	0,6828762
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	412,6514568	144,4280099	412,6514568	0,2813741	0,5643606
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	378,2638839	132,3923594	378,2638839	0,2364325	0,4742198
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	349,1666999	122,2083450	349,1666999	0,2014573	0,4040690
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	324,2262514	113,4791880	324,2262514	0,1737055	0,3484065
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	302,6111924	105,9139173	302,6111924	0,1513169	0,3035009
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	283,6980128	99,2943045	283,6980128	0,1329933	0,2667488
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	267,0099110	93,4534689	267,0099110	0,1178073	0,2362897
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	252,1760410	88,2616143	252,1760410	0,1050812	0,2107646
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	238,9036296	83,6162704	238,9036296	0,0943111	0,1891627
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	226,9584582	79,4354604	226,9584582	0,0851158	0,1707193
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	216,1509213	75,6528224	216,1509213	0,0772025	0,1548475
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	206,3258870	72,2140604	206,3258870	0,0703436	0,1410904
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	197,3552028	69,0743210	197,3552028	0,0643598	0,1290884
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	189,1320752	66,1962263	189,1320752	0,0591082	0,1185551
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	181,5667973	63,5483790	181,5667973	0,0544741	0,1092604
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	174,5834634	61,1042122	174,5834634	0,0503644	0,1010174
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	168,1174133	58,8410947	168,1174133	0,0467028	0,0936732
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	162,1132236	56,7396283	162,1132236	0,0434264	0,0871017
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	156,5231157	54,7830905	156,5231157	0,0404832	0,0811983
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	151,3056814	52,9569885	151,3056814	0,0378293	0,0758753
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	146,4248557	51,2486995	146,4248557	0,0354280	0,0710591
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	141,8490813	49,6471785	141,8490813	0,0332484	0,0666873
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	137,5506265	48,1427193	137,5506265	0,0312639	0,0627069

Πίνακας 6.5.3: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , MΣ 150/15 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

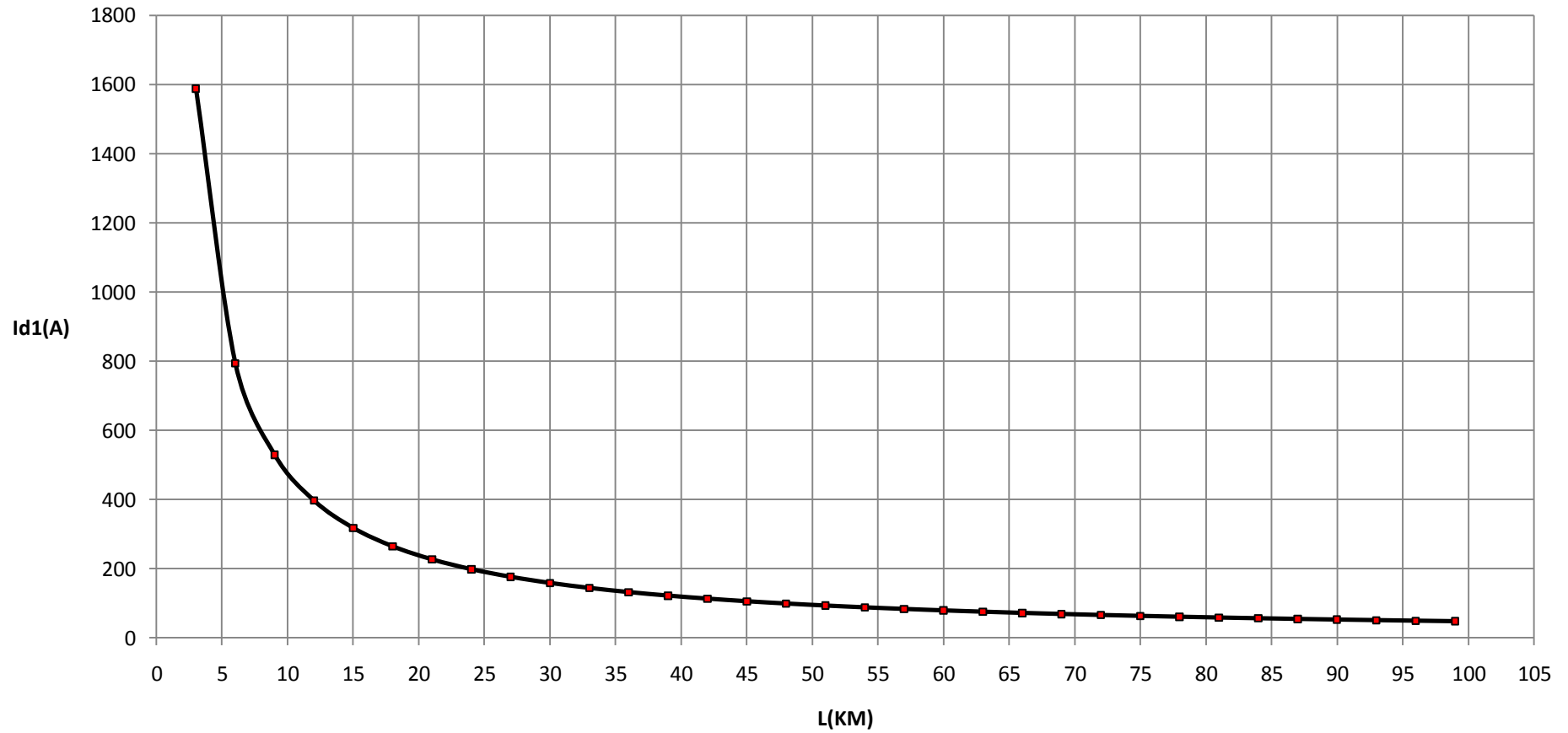
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, $M\Omega$ 150/15 KV, $P_N=50$ MVA, $t=0,4$ sec



Σχήμα 6.5.3.1

$I_{d1}=f(L)$

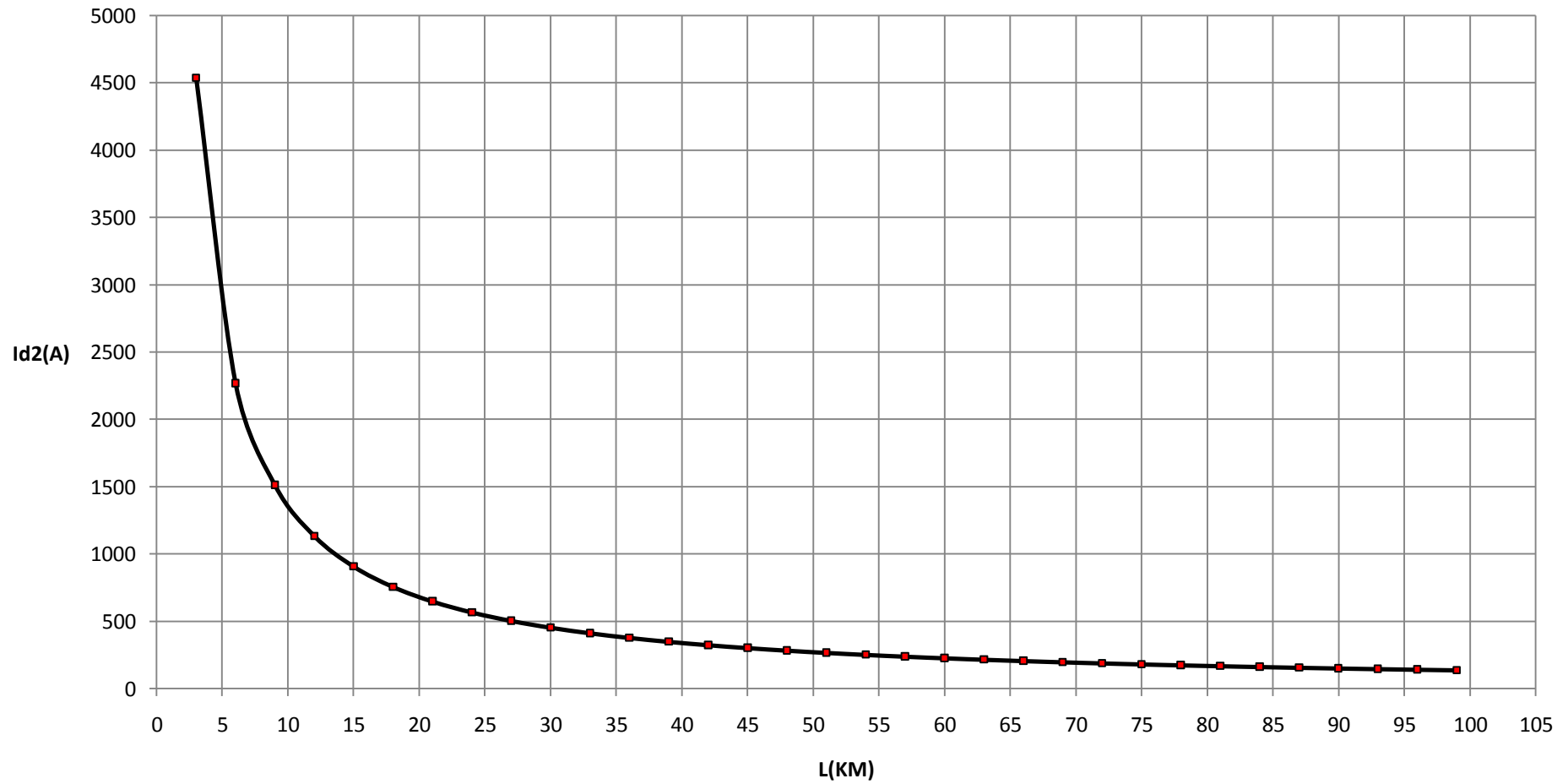
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.5.3.2

$I_{d2}=f(L)$

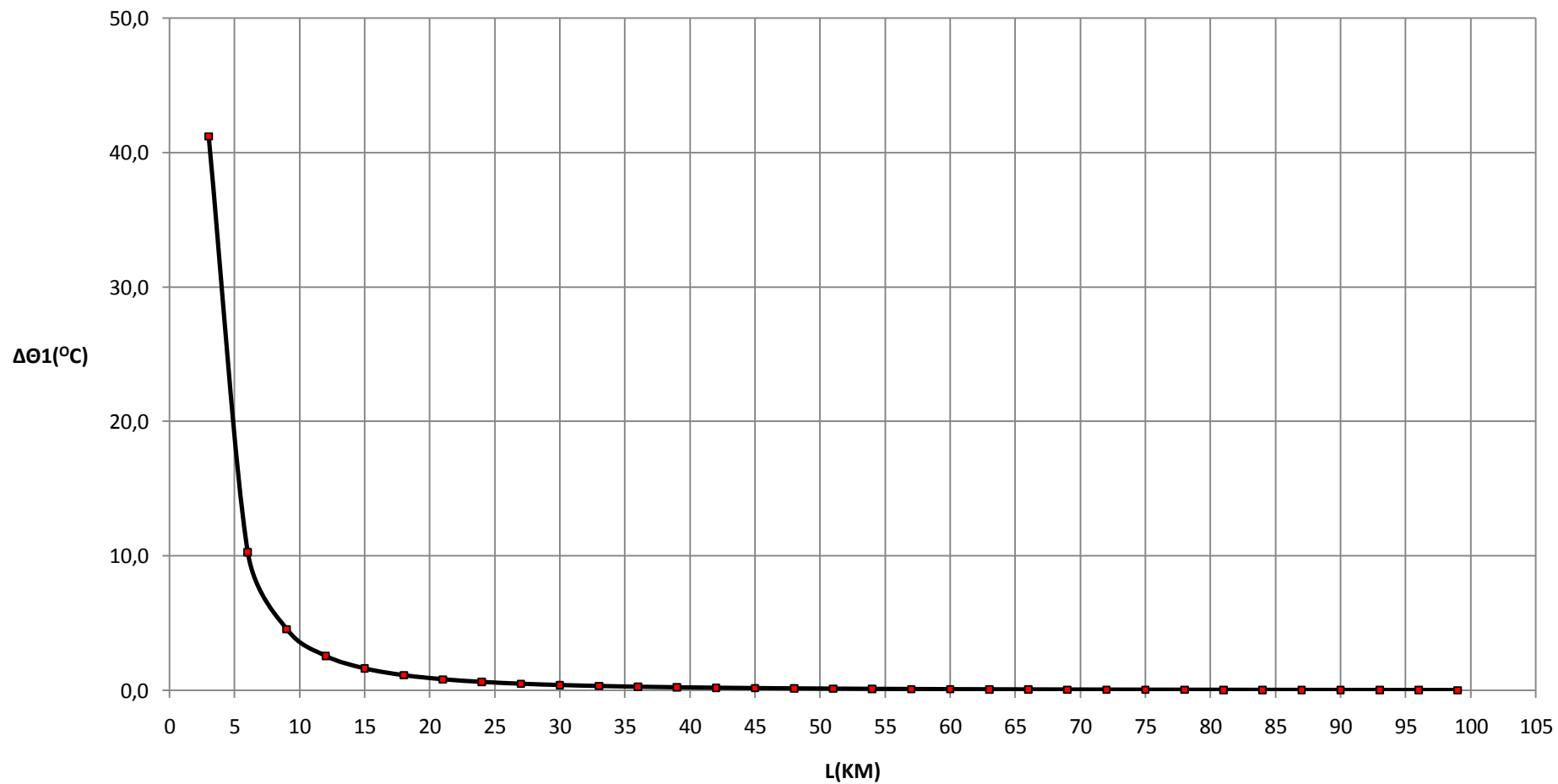
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.5.3.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

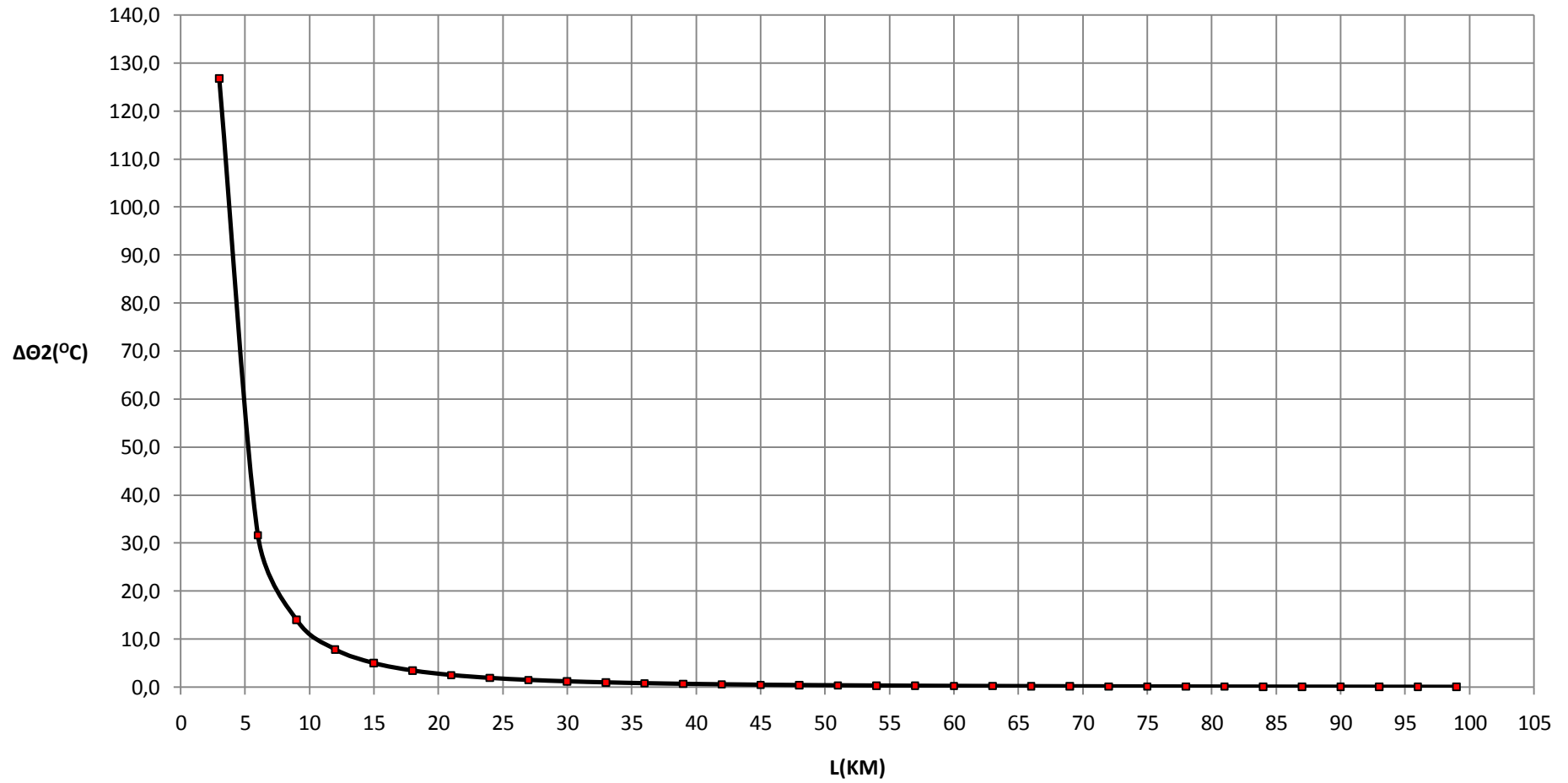
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.5.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



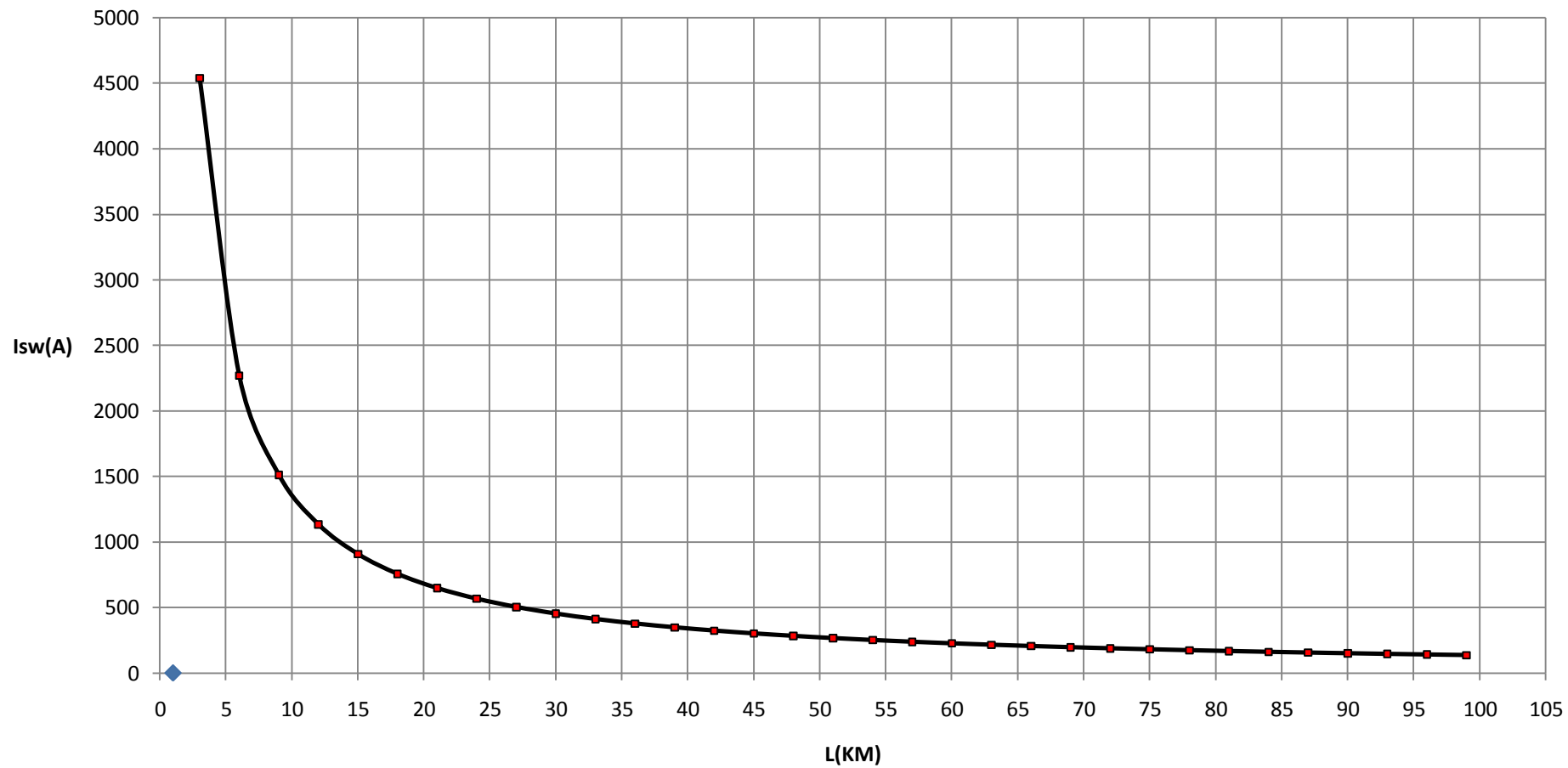
Σχήμα 6.5.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	4539,0962724	1588,6836953	4539,0962724	41,2151995	126,8159984
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	2269,5673183	794,3485614	2269,5673183	10,3039740	31,7045355
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1513,0491415	529,5671995	1513,0491415	4,5795698	14,0909841
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	1134,7884546	397,1759591	1134,7884546	2,5760153	7,9262009
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	907,8315310	317,7410358	907,8315310	1,6486526	5,0727771
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	756,5267021	264,7843457	756,5267021	1,1448989	3,5227659
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	648,4517199	226,9581020	648,4517199	0,8411509	2,5881566
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	567,3954262	198,5883992	567,3954262	0,6440065	1,9815586
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	504,3516084	176,5230629	504,3516084	0,5088449	1,5656767
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	453,9165328	158,8707865	453,9165328	0,4121645	1,2681986
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	412,6514568	144,4280099	412,6514568	0,3406320	1,0480983
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	378,2638839	132,3923594	378,2638839	0,2862255	0,8806939
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	349,1666999	122,2083450	349,1666999	0,2438845	0,7504139
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	324,2262514	113,4791880	324,2262514	0,2102882	0,6470407
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	302,6111924	105,9139173	302,6111924	0,1831844	0,5636444
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	283,6980128	99,2943045	283,6980128	0,1610020	0,4953907
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	267,0099110	93,4534689	267,0099110	0,1426177	0,4388236
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	252,1760410	88,2616143	252,1760410	0,1272115	0,3914199
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	238,9036296	83,6162704	238,9036296	0,1141732	0,3513021
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	226,9584582	79,4354604	226,9584582	0,1030413	0,3170502
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	216,1509213	75,6528224	216,1509213	0,0934615	0,2875739
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	206,3258870	72,2140604	206,3258870	0,0851581	0,2620250
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	197,3552028	69,0743210	197,3552028	0,0779140	0,2397355
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	189,1320752	66,1962263	189,1320752	0,0715565	0,2201738
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	181,5667973	63,5483790	181,5667973	0,0659465	0,2029122
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	174,5834634	61,1042122	174,5834634	0,0609712	0,1876037
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	168,1174133	58,8410947	168,1174133	0,0565385	0,1739645
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	162,1132236	56,7396283	162,1132236	0,0525721	0,1617604
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	156,5231157	54,7830905	156,5231157	0,0490090	0,1507968
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	151,3056814	52,9569885	151,3056814	0,0457962	0,1409113
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	146,4248557	51,2486995	146,4248557	0,0428892	0,1319669
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	141,8490813	49,6471785	141,8490813	0,0402505	0,1238478
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	137,5506265	48,1427193	137,5506265	0,0378481	0,1164556

Πίνακας 6.5.4: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

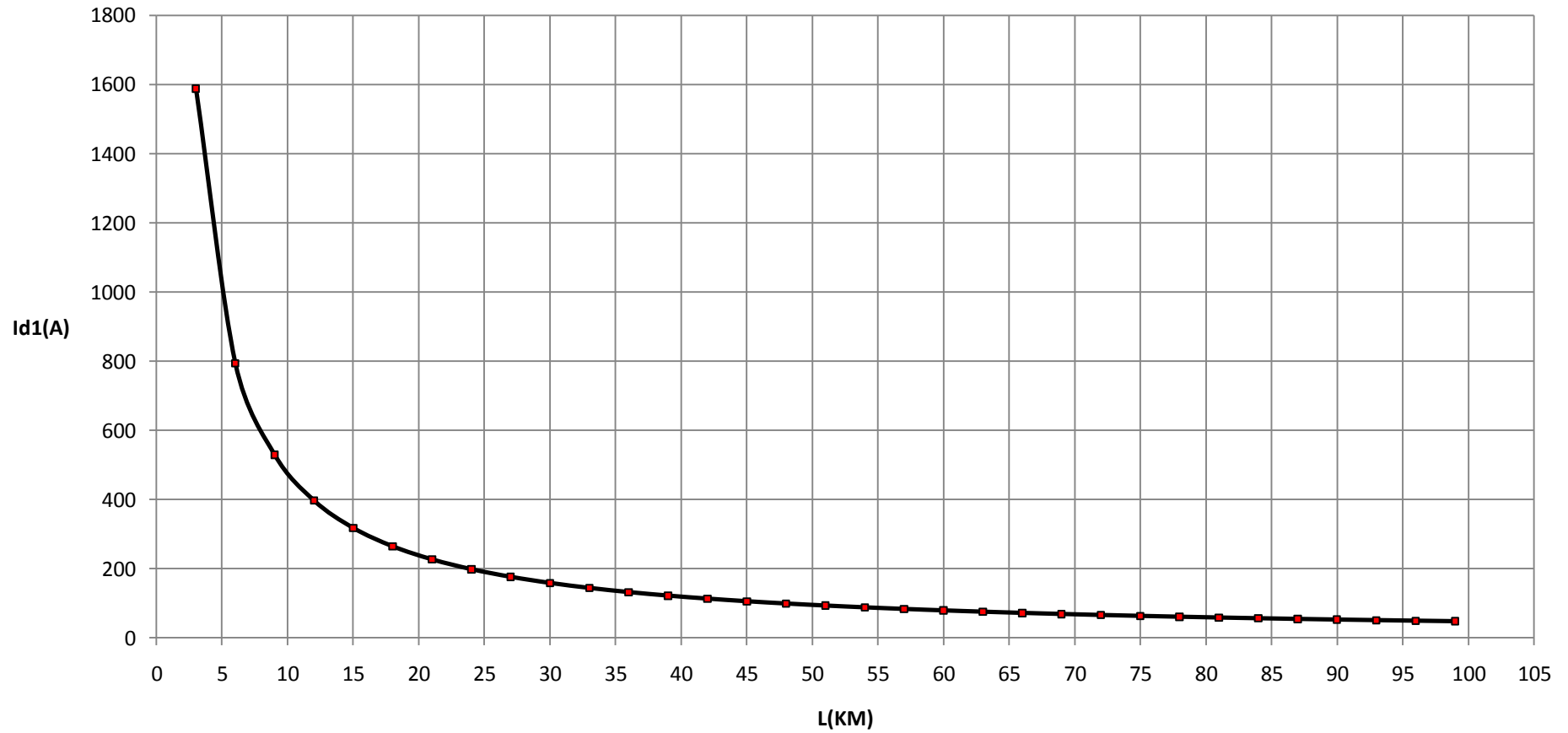
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.5.4.1

$I_{d1}=f(L)$

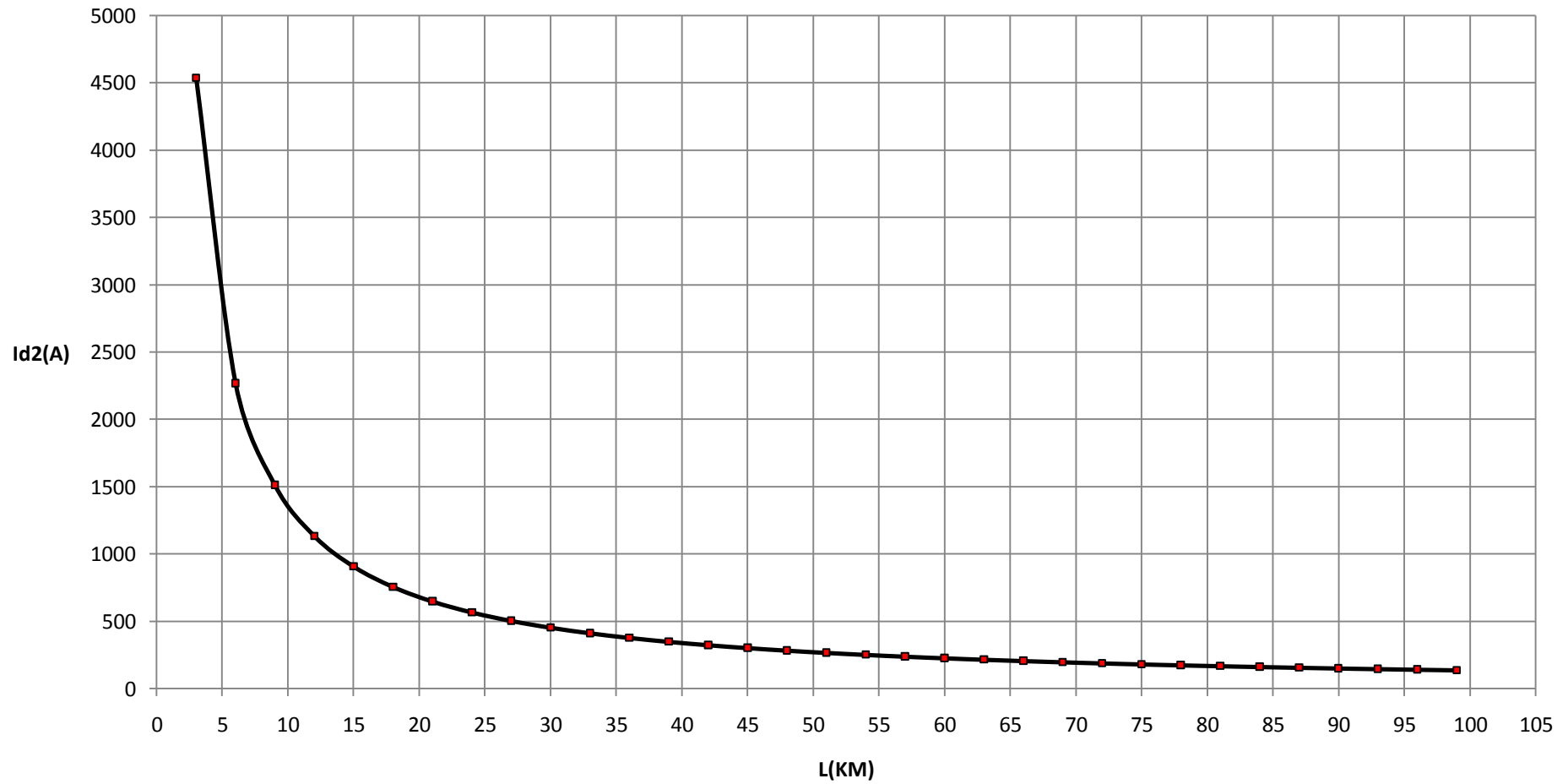
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.5.4.2

$I_{d2}=f(L)$

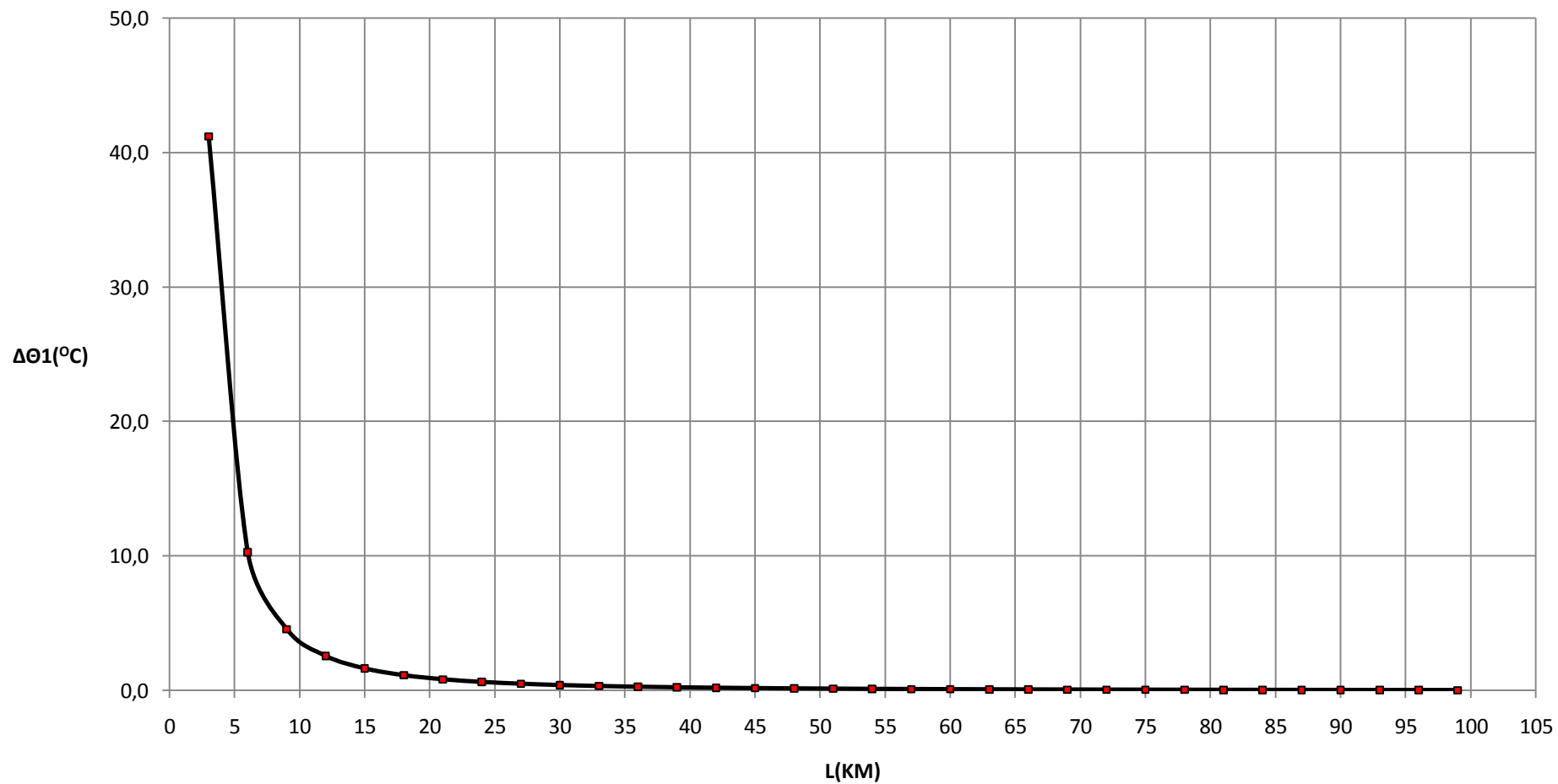
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.5.4.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

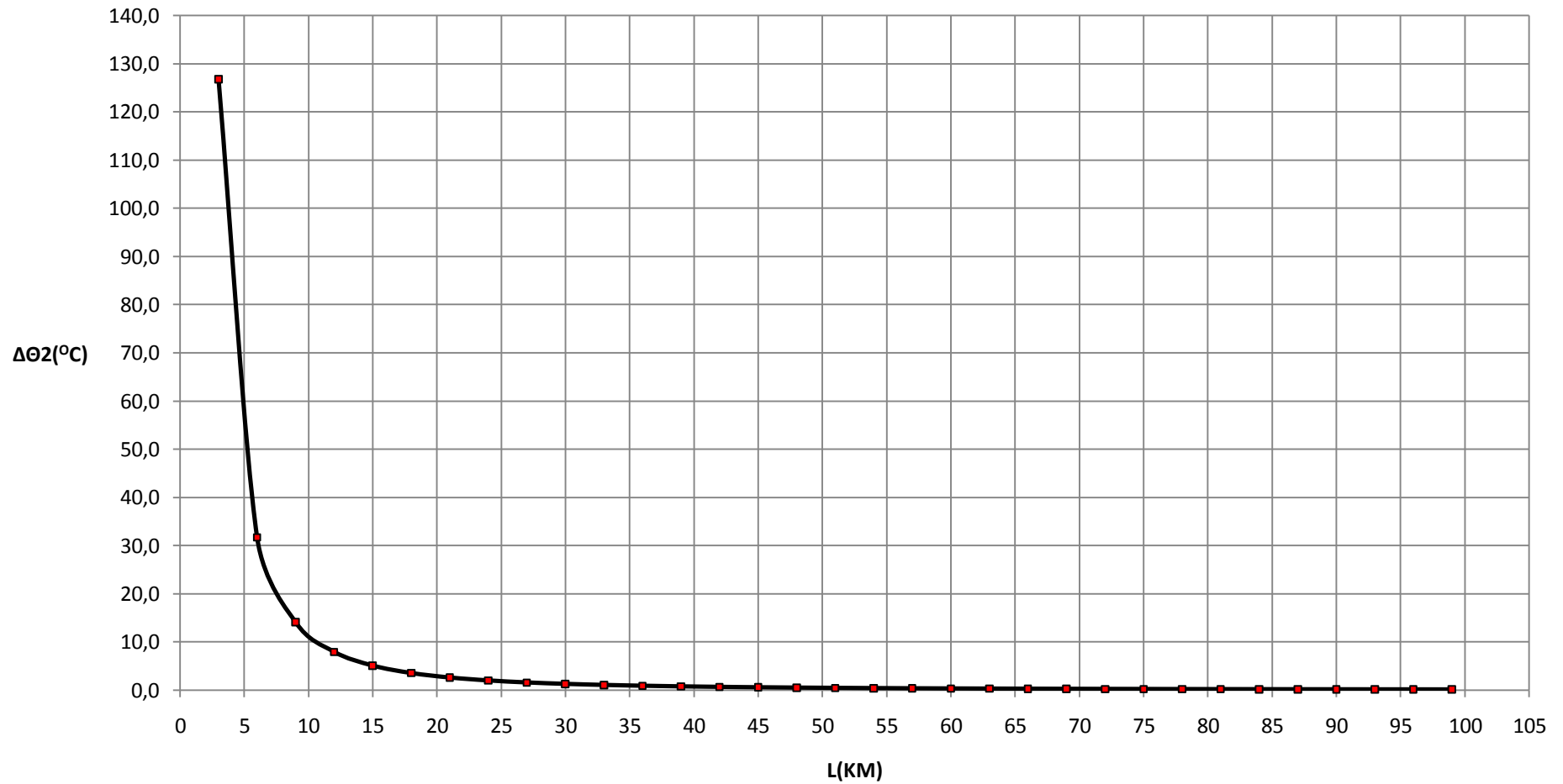
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.5.4.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.5.4.5

6.6 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

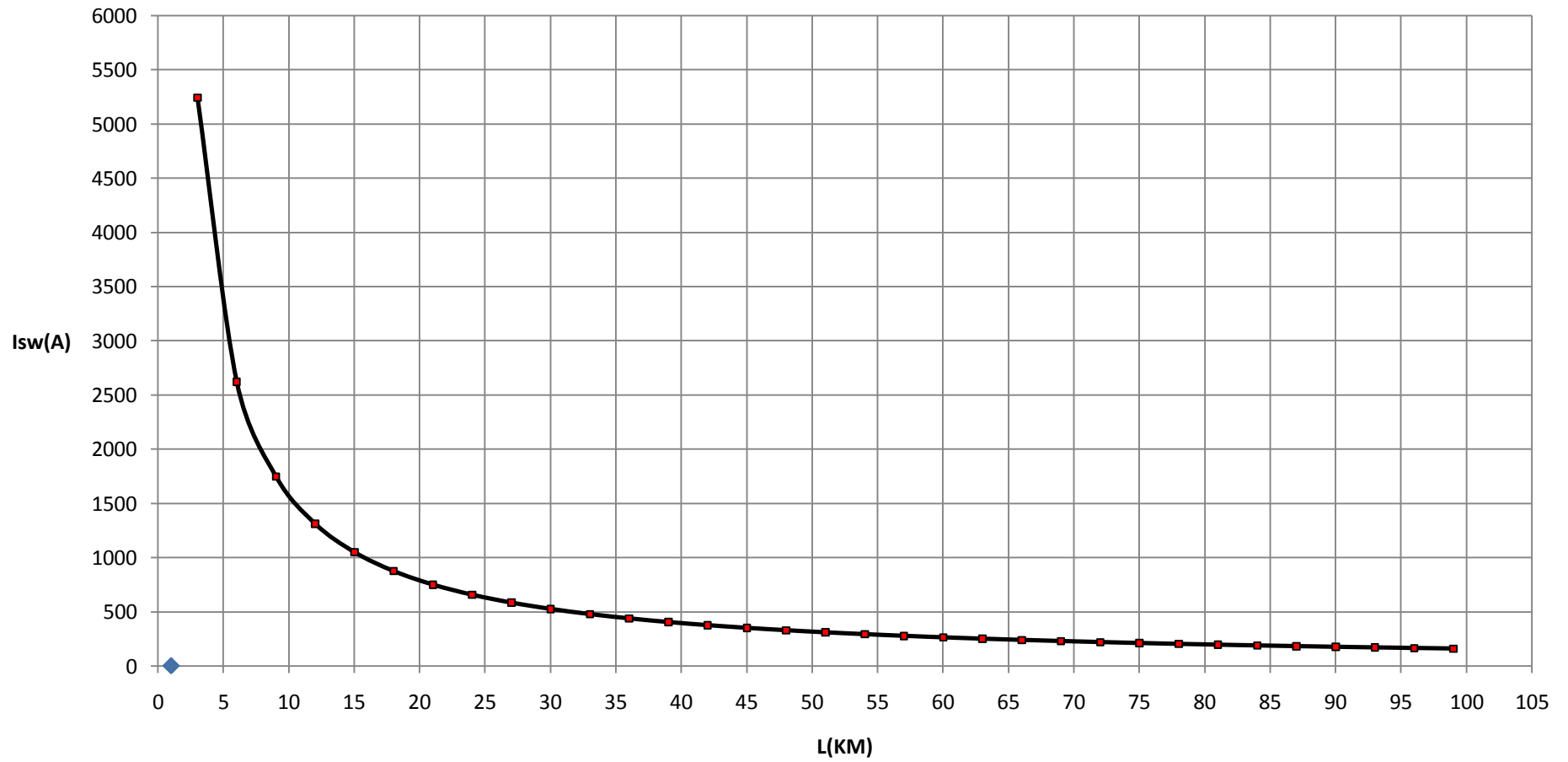
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	5241,1489705	1834,4021397	5241,1489705	80,4260679	97,5452612
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	2620,6336194	917,2217668	2620,6336194	20,1074244	24,3874159
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	1747,1022206	611,4857772	1747,1022206	8,9367675	10,8390146
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1310,3315933	458,6160577	1310,3315933	5,0269695	6,0969915
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1048,2676400	366,8936740	1048,2676400	3,2172750	3,9020922
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	873,5576808	305,7451883	873,5576808	2,2342255	2,7097944
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	748,7645309	262,0675858	748,7645309	1,6414753	1,9908736
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	655,1694926	229,3093224	655,1694926	1,2567566	1,5242651
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	582,3732473	203,8306366	582,3732473	0,9929941	1,2043591
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	524,1361854	183,4476649	524,1361854	0,8043260	0,9755319
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	476,4876367	166,7706729	476,4876367	0,6647328	0,8062253
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	436,7804830	152,8731691	436,7804830	0,5585606	0,6774537
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	403,1821010	141,1137353	403,1821010	0,4759335	0,5772390
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	374,3834723	131,0342153	374,3834723	0,4103715	0,4977216
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	349,4246492	122,2986272	349,4246492	0,3574793	0,4335710
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	327,5856703	114,6549846	327,5856703	0,3141909	0,3810684
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	308,3159761	107,9105916	308,3159761	0,2783145	0,3375555
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	291,1873537	101,9155738	291,1873537	0,2482498	0,3010913
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	275,8617399	96,5516090	275,8617399	0,2228059	0,2702316
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	262,0686840	91,7240394	262,0686840	0,2010824	0,2438841
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	249,5892497	87,3562374	249,5892497	0,1823877	0,2212101
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	238,2443071	83,3855075	238,2443071	0,1661839	0,2015572
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	227,8858793	79,7600577	227,8858793	0,1520473	0,1844115
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	218,3906522	76,4367283	218,3906522	0,1396407	0,1693641
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	209,6550418	73,3792646	209,6550418	0,1286929	0,1560859
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	201,5914004	70,5569901	201,5914004	0,1189838	0,1443102
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	194,1250647	67,9437726	194,1250647	0,1103334	0,1338186
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	187,1920379	65,5172132	187,1920379	0,1025932	0,1244308
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	180,7371500	63,2580025	180,7371500	0,0956398	0,1159973
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	174,7125874	61,1494056	174,7125874	0,0893701	0,1083931
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	169,0767057	59,1768470	169,0767057	0,0836973	0,1015128
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	163,7930661	57,3275731	163,7930661	0,0785479	0,0952674
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	158,8296467	55,5903763	158,8296467	0,0738596	0,0895811

Πίνακας 6.6.1: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

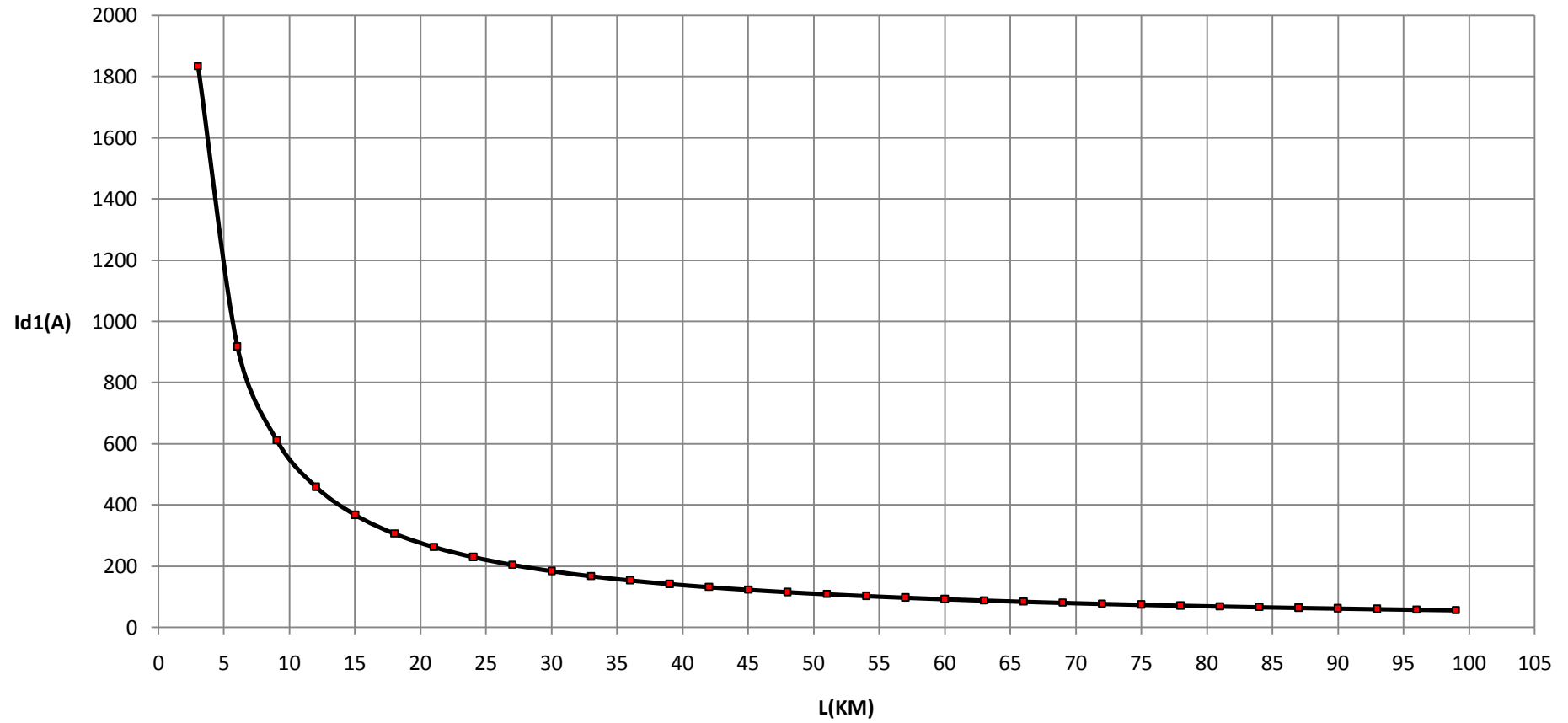
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.6.1.1

$I_{d1}=f(L)$

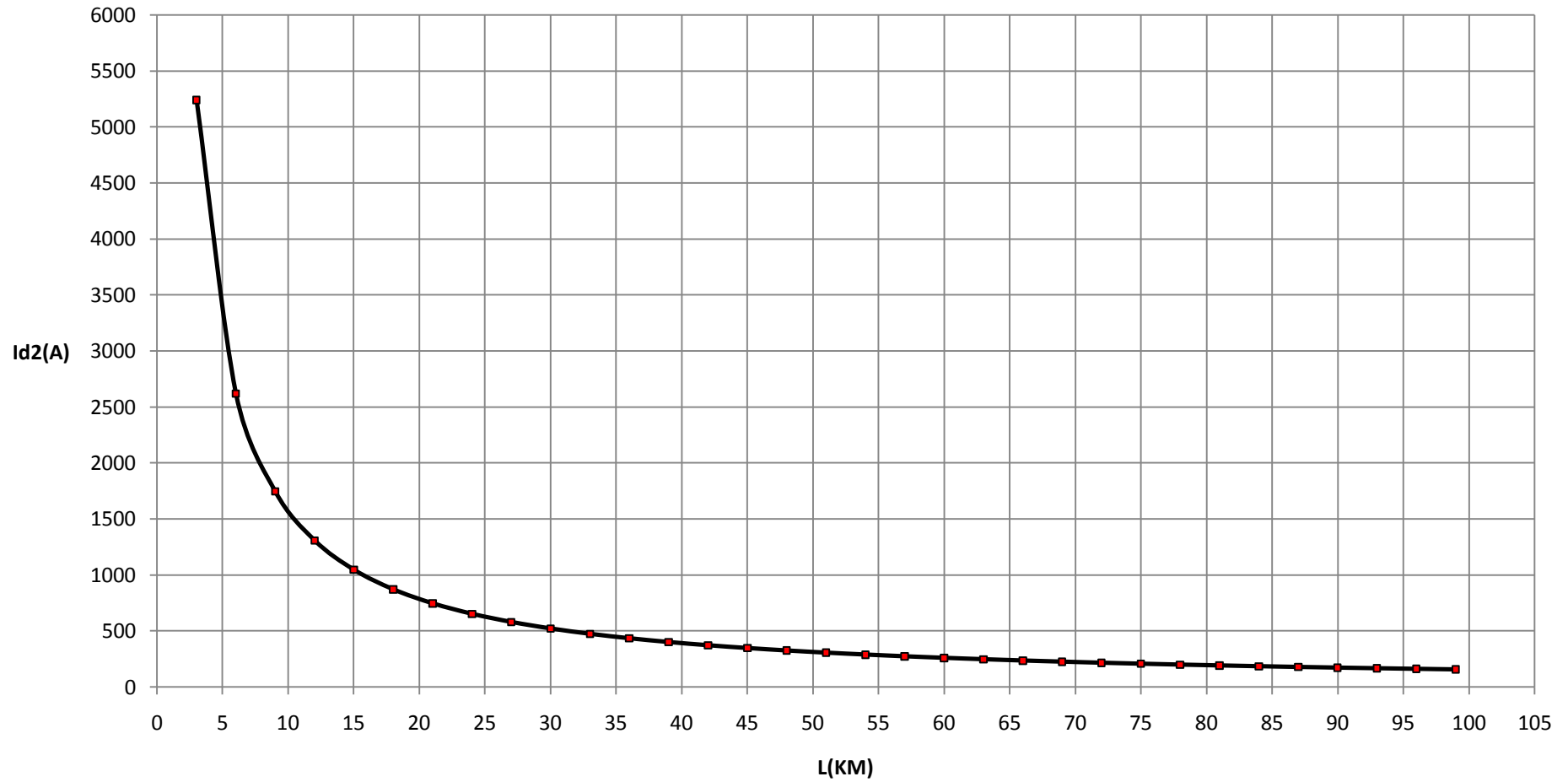
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.6.1.2

$I_{d2}=f(L)$

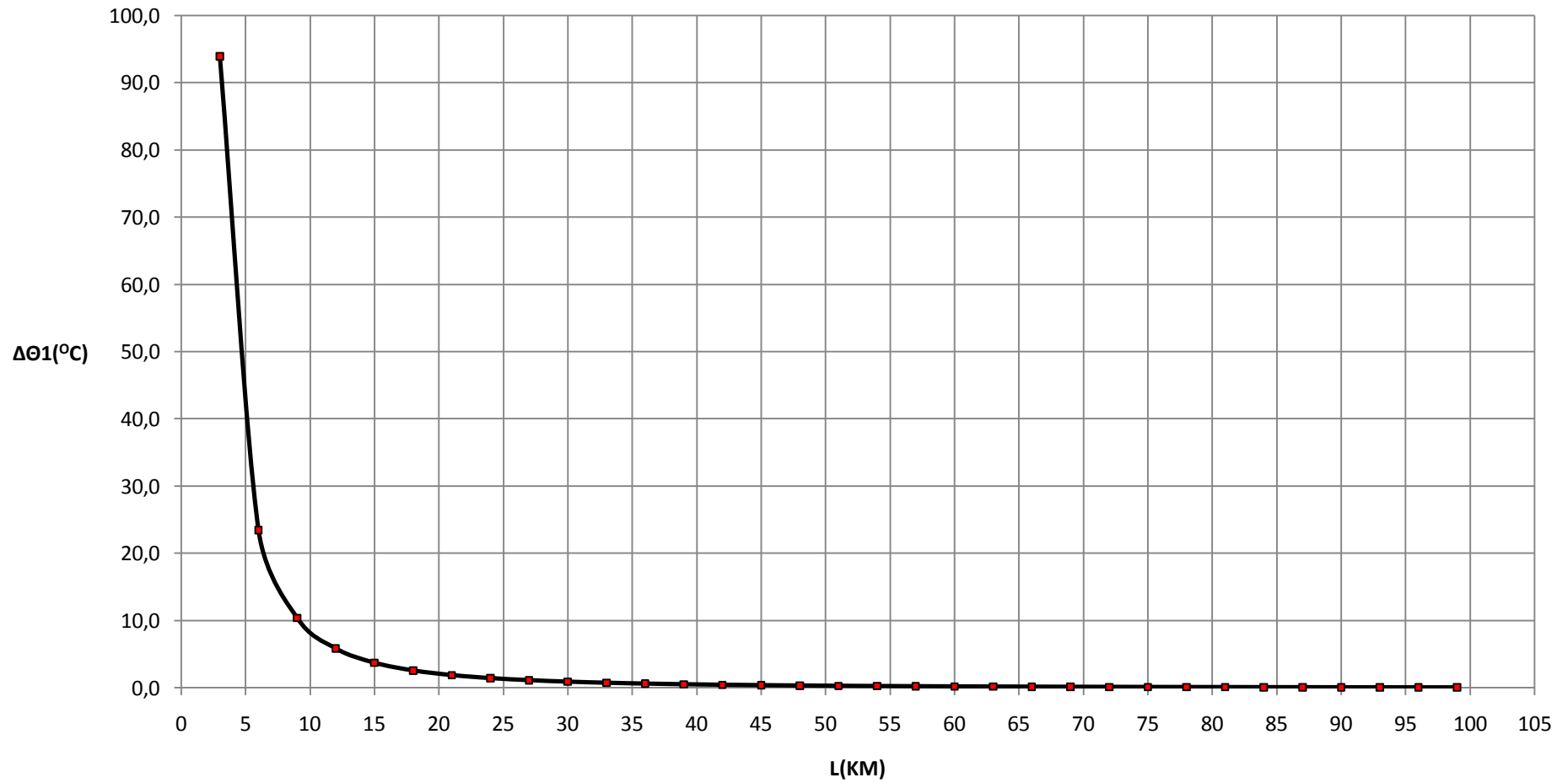
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡΝ=25 MVA, $t=0,15$ sec



Σχήμα 6.6.1.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

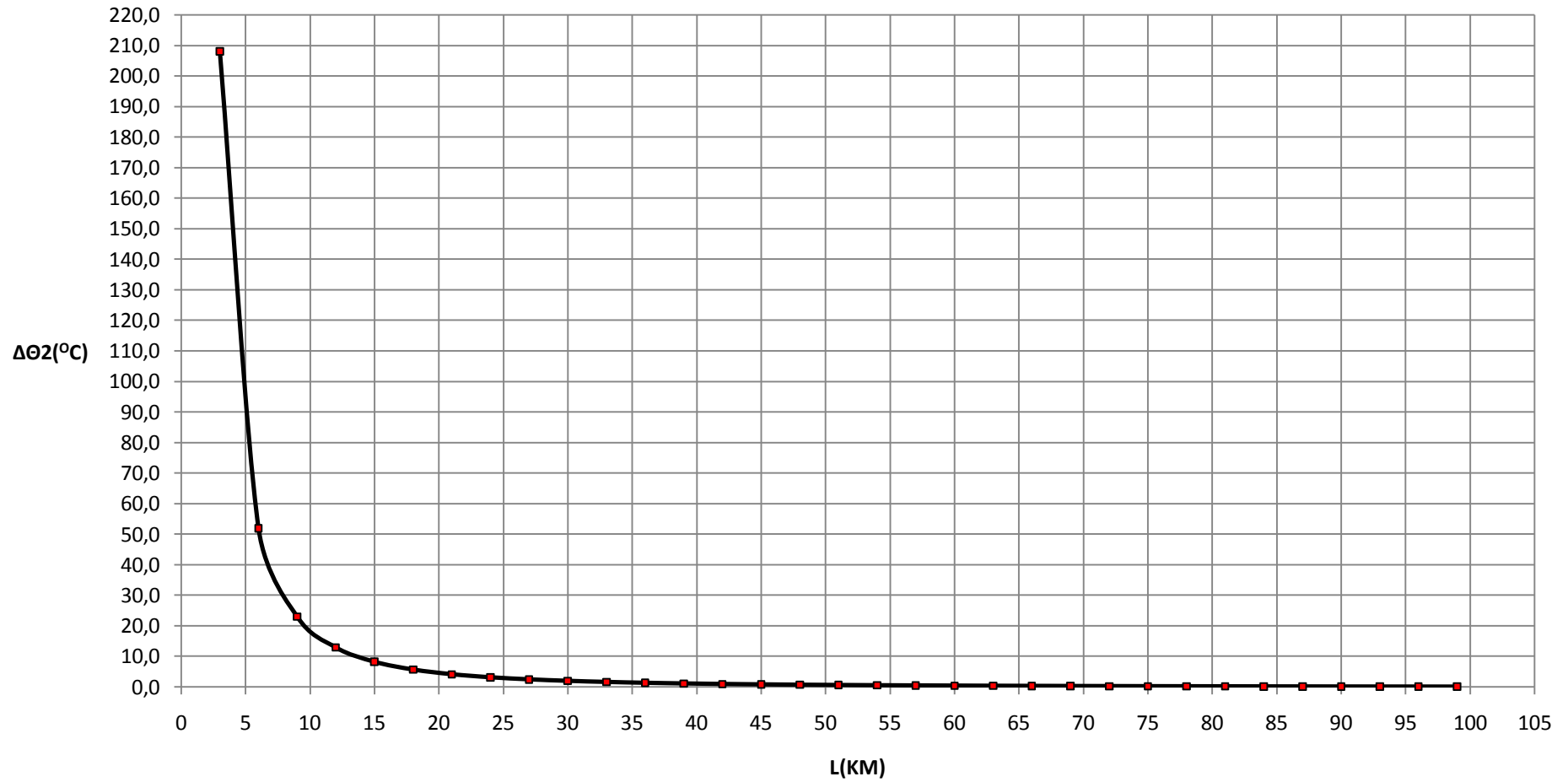
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.6.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=25 MVA, t=0,15 sec



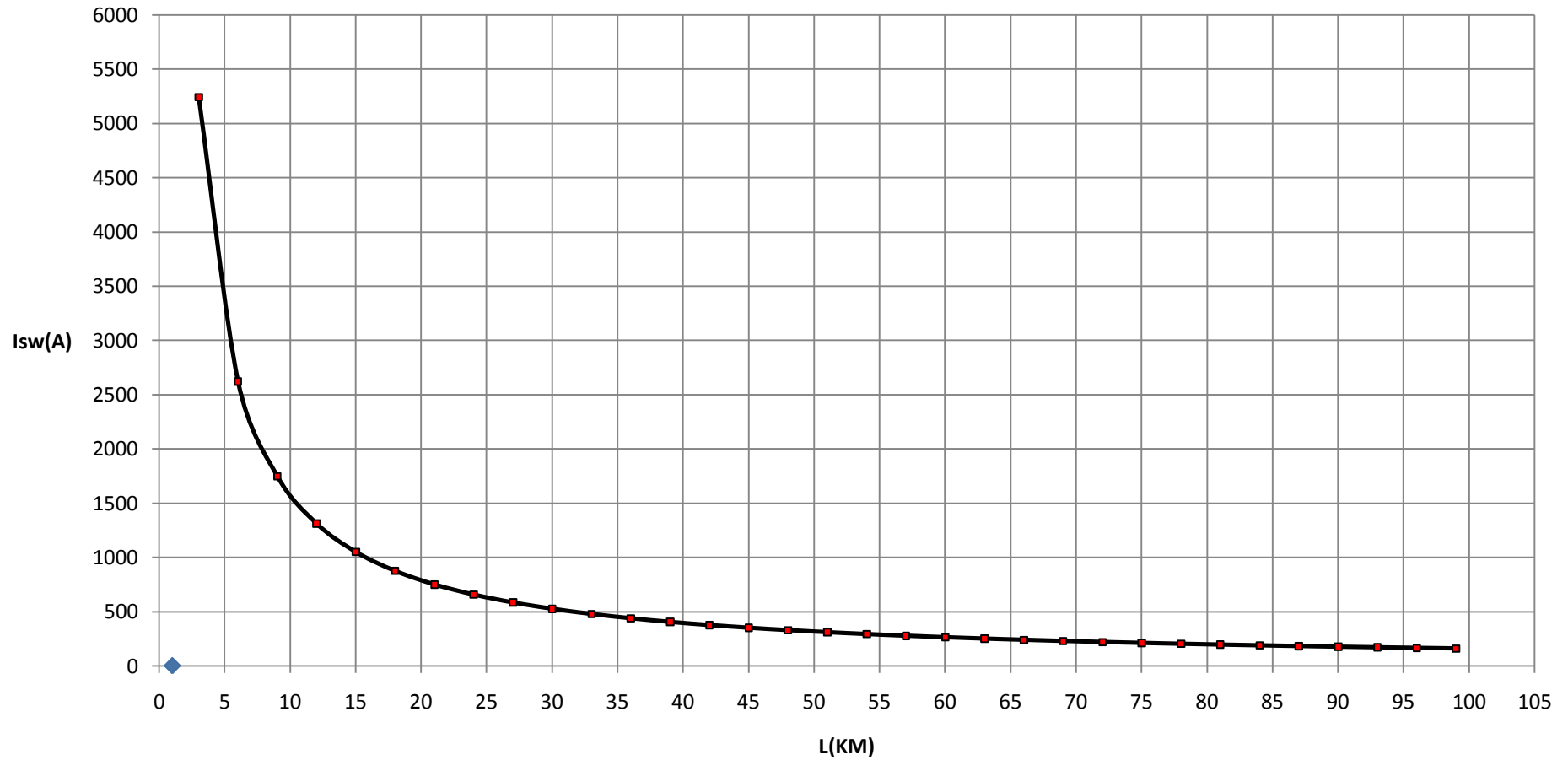
Σχήμα 6.6.1.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	5241,1489705	1834,4021397	5241,1489705	82,0193072	110,5512961
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	2620,6336194	917,2217668	2620,6336194	20,5057522	27,6390713
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	1747,1022206	611,4857772	1747,1022206	9,1138047	12,2842165
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1310,3315933	458,6160577	1310,3315933	5,1265537	6,9099238
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1048,2676400	366,8936740	1048,2676400	3,2810092	4,4223712
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	873,5576808	305,7451883	873,5576808	2,2784855	3,0711003
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	748,7645309	262,0675858	748,7645309	1,6739929	2,2563235
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	655,1694926	229,3093224	655,1694926	1,2816529	1,7275004
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	582,3732473	203,8306366	582,3732473	1,0126653	1,3649403
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	524,1361854	183,4476649	524,1361854	0,8202597	1,1056028
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	476,4876367	166,7706729	476,4876367	0,6779011	0,9137220
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	436,7804830	152,8731691	436,7804830	0,5696256	0,7677809
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	403,1821010	141,1137353	403,1821010	0,4853618	0,6542042
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	374,3834723	131,0342153	374,3834723	0,4185009	0,5640845
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	349,4246492	122,2986272	349,4246492	0,3645610	0,4913805
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	327,5856703	114,6549846	327,5856703	0,3204150	0,4318775
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	308,3159761	107,9105916	308,3159761	0,2838279	0,3825629
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	291,1873537	101,9155738	291,1873537	0,2531676	0,3412368
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	275,8617399	96,5516090	275,8617399	0,2272197	0,3062625
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	262,0686840	91,7240394	262,0686840	0,2050659	0,2764019
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	249,5892497	87,3562374	249,5892497	0,1860008	0,2507048
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	238,2443071	83,3855075	238,2443071	0,1694760	0,2284314
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	227,8858793	79,7600577	227,8858793	0,1550593	0,2089997
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	218,3906522	76,4367283	218,3906522	0,1424069	0,1919459
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	209,6550418	73,3792646	209,6550418	0,1312423	0,1768974
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	201,5914004	70,5569901	201,5914004	0,1213409	0,1635516
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	194,1250647	67,9437726	194,1250647	0,1125191	0,1516610
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	187,1920379	65,5172132	187,1920379	0,1046256	0,1410216
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	180,7371500	63,2580025	180,7371500	0,0975344	0,1314637
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	174,7125874	61,1494056	174,7125874	0,0911405	0,1228455
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	169,0767057	59,1768470	169,0767057	0,0853553	0,1150478
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	163,7930661	57,3275731	163,7930661	0,0801040	0,1079697
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	158,8296467	55,5903763	158,8296467	0,0753228	0,1015252

Πίνακας 6.6.2: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

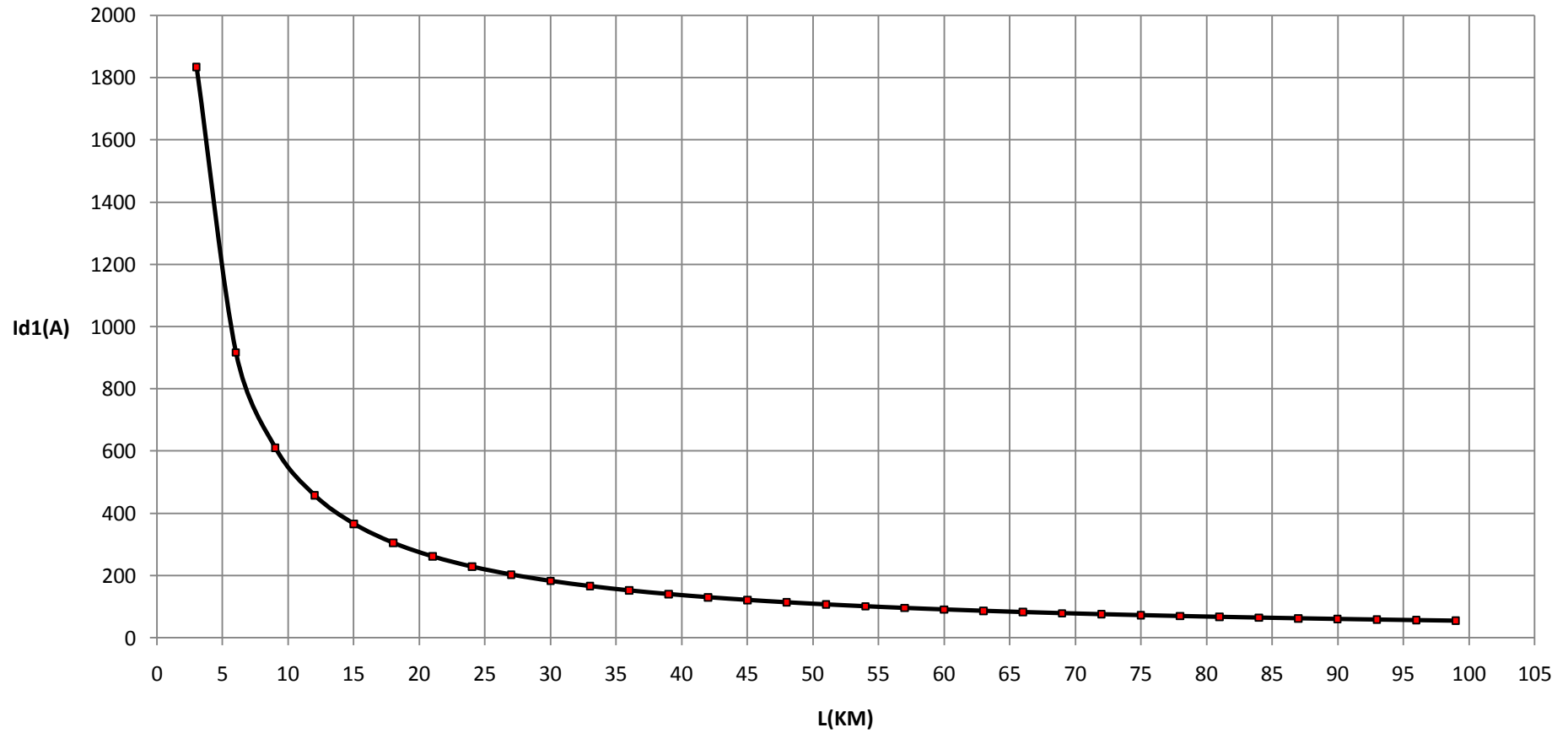
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.6.2.1

$I_{d1}=f(L)$

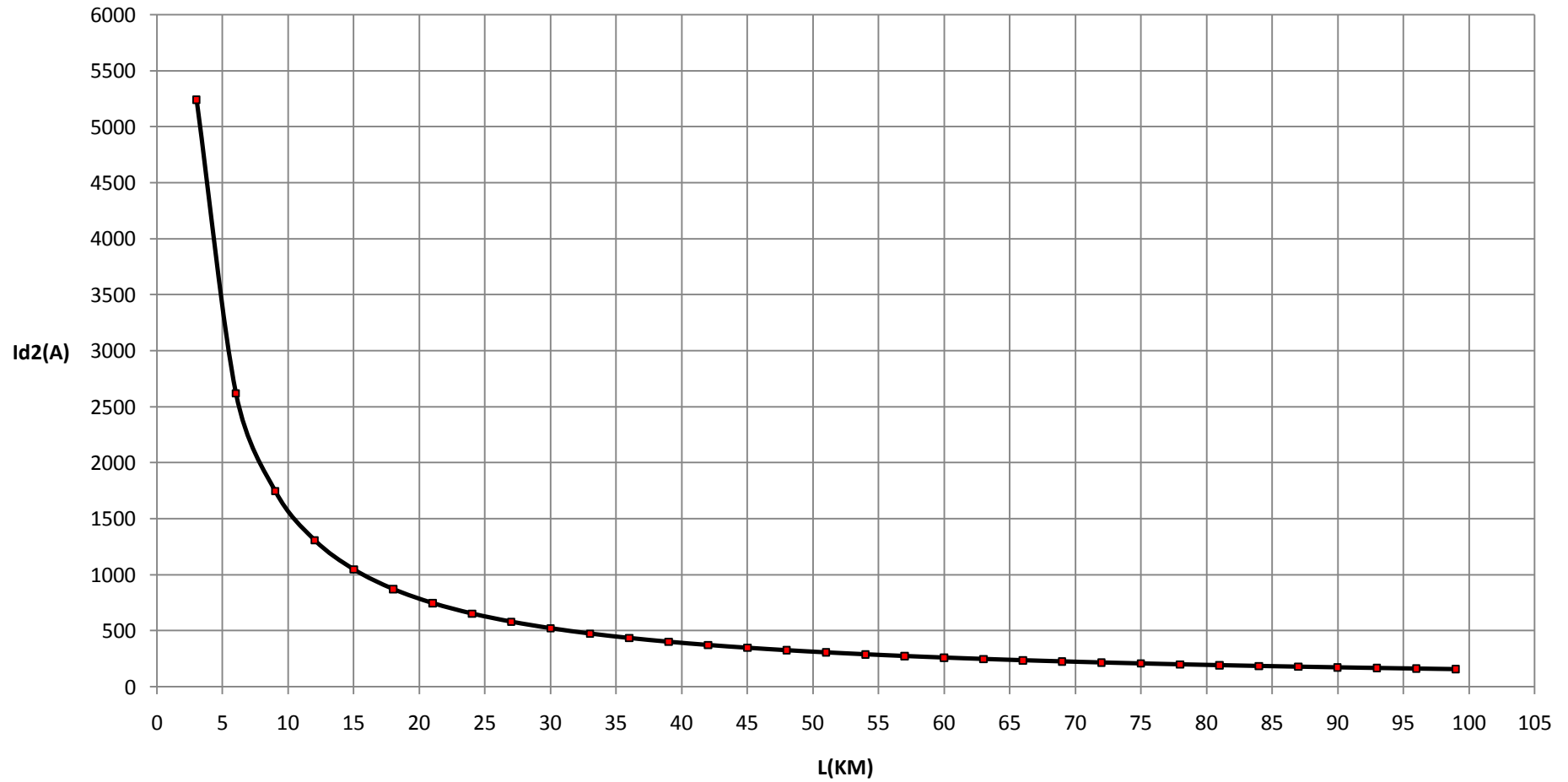
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.6.2.2

$I_{d2}=f(L)$

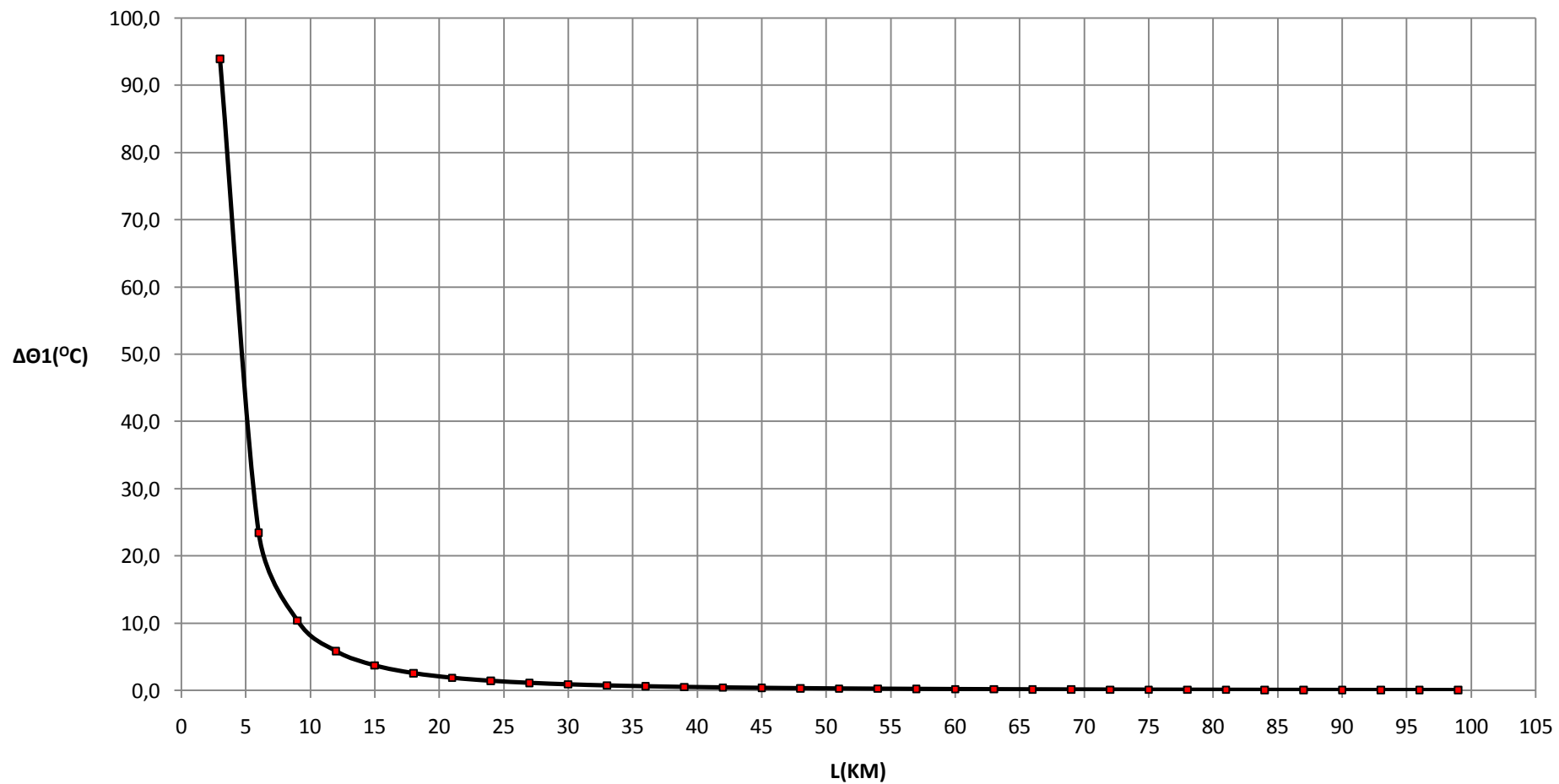
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.6.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

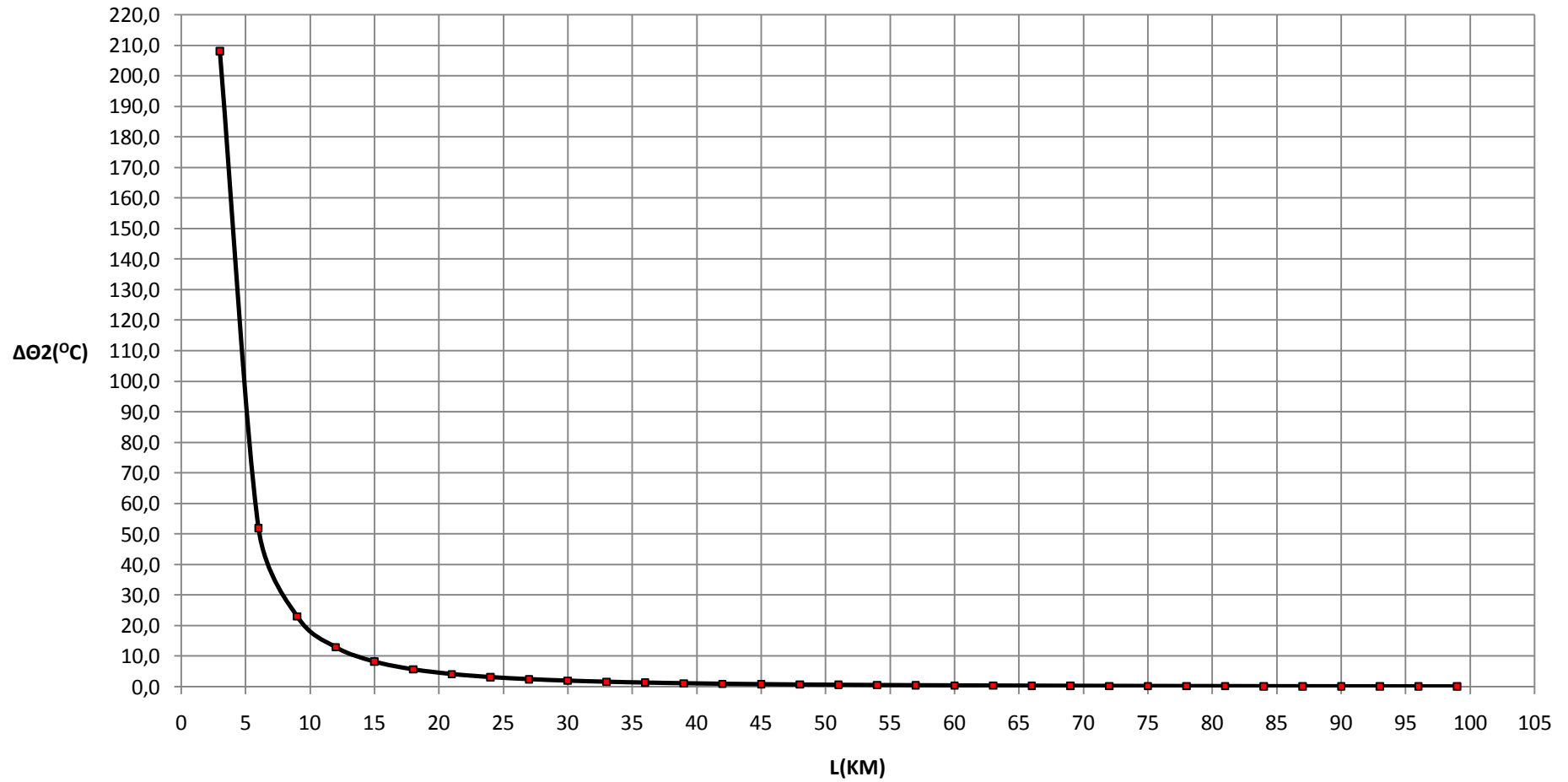
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.6.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=25 MVA, t=0,25 sec



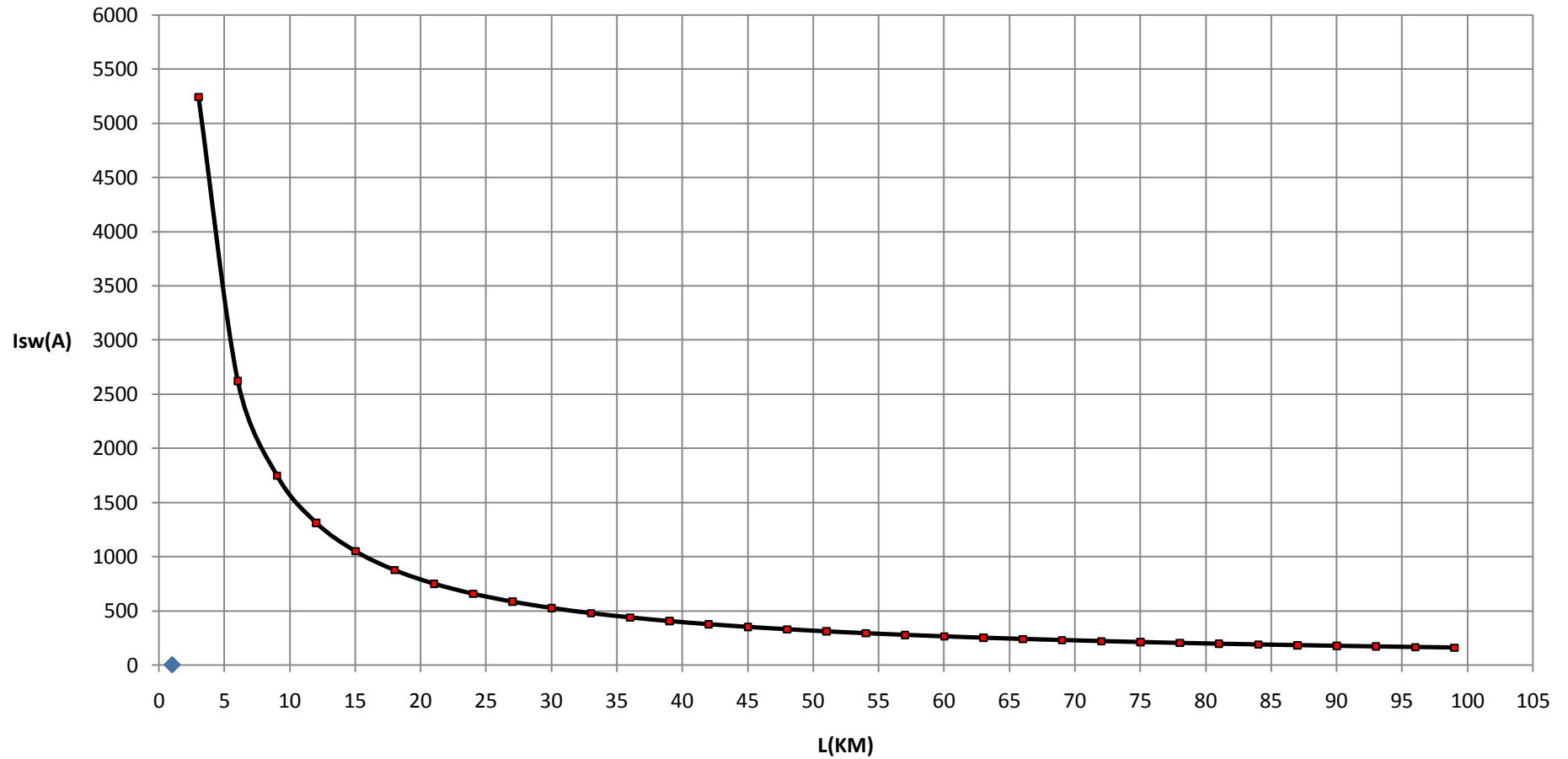
Σχήμα 6.6.2.5

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°C)	ΔΘ2 (°C)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	5241,1489705	1834,4021397	5241,1489705	84,4091661	130,0603483
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	2620,6336194	917,2217668	2620,6336194	21,1032439	32,5165545
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	1747,1022206	611,4857772	1747,1022206	9,3793606	14,4520194
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1310,3315933	458,6160577	1310,3315933	5,2759300	8,1293221
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1048,2676400	366,8936740	1048,2676400	3,3766105	5,2027896
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	873,5576808	305,7451883	873,5576808	2,3448754	3,6130592
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	748,7645309	262,0675858	748,7645309	1,7227693	2,6544982
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	655,1694926	229,3093224	655,1694926	1,3189974	2,0323534
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	582,3732473	203,8306366	582,3732473	1,0421721	1,6058121
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	524,1361854	183,4476649	524,1361854	0,8441602	1,3007091
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	476,4876367	166,7706729	476,4876367	0,6976537	1,0749671
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	436,7804830	152,8731691	436,7804830	0,5862233	0,9032716
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	403,1821010	141,1137353	403,1821010	0,4995041	0,7696520
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	374,3834723	131,0342153	374,3834723	0,4306951	0,6636288
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	349,4246492	122,2986272	349,4246492	0,3751835	0,5780947
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	327,5856703	114,6549846	327,5856703	0,3297512	0,5080912
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	308,3159761	107,9105916	308,3159761	0,2920981	0,4500740
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	291,1873537	101,9155738	291,1873537	0,2605443	0,4014550
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	275,8617399	96,5516090	275,8617399	0,2338404	0,3603088
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	262,0686840	91,7240394	262,0686840	0,2110410	0,3251788
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	249,5892497	87,3562374	249,5892497	0,1914205	0,2949468
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	238,2443071	83,3855075	238,2443071	0,1744141	0,2687429
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	227,8858793	79,7600577	227,8858793	0,1595774	0,2458820
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	218,3906522	76,4367283	218,3906522	0,1465564	0,2258187
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	209,6550418	73,3792646	209,6550418	0,1350664	0,2081146
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	201,5914004	70,5569901	201,5914004	0,1248765	0,1924137
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	194,1250647	67,9437726	194,1250647	0,1157977	0,1784248
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	187,1920379	65,5172132	187,1920379	0,1076741	0,1659077
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	180,7371500	63,2580025	180,7371500	0,1003764	0,1546631
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	174,7125874	61,1494056	174,7125874	0,0937961	0,1445241
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	169,0767057	59,1768470	169,0767057	0,0878424	0,1353504
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	163,7930661	57,3275731	163,7930661	0,0824380	0,1270232
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	158,8296467	55,5903763	158,8296467	0,0775175	0,1194414

Πίνακας 6.6.3: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

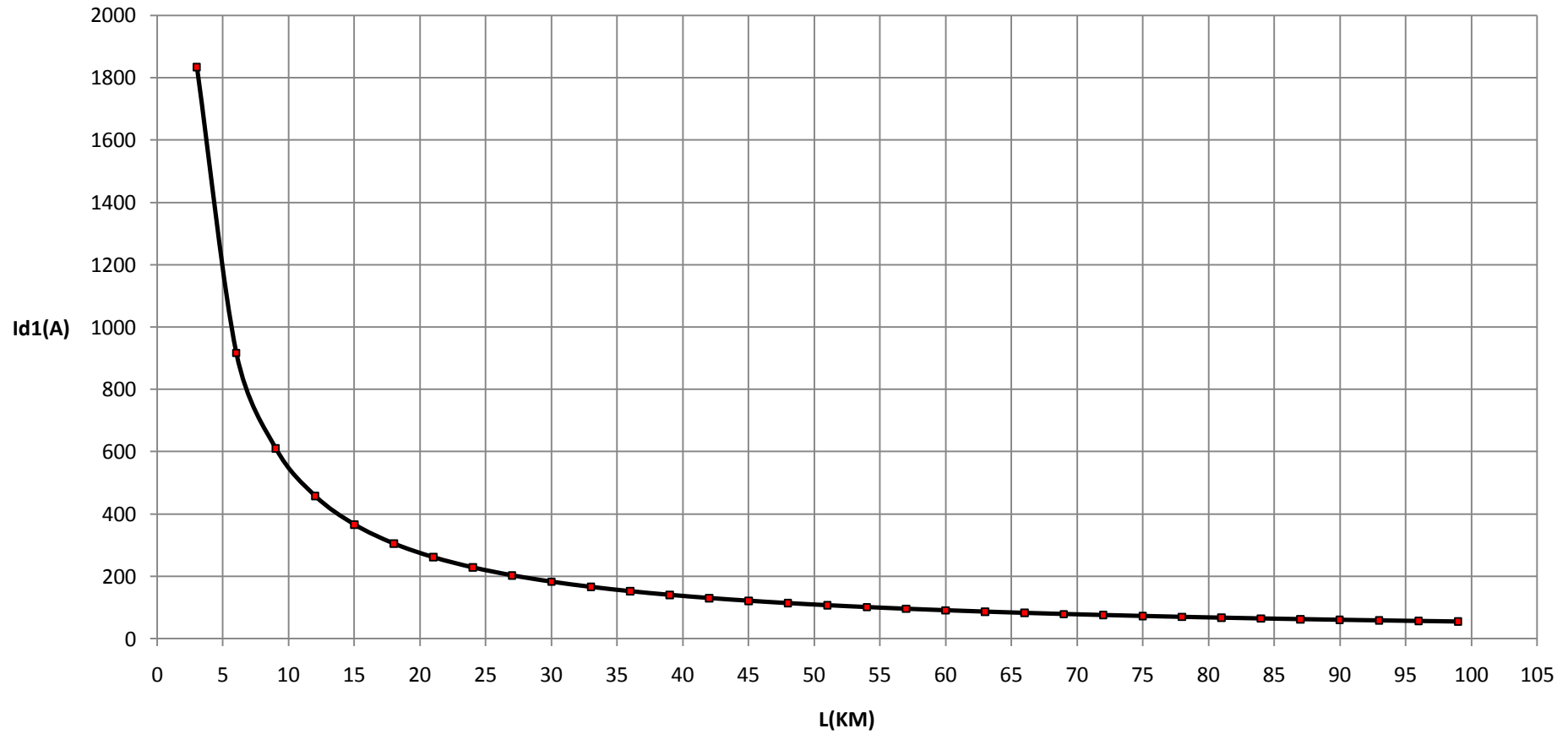
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.6.3.1

$I_{d1}=f(L)$

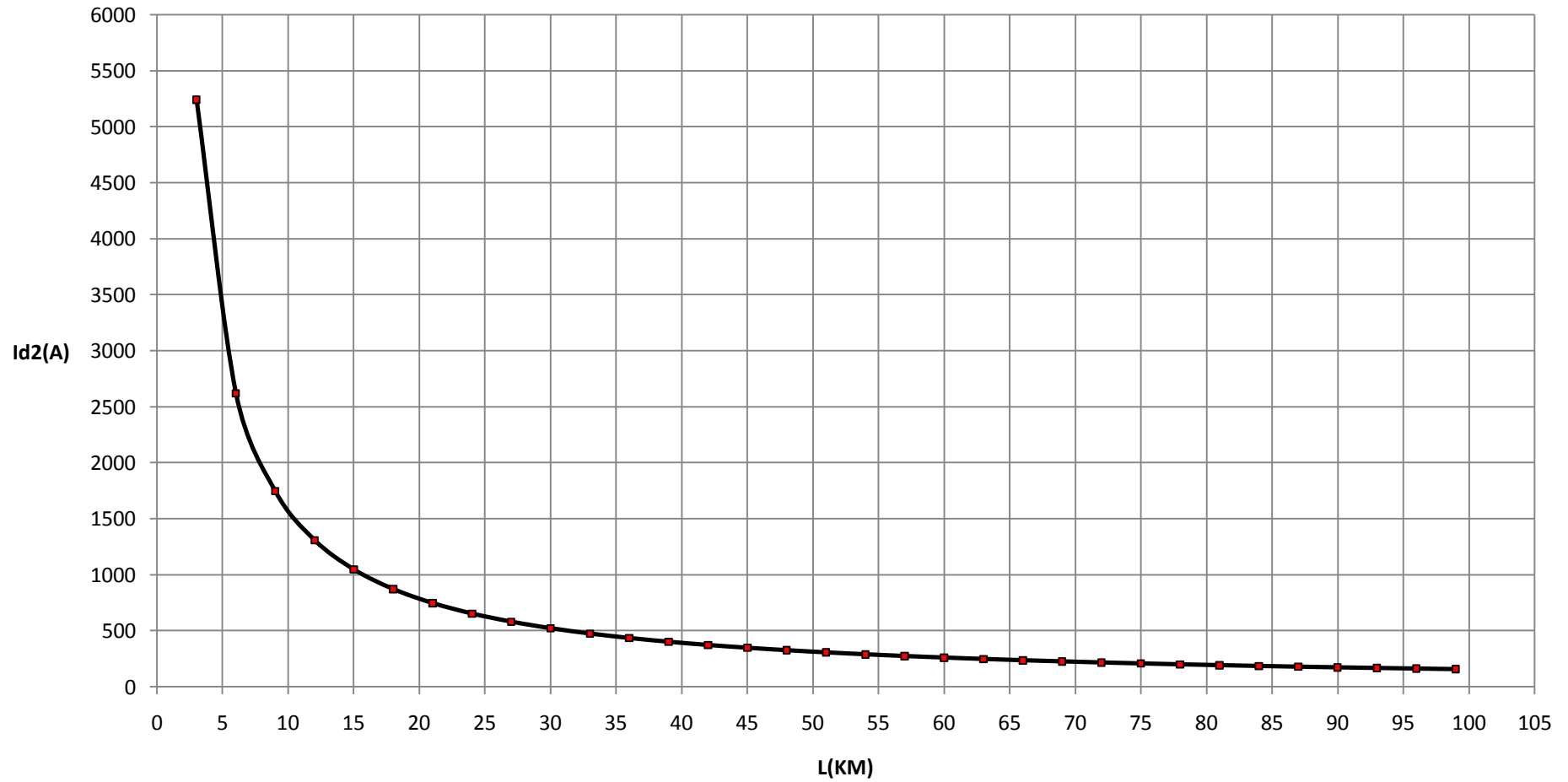
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.6.3.2

$I_{d2}=f(L)$

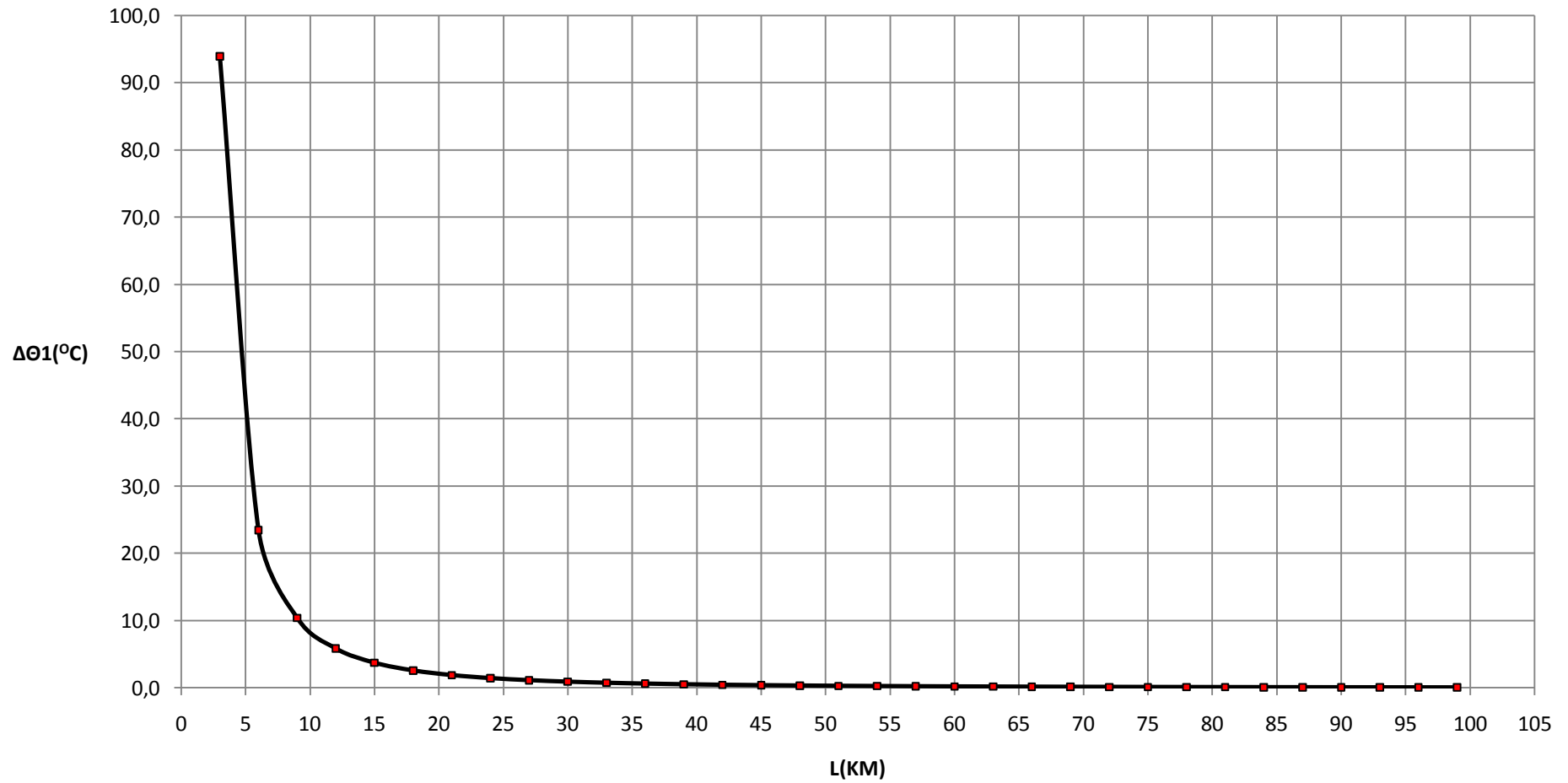
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.6.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

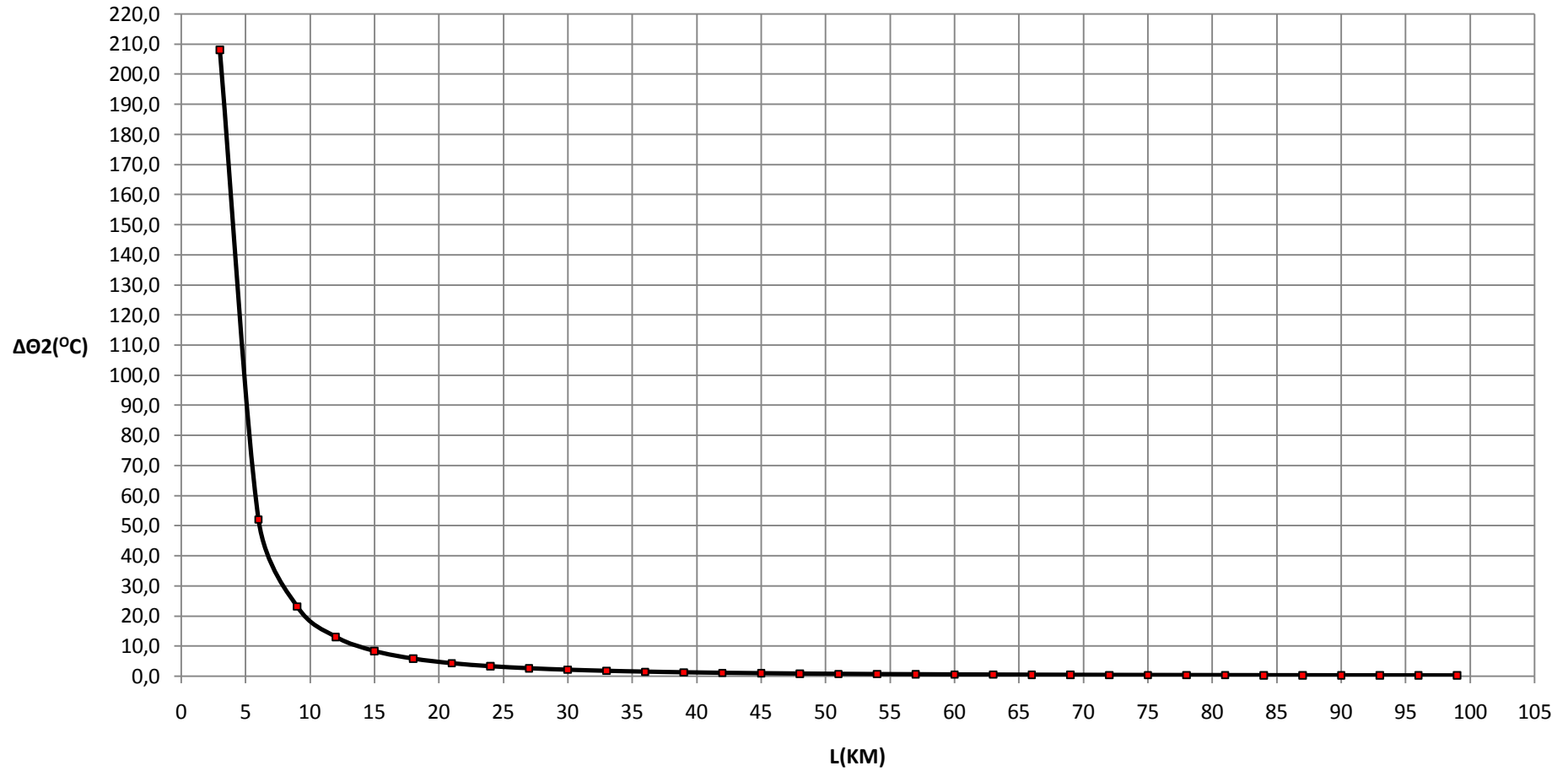
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.6.3.4

$$\Delta\theta_2=f(L)$$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



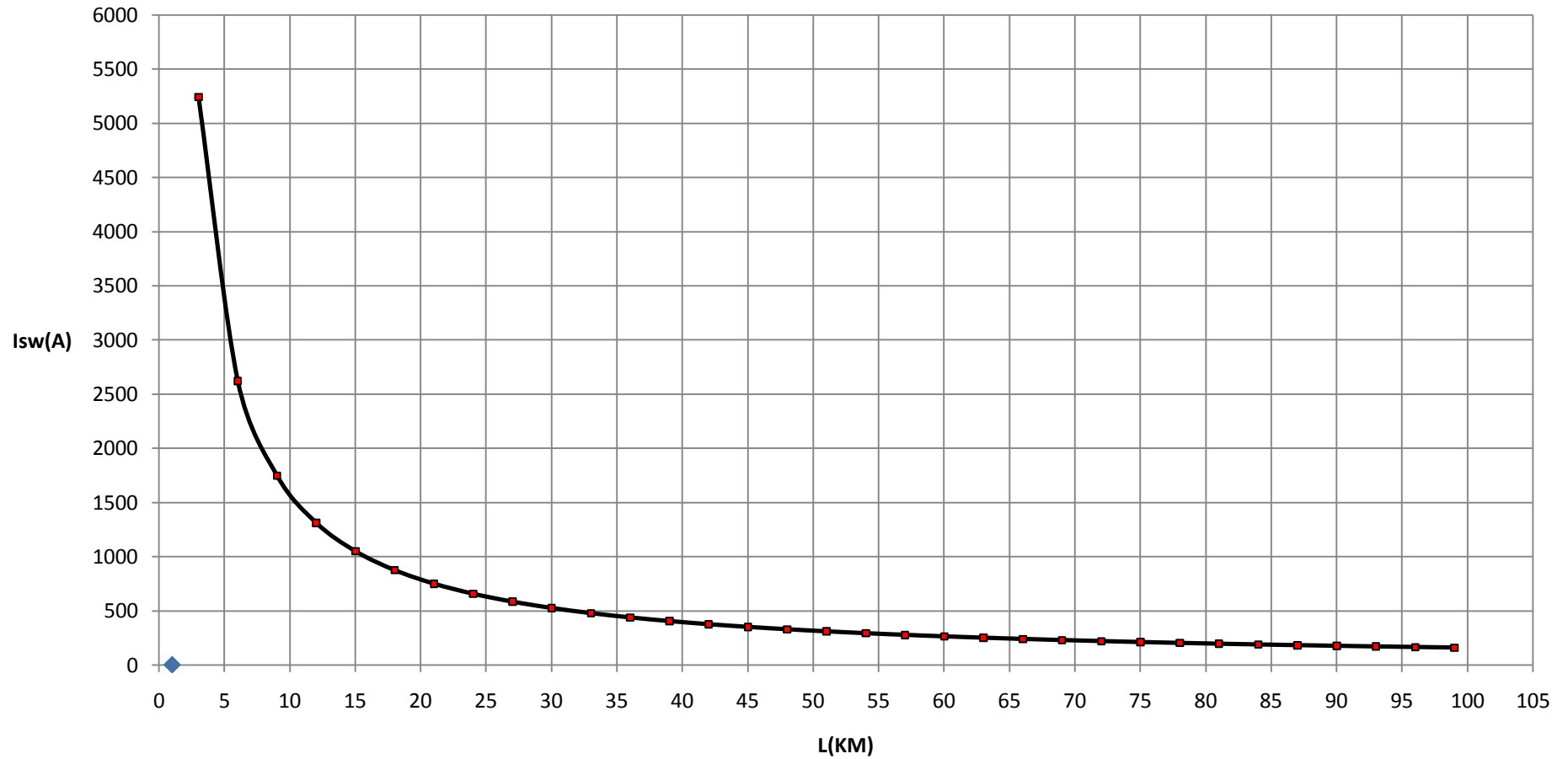
Σχήμα 6.6.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	5241,1489705	1834,4021397	5241,1489705	93,9686017	208,0965573
6	3,4560000	2,3820000	0,0000048	0,0001599	4,1974582	2620,6336194	917,2217668	2620,6336194	23,4932106	52,0264872
9	5,1840000	3,5730000	0,0000048	0,0001599	6,2961399	1747,1022206	611,4857772	1747,1022206	10,4415840	23,1232311
12	6,9120000	4,7640000	0,0000048	0,0001599	8,3948216	1310,3315933	458,6160577	1310,3315933	5,8734352	13,0069153
15	8,6400000	5,9550000	0,0000048	0,0001599	10,4935034	1048,2676400	366,8936740	1048,2676400	3,7590155	8,3244634
18	10,3680000	7,1460000	0,0000048	0,0001599	12,5921851	873,5576808	305,7451883	873,5576808	2,6104353	5,7808947
21	12,0960000	8,3370000	0,0000048	0,0001599	14,6908668	748,7645309	262,0675858	748,7645309	1,9178749	4,2471971
24	13,8240000	9,5280000	0,0000048	0,0001599	16,7895485	655,1694926	229,3093224	655,1694926	1,4683754	3,2517655
27	15,5520000	10,7190000	0,0000048	0,0001599	18,8882303	582,3732473	203,8306366	582,3732473	1,1601993	2,5692994
30	17,2800000	11,9100000	0,0000048	0,0001599	20,9869120	524,1361854	183,4476649	524,1361854	0,9397624	2,0811346
33	19,0080000	13,1010000	0,0000048	0,0001599	23,0855937	476,4876367	166,7706729	476,4876367	0,7766637	1,7199474
36	20,7360000	14,2920000	0,0000048	0,0001599	25,1842755	436,7804830	152,8731691	436,7804830	0,6526137	1,4452346
39	22,4640000	15,4830000	0,0000048	0,0001599	27,2829572	403,1821010	141,1137353	403,1821010	0,5560736	1,2314432
42	24,1920000	16,6740000	0,0000048	0,0001599	29,3816389	374,3834723	131,0342153	374,3834723	0,4794718	1,0618061
45	25,9200000	17,8650000	0,0000048	0,0001599	31,4803206	349,4246492	122,2986272	349,4246492	0,4176734	0,9249515
48	27,6480000	19,0560000	0,0000048	0,0001599	33,5790024	327,5856703	114,6549846	327,5856703	0,3670959	0,8129460
51	29,3760000	20,2470000	0,0000048	0,0001599	35,6776841	308,3159761	107,9105916	308,3159761	0,3251785	0,7201185
54	31,1040000	21,4380000	0,0000048	0,0001599	37,7763658	291,1873537	101,9155738	291,1873537	0,2900513	0,6423281
57	32,8320000	22,6290000	0,0000048	0,0001599	39,8750476	275,8617399	96,5516090	275,8617399	0,2603231	0,5764941
60	34,5600000	23,8200000	0,0000048	0,0001599	41,9737293	262,0686840	91,7240394	262,0686840	0,2349416	0,5202860
63	36,2880000	25,0110000	0,0000048	0,0001599	44,0724110	249,5892497	87,3562374	249,5892497	0,2130990	0,4719148
66	38,0160000	26,2020000	0,0000048	0,0001599	46,1710928	238,2443071	83,3855075	238,2443071	0,1941667	0,4299886
69	39,7440000	27,3930000	0,0000048	0,0001599	48,2697745	227,8858793	79,7600577	227,8858793	0,1776497	0,3934112
72	41,4720000	28,5840000	0,0000048	0,0001599	50,3684562	218,3906522	76,4367283	218,3906522	0,1631540	0,3613100
75	43,2000000	29,7750000	0,0000048	0,0001599	52,4671379	209,6550418	73,3792646	209,6550418	0,1503628	0,3329833
78	44,9280000	30,9660000	0,0000048	0,0001599	54,5658197	201,5914004	70,5569901	201,5914004	0,1390189	0,3078619
81	46,6560000	32,1570000	0,0000048	0,0001599	56,6645014	194,1250647	67,9437726	194,1250647	0,1289119	0,2854796
84	48,3840000	33,3480000	0,0000048	0,0001599	58,7631831	187,1920379	65,5172132	187,1920379	0,1198683	0,2654524
87	50,1120000	34,5390000	0,0000048	0,0001599	60,8618649	180,7371500	63,2580025	180,7371500	0,1117441	0,2474610
90	51,8400000	35,7300000	0,0000048	0,0001599	62,9605466	174,7125874	61,1494056	174,7125874	0,1044187	0,2312386
93	53,5680000	36,9210000	0,0000048	0,0001599	65,0592283	169,0767057	59,1768470	169,0767057	0,0977906	0,2165606
96	55,2960000	38,1120000	0,0000048	0,0001599	67,1579100	163,7930661	57,3275731	163,7930661	0,0917742	0,2032371
99	57,0240000	39,3030000	0,0000048	0,0001599	69,2565918	158,8296467	55,5903763	158,8296467	0,0862964	0,1911063

Πίνακας 6.6.4: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

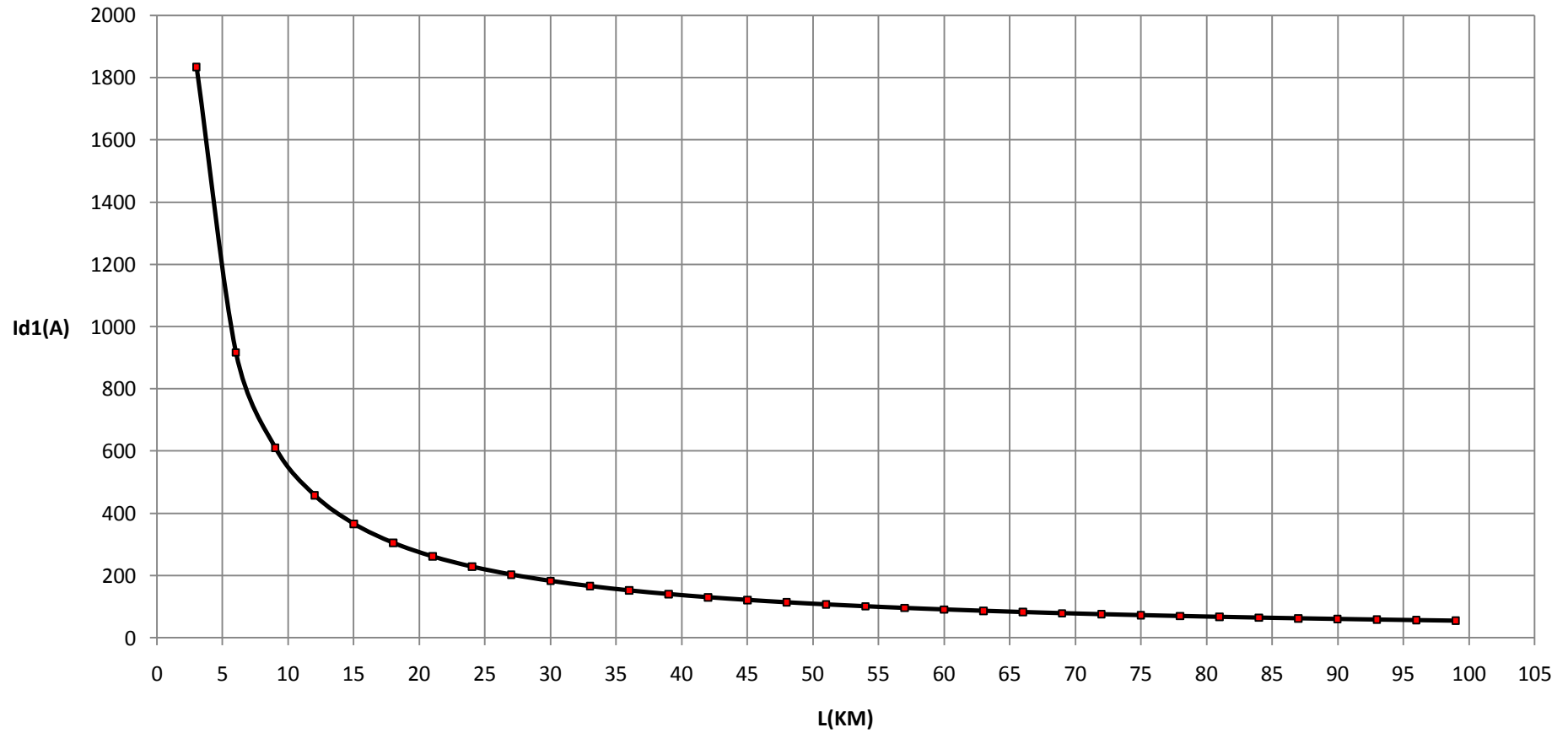
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.6.4.1

$I_{d1}=f(L)$

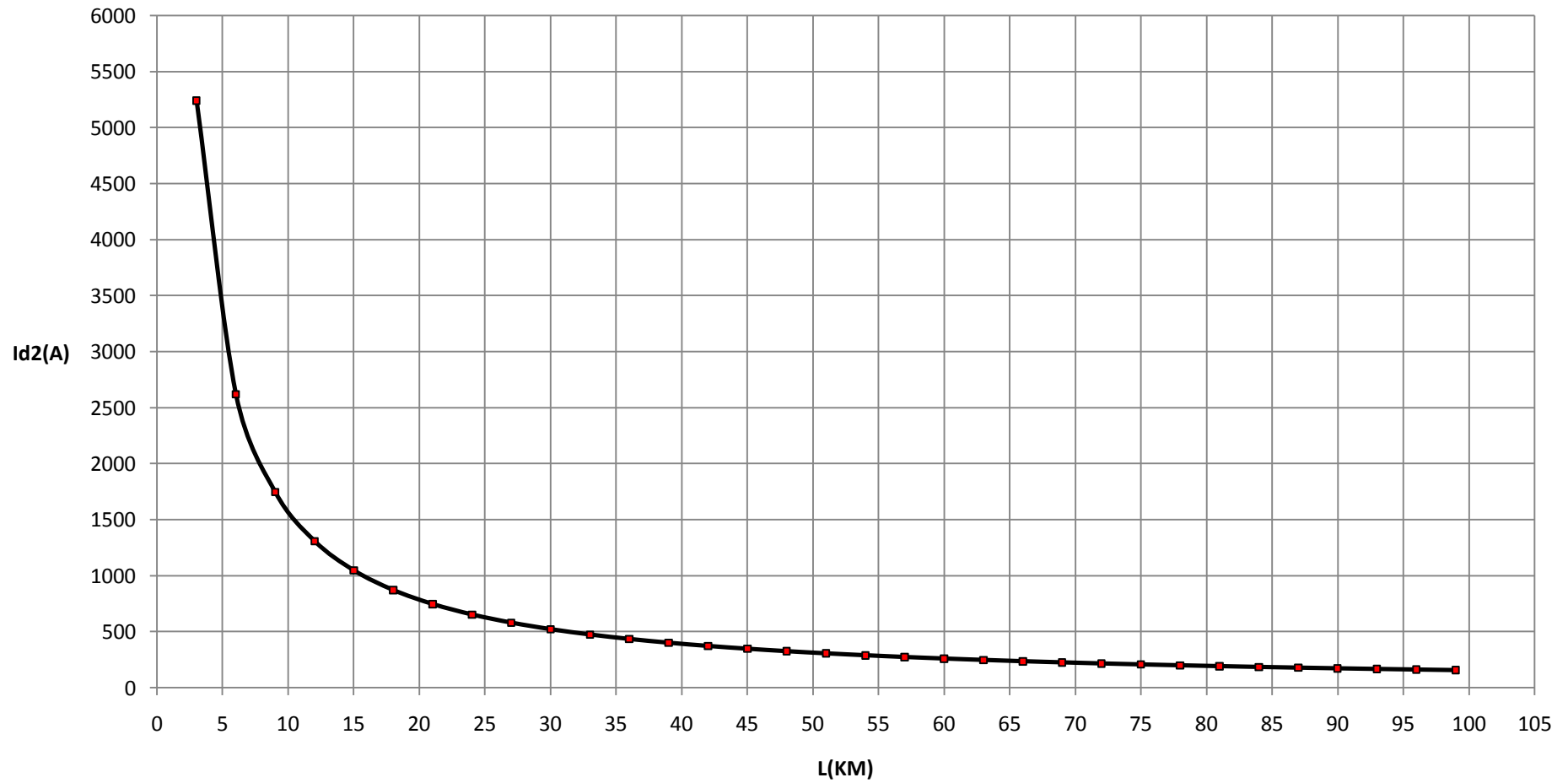
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.6.4.2

$I_{d2}=f(L)$

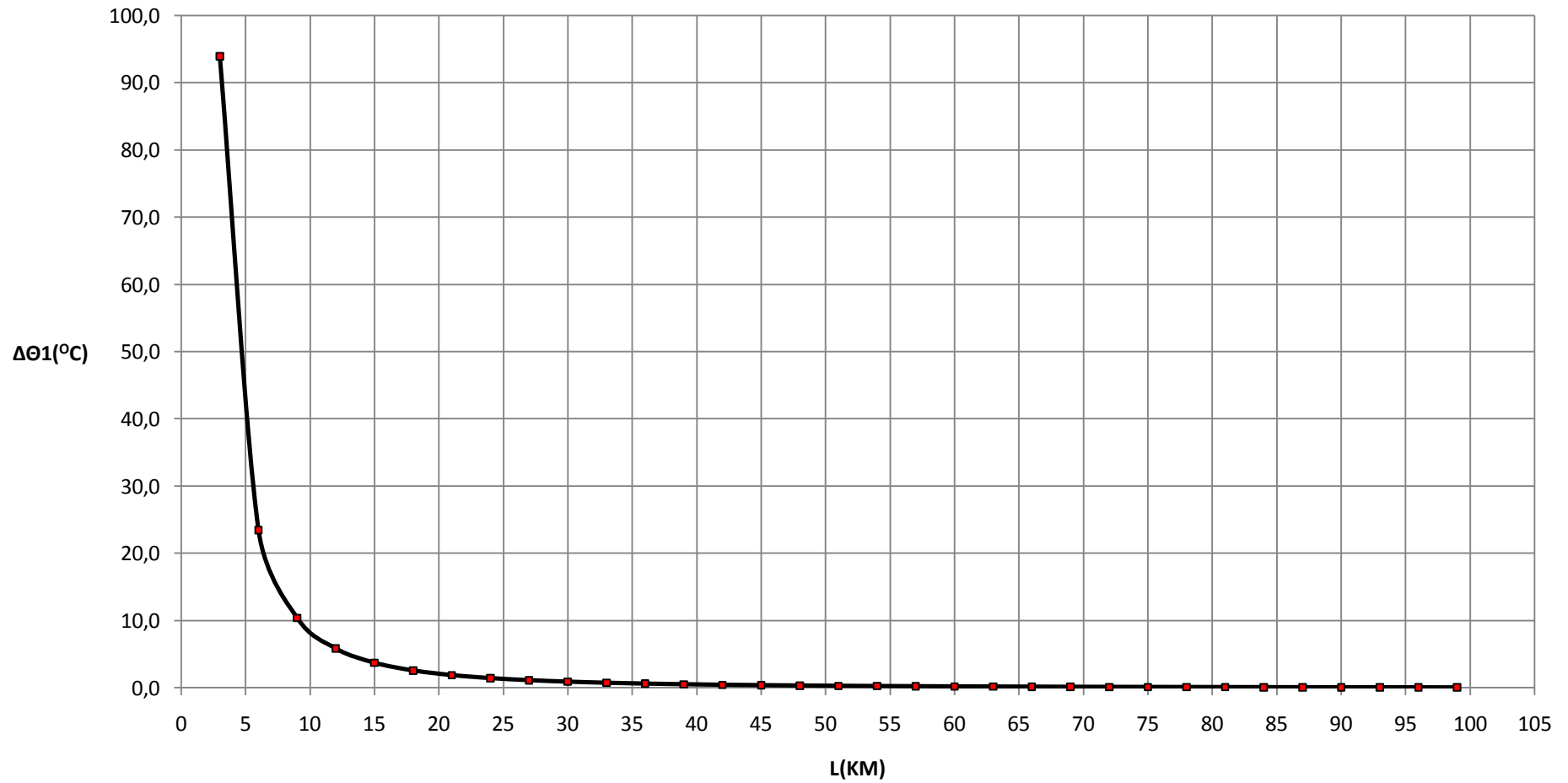
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.6.4.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

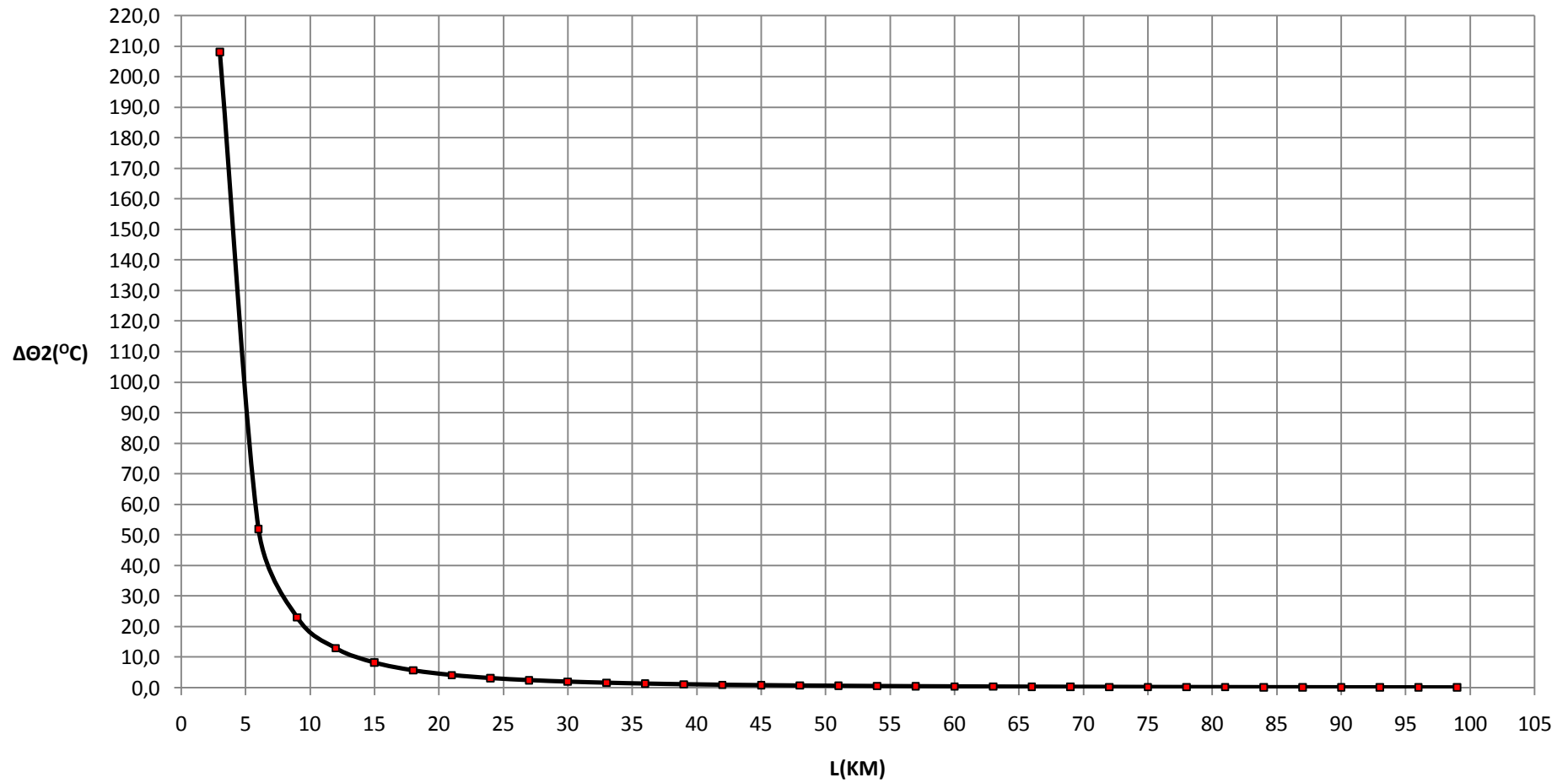
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.6.4.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.6.4.5

6.7 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

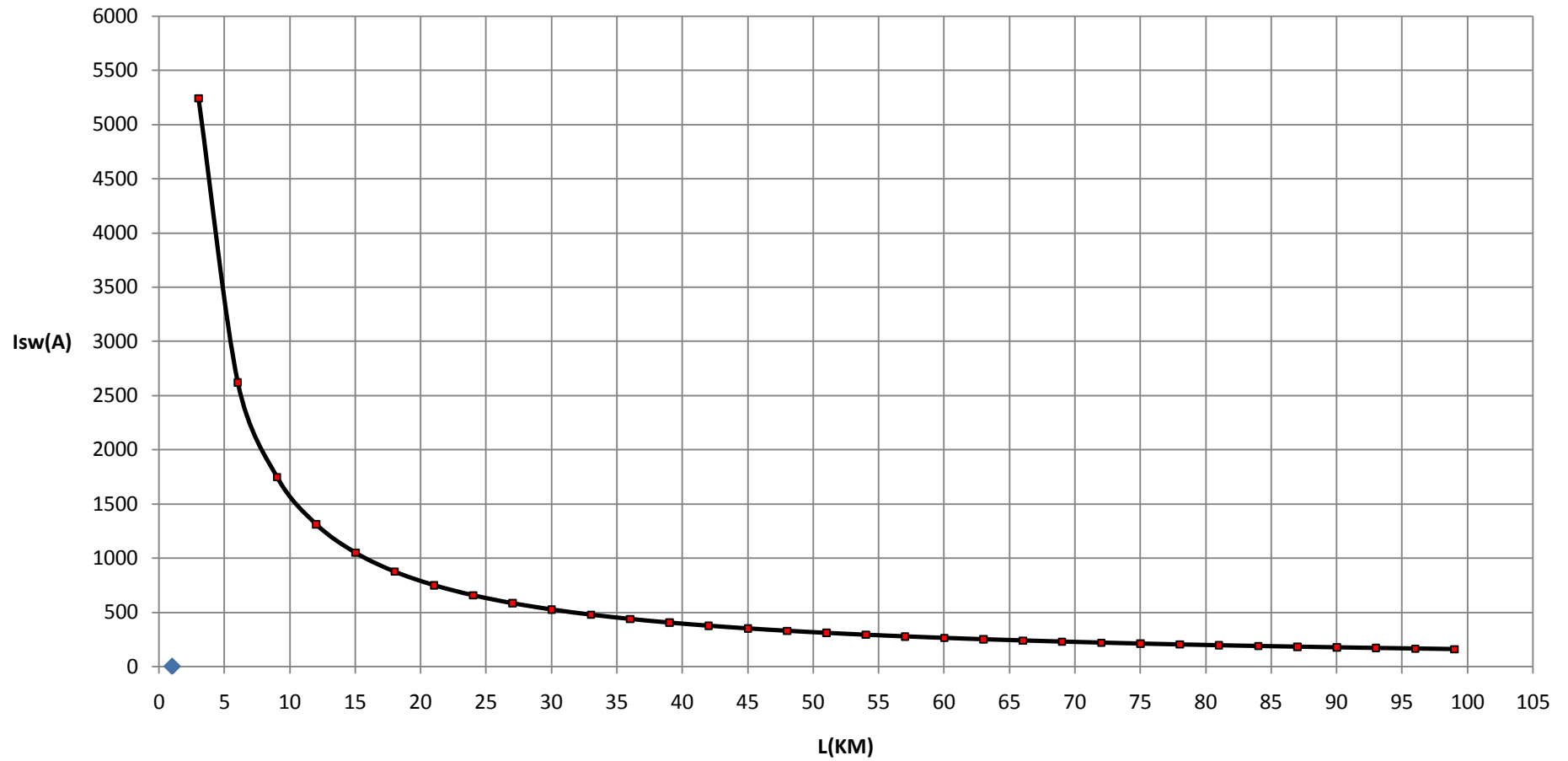
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	5241,2673296	1834,4435654	5241,2673296	80,4297004	97,5496669
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	2620,6632093	917,2321232	2620,6632093	20,1078785	24,3879666
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	1747,1153716	611,4903801	1747,1153716	8,9369020	10,8391777
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1310,3389908	458,6186468	1310,3389908	5,0270263	6,0970604
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1048,2723744	366,8953310	1048,2723744	3,2173041	3,9021274
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	873,5609685	305,7463390	873,5609685	2,2342423	2,7098148
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	748,7669464	262,0684313	748,7669464	1,6414859	1,9908865
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	655,1713419	229,3099697	655,1713419	1,2567637	1,5242737
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	582,3747085	203,8311480	582,3747085	0,9929991	1,2043652
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	524,1373690	183,4480791	524,1373690	0,8043296	0,9755363
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	476,4886149	166,7710152	476,4886149	0,6647355	0,8062286
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	436,7813050	152,8734567	436,7813050	0,5585627	0,6774562
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	403,1828013	141,1139805	403,1828013	0,4759352	0,5772410
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	374,3840762	131,0344267	374,3840762	0,4103728	0,4977232
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	349,4251753	122,2988113	349,4251753	0,3574804	0,4335723
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	327,5861326	114,6551464	327,5861326	0,3141918	0,3810695
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	308,3163856	107,9107350	308,3163856	0,2783153	0,3375564
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	291,1877190	101,9157017	291,1877190	0,2482504	0,3010920
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	275,8620678	96,5517237	275,8620678	0,2228065	0,2702322
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	262,0689799	91,7241430	262,0689799	0,2010829	0,2438846
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	249,5895181	87,3563313	249,5895181	0,1823881	0,2212106
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	238,2445516	83,3855931	238,2445516	0,1661842	0,2015576
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	227,8861030	79,7601361	227,8861030	0,1520476	0,1844119
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	218,3908576	76,4368002	218,3908576	0,1396409	0,1693644
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	209,6552312	73,3793309	209,6552312	0,1286931	0,1560862
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	201,5915755	70,5570514	201,5915755	0,1189840	0,1443105
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	194,1252271	67,9438295	194,1252271	0,1103336	0,1338188
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	187,1921888	65,5172661	187,1921888	0,1025934	0,1244310
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	180,7372908	63,2580518	180,7372908	0,0956400	0,1159975
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	174,7127189	61,1494516	174,7127189	0,0893702	0,1083932
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	169,0768289	59,1768901	169,0768289	0,0836974	0,1015129
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	163,7931817	57,3276136	163,7931817	0,0785481	0,0952675
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	158,8297553	55,5904144	158,8297553	0,0738597	0,0895812

Πίνακας 6.7.1: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

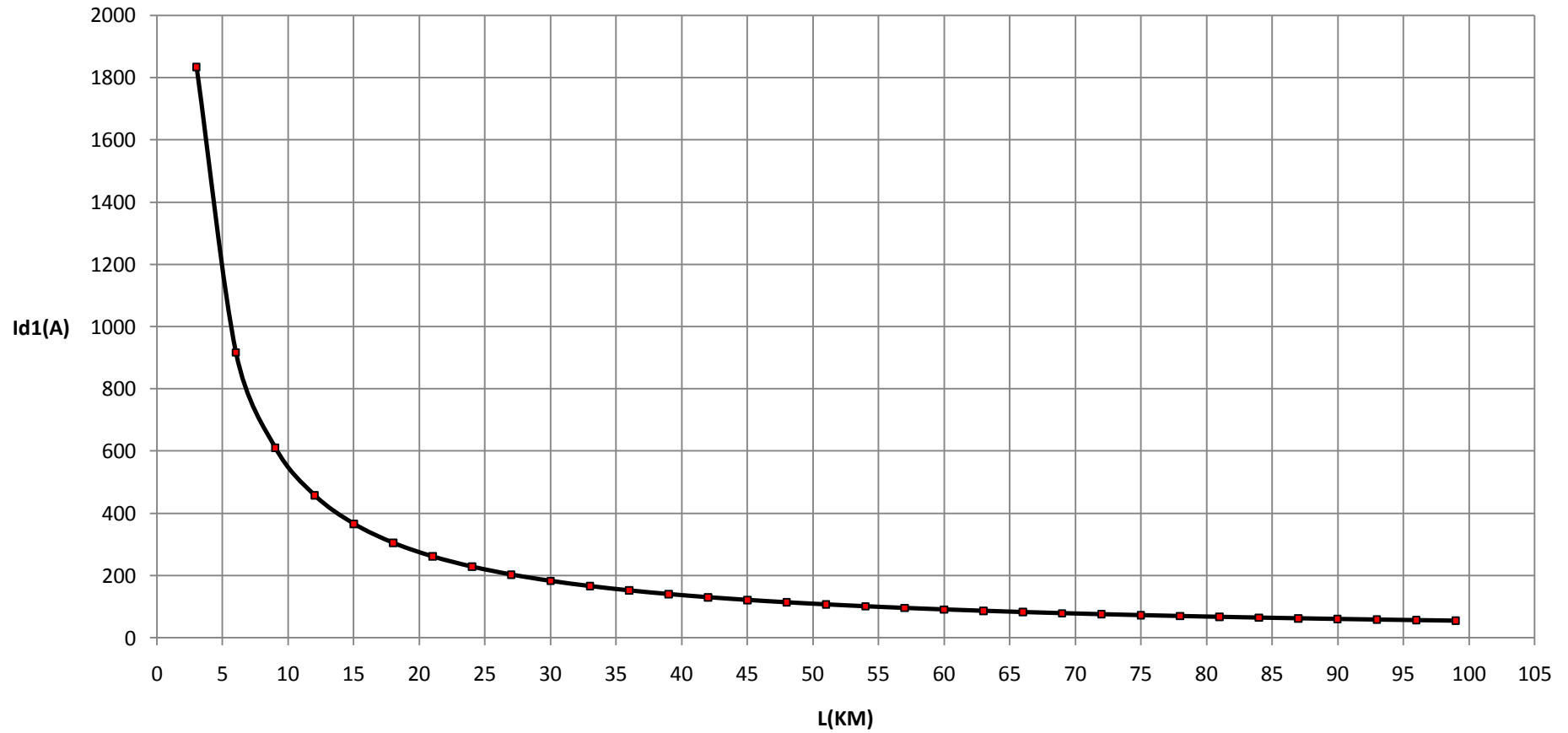
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.7.1.1

$I_{d1}=f(L)$

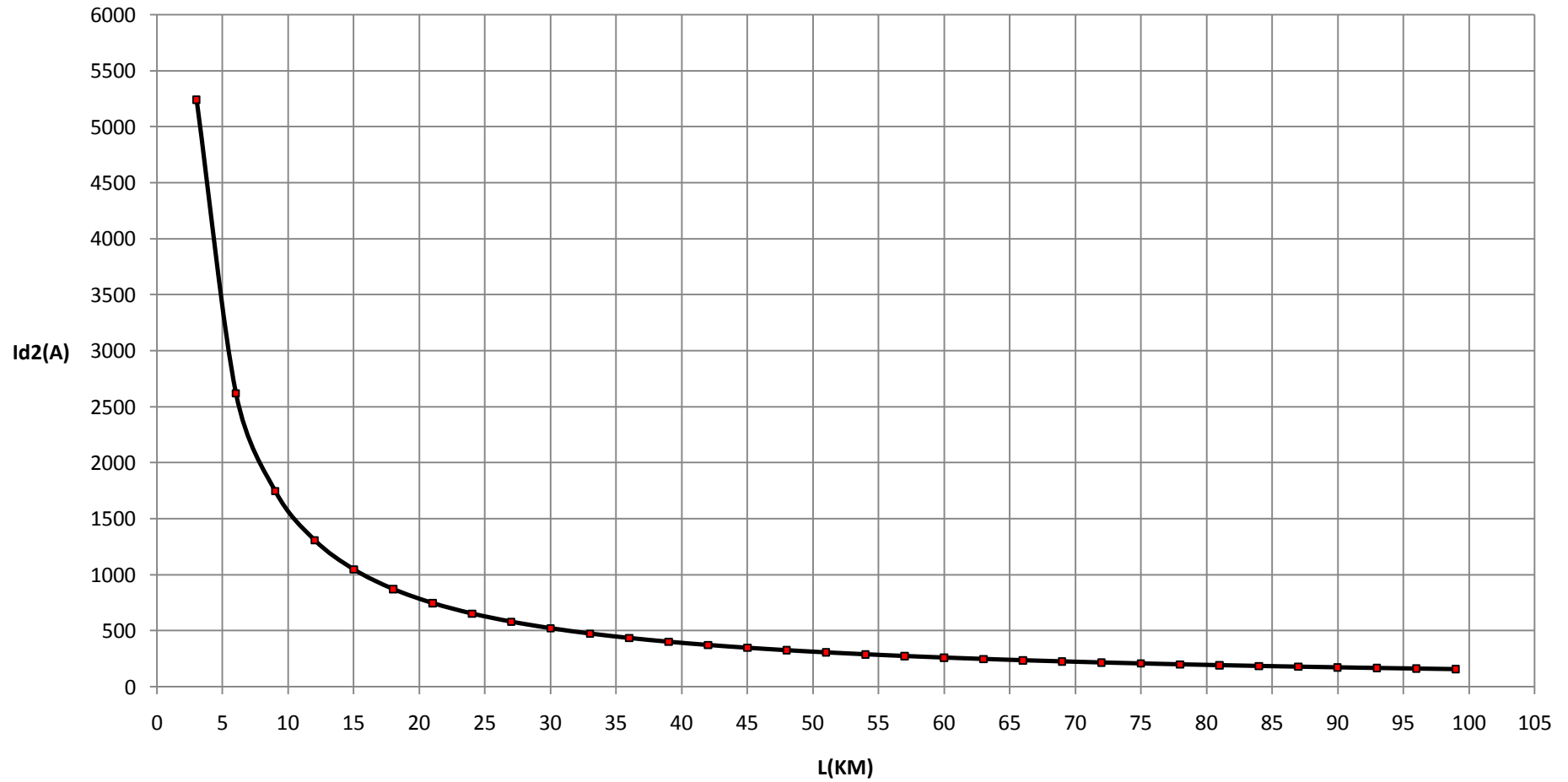
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.7.1.2

$I_{d2}=f(L)$

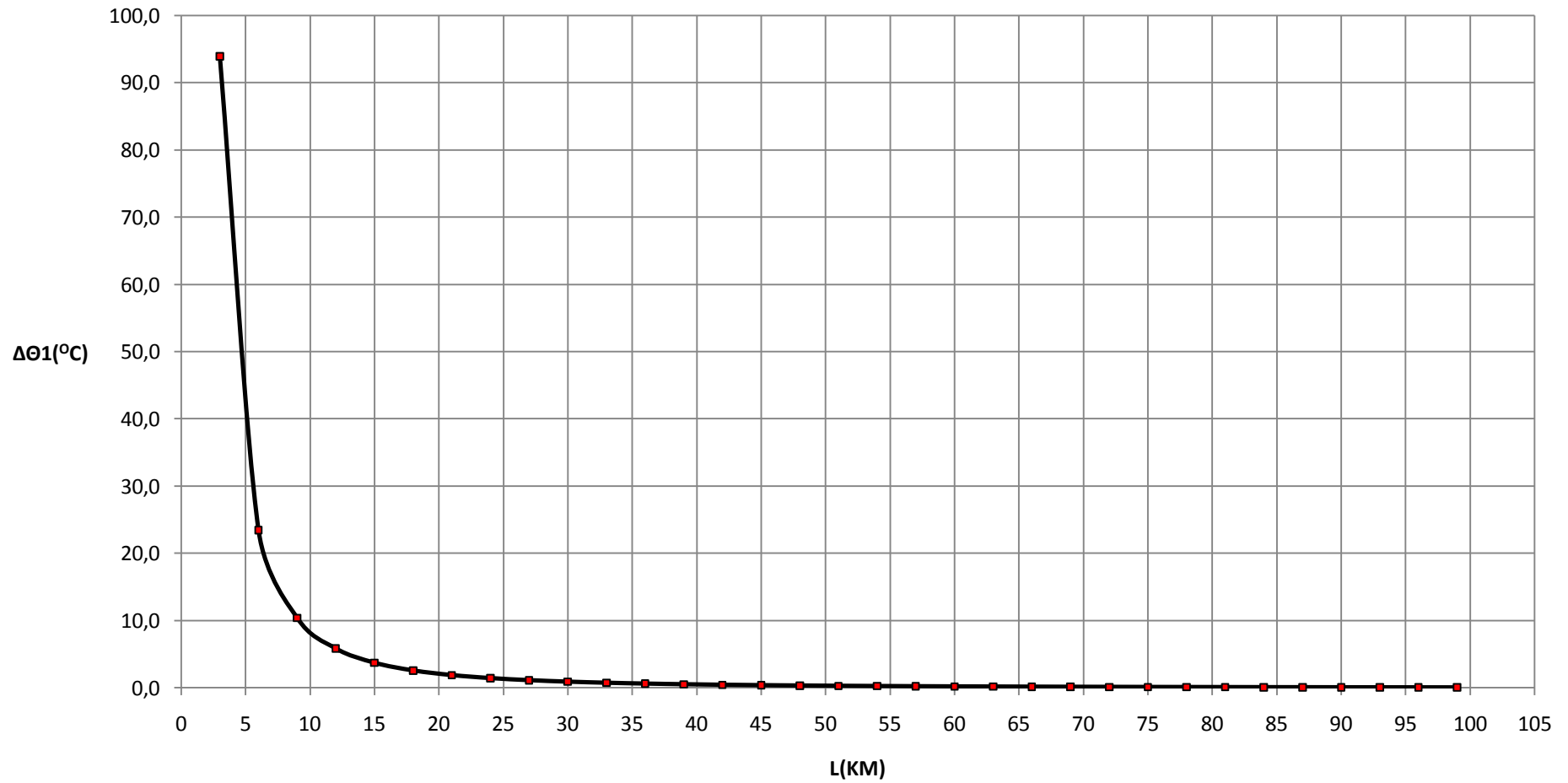
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.7.1.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

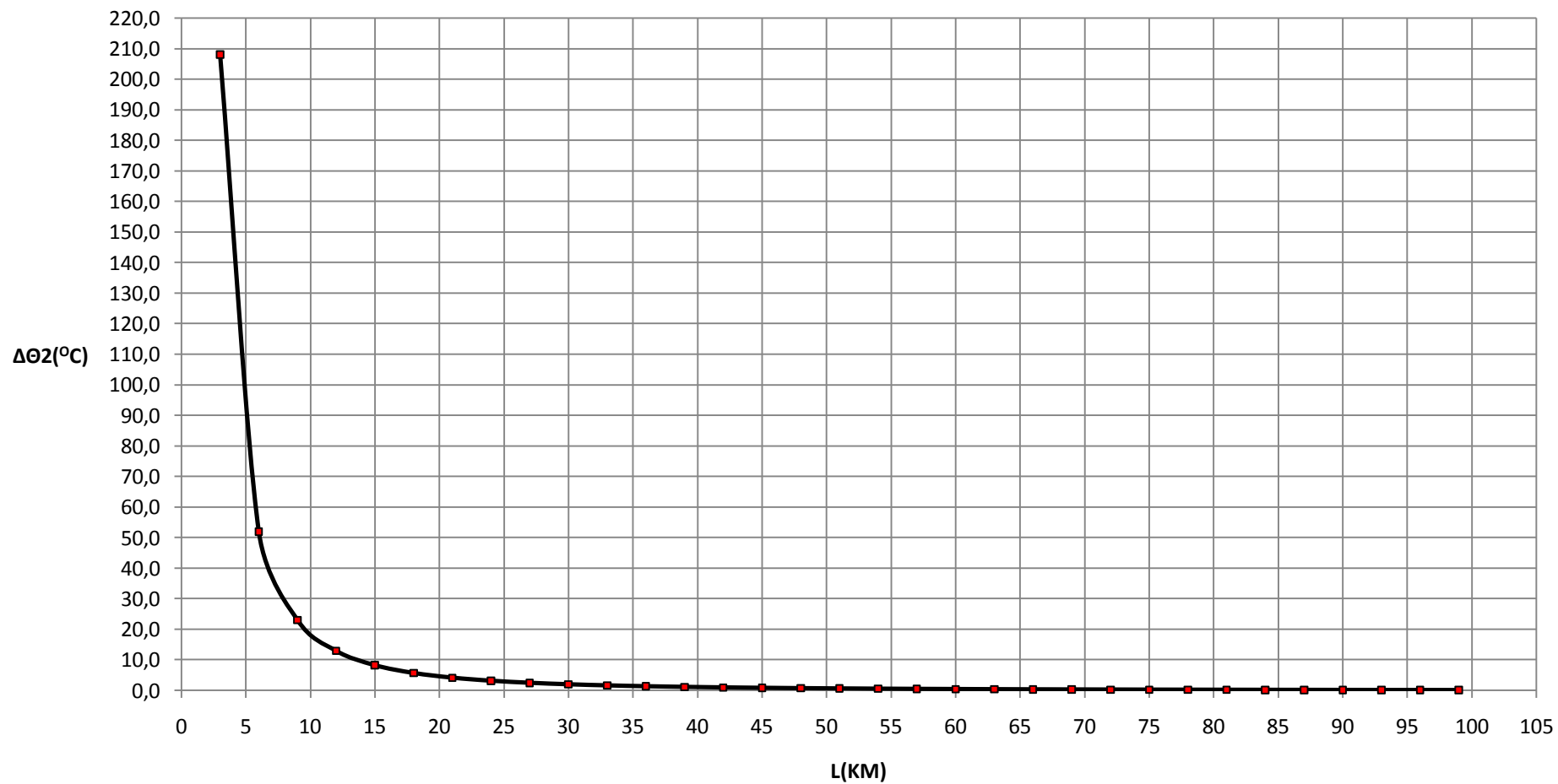
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.7.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=0,15 sec



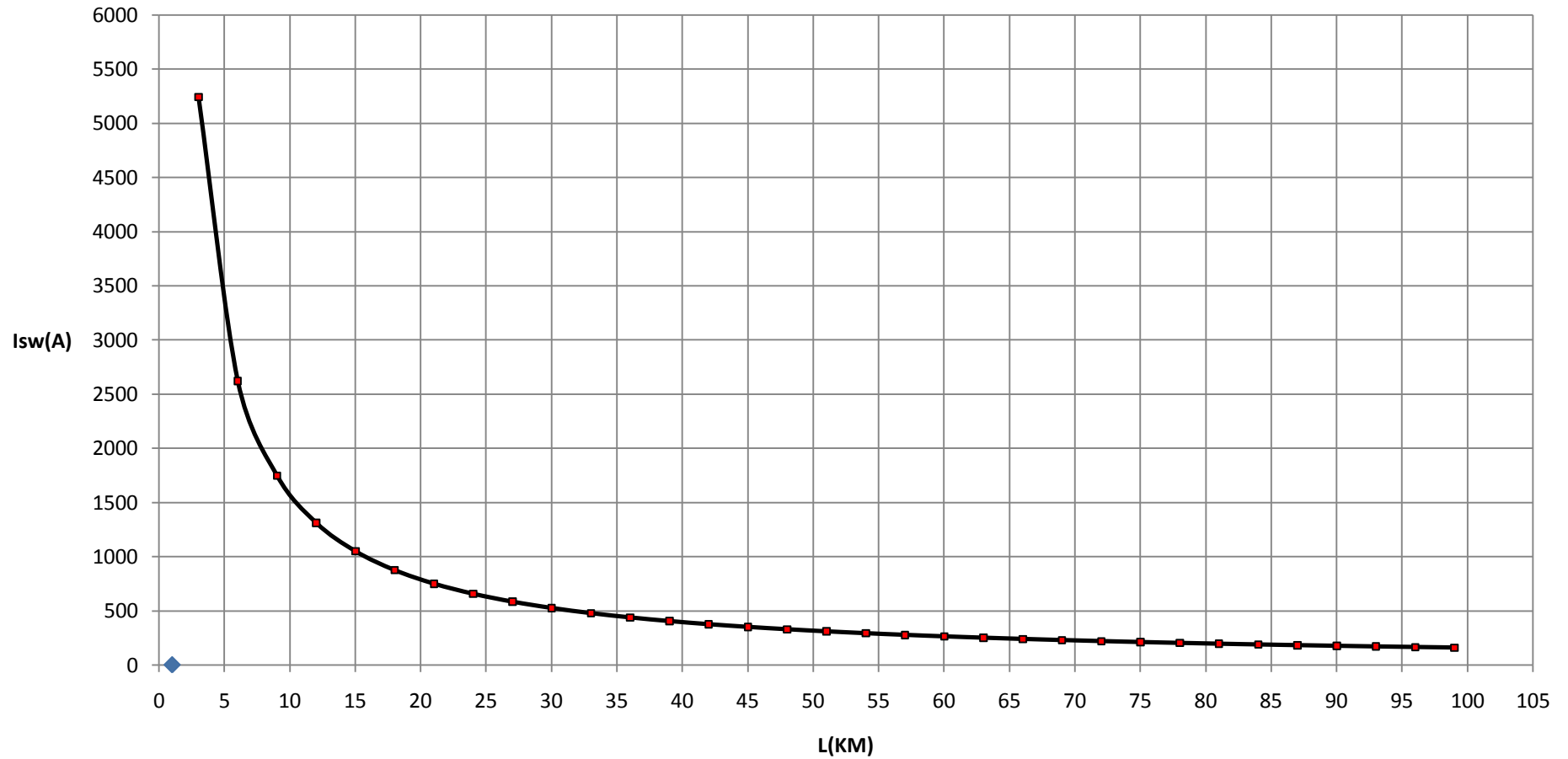
Σχήμα 6.7.1.5

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	5241,2673296	1834,4435654	5241,2673296	82,0230116	110,5562892
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	2620,6632093	917,2321232	2620,6632093	20,5062153	27,6396955
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	1747,1153716	611,4903801	1747,1153716	9,1139419	12,2844014
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1310,3389908	458,6186468	1310,3389908	5,1266116	6,9100018
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1048,2723744	366,8953310	1048,2723744	3,2810388	4,4224111
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	873,5609685	305,7463390	873,5609685	2,2785026	3,0711234
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	748,7669464	262,0684313	748,7669464	1,6740037	2,2563380
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	655,1713419	229,3099697	655,1713419	1,2816601	1,7275102
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	582,3747085	203,8311480	582,3747085	1,0126704	1,3649472
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	524,1373690	183,4480791	524,1373690	0,8202634	1,1056078
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	476,4886149	166,7710152	476,4886149	0,6779039	0,9137258
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	436,7813050	152,8734567	436,7813050	0,5696278	0,7677837
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	403,1828013	141,1139805	403,1828013	0,4853635	0,6542065
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	374,3840762	131,0344267	374,3840762	0,4185023	0,5640863
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	349,4251753	122,2988113	349,4251753	0,3645621	0,4913820
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	327,5861326	114,6551464	327,5861326	0,3204159	0,4318788
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	308,3163856	107,9107350	308,3163856	0,2838287	0,3825639
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	291,1877190	101,9157017	291,1877190	0,2531682	0,3412376
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	275,8620678	96,5517237	275,8620678	0,2272203	0,3062632
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	262,0689799	91,7241430	262,0689799	0,2050663	0,2764026
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	249,5895181	87,3563313	249,5895181	0,1860012	0,2507053
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	238,2445516	83,3855931	238,2445516	0,1694763	0,2284319
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	227,8861030	79,7601361	227,8861030	0,1550596	0,2090001
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	218,3908576	76,4368002	218,3908576	0,1424072	0,1919463
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	209,6552312	73,3793309	209,6552312	0,1312425	0,1768977
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	201,5915755	70,5570514	201,5915755	0,1213411	0,1635519
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	194,1252271	67,9438295	194,1252271	0,1125193	0,1516613
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	187,1921888	65,5172661	187,1921888	0,1046257	0,1410218
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	180,7372908	63,2580518	180,7372908	0,0975346	0,1314639
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	174,7127189	61,1494516	174,7127189	0,0911407	0,1228457
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	169,0768289	59,1768901	169,0768289	0,0853555	0,1150480
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	163,7931817	57,3276136	163,7931817	0,0801041	0,1079698
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	158,8297553	55,5904144	158,8297553	0,0753229	0,1015254

Πίνακας 6.7.2: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

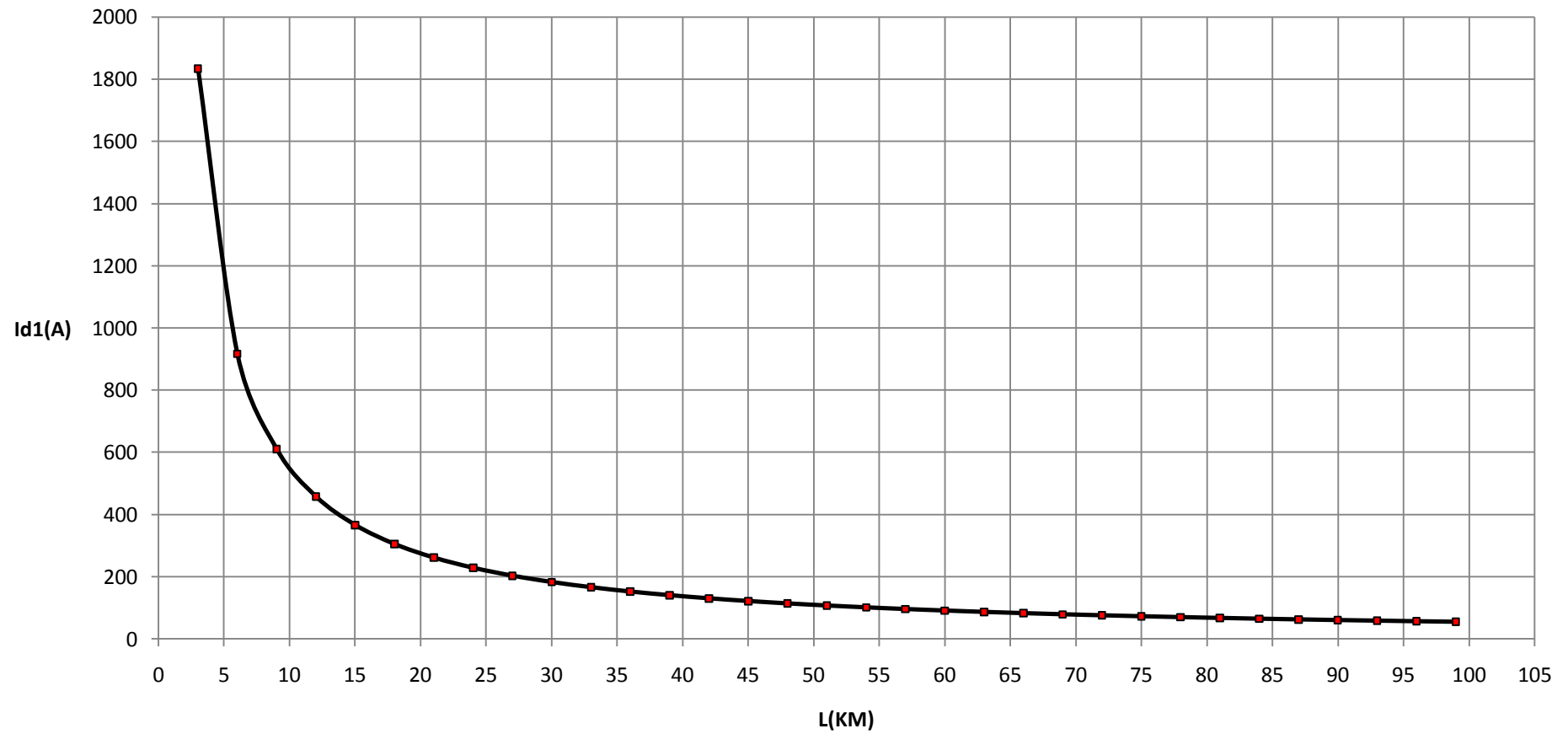
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.7.2.1

$I_{d1}=f(L)$

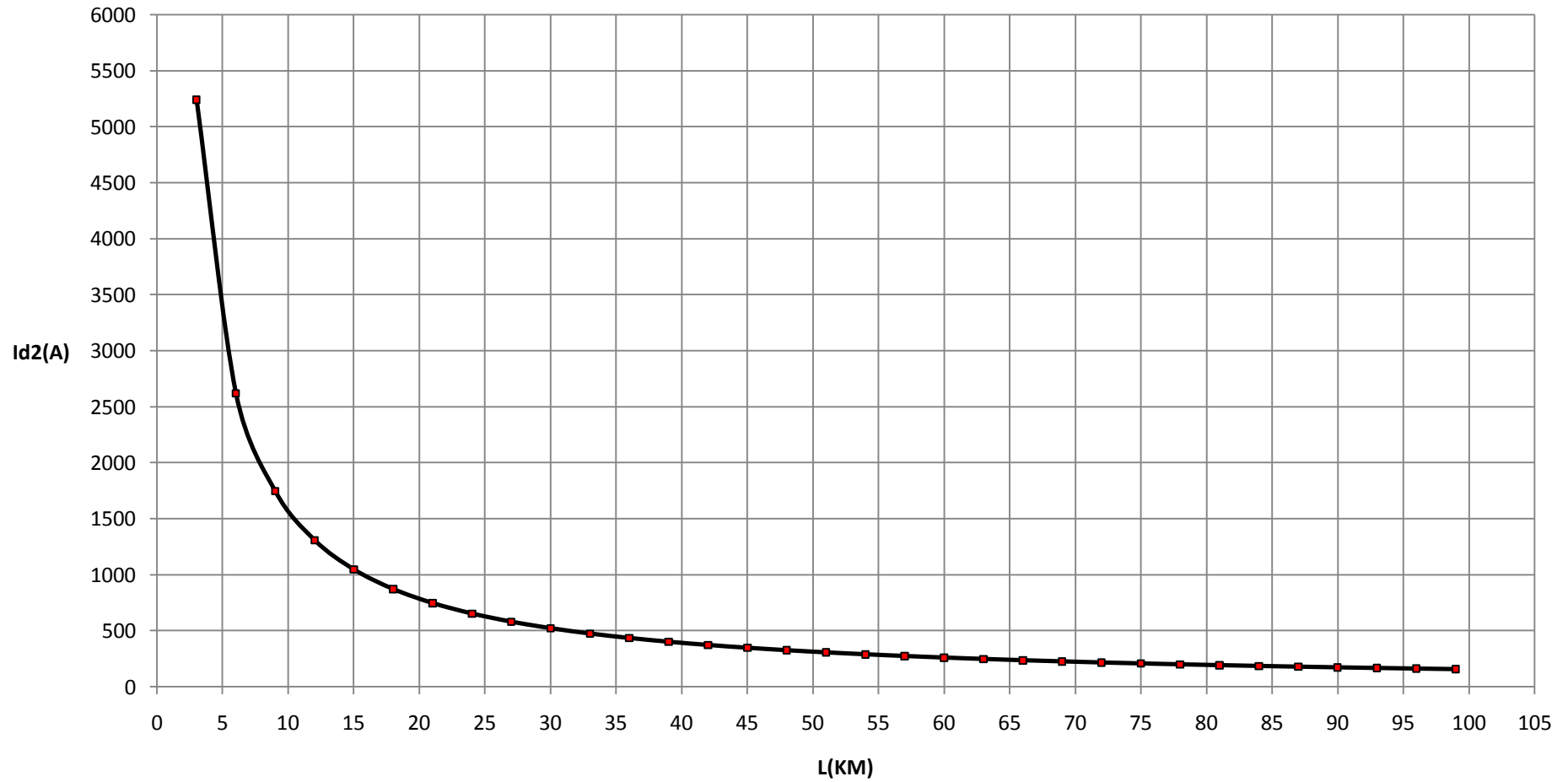
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.7.2.2

$I_{d2}=f(L)$

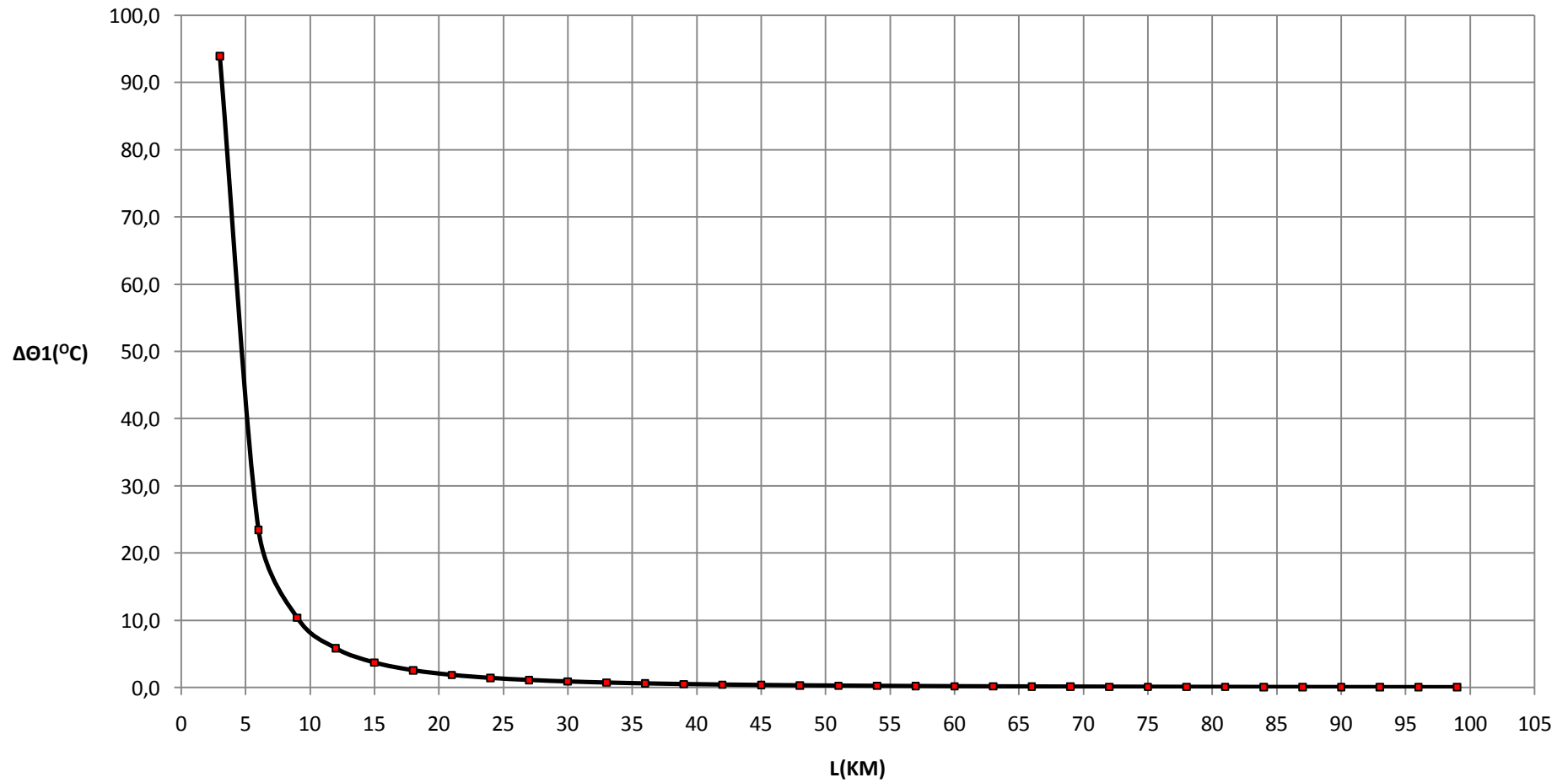
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.7.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

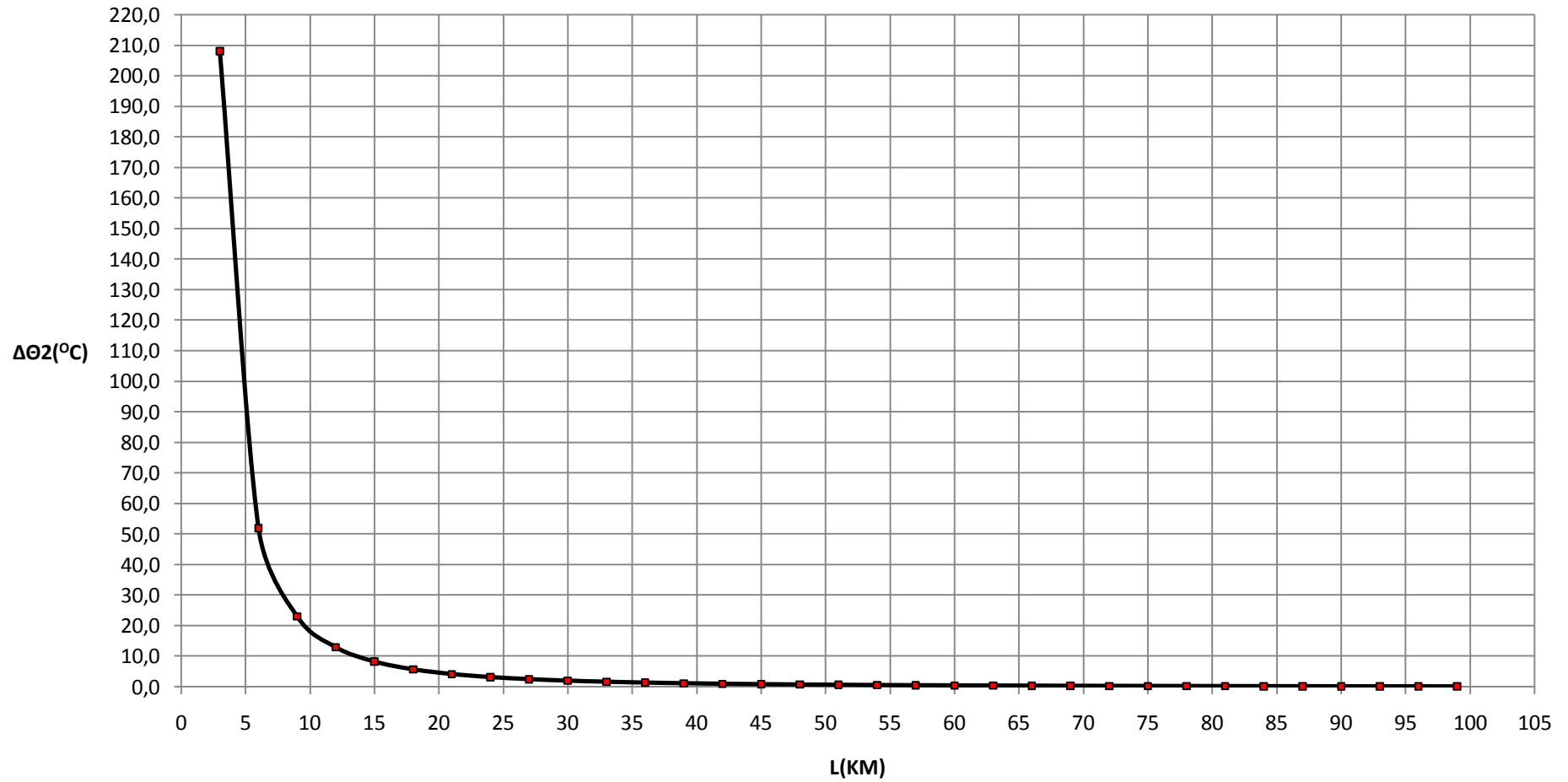
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.7.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



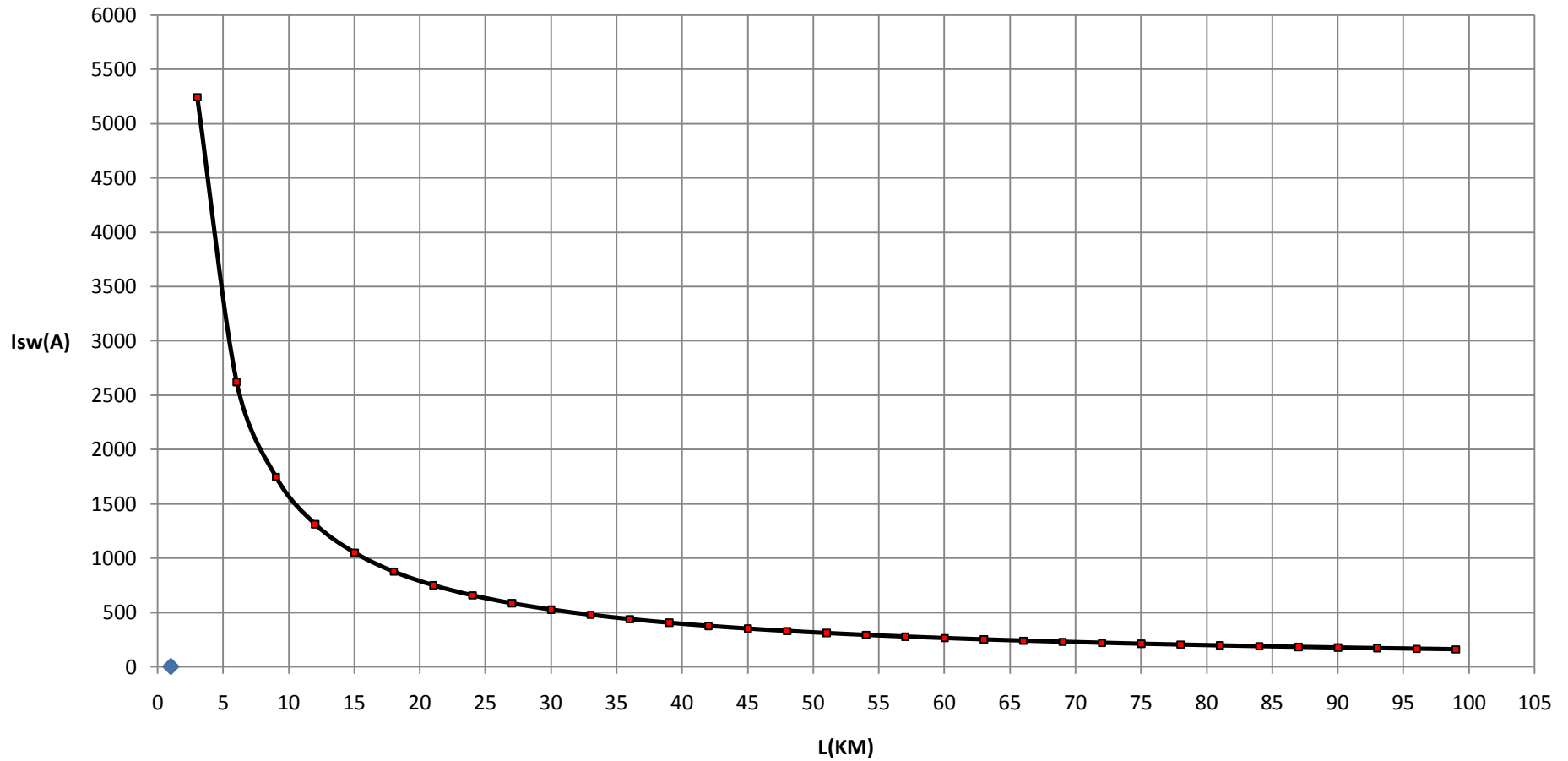
Σχήμα 6.7.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	5241,2673296	1834,4435654	5241,2673296	84,4129785	130,0662226
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	2620,6632093	917,2321232	2620,6632093	21,1037204	32,5172888
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	1747,1153716	611,4903801	1747,1153716	9,3795018	14,4522370
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1310,3389908	458,6186468	1310,3389908	5,2759896	8,1294139
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1048,2723744	366,8953310	1048,2723744	3,3766410	5,2028366
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	873,5609685	305,7463390	873,5609685	2,3448931	3,6130864
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	748,7669464	262,0684313	748,7669464	1,7227804	2,6545153
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	655,1713419	229,3099697	655,1713419	1,3190048	2,0323649
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	582,3747085	203,8311480	582,3747085	1,0421773	1,6058202
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	524,1373690	183,4480791	524,1373690	0,8441640	1,3007150
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	476,4886149	166,7710152	476,4886149	0,6976565	1,0749715
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	436,7813050	152,8734567	436,7813050	0,5862255	0,9032750
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	403,1828013	141,1139805	403,1828013	0,4995059	0,7696547
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	374,3840762	131,0344267	374,3840762	0,4306965	0,6636310
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	349,4251753	122,2988113	349,4251753	0,3751846	0,5780964
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	327,5861326	114,6551464	327,5861326	0,3297521	0,5080927
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	308,3163856	107,9107350	308,3163856	0,2920988	0,4500752
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	291,1877190	101,9157017	291,1877190	0,2605450	0,4014561
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	275,8620678	96,5517237	275,8620678	0,2338410	0,3603096
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	262,0689799	91,7241430	262,0689799	0,2110415	0,3251795
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	249,5895181	87,3563313	249,5895181	0,1914209	0,2949474
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	238,2445516	83,3855931	238,2445516	0,1744145	0,2687434
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	227,8861030	79,7601361	227,8861030	0,1595777	0,2458825
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	218,3908576	76,4368002	218,3908576	0,1465566	0,2258192
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	209,6552312	73,3793309	209,6552312	0,1350666	0,2081150
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	201,5915755	70,5570514	201,5915755	0,1248767	0,1924140
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	194,1252271	67,9438295	194,1252271	0,1157979	0,1784251
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	187,1921888	65,5172661	187,1921888	0,1076743	0,1659080
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	180,7372908	63,2580518	180,7372908	0,1003765	0,1546634
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	174,7127189	61,1494516	174,7127189	0,0937963	0,1445243
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	169,0768289	59,1768901	169,0768289	0,0878425	0,1353506
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	163,7931817	57,3276136	163,7931817	0,0824382	0,1270233
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	158,8297553	55,5904144	158,8297553	0,0775176	0,1194416

Πίνακας 6.7.3: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

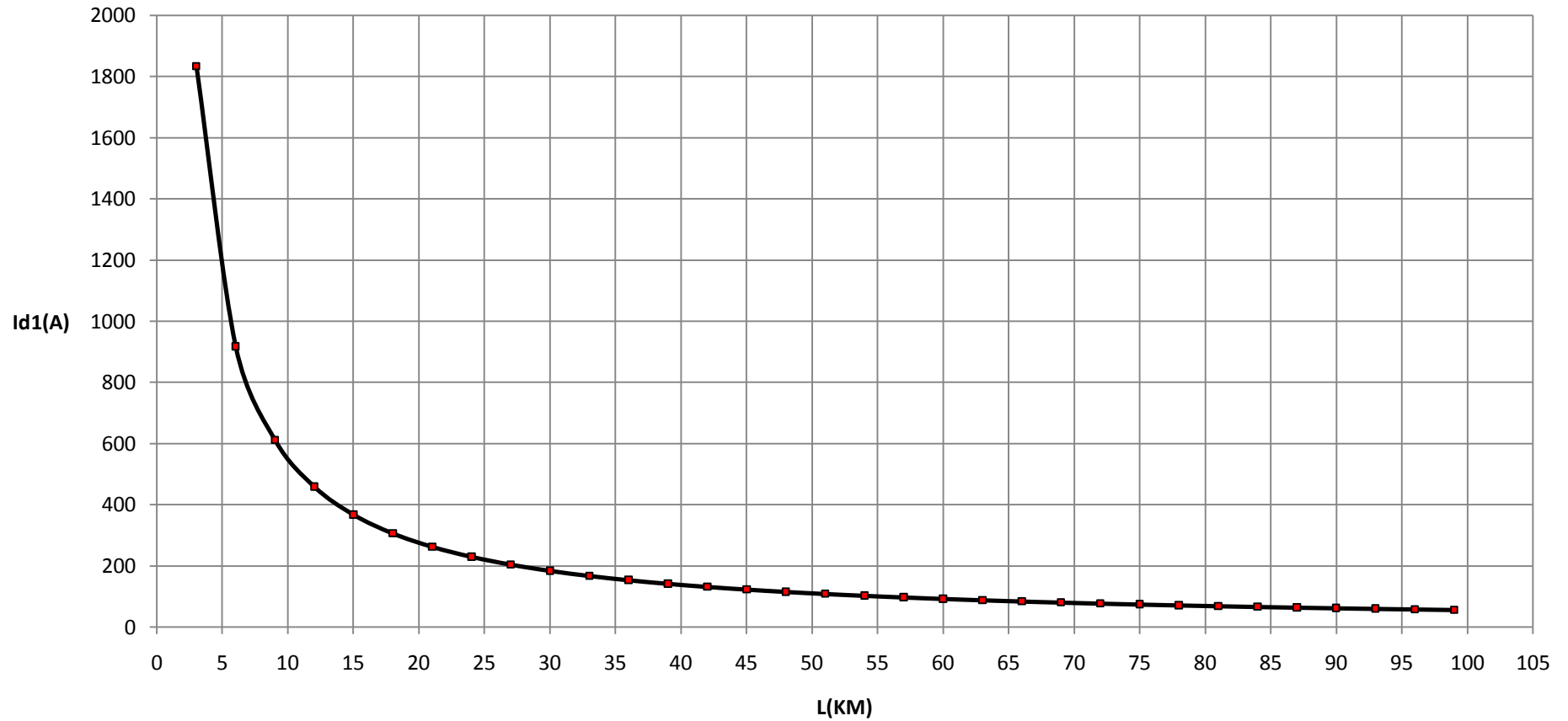
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.7.3.1

$I_{d1}=f(L)$

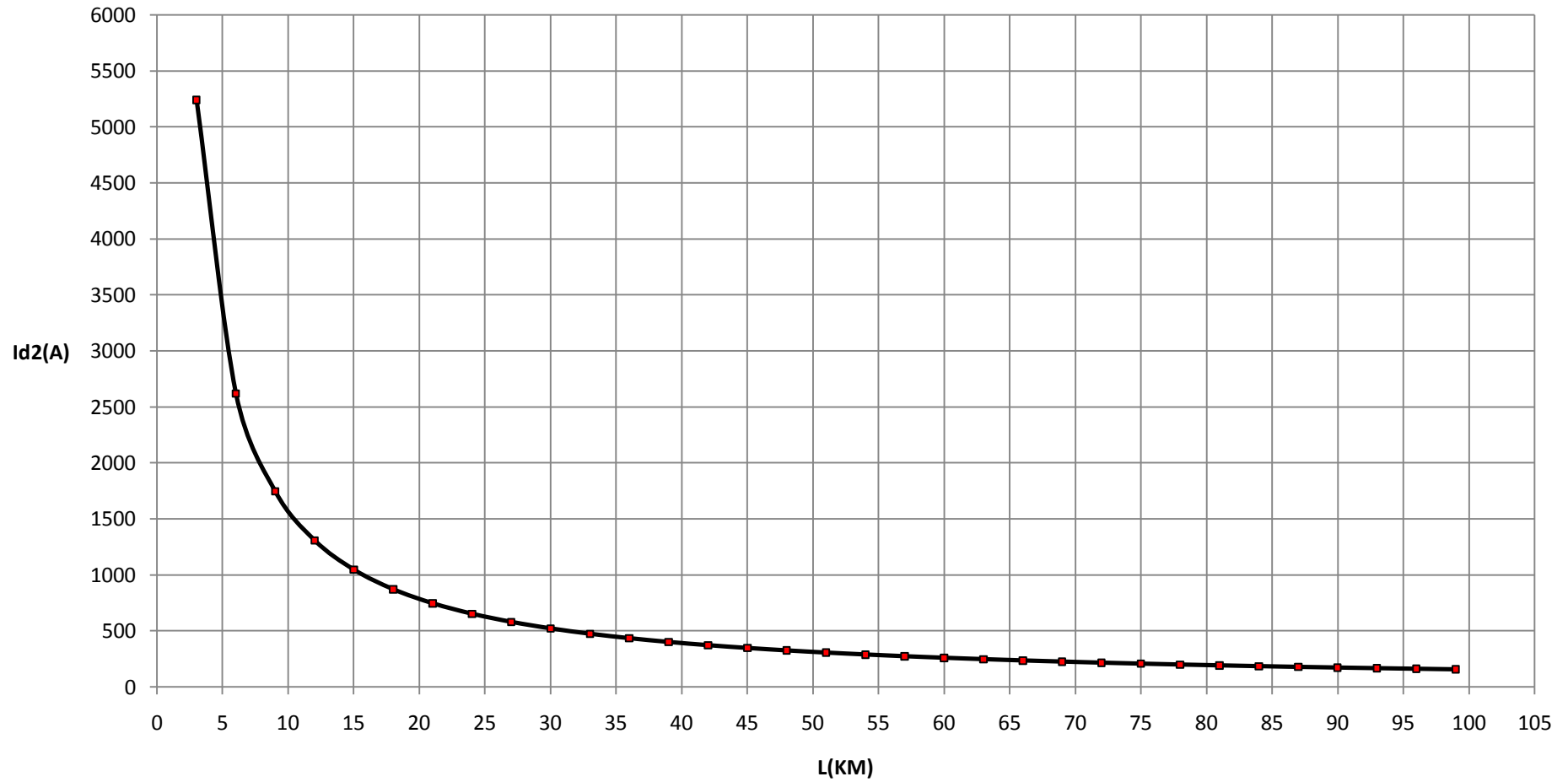
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.7.3.2

$I_{d2}=f(L)$

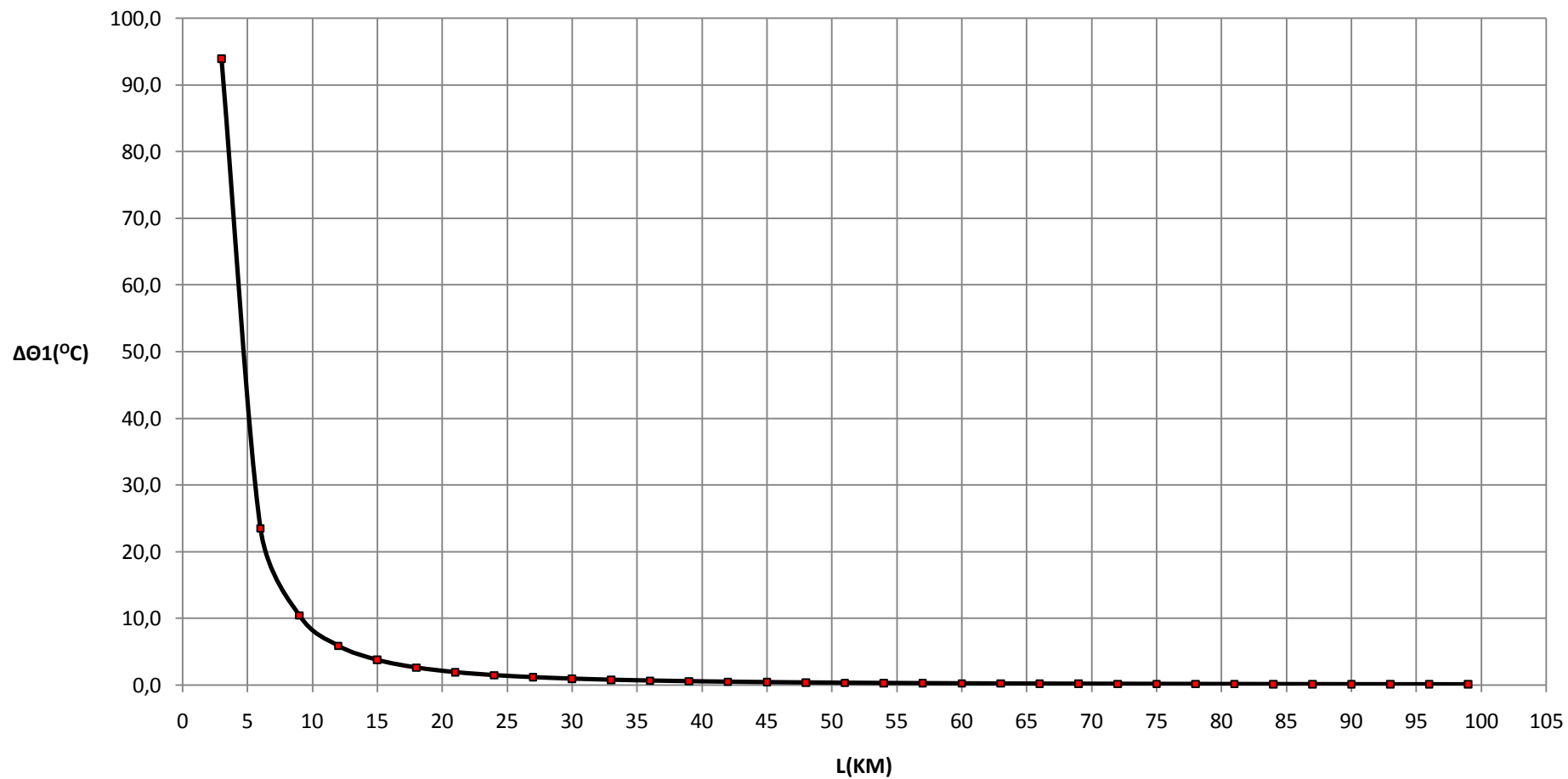
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.7.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

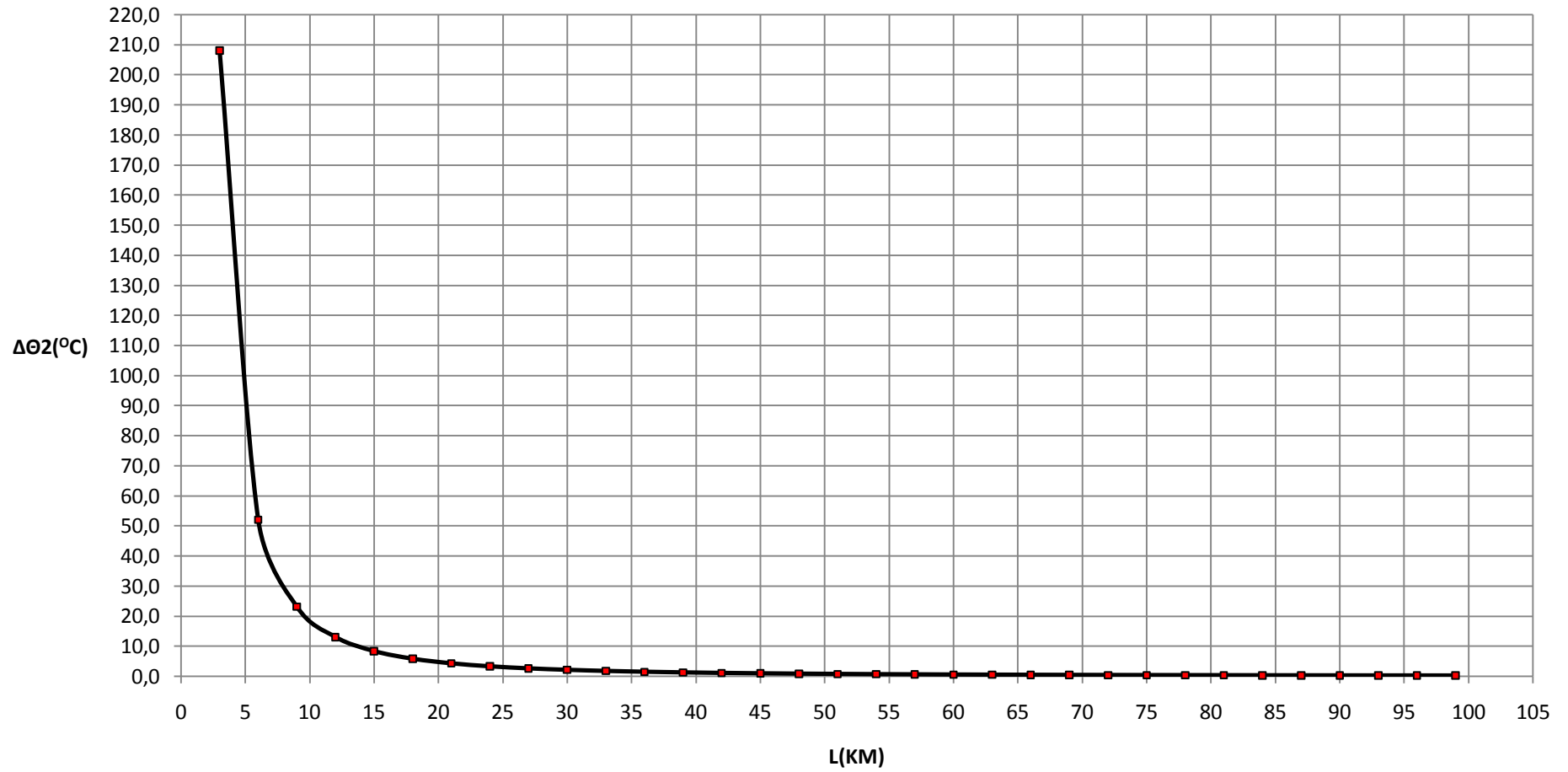
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.7.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



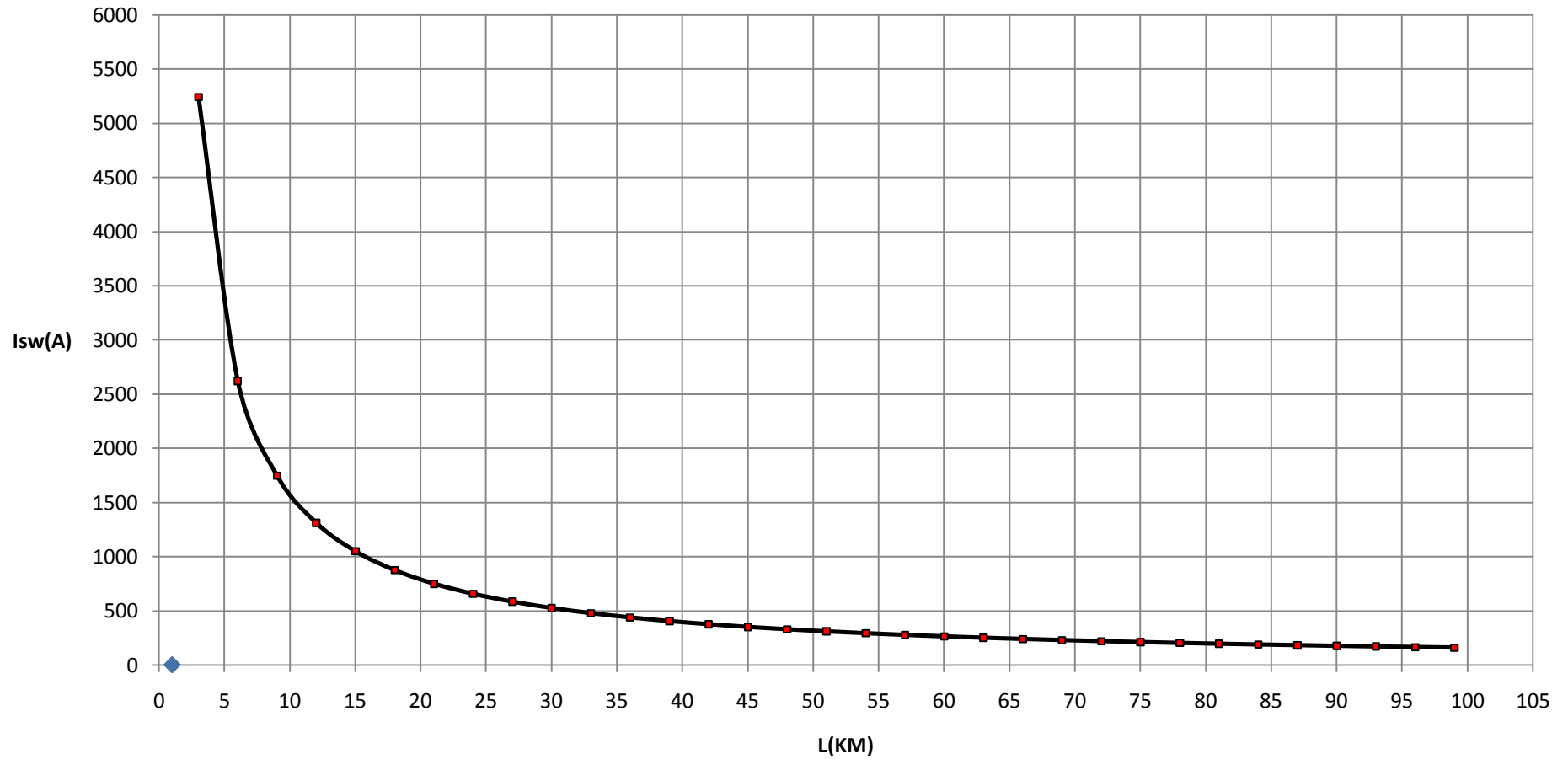
Σχήμα 6.7.3.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	5241,2673296	1834,4435654	5241,2673296	93,9728458	208,1059561
6	3,4560000	2,3820000	0,0000024	0,0000799	4,1974108	2620,6632093	917,2321232	2620,6632093	23,4937412	52,0276621
9	5,1840000	3,5730000	0,0000024	0,0000799	6,2960925	1747,1153716	611,4903801	1747,1153716	10,4417412	23,1235792
12	6,9120000	4,7640000	0,0000024	0,0000799	8,3947742	1310,3389908	458,6186468	1310,3389908	5,8735015	13,0070622
15	8,6400000	5,9550000	0,0000024	0,0000799	10,4934560	1048,2723744	366,8953310	1048,2723744	3,7590494	8,3245386
18	10,3680000	7,1460000	0,0000024	0,0000799	12,5921377	873,5609685	305,7463390	873,5609685	2,6104549	5,7809382
21	12,0960000	8,3370000	0,0000024	0,0000799	14,6908194	748,7669464	262,0684313	748,7669464	1,9178873	4,2472245
24	13,8240000	9,5280000	0,0000024	0,0000799	16,7895012	655,1713419	229,3099697	655,1713419	1,4683837	3,2517839
27	15,5520000	10,7190000	0,0000024	0,0000799	18,8881829	582,3747085	203,8311480	582,3747085	1,1602051	2,5693123
30	17,2800000	11,9100000	0,0000024	0,0000799	20,9868646	524,1373690	183,4480791	524,1373690	0,9397666	2,0811440
33	19,0080000	13,1010000	0,0000024	0,0000799	23,0855463	476,4886149	166,7710152	476,4886149	0,7766669	1,7199544
36	20,7360000	14,2920000	0,0000024	0,0000799	25,1842281	436,7813050	152,8734567	436,7813050	0,6526162	1,4452400
39	22,4640000	15,4830000	0,0000024	0,0000799	27,2829098	403,1828013	141,1139805	403,1828013	0,5560755	1,2314474
42	24,1920000	16,6740000	0,0000024	0,0000799	29,3815915	374,3840762	131,0344267	374,3840762	0,4794734	1,0618095
45	25,9200000	17,8650000	0,0000024	0,0000799	31,4802733	349,4251753	122,2988113	349,4251753	0,4176747	0,9249543
48	27,6480000	19,0560000	0,0000024	0,0000799	33,5789550	327,5861326	114,6551464	327,5861326	0,3670969	0,8129483
51	29,3760000	20,2470000	0,0000024	0,0000799	35,6776367	308,3163856	107,9107350	308,3163856	0,3251794	0,7201204
54	31,1040000	21,4380000	0,0000024	0,0000799	37,7763184	291,1877190	101,9157017	291,1877190	0,2900520	0,6423297
57	32,8320000	22,6290000	0,0000024	0,0000799	39,8750002	275,8620678	96,5517237	275,8620678	0,2603237	0,5764954
60	34,5600000	23,8200000	0,0000024	0,0000799	41,9736819	262,0689799	91,7241430	262,0689799	0,2349422	0,5202872
63	36,2880000	25,0110000	0,0000024	0,0000799	44,0723636	249,5895181	87,3563313	249,5895181	0,2130995	0,4719159
66	38,0160000	26,2020000	0,0000024	0,0000799	46,1710454	238,2445516	83,3855931	238,2445516	0,1941671	0,4299895
69	39,7440000	27,3930000	0,0000024	0,0000799	48,2697271	227,8861030	79,7601361	227,8861030	0,1776501	0,3934120
72	41,4720000	28,5840000	0,0000024	0,0000799	50,3684088	218,3908576	76,4368002	218,3908576	0,1631544	0,3613107
75	43,2000000	29,7750000	0,0000024	0,0000799	52,4670905	209,6552312	73,3793309	209,6552312	0,1503631	0,3329839
78	44,9280000	30,9660000	0,0000024	0,0000799	54,5657723	201,5915755	70,5570514	201,5915755	0,1390191	0,3078624
81	46,6560000	32,1570000	0,0000024	0,0000799	56,6644540	194,1252271	67,9438295	194,1252271	0,1289121	0,2854801
84	48,3840000	33,3480000	0,0000024	0,0000799	58,7631357	187,1921888	65,5172661	187,1921888	0,1198685	0,2654528
87	50,1120000	34,5390000	0,0000024	0,0000799	60,8618175	180,7372908	63,2580518	180,7372908	0,1117443	0,2474614
90	51,8400000	35,7300000	0,0000024	0,0000799	62,9604992	174,7127189	61,1494516	174,7127189	0,1044188	0,2312389
93	53,5680000	36,9210000	0,0000024	0,0000799	65,0591809	169,0768289	59,1768901	169,0768289	0,0977908	0,2165609
96	55,2960000	38,1120000	0,0000024	0,0000799	67,1578627	163,7931817	57,3276136	163,7931817	0,0917744	0,2032374
99	57,0240000	39,3030000	0,0000024	0,0000799	69,2565444	158,8297553	55,5904144	158,8297553	0,0862966	0,1911066

Πίνακας 6.7.4: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

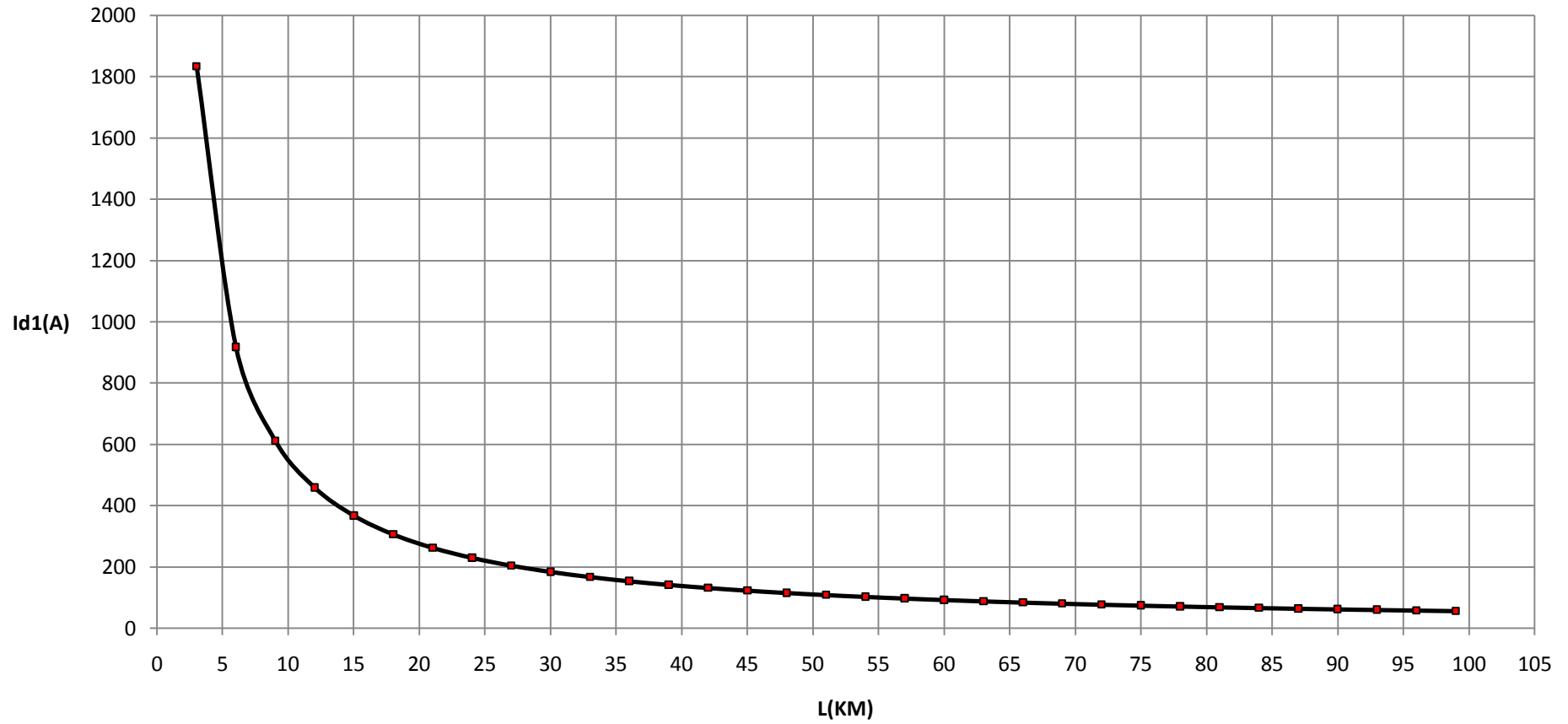
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.7.4.1

$I_{d1}=f(L)$

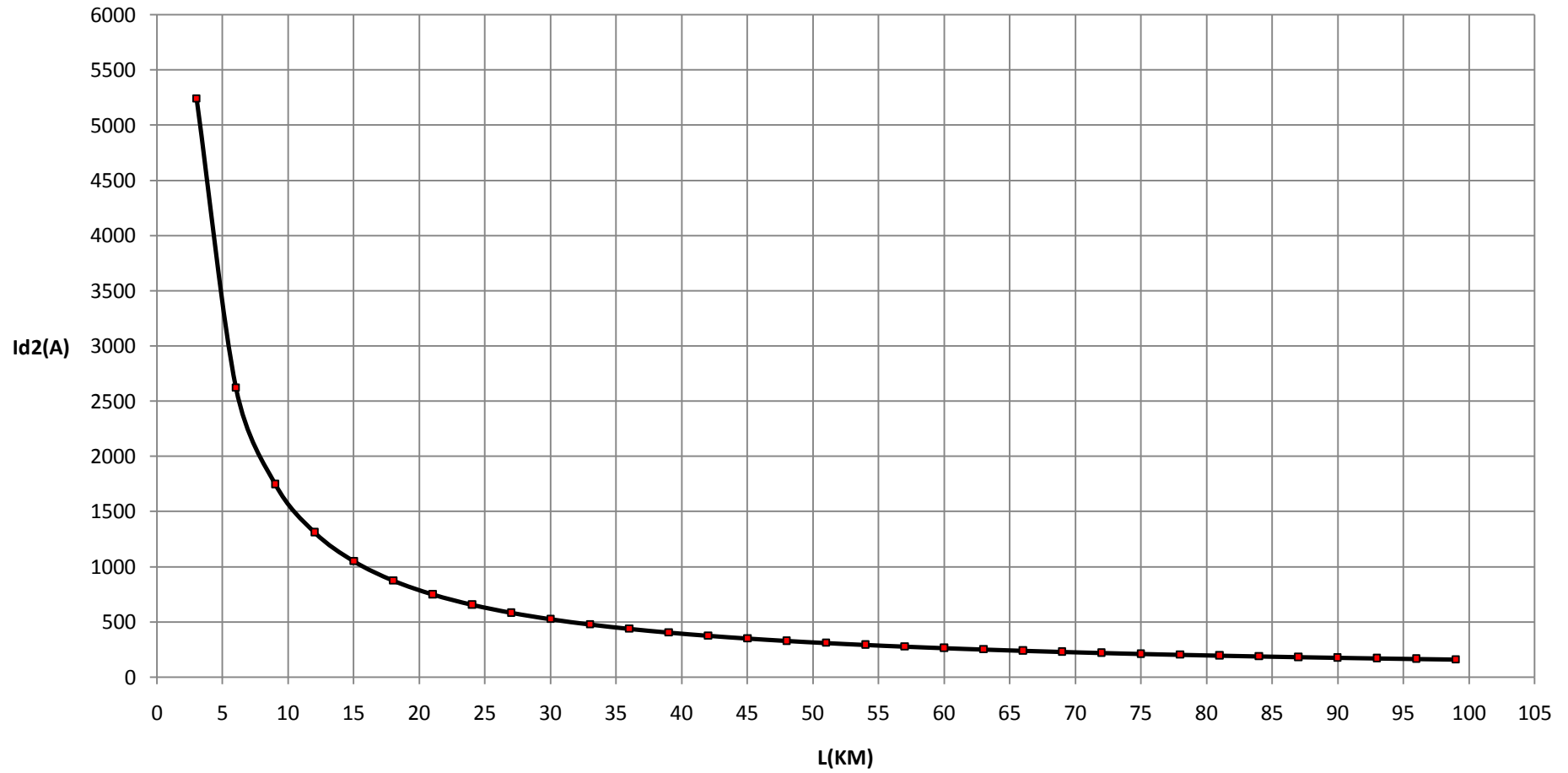
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.7.4.2

$I_{d2}=f(L)$

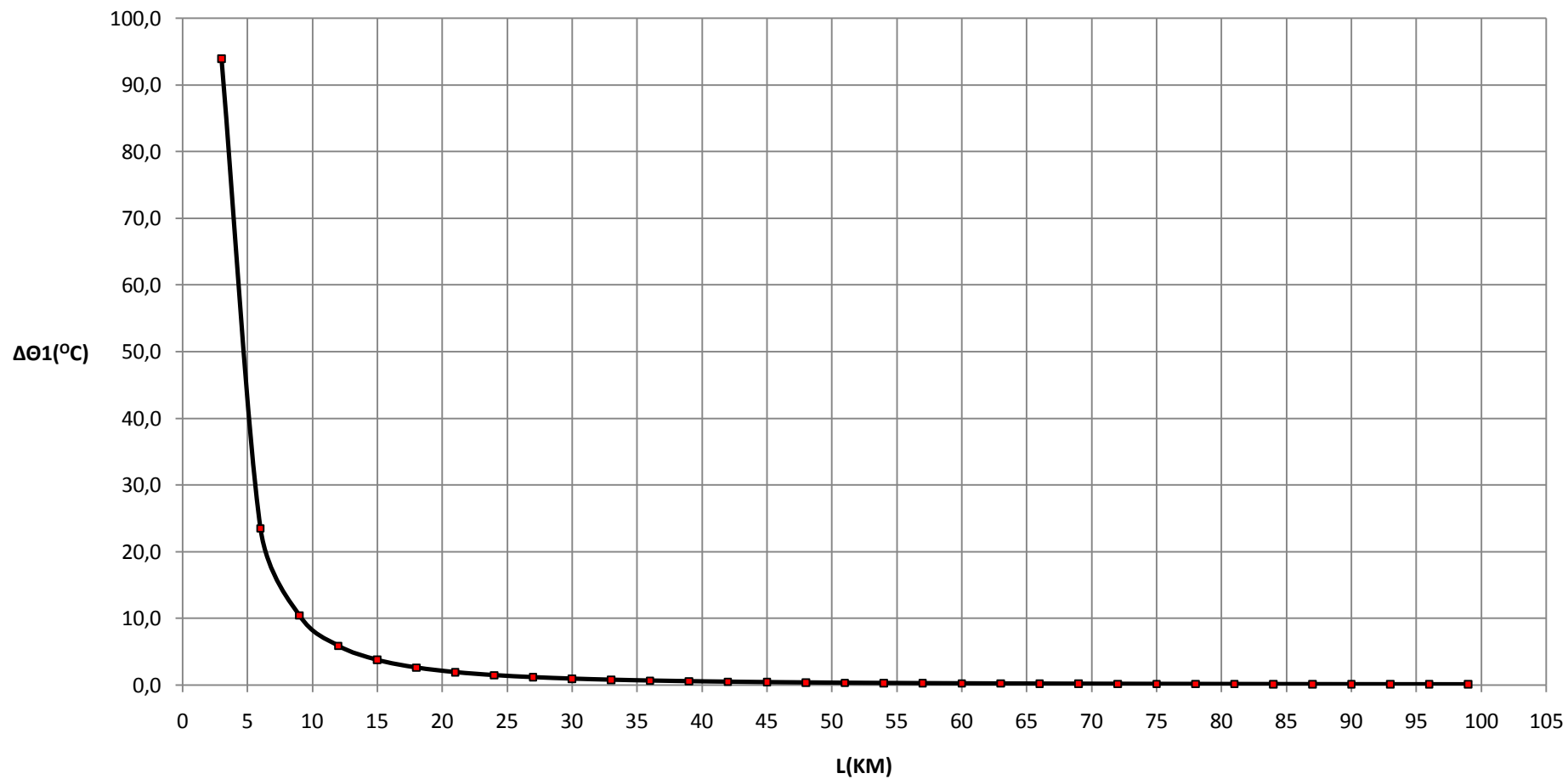
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.7.4.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

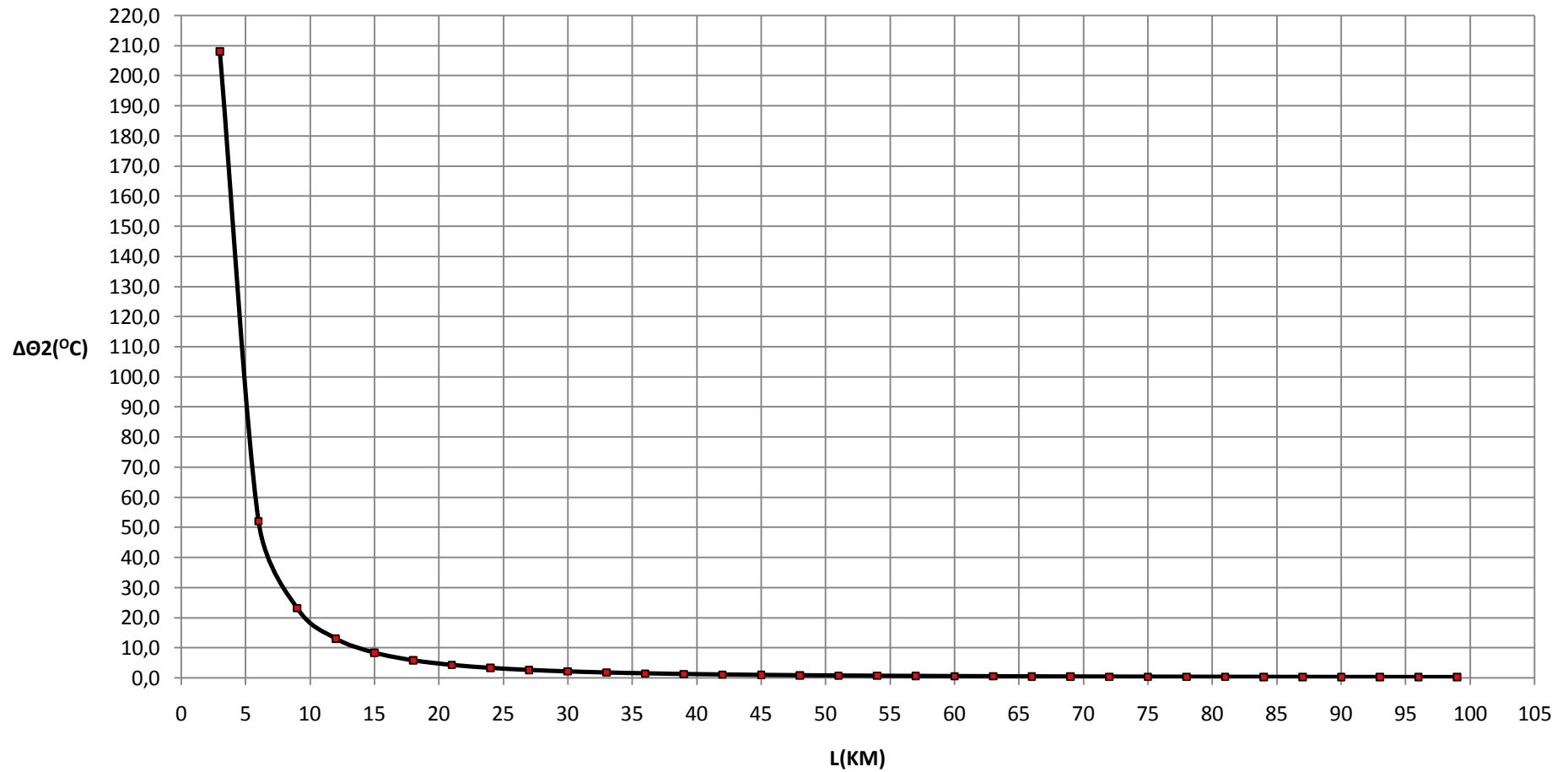
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.7.4.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.7.4.5

6.8 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

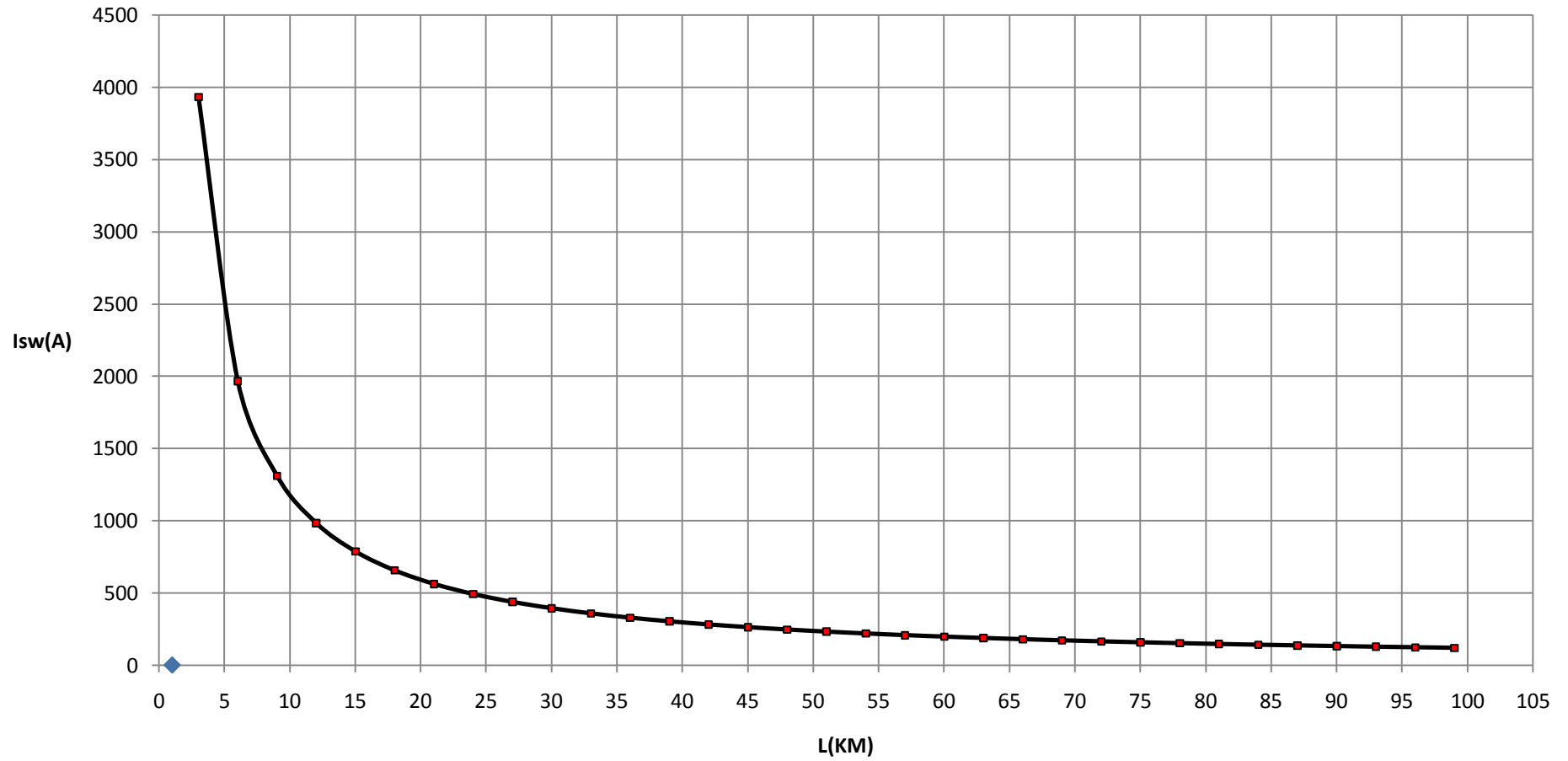
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	3930,9061274	1375,8171446	3930,9061274	45,2406852	54,8704490
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	1965,4863145	687,9202101	1965,4863145	11,3105540	13,7180764
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1310,3315987	458,6160596	1310,3315987	5,0269696	6,0969916
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	982,7514700	343,9630145	982,7514700	2,8276863	3,4295771
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	786,2025060	275,1708771	786,2025060	1,8097254	2,1949368
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	655,1694939	229,3093229	655,1694939	1,2567566	1,5242651
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	561,5743043	196,5510065	561,5743043	0,9233328	1,1198700
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	491,3778132	171,9822346	491,3778132	0,7069276	0,8574015
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	436,7804836	152,8731693	436,7804836	0,5585606	0,6774537
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	393,1025830	137,5859041	393,1025830	0,4524344	0,5487379
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	357,3660945	125,0781331	357,3660945	0,3739130	0,4535027
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	327,5856706	114,6549847	327,5856706	0,3141909	0,3810684
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	302,3868384	105,8353935	302,3868384	0,2677131	0,3246975
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	280,7878307	98,2757408	280,7878307	0,2308343	0,2799689
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	262,0686843	91,7240395	262,0686843	0,2010824	0,2438841
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	245,6894261	85,9912991	245,6894261	0,1767326	0,2143513
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	231,2371357	80,9329975	231,2371357	0,1565521	0,1898752
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	218,3906523	76,4367283	218,3906523	0,1396407	0,1693641
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	206,8964279	72,4137498	206,8964279	0,1253285	0,1520054
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	196,5516240	68,7930684	196,5516240	0,1131090	0,1371849
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	187,1920380	65,5172133	187,1920380	0,1025932	0,1244308
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	178,6833221	62,5391627	178,6833221	0,0934785	0,1133760
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	170,9144934	59,8200727	170,9144934	0,0855267	0,1037316
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	163,7930662	57,3275732	163,7930662	0,0785479	0,0952674
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	157,2413524	55,0344733	157,2413524	0,0723898	0,0877984
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	151,1936160	52,9177656	151,1936160	0,0669284	0,0811746
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	145,5938594	50,9578508	145,5938594	0,0620626	0,0752730
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	140,3940850	49,1379298	140,3940850	0,0577087	0,0699924
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	135,5529153	47,4435204	135,5529153	0,0537974	0,0652486
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	131,0344899	45,8620715	131,0344899	0,0502707	0,0609712
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	126,8075755	44,3826514	126,8075755	0,0470798	0,0571010
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	122,8448429	42,9956950	122,8448429	0,0441833	0,0535879
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	119,1222758	41,6927965	119,1222758	0,0415461	0,0503894

Πίνακας 6.8.1: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

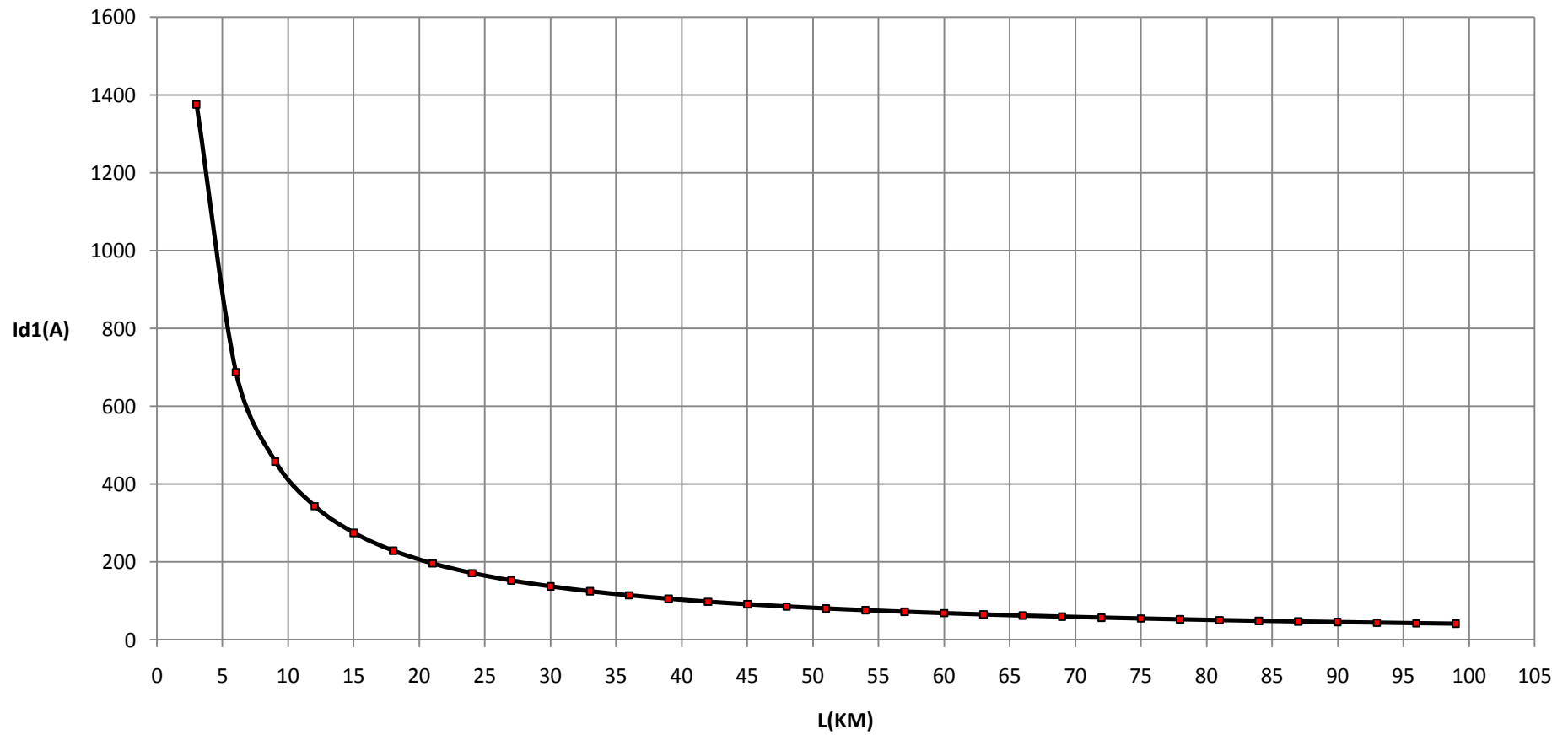
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.8.1.1

$I_{d1}=f(L)$

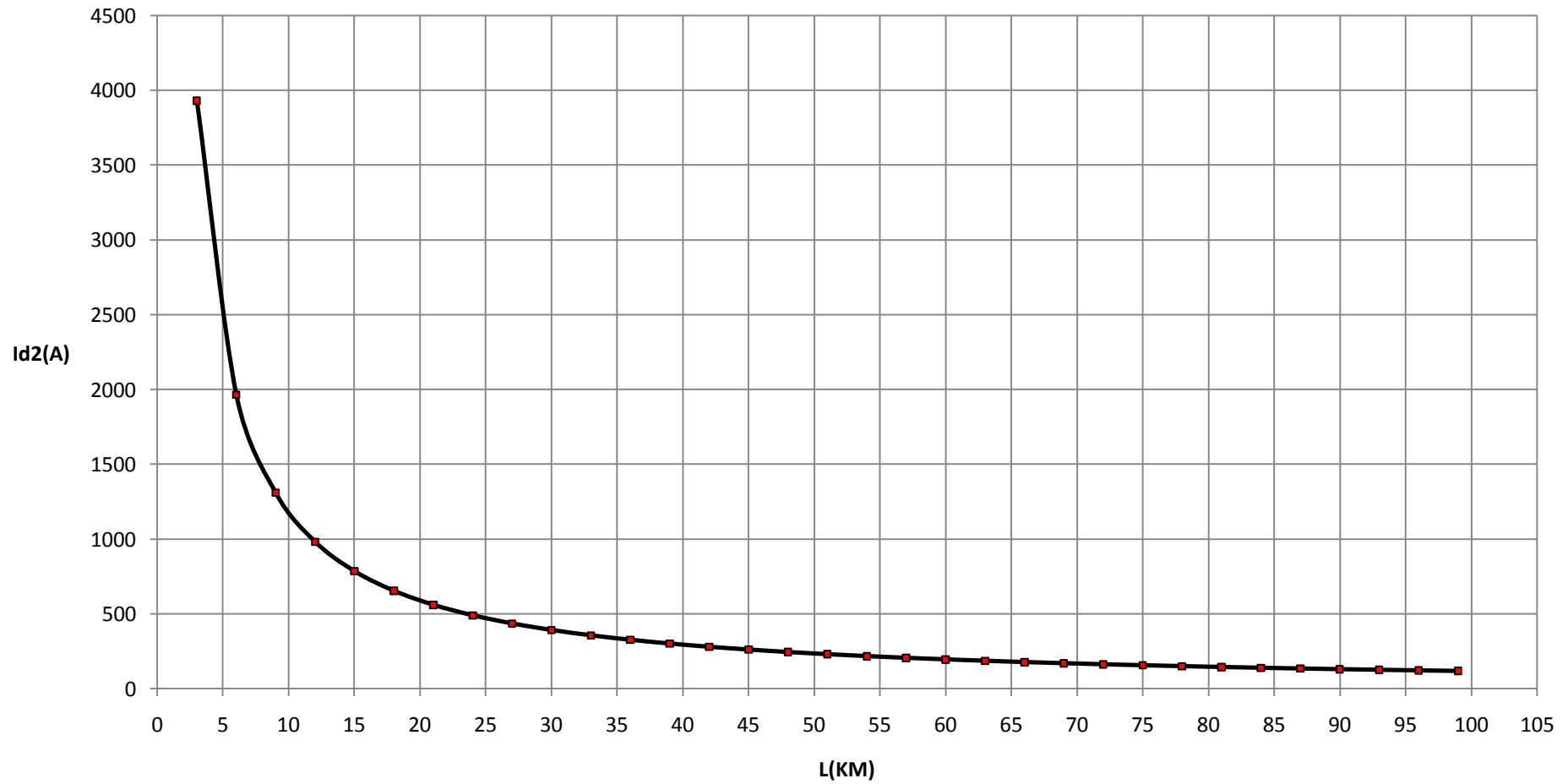
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.8.1.2

$I_{d2}=f(L)$

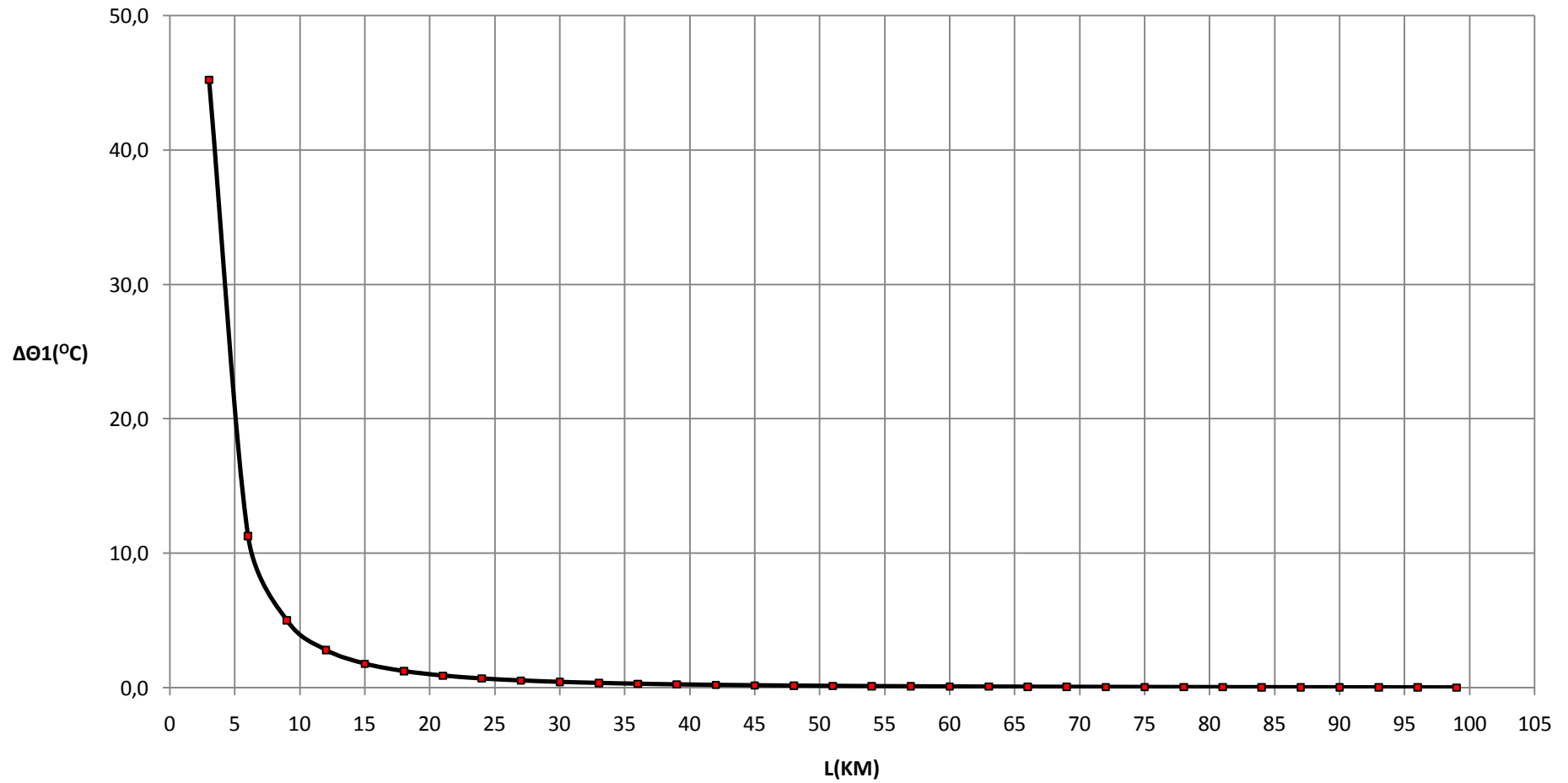
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.8.1.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

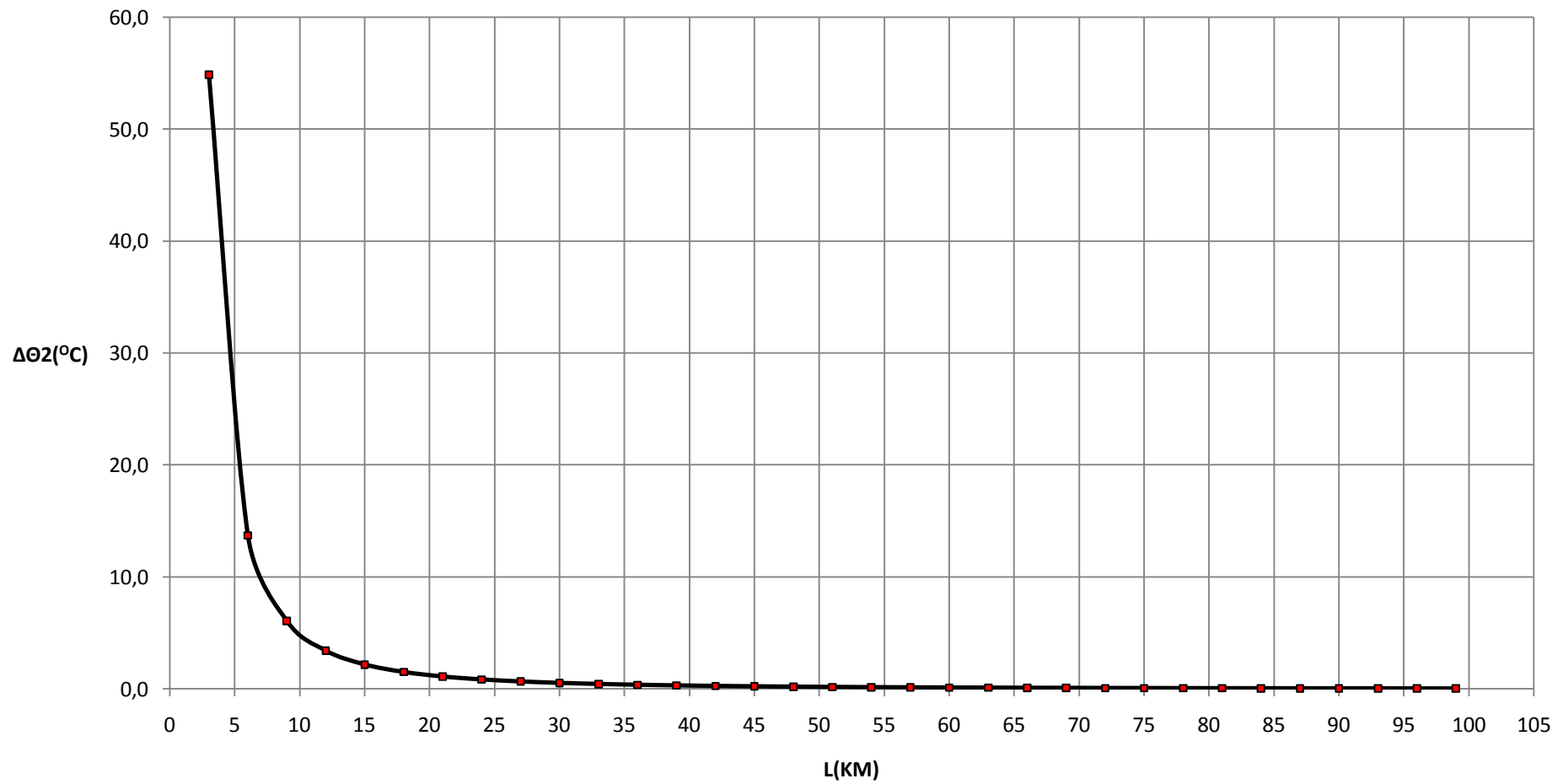
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡN=25 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.8.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,15 sec



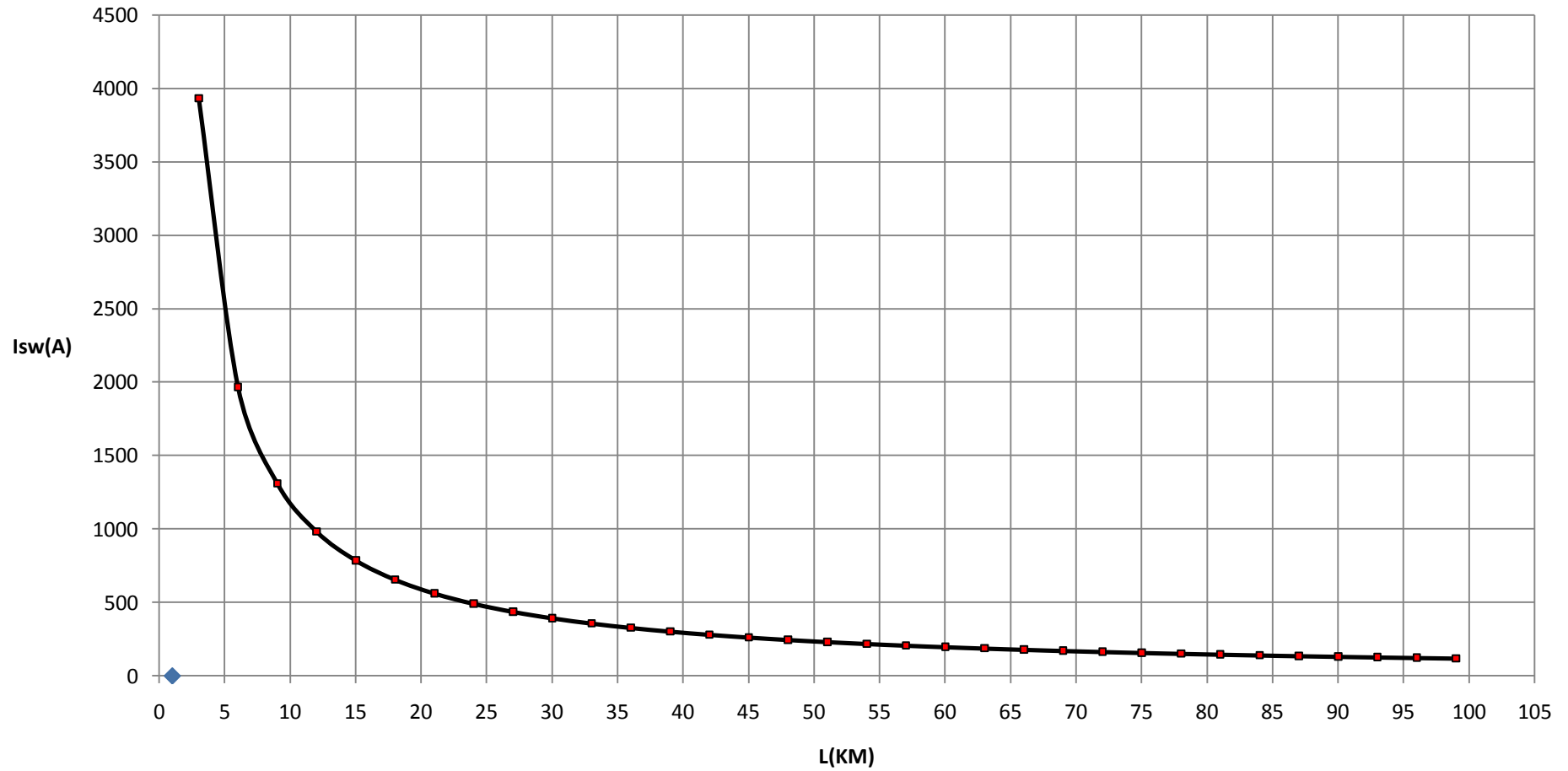
Σχήμα 6.8.1.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	3930,9061274	1375,8171446	3930,9061274	46,1369025	62,1865088
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	1965,4863145	687,9202101	1965,4863145	11,5346159	15,5471532
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1310,3315987	458,6160596	1310,3315987	5,1265538	6,9099238
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	982,7514700	343,9630145	982,7514700	2,8837028	3,8868541
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	786,2025060	275,1708771	786,2025060	1,8455760	2,4875950
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	655,1694939	229,3093229	655,1694939	1,2816529	1,7275004
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	561,5743043	196,5510065	561,5743043	0,9416241	1,2691860
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	491,3778132	171,9822346	491,3778132	0,7209318	0,9717217
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	436,7804836	152,8731693	436,7804836	0,5696257	0,7677809
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	393,1025830	137,5859041	393,1025830	0,4613971	0,6219030
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	357,3660945	125,0781331	357,3660945	0,3813202	0,5139697
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	327,5856706	114,6549847	327,5856706	0,3204150	0,4318775
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	302,3868384	105,8353935	302,3868384	0,2730165	0,3679905
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	280,7878307	98,2757408	280,7878307	0,2354072	0,3172980
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	262,0686843	91,7240395	262,0686843	0,2050659	0,2764019
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	245,6894261	85,9912991	245,6894261	0,1802337	0,2429315
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	231,2371357	80,9329975	231,2371357	0,1596534	0,2151919
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	218,3906523	76,4367283	218,3906523	0,1424069	0,1919459
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	206,8964279	72,4137498	206,8964279	0,1278112	0,1722728
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	196,5516240	68,7930684	196,5516240	0,1153497	0,1554763
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	187,1920380	65,5172133	187,1920380	0,1046256	0,1410216
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	178,6833221	62,5391627	178,6833221	0,0953303	0,1284928
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	170,9144934	59,8200727	170,9144934	0,0872210	0,1175624
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	163,7930662	57,3275732	163,7930662	0,0801040	0,1079697
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	157,2413524	55,0344733	157,2413524	0,0738238	0,0995049
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	151,1936160	52,9177656	151,1936160	0,0682543	0,0919979
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	145,5938594	50,9578508	145,5938594	0,0632921	0,0853094
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	140,3940850	49,1379298	140,3940850	0,0588519	0,0793247
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	135,5529153	47,4435204	135,5529153	0,0548632	0,0739484
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	131,0344899	45,8620715	131,0344899	0,0512666	0,0691006
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	126,8075755	44,3826514	126,8075755	0,0480124	0,0647144
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	122,8448429	42,9956950	122,8448429	0,0450585	0,0607330
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	119,1222758	41,6927965	119,1222758	0,0423691	0,0571080

Πίνακας 6.8.2: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

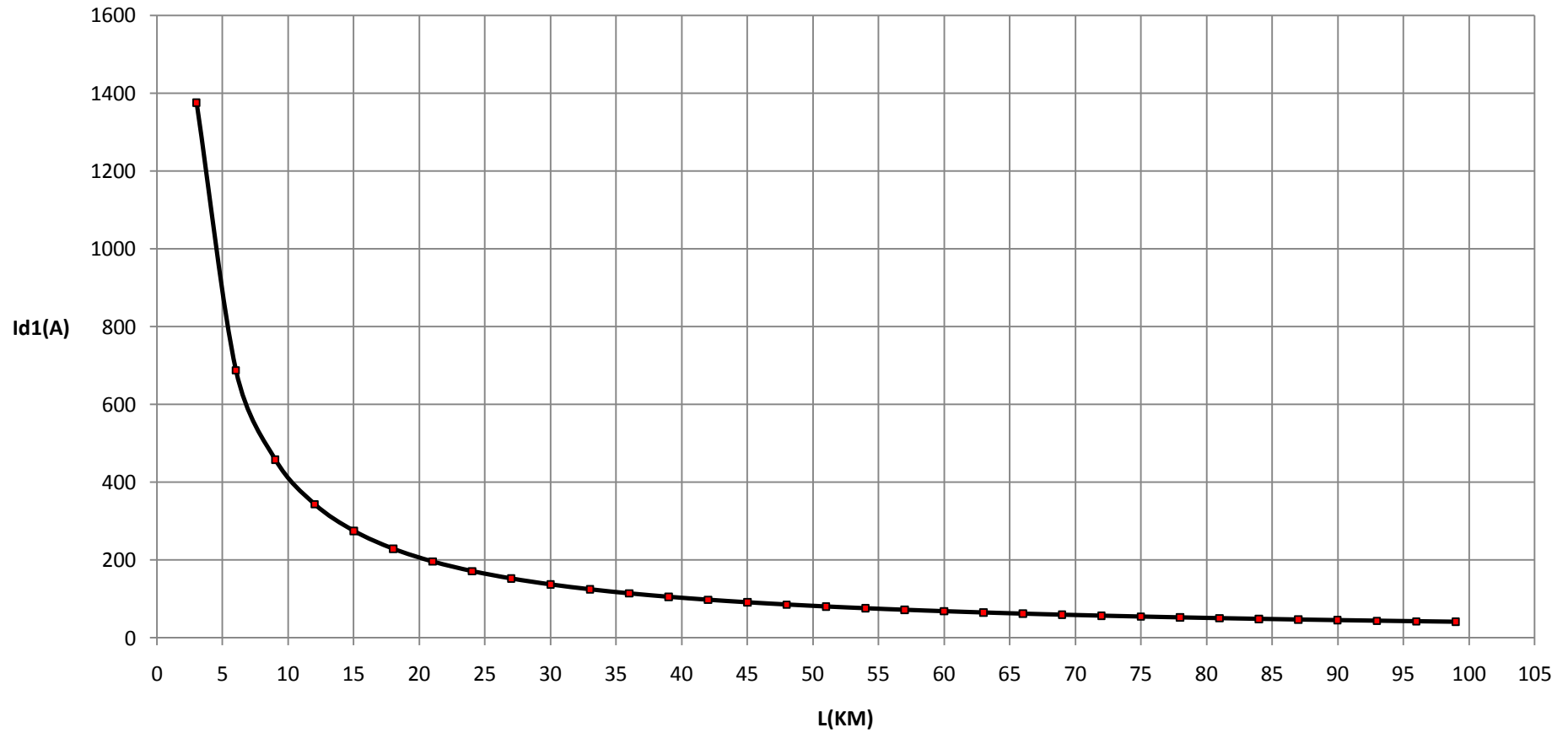
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡN=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.8.2.1

$I_{d1}=f(L)$

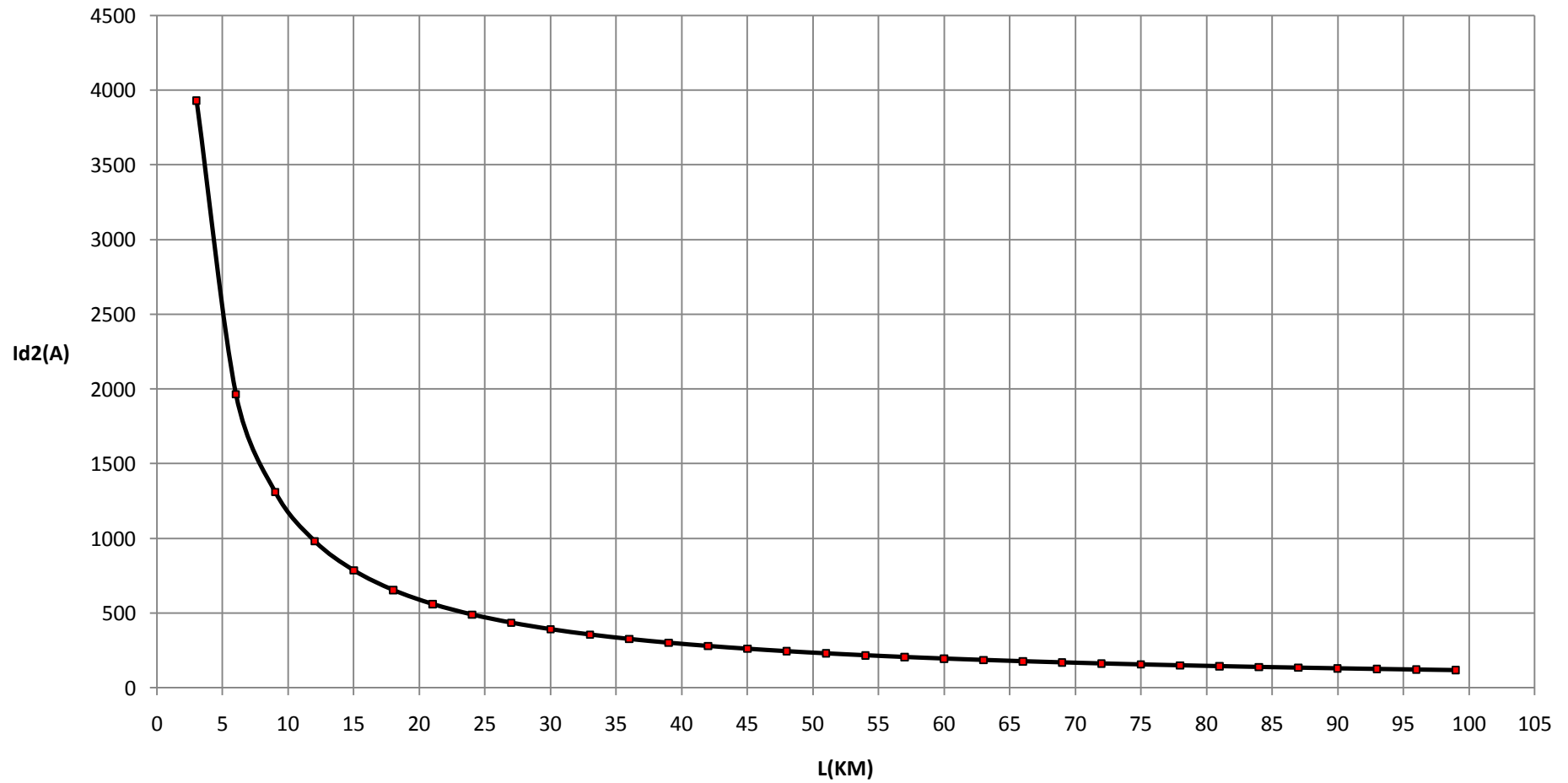
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.8.2.2

$I_{d2}=f(L)$

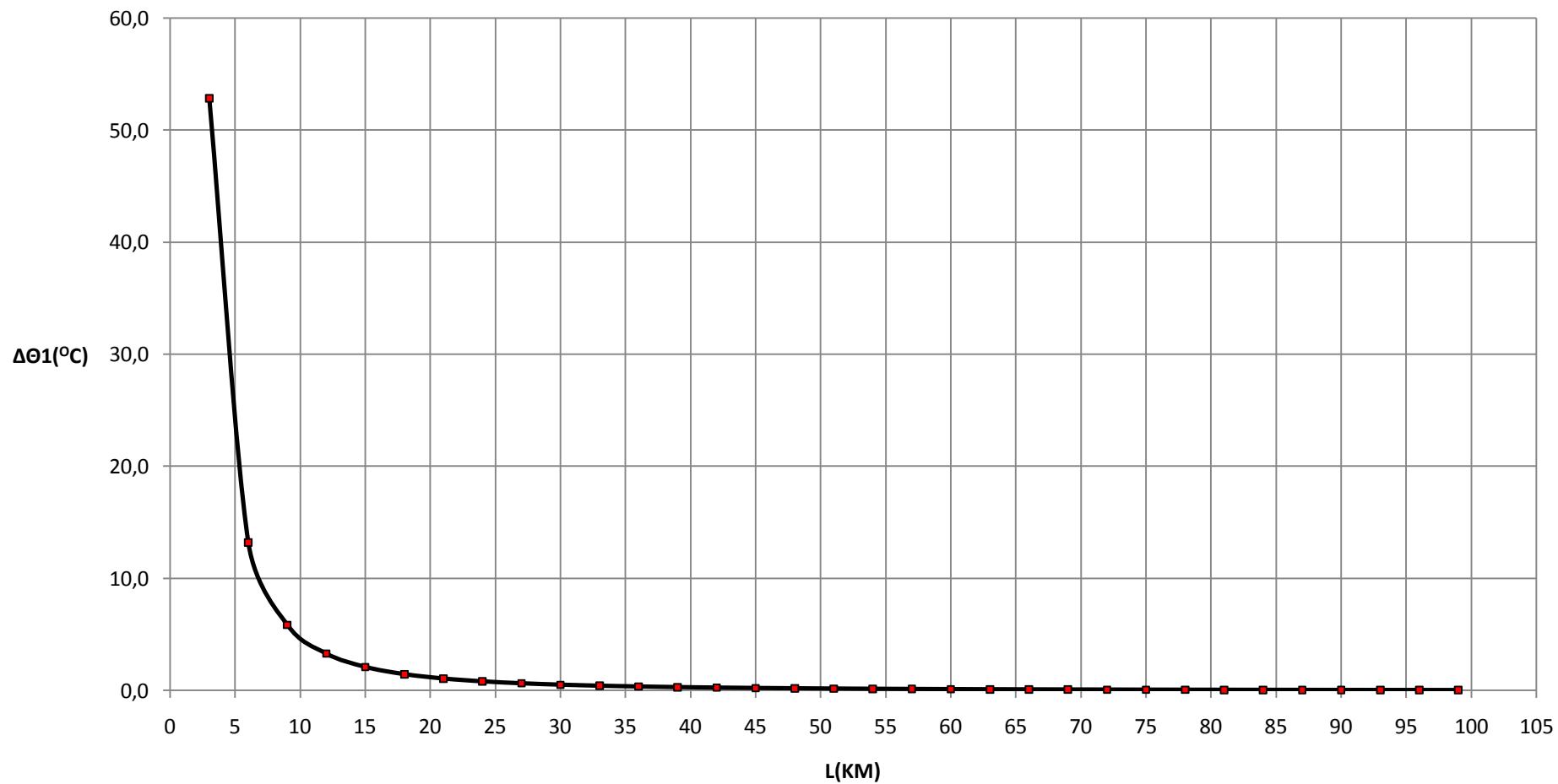
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.8.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

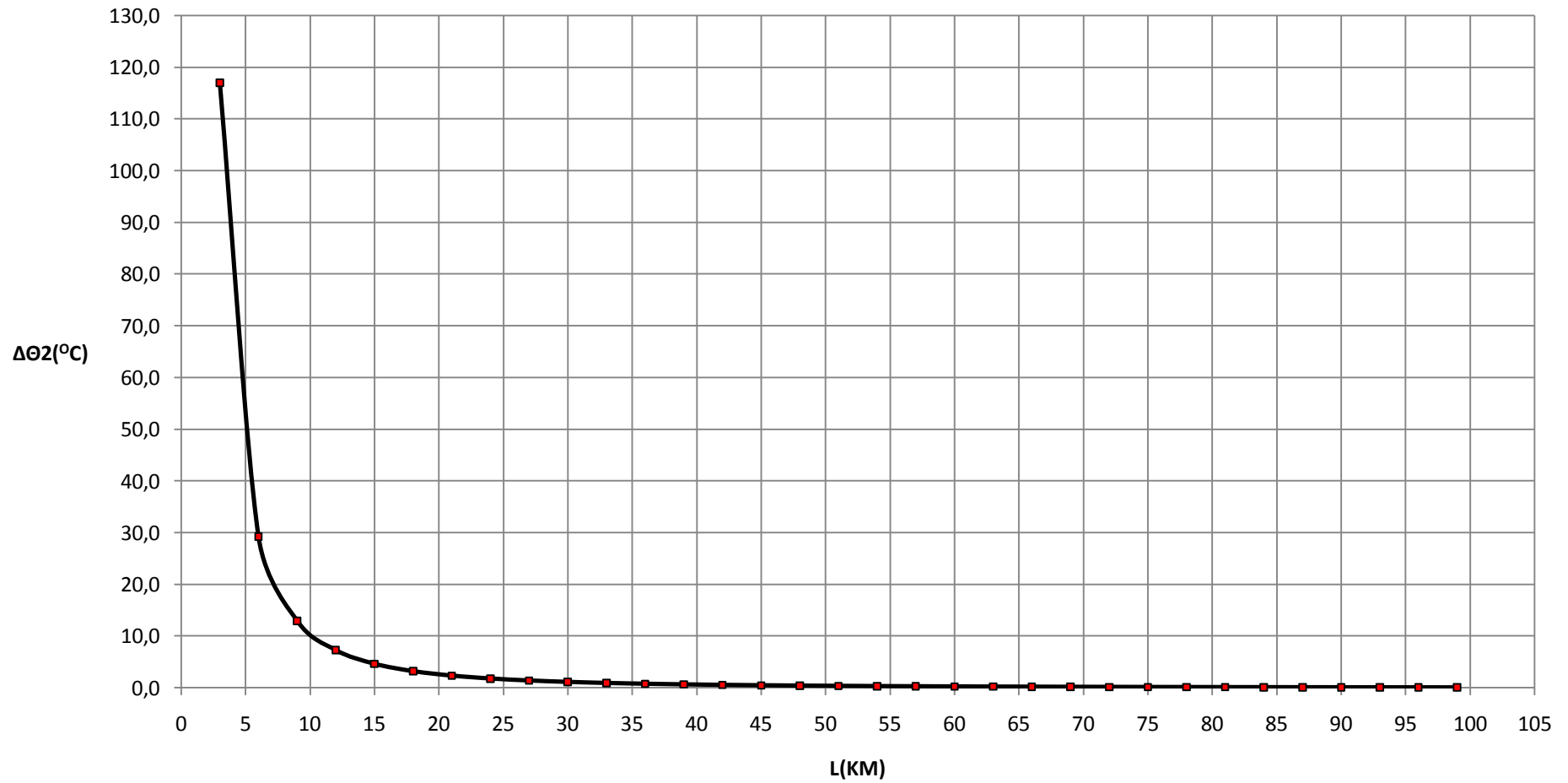
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.8.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡN=25 MVA, t=0,25 sec



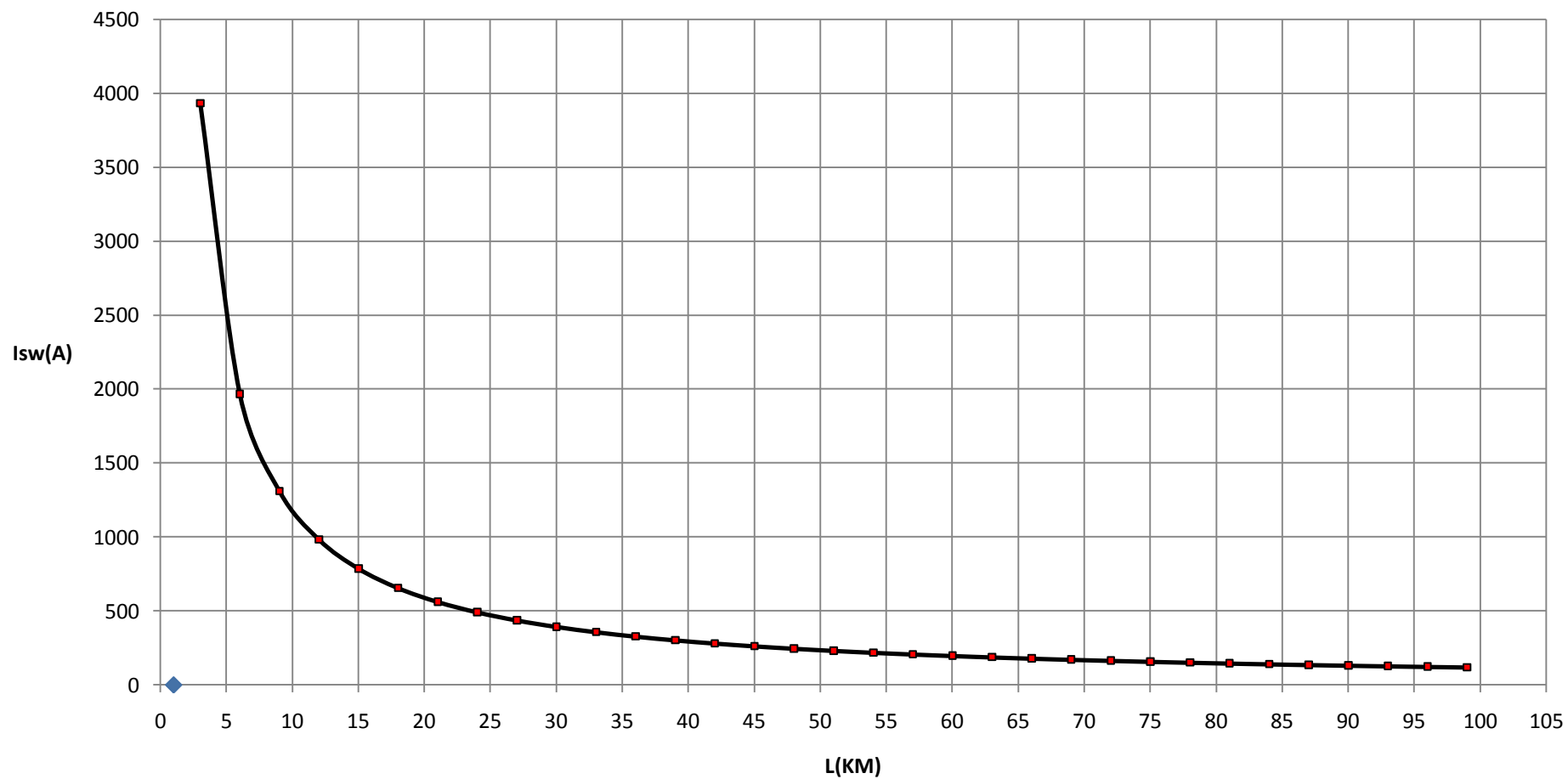
Σχήμα 6.8.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	3930,9061274	1375,8171446	3930,9061274	47,4812285	73,1605986
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	1965,4863145	687,9202101	1965,4863145	11,8707088	18,2907685
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1310,3315987	458,6160596	1310,3315987	5,2759301	8,1293221
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	982,7514700	343,9630145	982,7514700	2,9677274	4,5727695
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	786,2025060	275,1708771	786,2025060	1,8993520	2,9265824
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	655,1694939	229,3093229	655,1694939	1,3189974	2,0323535
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	561,5743043	196,5510065	561,5743043	0,9690609	1,4931600
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	491,3778132	171,9822346	491,3778132	0,7419381	1,1432020
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	436,7804836	152,8731693	436,7804836	0,5862233	0,9032716
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	393,1025830	137,5859041	393,1025830	0,4748412	0,7316505
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	357,3660945	125,0781331	357,3660945	0,3924310	0,6046702
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	327,5856706	114,6549847	327,5856706	0,3297512	0,5080912
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	302,3868384	105,8353935	302,3868384	0,2809716	0,4329300
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	280,7878307	98,2757408	280,7878307	0,2422664	0,3732918
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	262,0686843	91,7240395	262,0686843	0,2110410	0,3251788
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	245,6894261	85,9912991	245,6894261	0,1854853	0,2858017
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	231,2371357	80,9329975	231,2371357	0,1643054	0,2531670
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	218,3906523	76,4367283	218,3906523	0,1465564	0,2258187
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	206,8964279	72,4137498	206,8964279	0,1315354	0,2026739
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	196,5516240	68,7930684	196,5516240	0,1187107	0,1829133
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	187,1920380	65,5172133	187,1920380	0,1076741	0,1659077
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	178,6833221	62,5391627	178,6833221	0,0981080	0,1511680
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	170,9144934	59,8200727	170,9144934	0,0897624	0,1383088
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	163,7930662	57,3275732	163,7930662	0,0824380	0,1270232
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	157,2413524	55,0344733	157,2413524	0,0759749	0,1170646
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	151,1936160	52,9177656	151,1936160	0,0702431	0,1082328
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	145,5938594	50,9578508	145,5938594	0,0651362	0,1003640
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	140,3940850	49,1379298	140,3940850	0,0605667	0,0933232
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	135,5529153	47,4435204	135,5529153	0,0564617	0,0869981
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	131,0344899	45,8620715	131,0344899	0,0527604	0,0812949
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	126,8075755	44,3826514	126,8075755	0,0494114	0,0761346
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	122,8448429	42,9956950	122,8448429	0,0463714	0,0714506
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	119,1222758	41,6927965	119,1222758	0,0436036	0,0671859

Πίνακας 6.8.3: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , MΣ 150/15 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

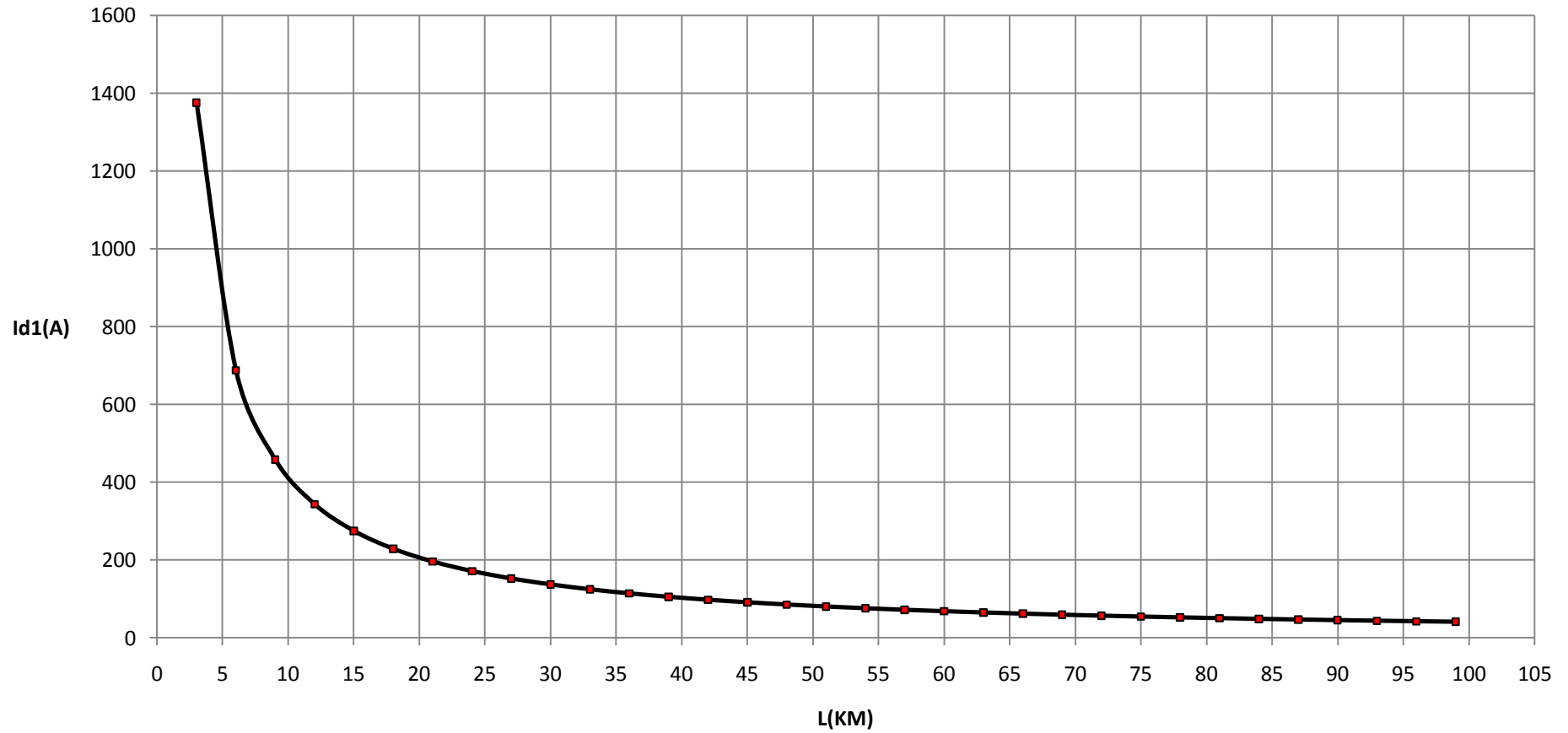
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.8.3.1

$I_{d1}=f(L)$

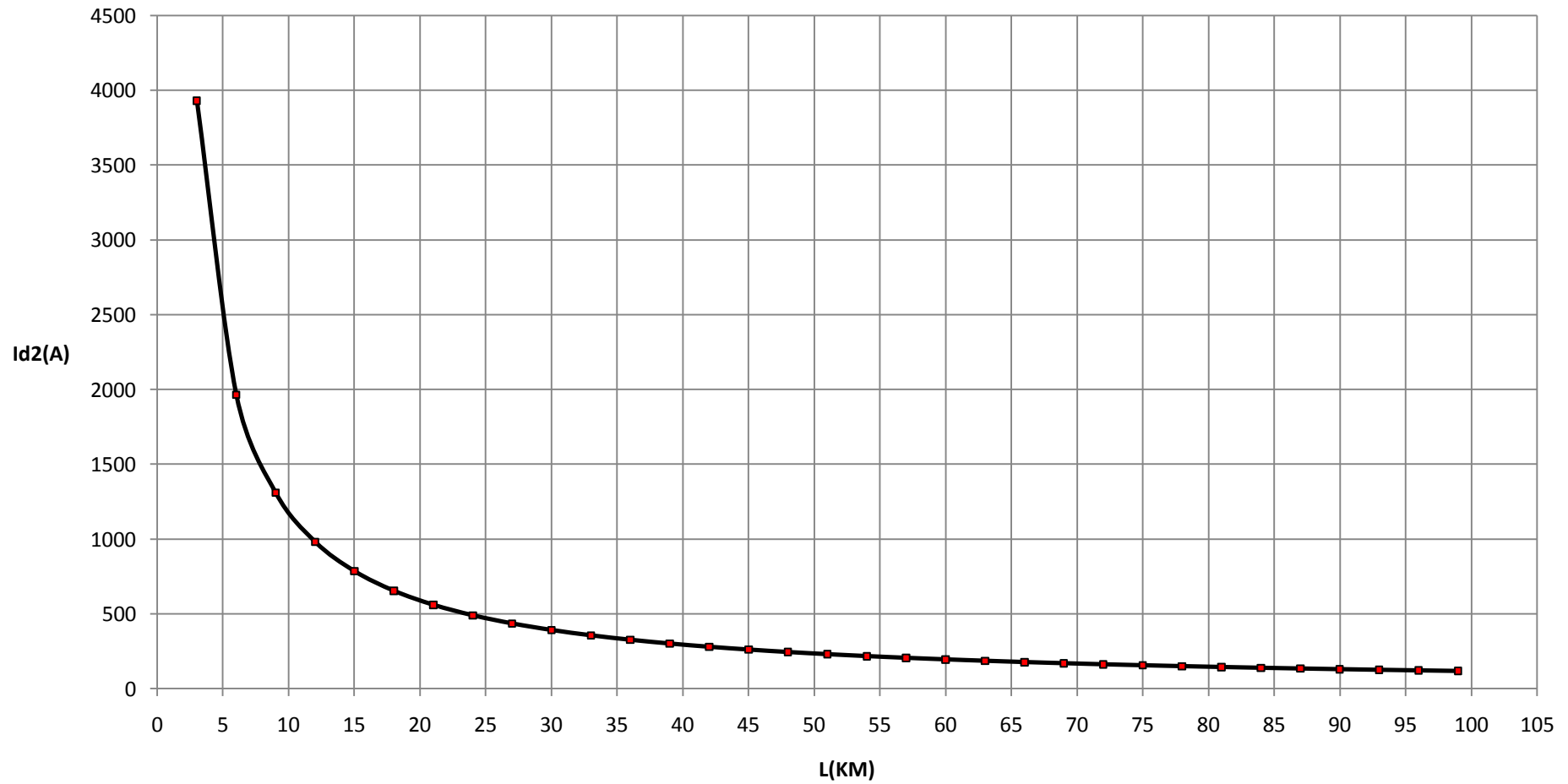
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.8.3.2

$I_{d2}=f(L)$

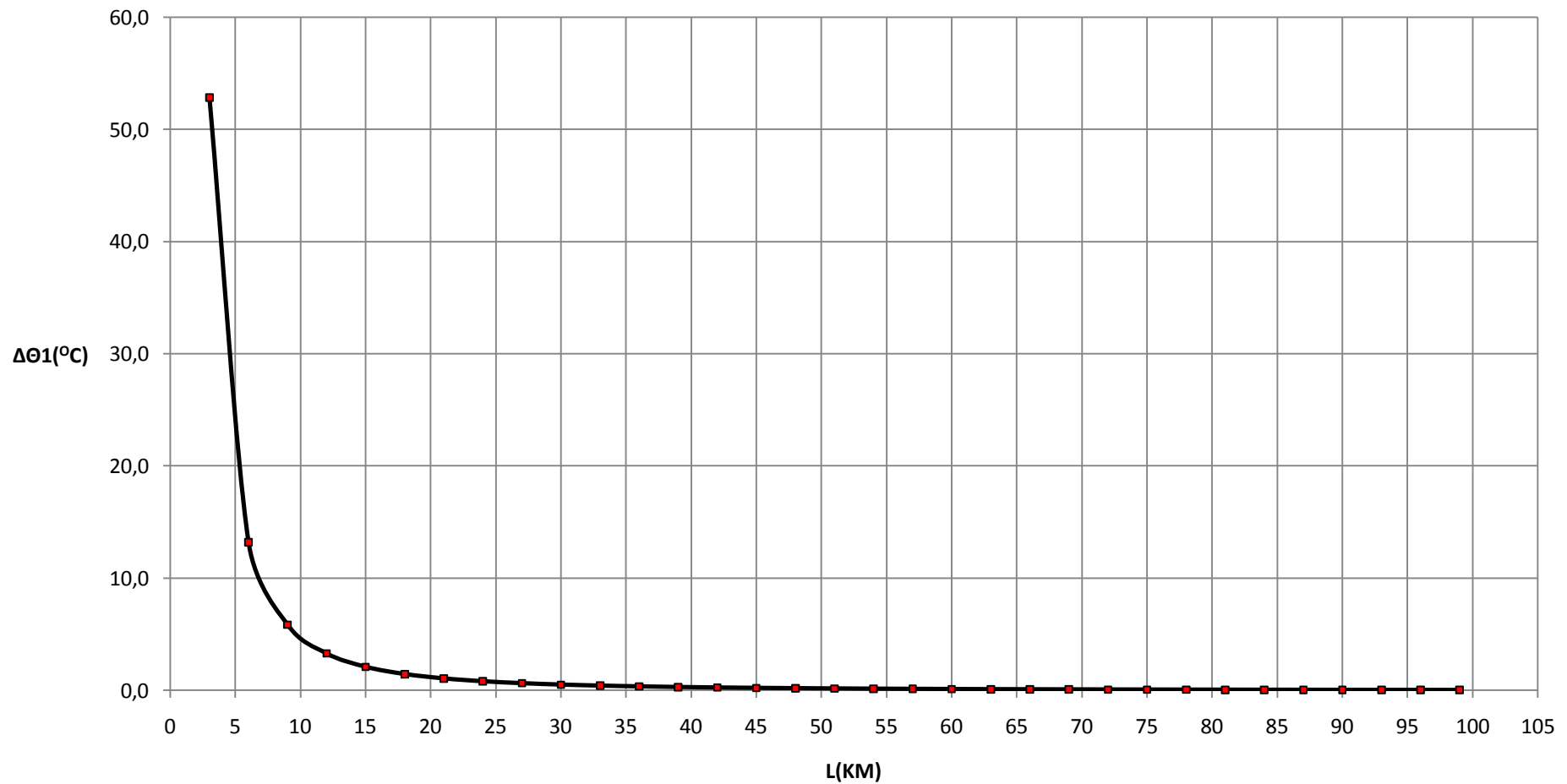
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.8.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

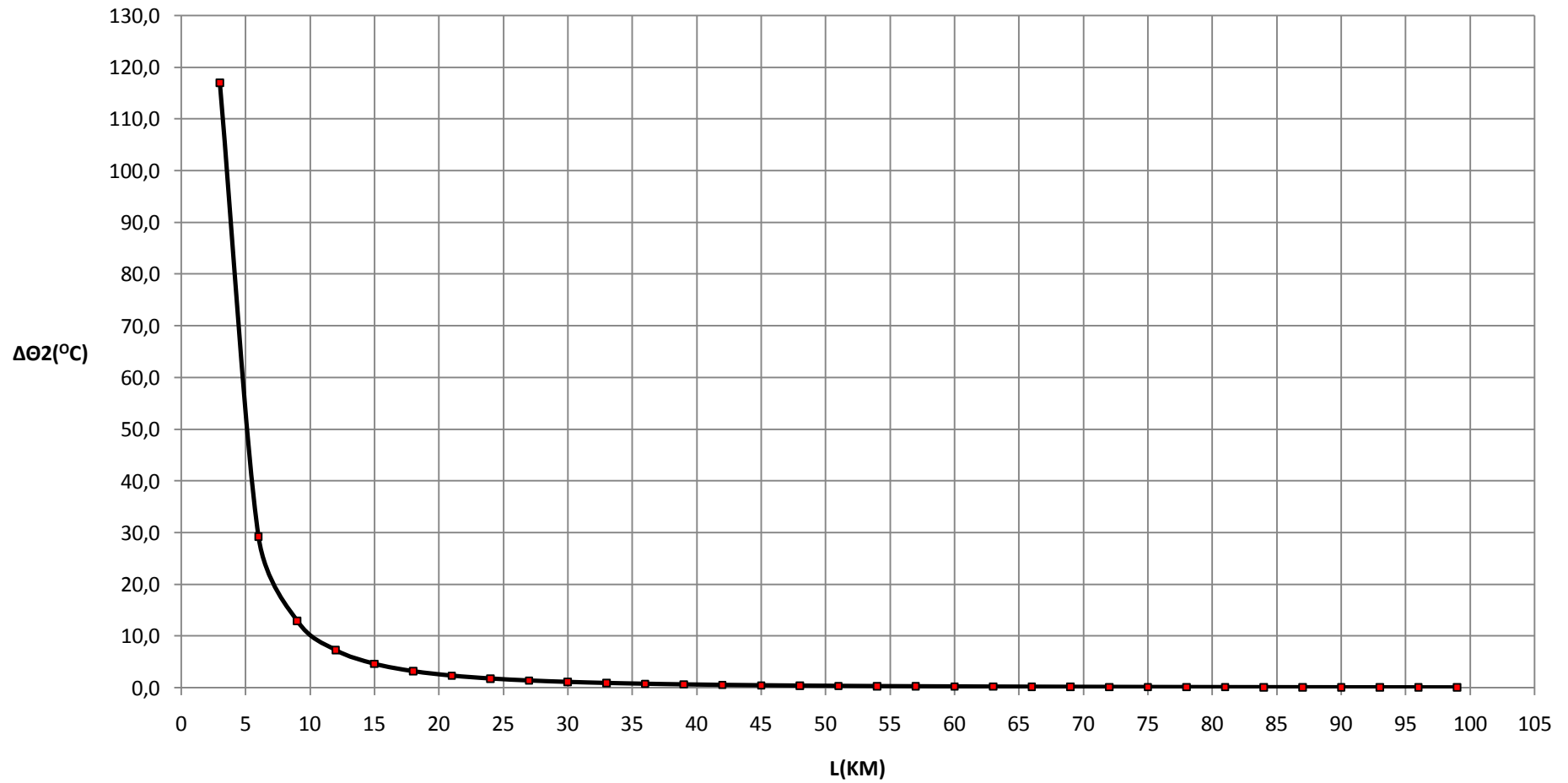
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.8.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=0,4 sec



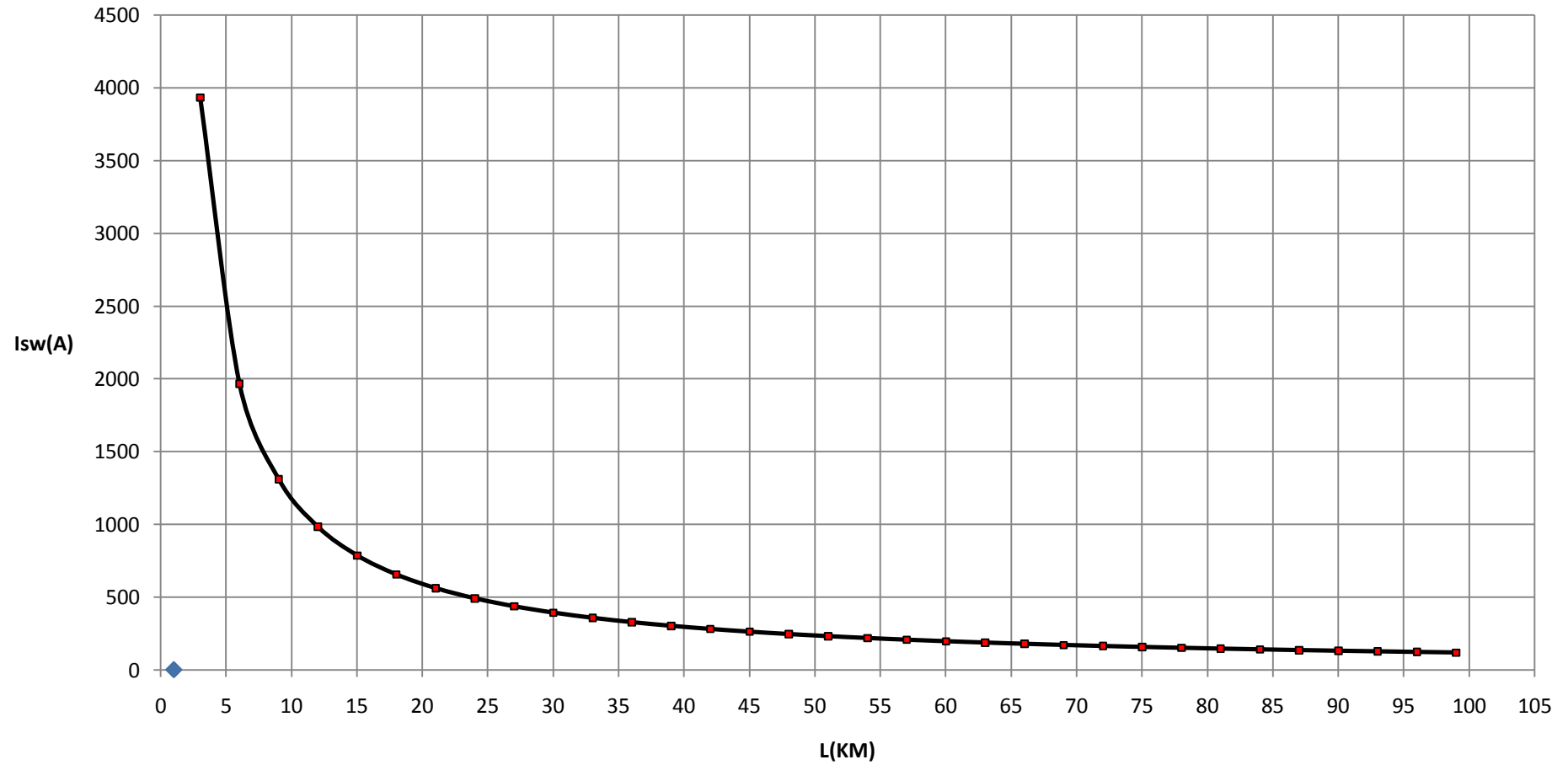
Σχήμα 6.8.3.5

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°C)	ΔΘ2 (°C)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	3930,9061274	1375,8171446	3930,9061274	52,8585325	117,0569578
6	3,4560000	2,3820000	0,0000036	0,0001199	4,1974345	1965,4863145	687,9202101	1965,4863145	13,2150802	29,2652296
9	5,1840000	3,5730000	0,0000036	0,0001199	6,2961162	1310,3315987	458,6160596	1310,3315987	5,8734352	13,0069154
12	6,9120000	4,7640000	0,0000036	0,0001199	8,3947979	982,7514700	343,9630145	982,7514700	3,3038260	7,3164312
15	8,6400000	5,9550000	0,0000036	0,0001199	10,4934797	786,2025060	275,1708771	786,2025060	2,1144558	4,6825318
18	10,3680000	7,1460000	0,0000036	0,0001199	12,5921614	655,1694939	229,3093229	655,1694939	1,4683754	3,2517655
21	12,0960000	8,3370000	0,0000036	0,0001199	14,6908431	561,5743043	196,5510065	561,5743043	1,0788081	2,3890561
24	13,8240000	9,5280000	0,0000036	0,0001199	16,7895248	491,3778132	171,9822346	491,3778132	0,8259635	1,8291233
27	15,5520000	10,7190000	0,0000036	0,0001199	18,8882066	436,7804836	152,8731693	436,7804836	0,6526137	1,4452346
30	17,2800000	11,9100000	0,0000036	0,0001199	20,9868883	393,1025830	137,5859041	393,1025830	0,5286175	1,1706409
33	19,0080000	13,1010000	0,0000036	0,0001199	23,0855700	357,3660945	125,0781331	357,3660945	0,4368743	0,9674724
36	20,7360000	14,2920000	0,0000036	0,0001199	25,1842518	327,5856706	114,6549847	327,5856706	0,3670959	0,8129460
39	22,4640000	15,4830000	0,0000036	0,0001199	27,2829335	302,3868384	105,8353935	302,3868384	0,3127919	0,6926880
42	24,1920000	16,6740000	0,0000036	0,0001199	29,3816152	280,7878307	98,2757408	280,7878307	0,2697033	0,5972669
45	25,9200000	17,8650000	0,0000036	0,0001199	31,4802969	262,0686843	91,7240395	262,0686843	0,2349416	0,5202860
48	27,6480000	19,0560000	0,0000036	0,0001199	33,5789787	245,6894261	85,9912991	245,6894261	0,2064917	0,4572828
51	29,3760000	20,2470000	0,0000036	0,0001199	35,6776604	231,2371357	80,9329975	231,2371357	0,1829131	0,4050672
54	31,1040000	21,4380000	0,0000036	0,0001199	37,7763421	218,3906523	76,4367283	218,3906523	0,1631540	0,3613100
57	32,8320000	22,6290000	0,0000036	0,0001199	39,8750239	206,8964279	72,4137498	206,8964279	0,1464319	0,3242783
60	34,5600000	23,8200000	0,0000036	0,0001199	41,9737056	196,5516240	68,7930684	196,5516240	0,1321548	0,2926612
63	36,2880000	25,0110000	0,0000036	0,0001199	44,0723873	187,1920380	65,5172133	187,1920380	0,1198683	0,2654524
66	38,0160000	26,2020000	0,0000036	0,0001199	46,1710690	178,6833221	62,5391627	178,6833221	0,1092189	0,2418688
69	39,7440000	27,3930000	0,0000036	0,0001199	48,2697508	170,9144934	59,8200727	170,9144934	0,0999281	0,2212940
72	41,4720000	28,5840000	0,0000036	0,0001199	50,3684325	163,7930662	57,3275732	163,7930662	0,0917742	0,2032371
75	43,2000000	29,7750000	0,0000036	0,0001199	52,4671142	157,2413524	55,0344733	157,2413524	0,0845791	0,1873033
78	44,9280000	30,9660000	0,0000036	0,0001199	54,5657960	151,1936160	52,9177656	151,1936160	0,0781982	0,1731724
81	46,6560000	32,1570000	0,0000036	0,0001199	56,6644777	145,5938594	50,9578508	145,5938594	0,0725130	0,1605824
84	48,3840000	33,3480000	0,0000036	0,0001199	58,7631594	140,3940850	49,1379298	140,3940850	0,0674260	0,1493171
87	50,1120000	34,5390000	0,0000036	0,0001199	60,8618412	135,5529153	47,4435204	135,5529153	0,0628561	0,1391969
90	51,8400000	35,7300000	0,0000036	0,0001199	62,9605229	131,0344899	45,8620715	131,0344899	0,0587355	0,1300718
93	53,5680000	36,9210000	0,0000036	0,0001199	65,0592046	126,8075755	44,3826514	126,8075755	0,0550073	0,1218154
96	55,2960000	38,1120000	0,0000036	0,0001199	67,1578863	122,8448429	42,9956950	122,8448429	0,0516230	0,1143209
99	57,0240000	39,3030000	0,0000036	0,0001199	69,2565681	119,1222758	41,6927965	119,1222758	0,0485418	0,1074974

Πίνακας 6.8.4: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

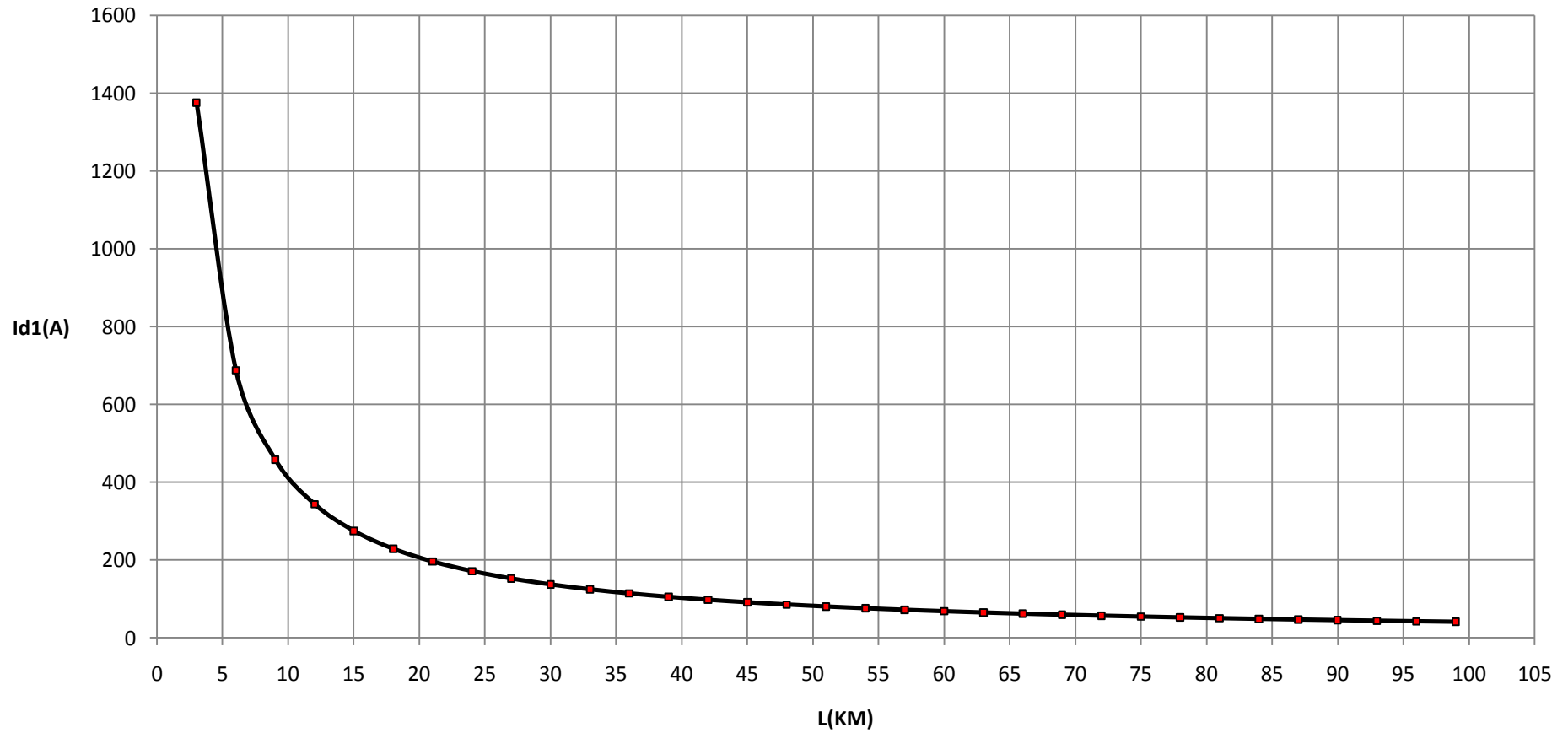
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.8.4.1

$I_{d1}=f(L)$

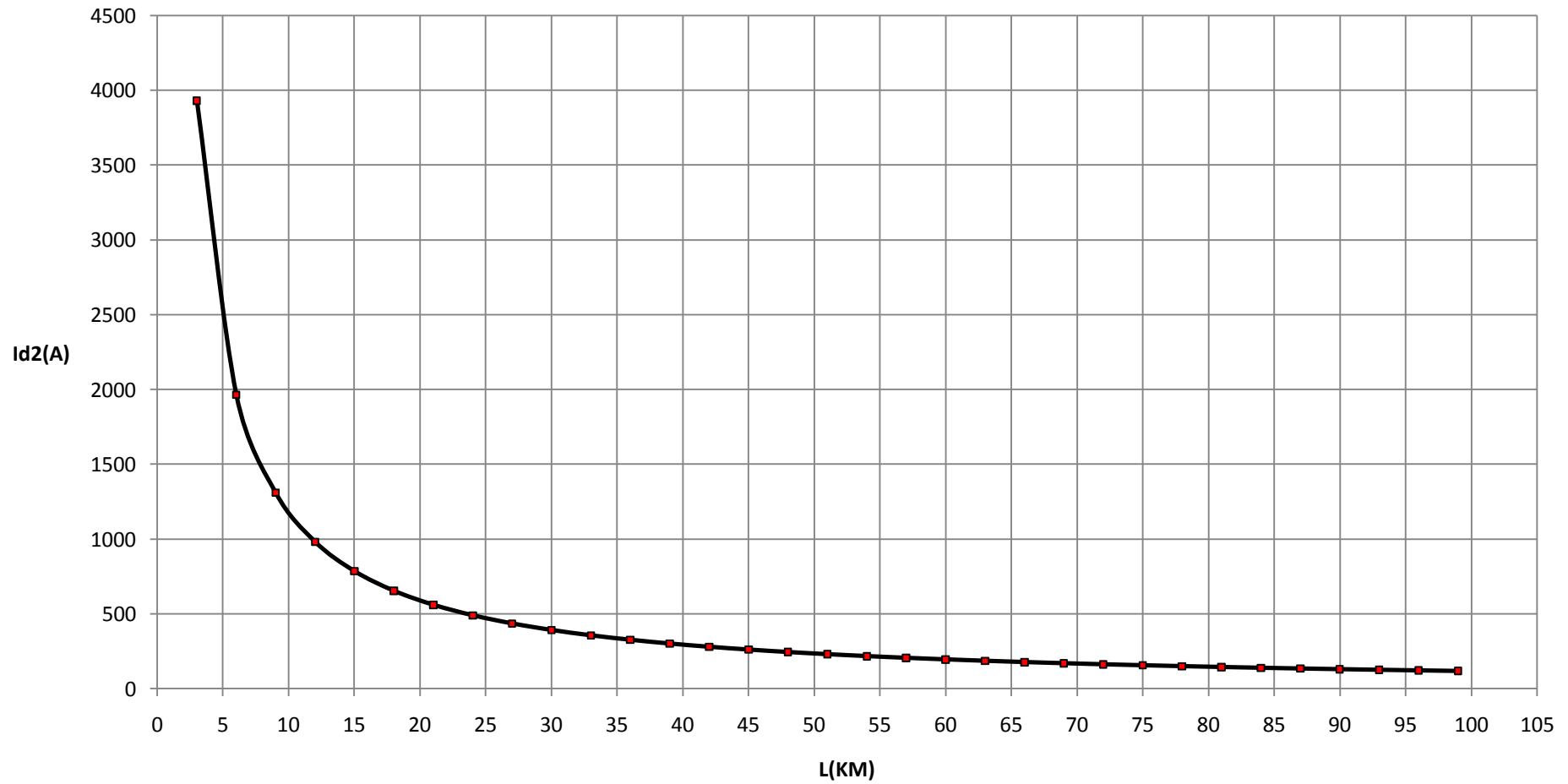
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.8.4.2

$I_{d2}=f(L)$

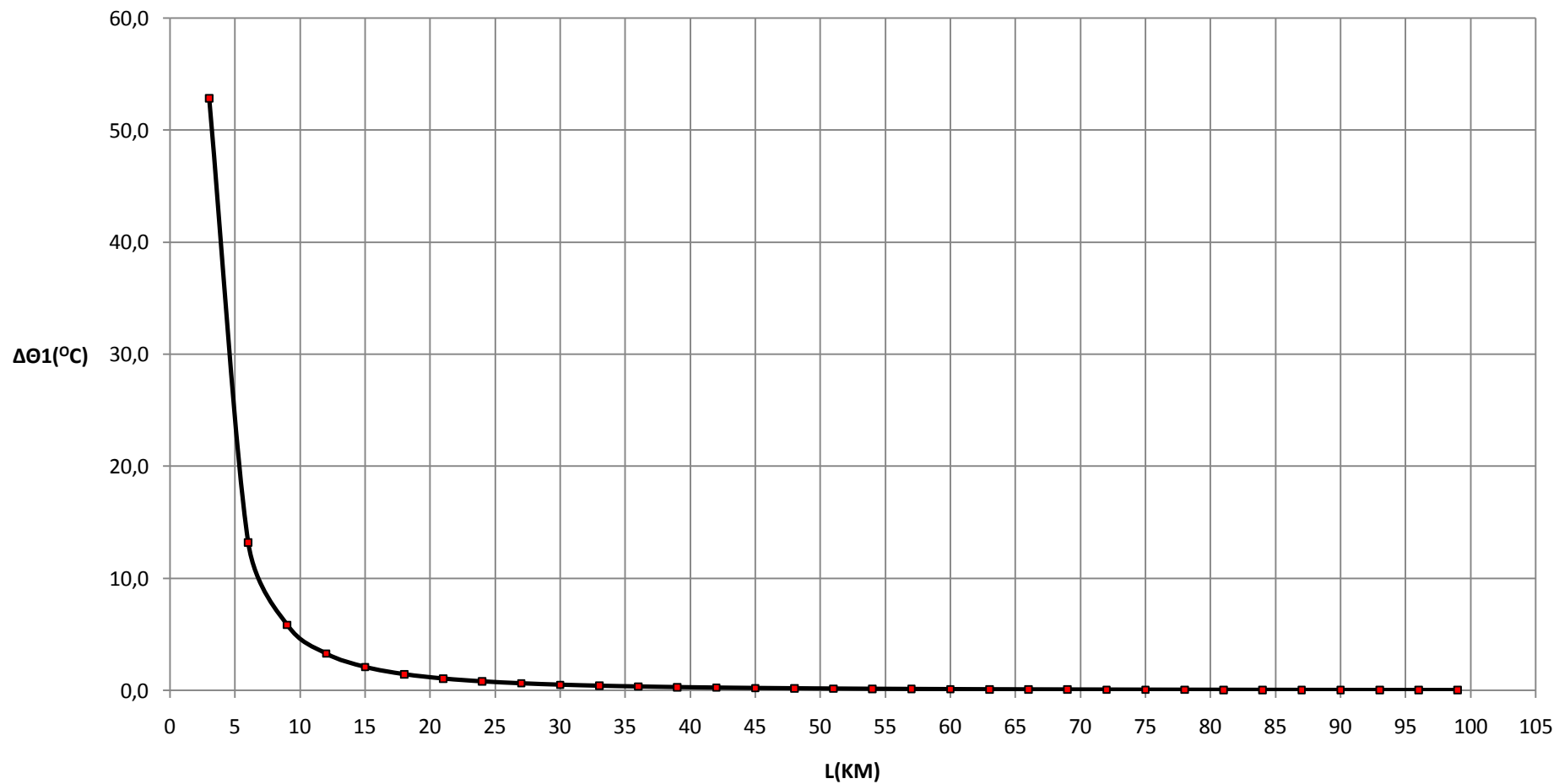
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.8.4.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

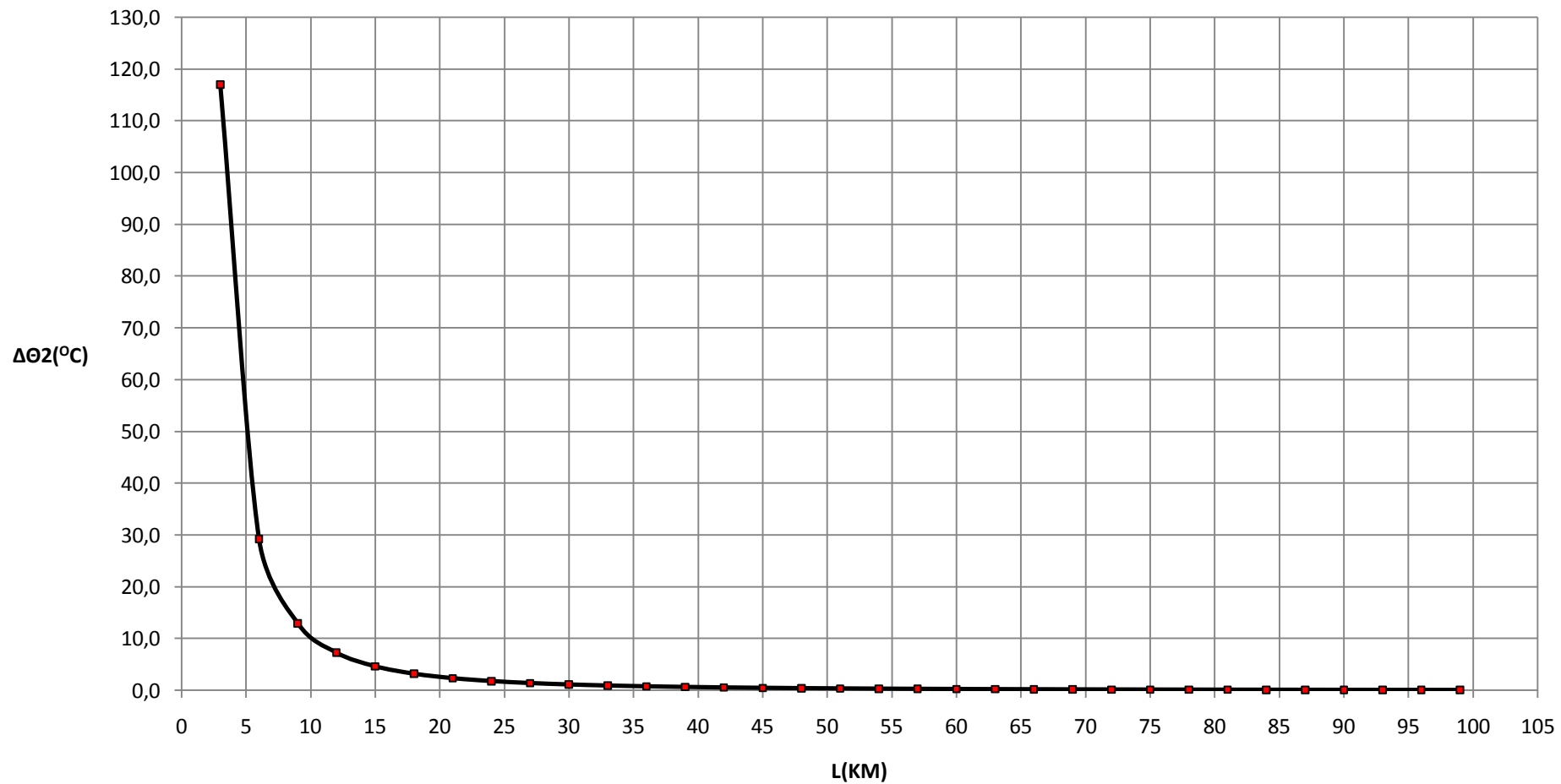
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.8.4.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.8.4.5

6.9 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

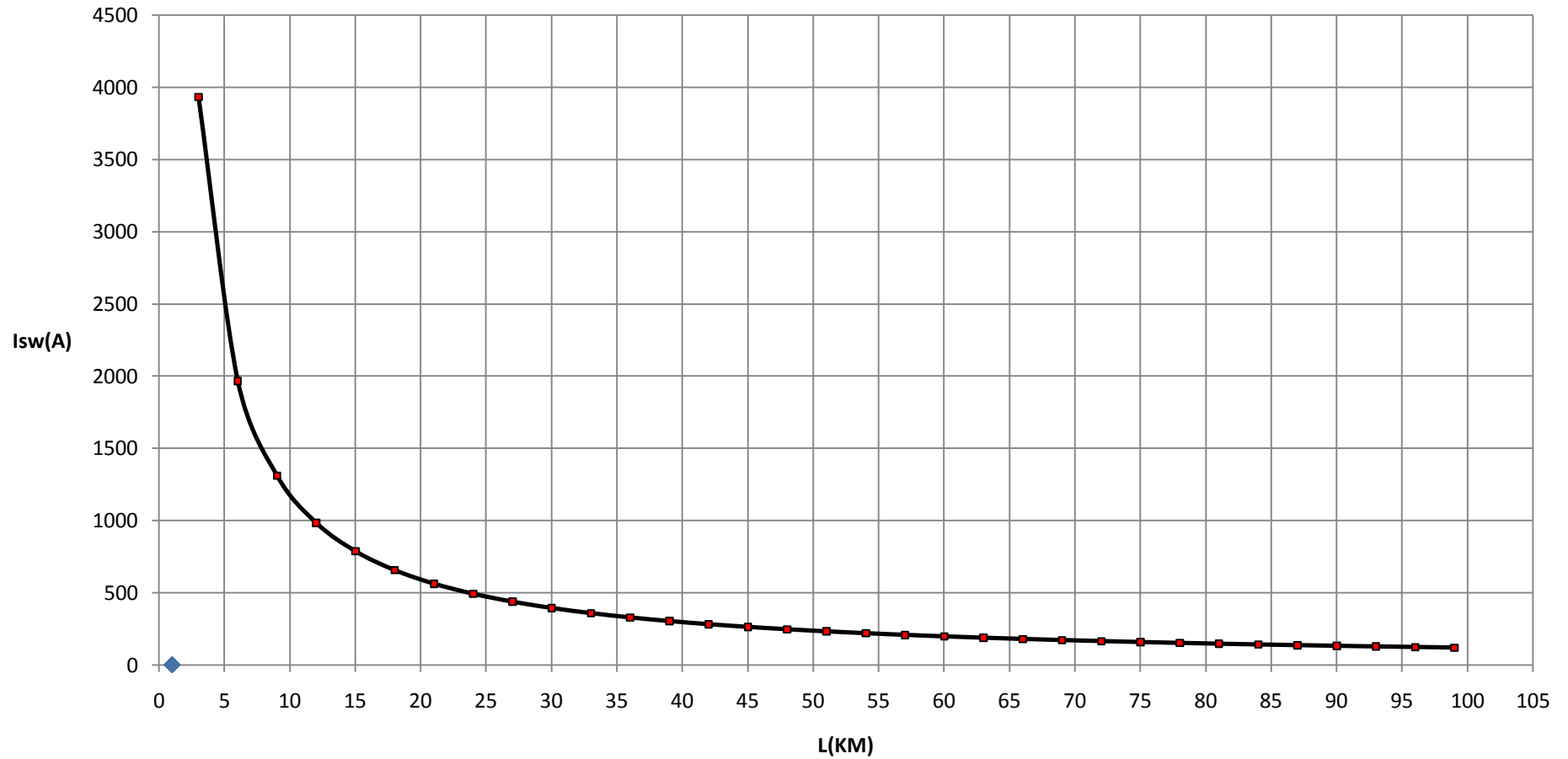
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	3930,9726821	1375,8404387	3930,9726821	45,2422171	54,8723070
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	1965,5029532	687,9260336	1965,5029532	11,3107455	13,7183086
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1310,3389937	458,6186478	1310,3389937	5,0270263	6,0970604
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	982,7556296	343,9644704	982,7556296	2,8277103	3,4296061
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	786,2051682	275,1718089	786,2051682	1,8097376	2,1949516
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	655,1713427	229,3099699	655,1713427	1,2567637	1,5242737
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	561,5756626	196,5514819	561,5756626	0,9233373	1,1198755
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	491,3788531	171,9825986	491,3788531	0,7069306	0,8574052
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	436,7813053	152,8734568	436,7813053	0,5585627	0,6774562
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	393,1032486	137,5861370	393,1032486	0,4524359	0,5487398
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	357,3666445	125,0783256	357,3666445	0,3739141	0,4535041
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	327,5861328	114,6551465	327,5861328	0,3141918	0,3810695
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	302,3872323	105,8355313	302,3872323	0,2677138	0,3246983
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	280,7881703	98,2758596	280,7881703	0,2308349	0,2799695
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	262,0689801	91,7241430	262,0689801	0,2010829	0,2438846
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	245,6896861	85,9913901	245,6896861	0,1767330	0,2143517
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	231,2373660	80,9330781	231,2373660	0,1565524	0,1898756
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	218,3908577	76,4368002	218,3908577	0,1396409	0,1693644
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	206,8966123	72,4138143	206,8966123	0,1253287	0,1520057
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	196,5517904	68,7931266	196,5517904	0,1131092	0,1371852
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	187,1921889	65,5172661	187,1921889	0,1025934	0,1244310
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	178,6834596	62,5392108	178,6834596	0,0934787	0,1133762
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	170,9146192	59,8201167	170,9146192	0,0855268	0,1037317
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	163,7931818	57,3276136	163,7931818	0,0785481	0,0952675
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	157,2414589	55,0345106	157,2414589	0,0723899	0,0877985
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	151,1937144	52,9178000	151,1937144	0,0669285	0,0811747
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	145,5939507	50,9578828	145,5939507	0,0620627	0,0752731
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	140,3941699	49,1379595	140,3941699	0,0577088	0,0699925
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	135,5529945	47,4435481	135,5529945	0,0537975	0,0652486
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	131,0345639	45,8620974	131,0345639	0,0502708	0,0609712
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	126,8076447	44,3826757	126,8076447	0,0470798	0,0571010
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	122,8449079	42,9957178	122,8449079	0,0441833	0,0535880
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	119,1223369	41,6928179	119,1223369	0,0415461	0,0503894

Πίνακας 6.9.1: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,15 sec

$I_{sw}=f(L)$

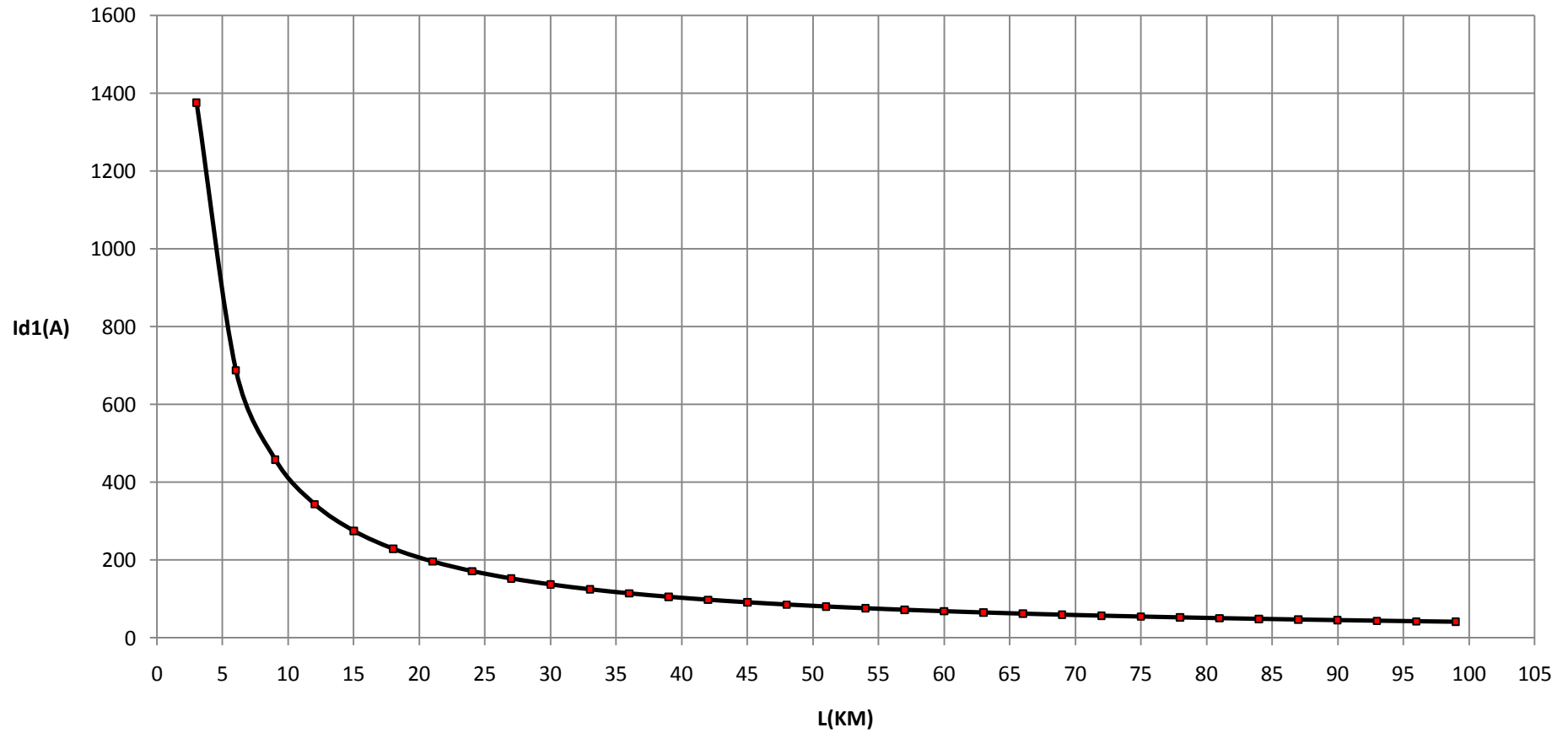
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.9.1.1

$I_{d1}=f(L)$

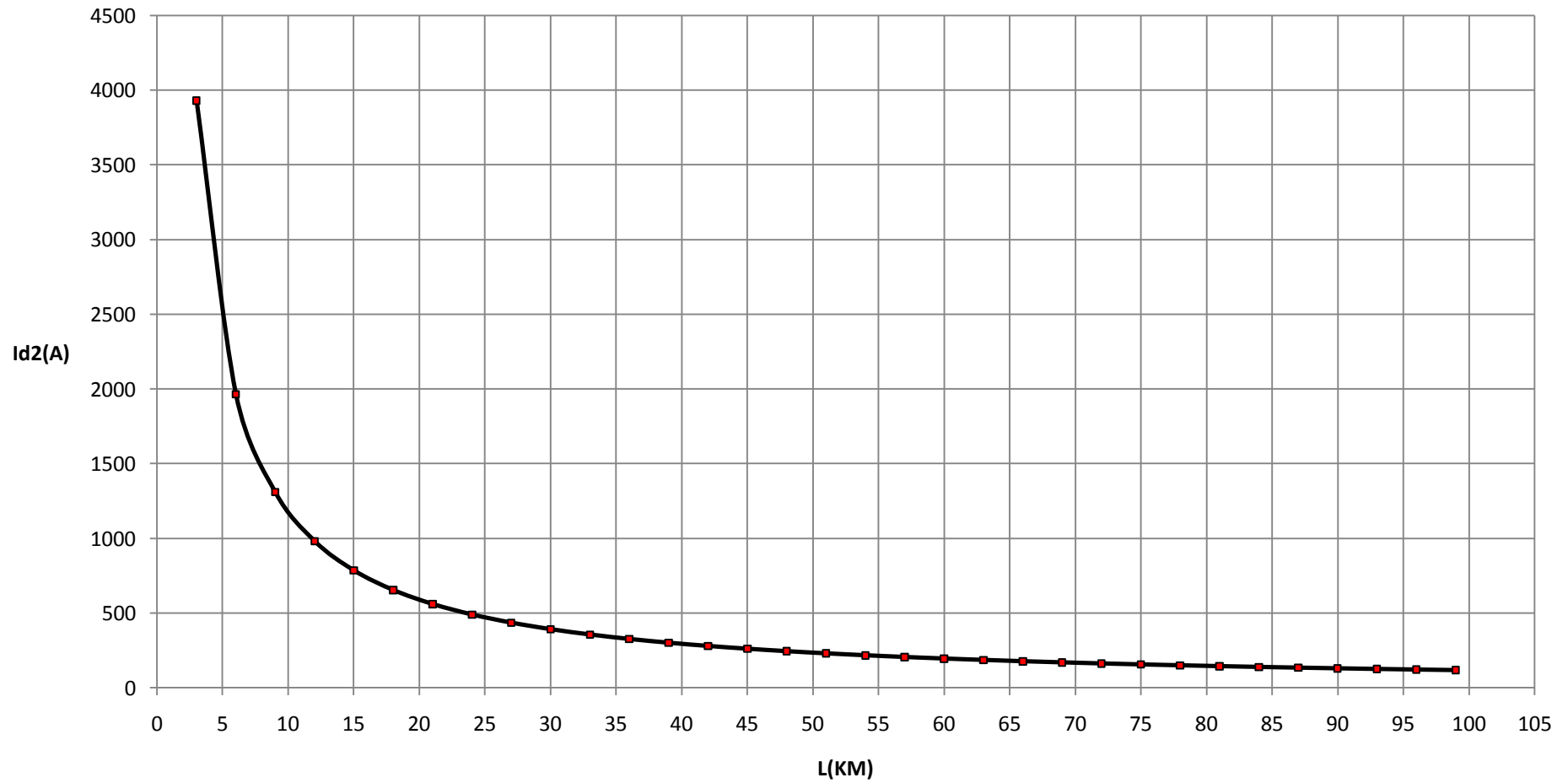
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.9.1.2

$I_{d2}=f(L)$

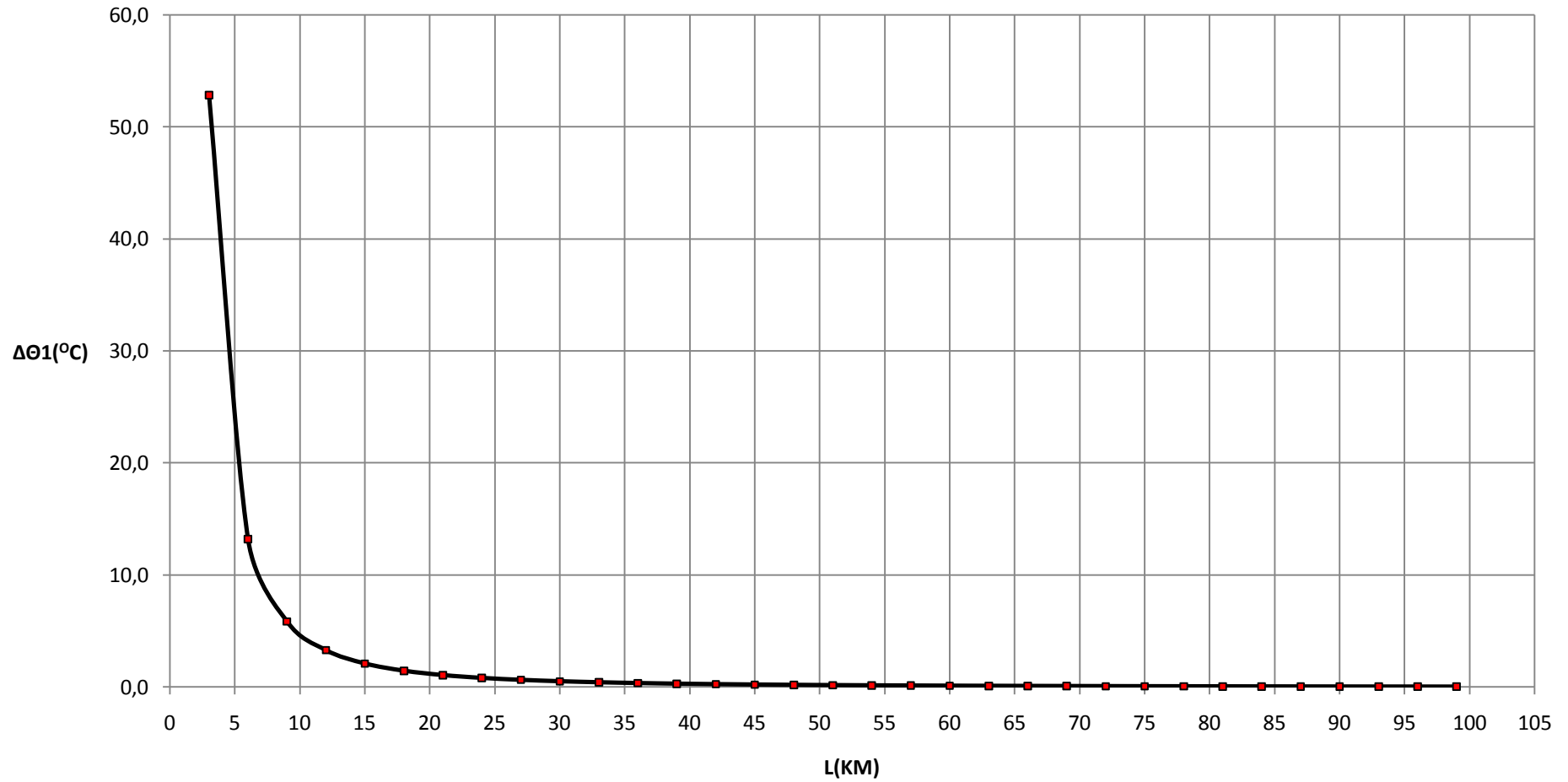
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.9.1.3

$$\Delta\theta_1=f(L)$$

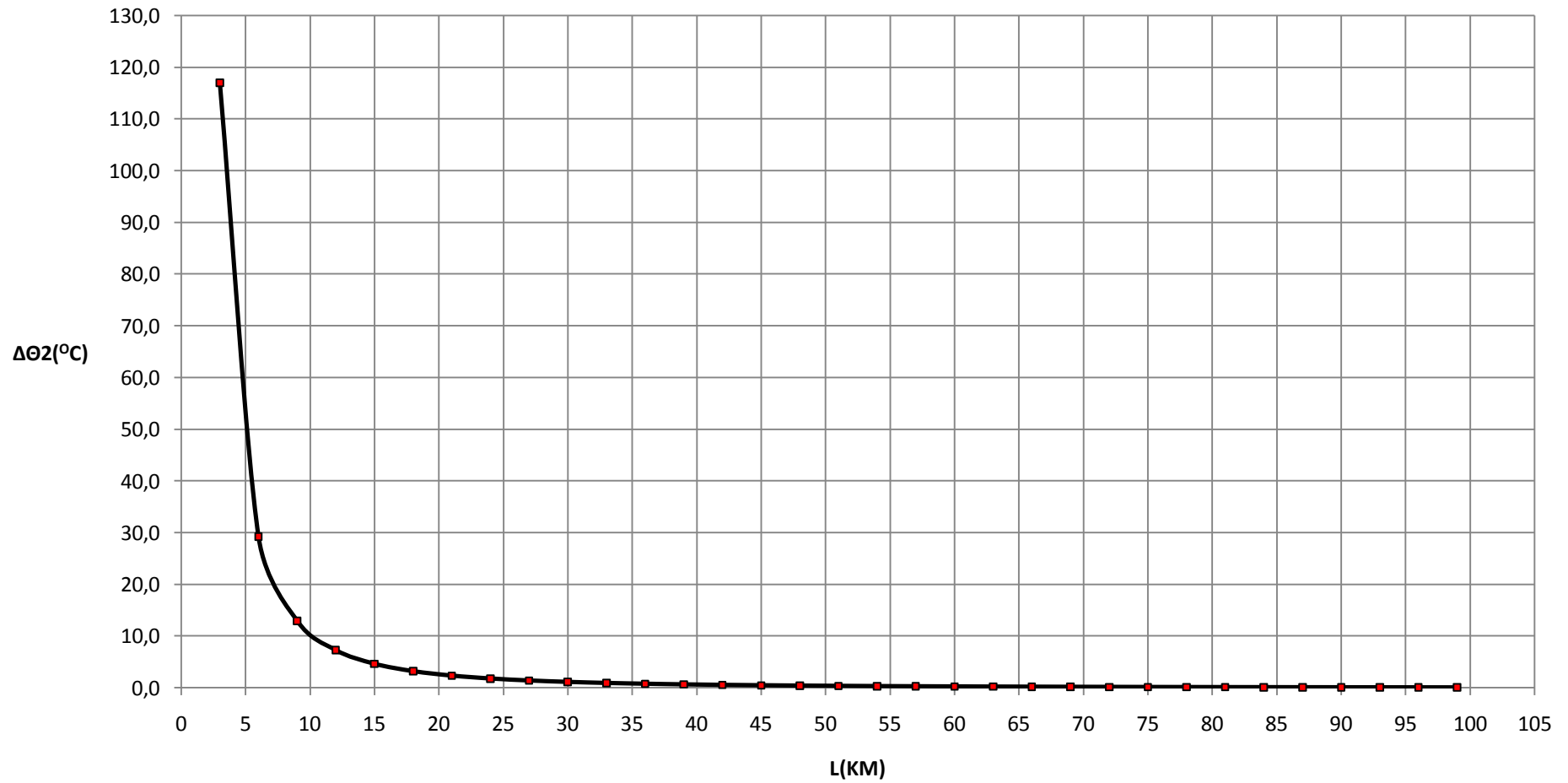
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡΝ=50 ΜVA, t=0,15 sec



Σχήμα 6.9.1.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡN=50 MVA, t=0,15 sec



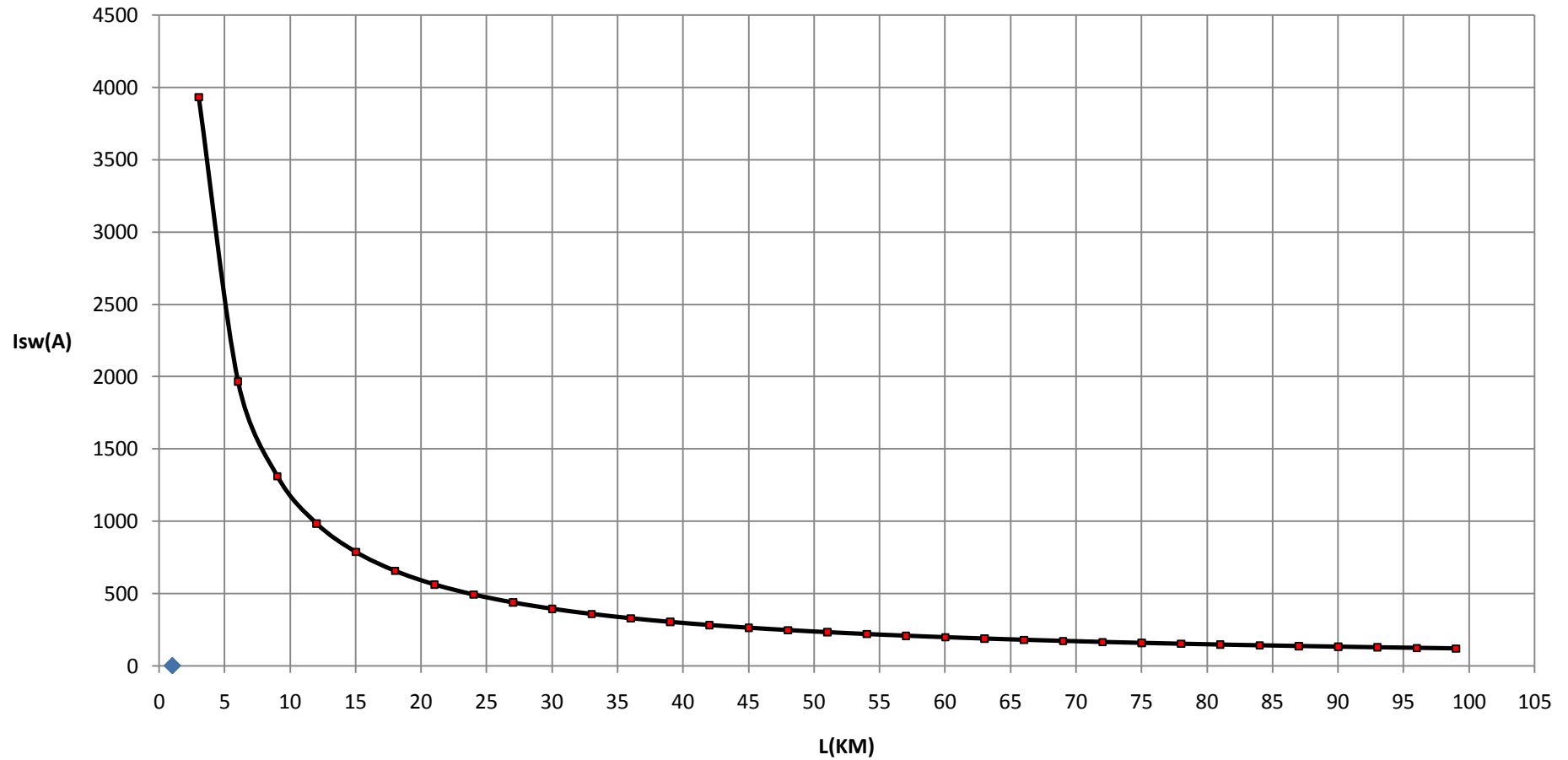
Σχήμα 6.9.1.5

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	3930,9726821	1375,8404387	3930,9726821	46,1384648	62,1886146
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	1965,5029532	687,9260336	1965,5029532	11,5348112	15,5474165
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1310,3389937	458,6186478	1310,3389937	5,1266116	6,9100018
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	982,7556296	343,9644704	982,7556296	2,8837272	3,8868870
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	786,2051682	275,1718089	786,2051682	1,8455885	2,4876119
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	655,1713427	229,3099699	655,1713427	1,2816601	1,7275102
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	561,5756626	196,5514819	561,5756626	0,9416286	1,2691922
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	491,3788531	171,9825986	491,3788531	0,7209348	0,9717258
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	436,7813053	152,8734568	436,7813053	0,5696278	0,7677837
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	393,1032486	137,5861370	393,1032486	0,4613987	0,6219051
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	357,3666445	125,0783256	357,3666445	0,3813213	0,5139713
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	327,5861328	114,6551465	327,5861328	0,3204159	0,4318788
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	302,3872323	105,8355313	302,3872323	0,2730172	0,3679915
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	280,7881703	98,2758596	280,7881703	0,2354077	0,3172988
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	262,0689801	91,7241430	262,0689801	0,2050663	0,2764026
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	245,6896861	85,9913901	245,6896861	0,1802341	0,2429320
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	231,2373660	80,9330781	231,2373660	0,1596537	0,2151924
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	218,3908577	76,4368002	218,3908577	0,1424072	0,1919463
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	206,8966123	72,4138143	206,8966123	0,1278115	0,1722731
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	196,5517904	68,7931266	196,5517904	0,1153499	0,1554765
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	187,1921889	65,5172661	187,1921889	0,1046257	0,1410218
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	178,6834596	62,5392108	178,6834596	0,0953305	0,1284930
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	170,9146192	59,8201167	170,9146192	0,0872211	0,1175626
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	163,7931818	57,3276136	163,7931818	0,0801041	0,1079698
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	157,2414589	55,0345106	157,2414589	0,0738239	0,0995050
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	151,1937144	52,9178000	151,1937144	0,0682544	0,0919980
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	145,5939507	50,9578828	145,5939507	0,0632921	0,0853095
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	140,3941699	49,1379595	140,3941699	0,0588520	0,0793248
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	135,5529945	47,4435481	135,5529945	0,0548632	0,0739484
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	131,0345639	45,8620974	131,0345639	0,0512666	0,0691007
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	126,8076447	44,3826757	126,8076447	0,0480125	0,0647145
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	122,8449079	42,9957178	122,8449079	0,0450586	0,0607331
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	119,1223369	41,6928179	119,1223369	0,0423691	0,0571080

Πίνακας 6.9.2: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,25 sec

$I_{sw}=f(L)$

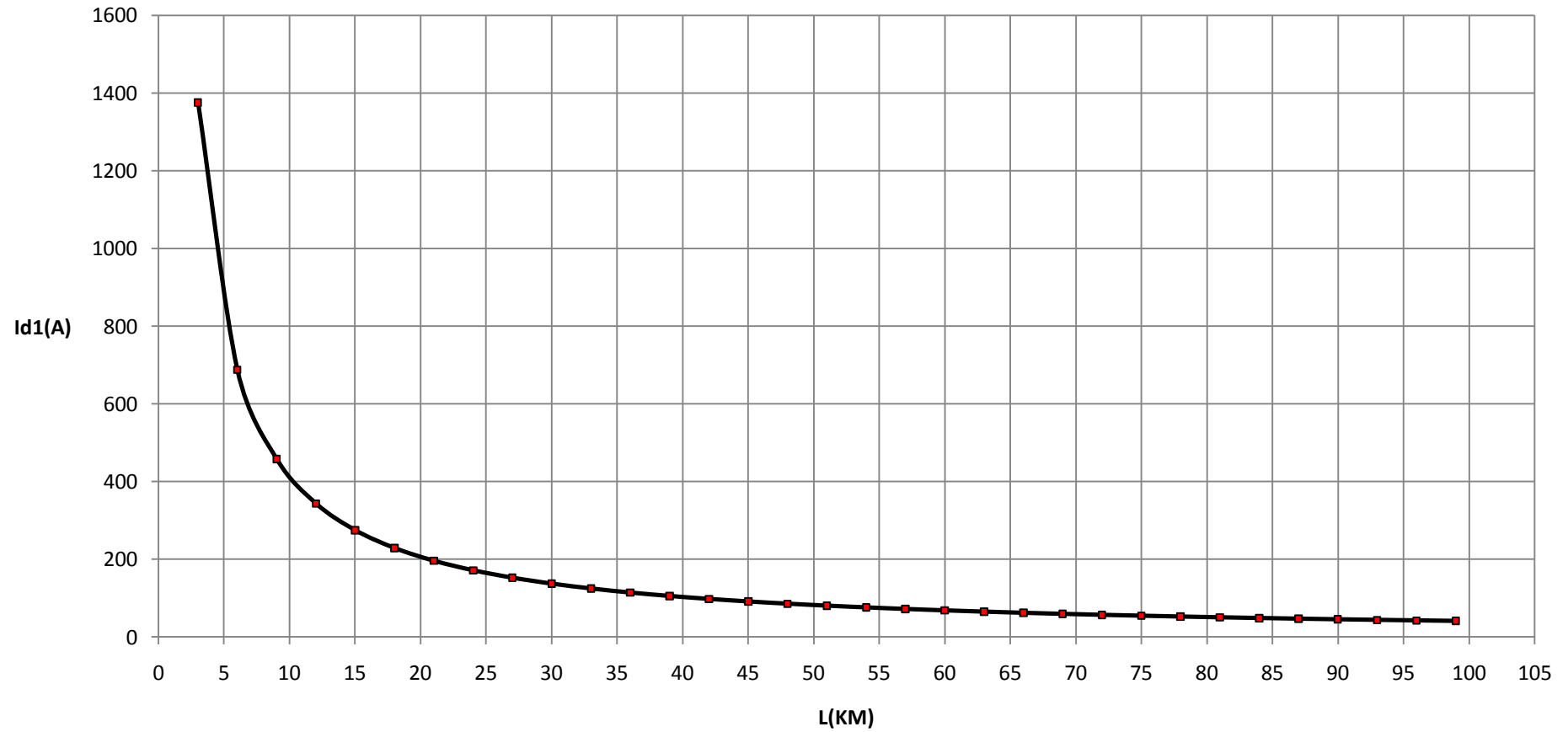
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.9.2.1

$I_{d1}=f(L)$

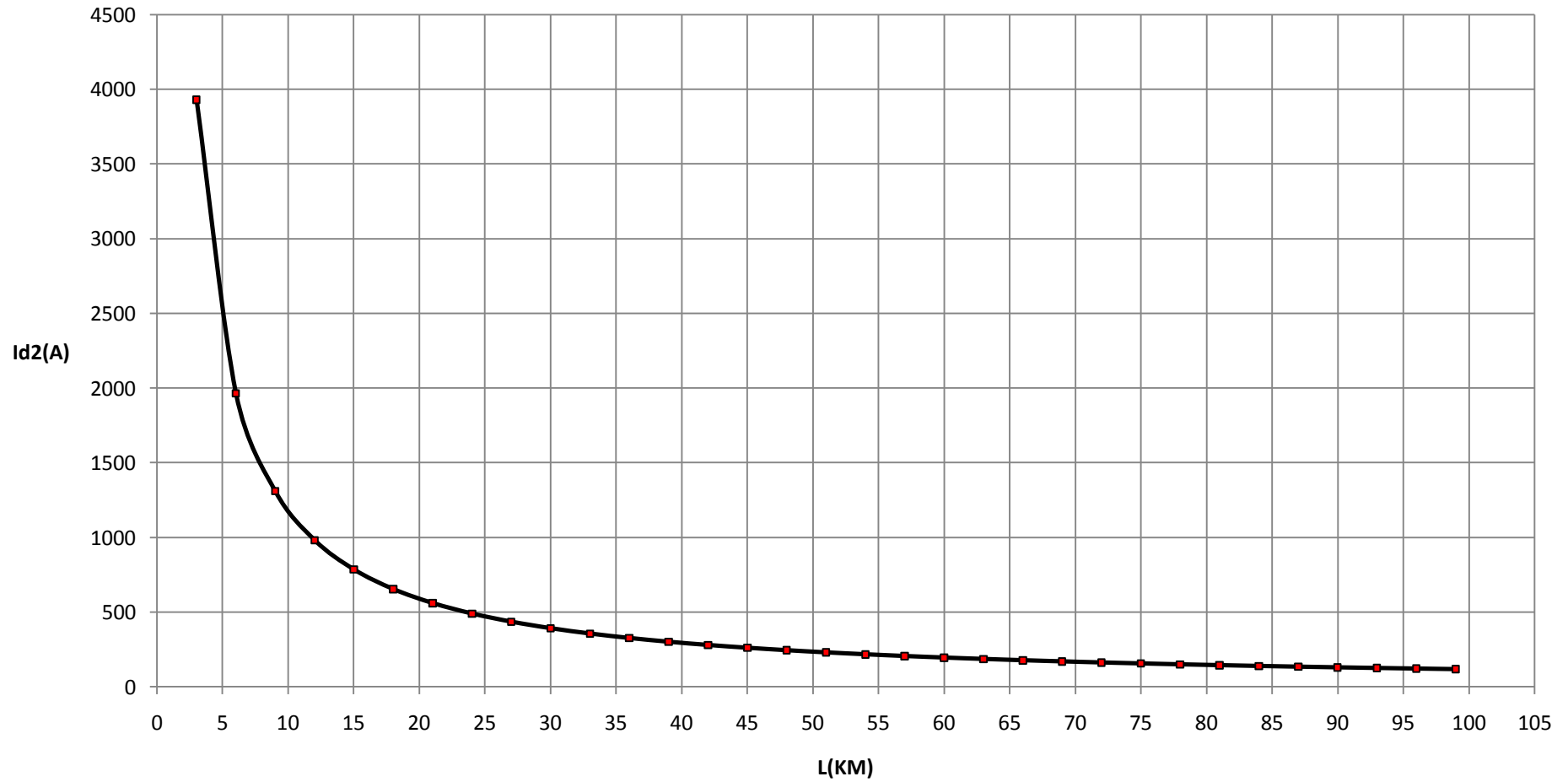
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.9.2.2

$I_{d2}=f(L)$

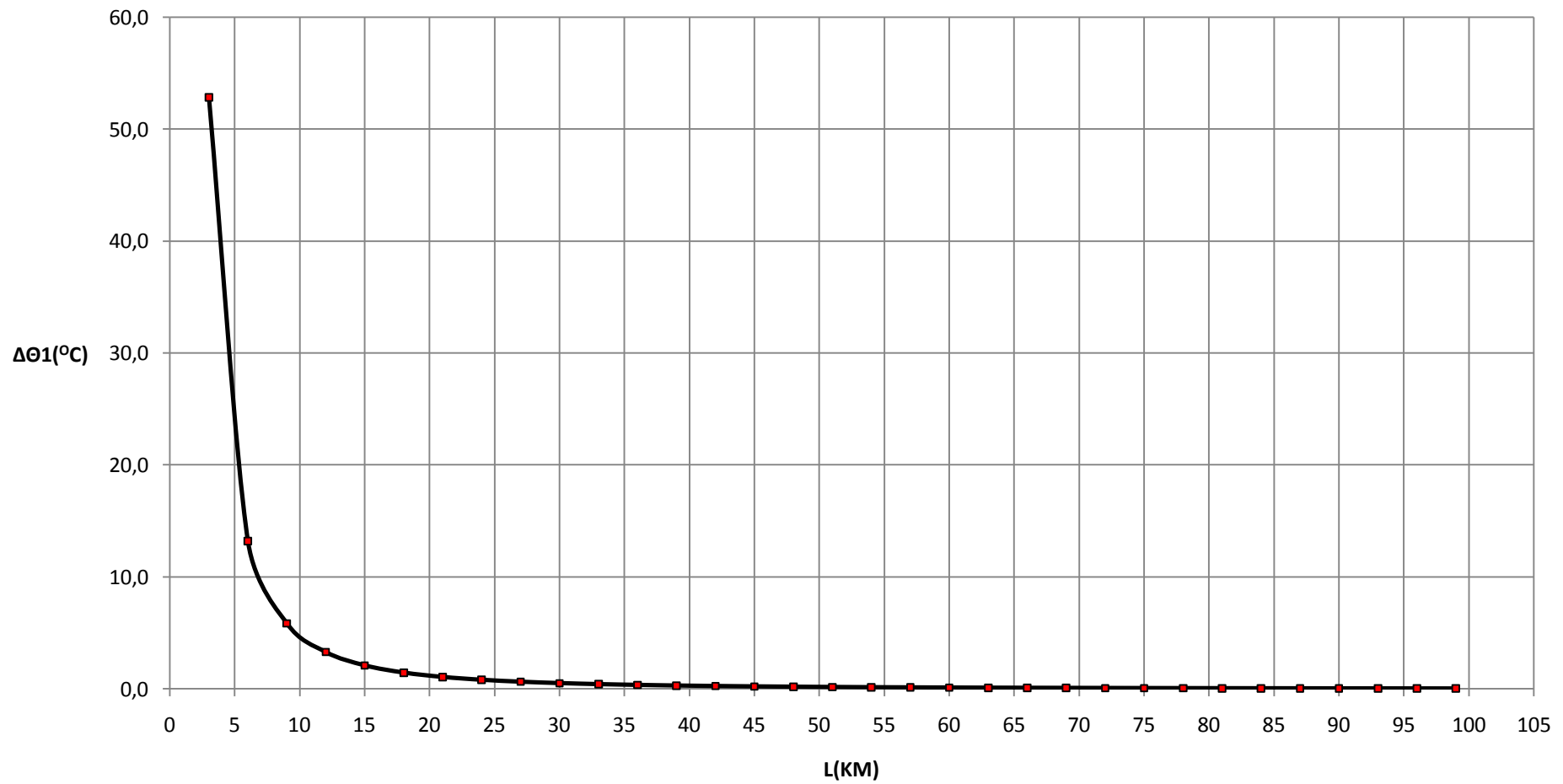
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.9.2.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

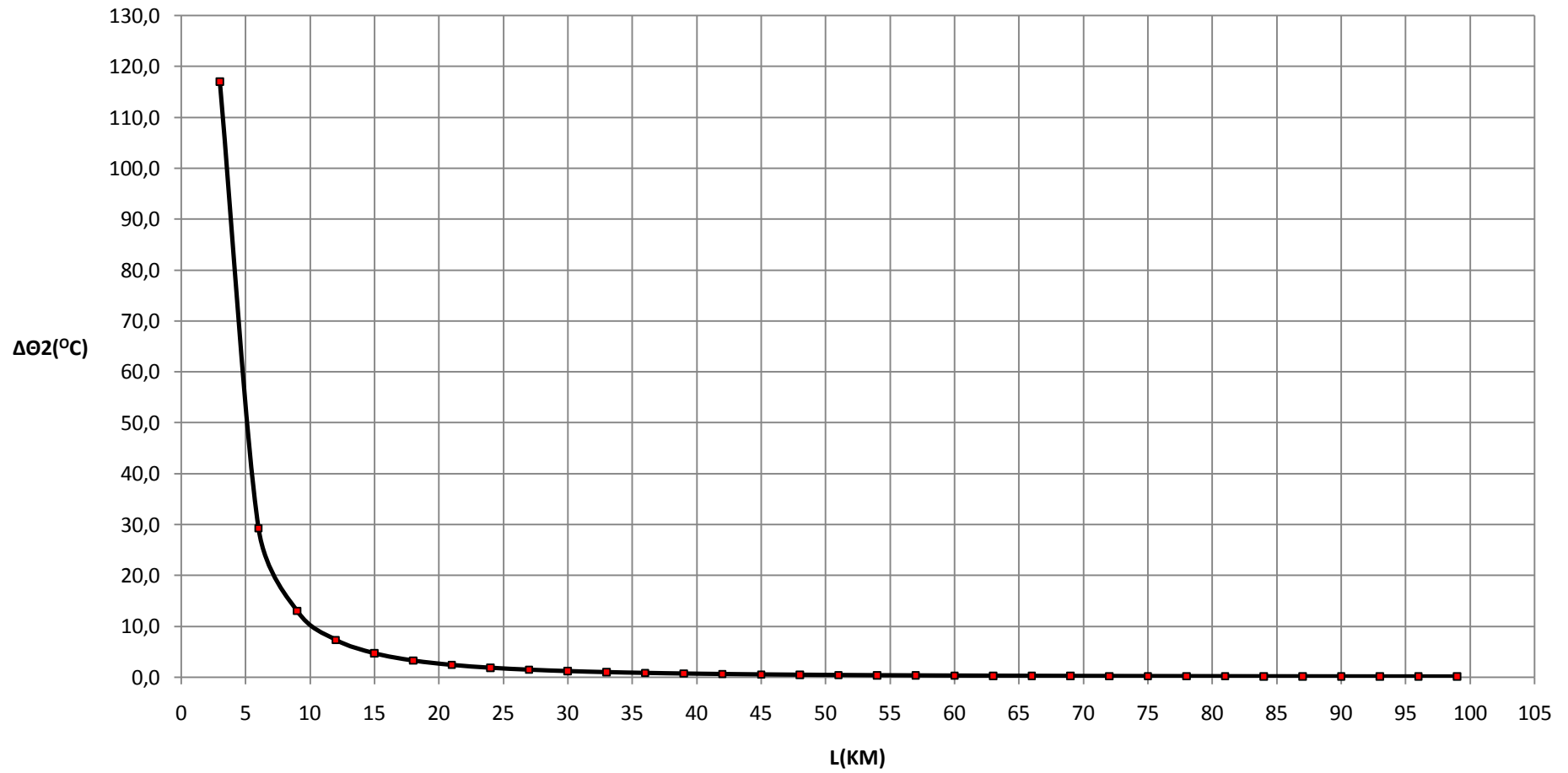
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t=0,25 sec



Σχήμα 6.9.2.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, ΡN=50 MVA, t=0,25 sec



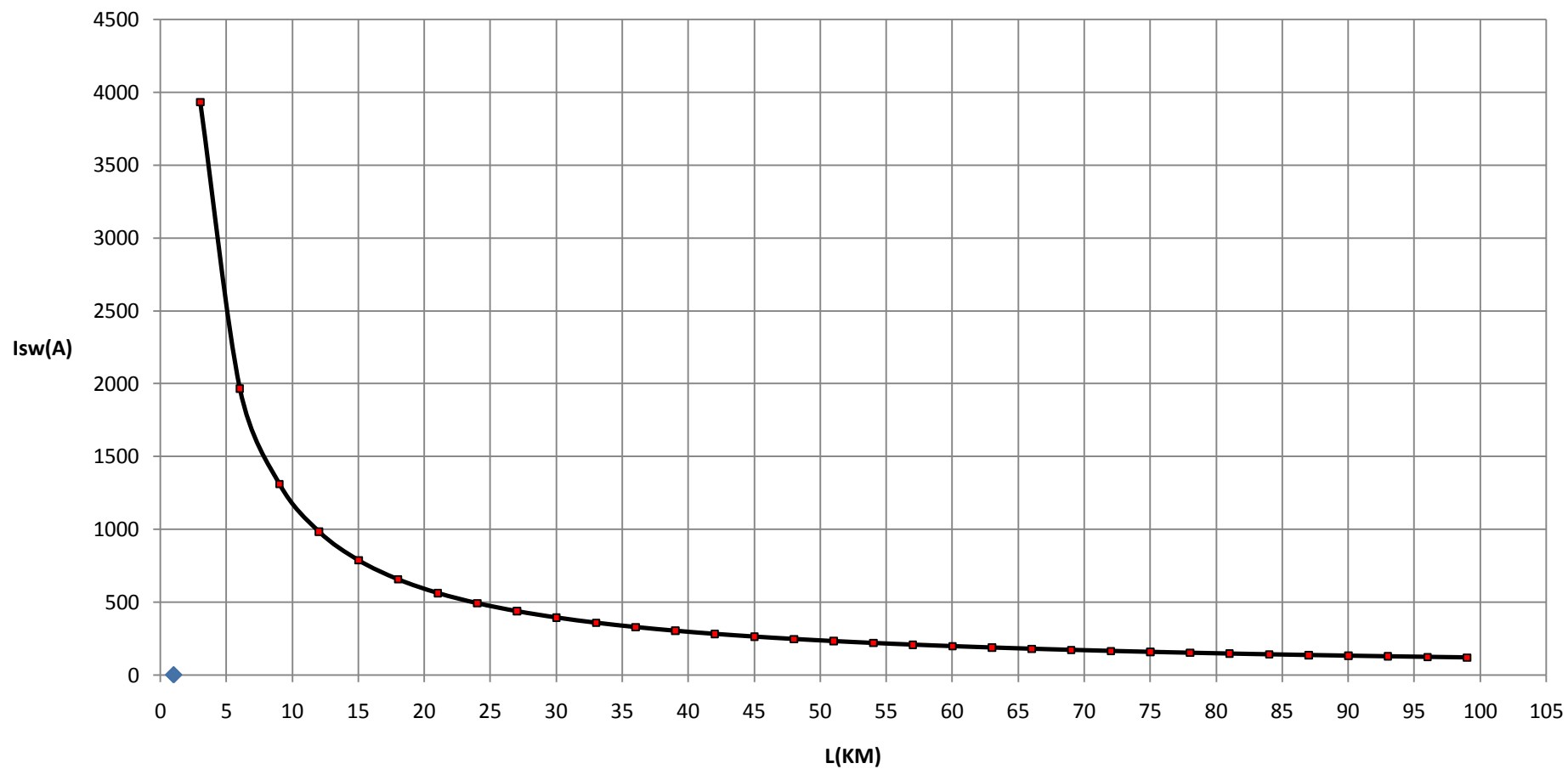
Σχήμα 6.9.2.5

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	l _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	3930,9726821	1375,8404387	3930,9726821	47,4828363	73,1630760
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	1965,5029532	687,9260336	1965,5029532	11,8709097	18,2910782
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1310,3389937	458,6186478	1310,3389937	5,2759896	8,1294139
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	982,7556296	343,9644704	982,7556296	2,9677525	4,5728082
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	786,2051682	275,1718089	786,2051682	1,8993648	2,9266022
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	655,1713427	229,3099699	655,1713427	1,3190048	2,0323649
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	561,5756626	196,5514819	561,5756626	0,9690656	1,4931673
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	491,3788531	171,9825986	491,3788531	0,7419413	1,1432069
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	436,7813053	152,8734568	436,7813053	0,5862255	0,9032750
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	393,1032486	137,5861370	393,1032486	0,4748428	0,7316530
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	357,3666445	125,0783256	357,3666445	0,3924322	0,6046721
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	327,5861328	114,6551465	327,5861328	0,3297521	0,5080927
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	302,3872323	105,8355313	302,3872323	0,2809723	0,4329311
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	280,7881703	98,2758596	280,7881703	0,2422670	0,3732927
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	262,0689801	91,7241430	262,0689801	0,2110415	0,3251795
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	245,6896861	85,9913901	245,6896861	0,1854857	0,2858023
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	231,2373660	80,9330781	231,2373660	0,1643057	0,2531675
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	218,3908577	76,4368002	218,3908577	0,1465566	0,2258192
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	206,8966123	72,4138143	206,8966123	0,1315356	0,2026743
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	196,5517904	68,7931266	196,5517904	0,1187109	0,1829136
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	187,1921889	65,5172661	187,1921889	0,1076743	0,1659080
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	178,6834596	62,5392108	178,6834596	0,0981082	0,1511683
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	170,9146192	59,8201167	170,9146192	0,0897625	0,1383090
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	163,7931818	57,3276136	163,7931818	0,0824382	0,1270233
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	157,2414589	55,0345106	157,2414589	0,0759750	0,1170647
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	151,1937144	52,9178000	151,1937144	0,0702432	0,1082329
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	145,5939507	50,9578828	145,5939507	0,0651363	0,1003641
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	140,3941699	49,1379595	140,3941699	0,0605668	0,0933233
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	135,5529945	47,4435481	135,5529945	0,0564618	0,0869982
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	131,0345639	45,8620974	131,0345639	0,0527604	0,0812950
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	126,8076447	44,3826757	126,8076447	0,0494114	0,0761347
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	122,8449079	42,9957178	122,8449079	0,0463715	0,0714507
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	119,1223369	41,6928179	119,1223369	0,0436037	0,0671859

Πίνακας 6.9.3: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=0,4 sec

$I_{sw}=f(L)$

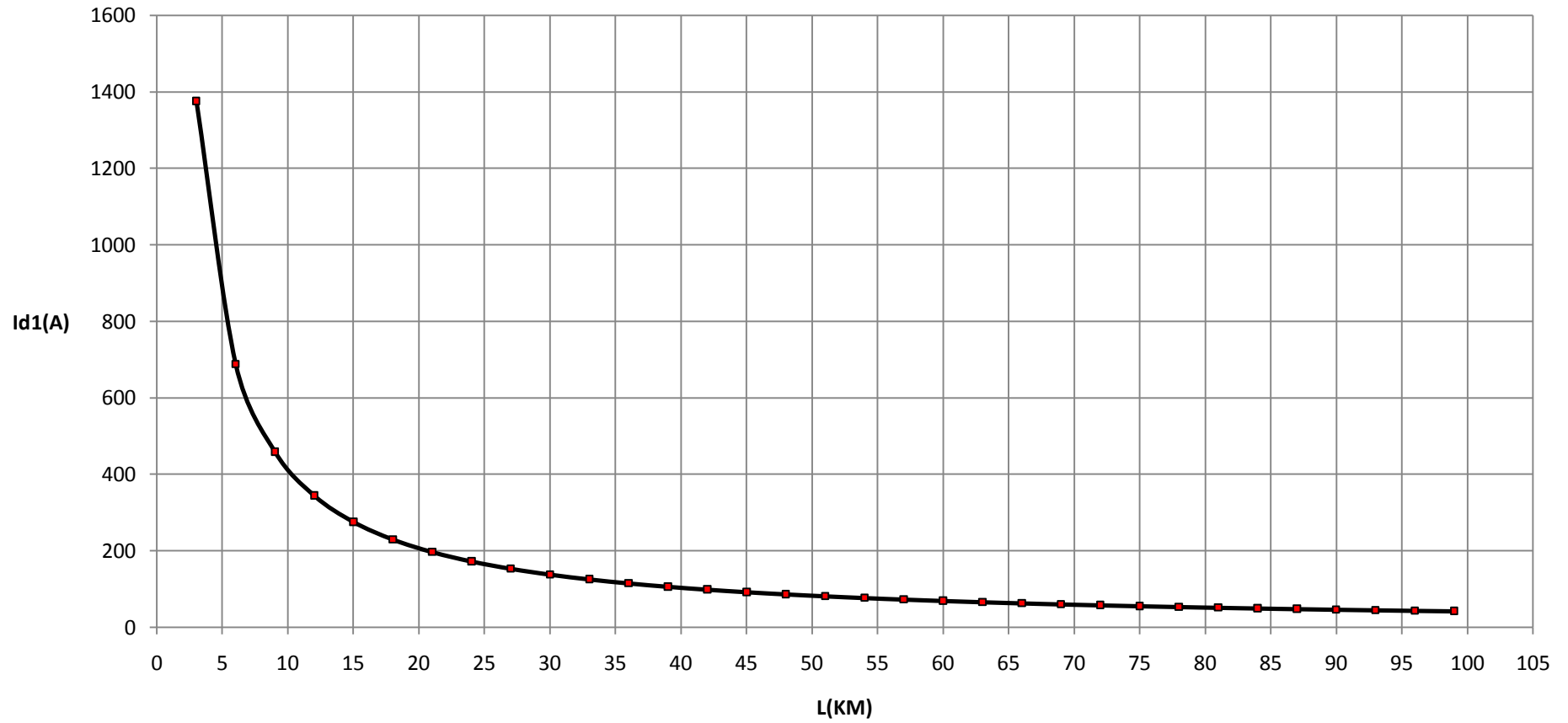
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_Ν=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.9.3.1

$I_{d1}=f(L)$

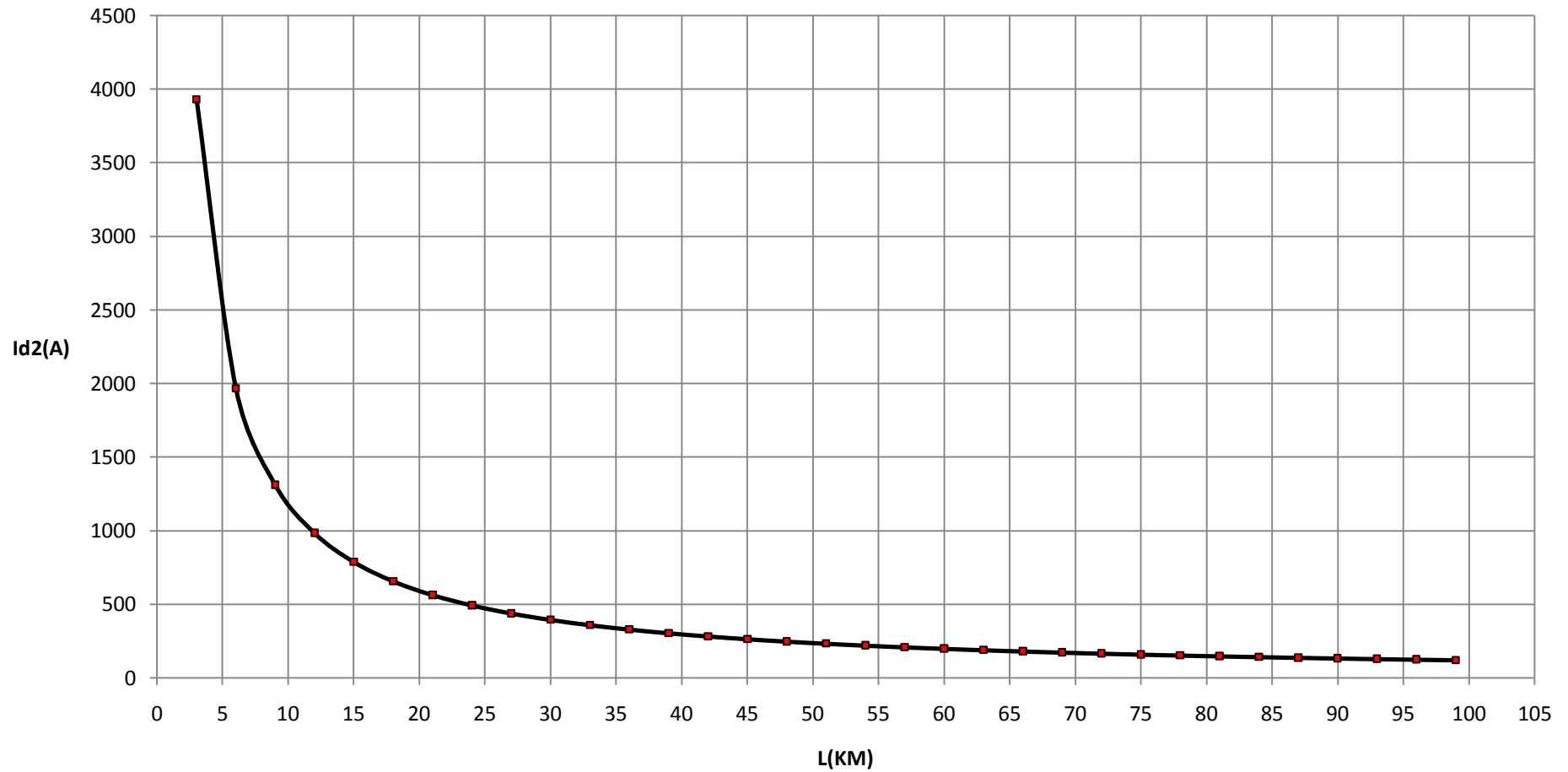
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.9.3.2

$I_{d2}=f(L)$

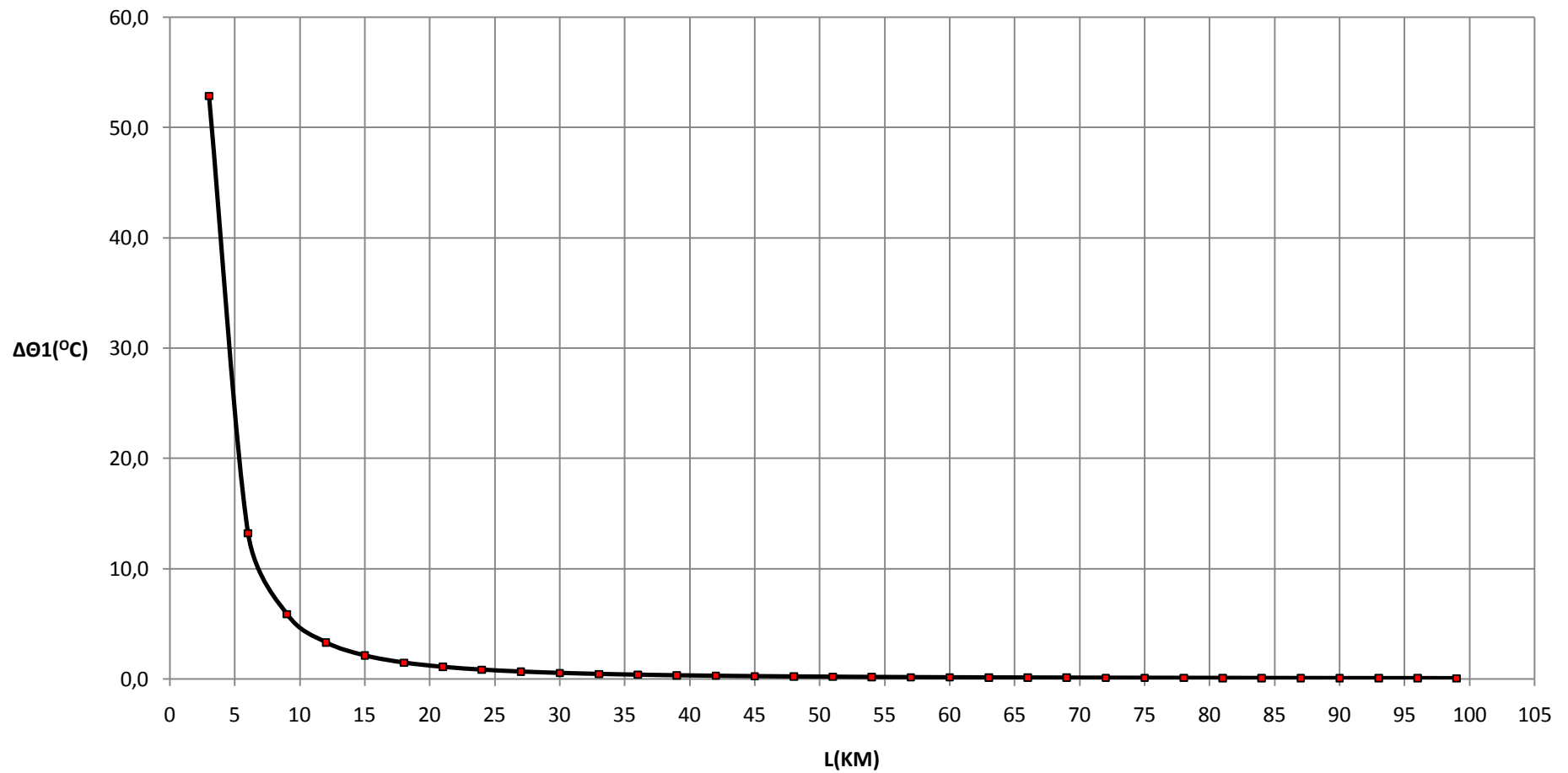
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.9.3.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

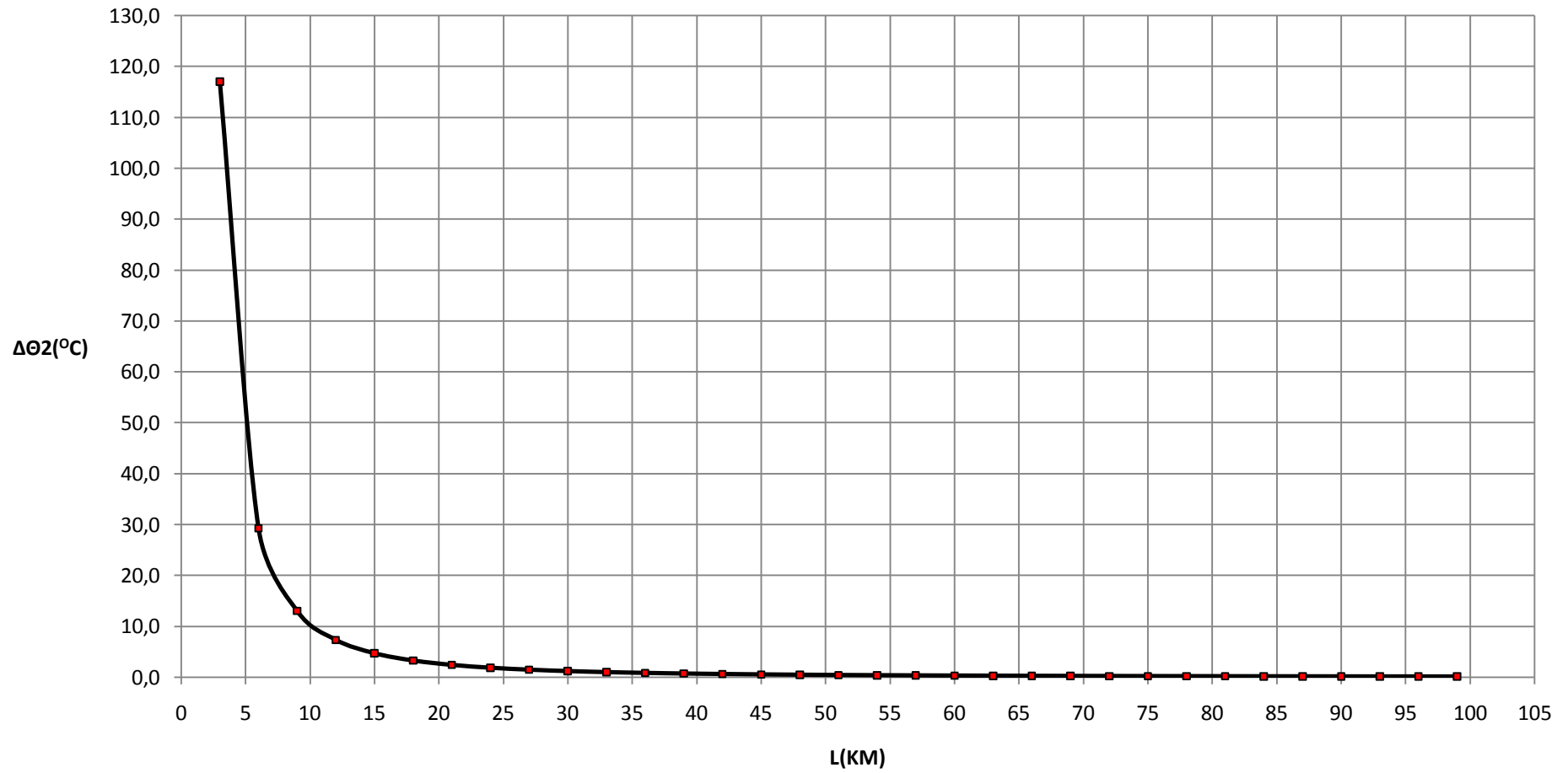
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



Σχήμα 6.9.3.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=0,4 sec



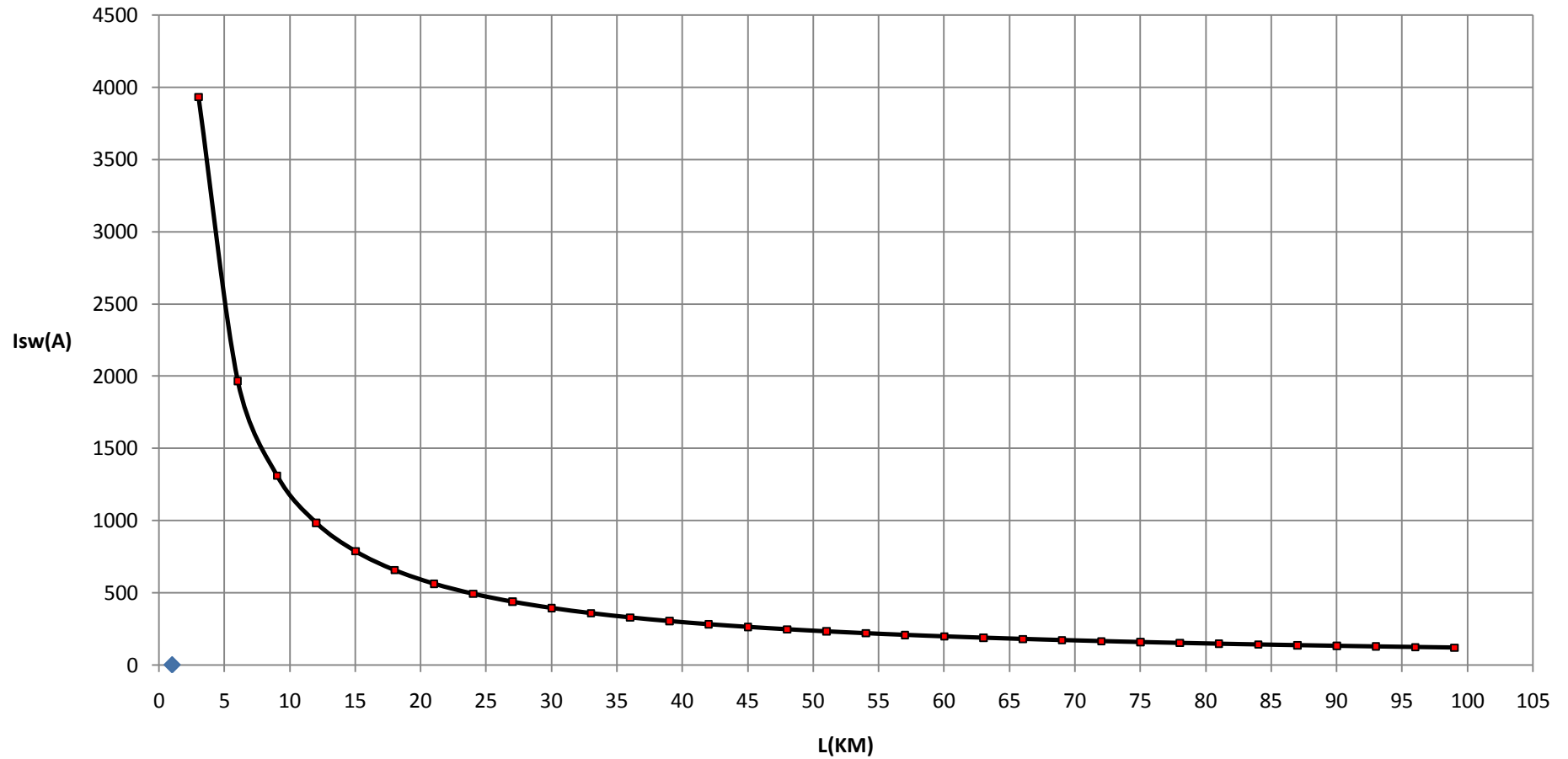
Σχήμα 6.9.3.5

L (Km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	Id1 (A)	Id2 (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	3930,9726821	1375,8404387	3930,9726821	52,8603224	117,0609216
6	3,4560000	2,3820000	0,0000018	0,0000599	4,1973989	1965,5029532	687,9260336	1965,5029532	13,2153040	29,2657251
9	5,1840000	3,5730000	0,0000018	0,0000599	6,2960807	1310,3389937	458,6186478	1310,3389937	5,8735015	13,0070622
12	6,9120000	4,7640000	0,0000018	0,0000599	8,3947624	982,7556296	343,9644704	982,7556296	3,3038539	7,3164931
15	8,6400000	5,9550000	0,0000018	0,0000599	10,4934441	786,2051682	275,1718089	786,2051682	2,1144701	4,6825635
18	10,3680000	7,1460000	0,0000018	0,0000599	12,5921258	655,1713427	229,3099699	655,1713427	1,4683837	3,2517839
21	12,0960000	8,3370000	0,0000018	0,0000599	14,6908076	561,5756626	196,5514819	561,5756626	1,0788134	2,3890676
24	13,8240000	9,5280000	0,0000018	0,0000599	16,7894893	491,3788531	171,9825986	491,3788531	0,8259670	1,8291310
27	15,5520000	10,7190000	0,0000018	0,0000599	18,8881710	436,7813053	152,8734568	436,7813053	0,6526162	1,4452400
30	17,2800000	11,9100000	0,0000018	0,0000599	20,9868528	393,1032486	137,5861370	393,1032486	0,5286193	1,1706448
33	19,0080000	13,1010000	0,0000018	0,0000599	23,0855345	357,3666445	125,0783256	357,3666445	0,4368756	0,9674754
36	20,7360000	14,2920000	0,0000018	0,0000599	25,1842162	327,5861328	114,6551465	327,5861328	0,3670969	0,8129483
39	22,4640000	15,4830000	0,0000018	0,0000599	27,2828980	302,3872323	105,8355313	302,3872323	0,3127927	0,6926898
42	24,1920000	16,6740000	0,0000018	0,0000599	29,3815797	280,7881703	98,2758596	280,7881703	0,2697040	0,5972683
45	25,9200000	17,8650000	0,0000018	0,0000599	31,4802614	262,0689801	91,7241430	262,0689801	0,2349422	0,5202872
48	27,6480000	19,0560000	0,0000018	0,0000599	33,5789431	245,6896861	85,9913901	245,6896861	0,2064922	0,4572837
51	29,3760000	20,2470000	0,0000018	0,0000599	35,6776249	231,2373660	80,9330781	231,2373660	0,1829135	0,4050680
54	31,1040000	21,4380000	0,0000018	0,0000599	37,7763066	218,3908577	76,4368002	218,3908577	0,1631544	0,3613107
57	32,8320000	22,6290000	0,0000018	0,0000599	39,8749883	206,8966123	72,4138143	206,8966123	0,1464322	0,3242789
60	34,5600000	23,8200000	0,0000018	0,0000599	41,9736701	196,5517904	68,7931266	196,5517904	0,1321551	0,2926617
63	36,2880000	25,0110000	0,0000018	0,0000599	44,0723518	187,1921889	65,5172661	187,1921889	0,1198685	0,2654528
66	38,0160000	26,2020000	0,0000018	0,0000599	46,1710335	178,6834596	62,5392108	178,6834596	0,1092191	0,2418692
69	39,7440000	27,3930000	0,0000018	0,0000599	48,2697152	170,9146192	59,8201167	170,9146192	0,0999282	0,2212943
72	41,4720000	28,5840000	0,0000018	0,0000599	50,3683970	163,7931818	57,3276136	163,7931818	0,0917744	0,2032374
75	43,2000000	29,7750000	0,0000018	0,0000599	52,4670787	157,2414589	55,0345106	157,2414589	0,0845793	0,1873036
78	44,9280000	30,9660000	0,0000018	0,0000599	54,5657604	151,1937144	52,9178000	151,1937144	0,0781983	0,1731727
81	46,6560000	32,1570000	0,0000018	0,0000599	56,6644422	145,5939507	50,9578828	145,5939507	0,0725131	0,1605826
84	48,3840000	33,3480000	0,0000018	0,0000599	58,7631239	140,3941699	49,1379595	140,3941699	0,0674261	0,1493173
87	50,1120000	34,5390000	0,0000018	0,0000599	60,8618056	135,5529945	47,4435481	135,5529945	0,0628562	0,1391971
90	51,8400000	35,7300000	0,0000018	0,0000599	62,9604873	131,0345639	45,8620974	131,0345639	0,0587356	0,1300719
93	53,5680000	36,9210000	0,0000018	0,0000599	65,0591691	126,8076447	44,3826757	126,8076447	0,0550073	0,1218156
96	55,2960000	38,1120000	0,0000018	0,0000599	67,1578508	122,8449079	42,9957178	122,8449079	0,0516231	0,1143211
99	57,0240000	39,3030000	0,0000018	0,0000599	69,2565325	119,1223369	41,6928179	119,1223369	0,0485418	0,1074975

Πίνακας 6.9.4: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec

$I_{sw}=f(L)$

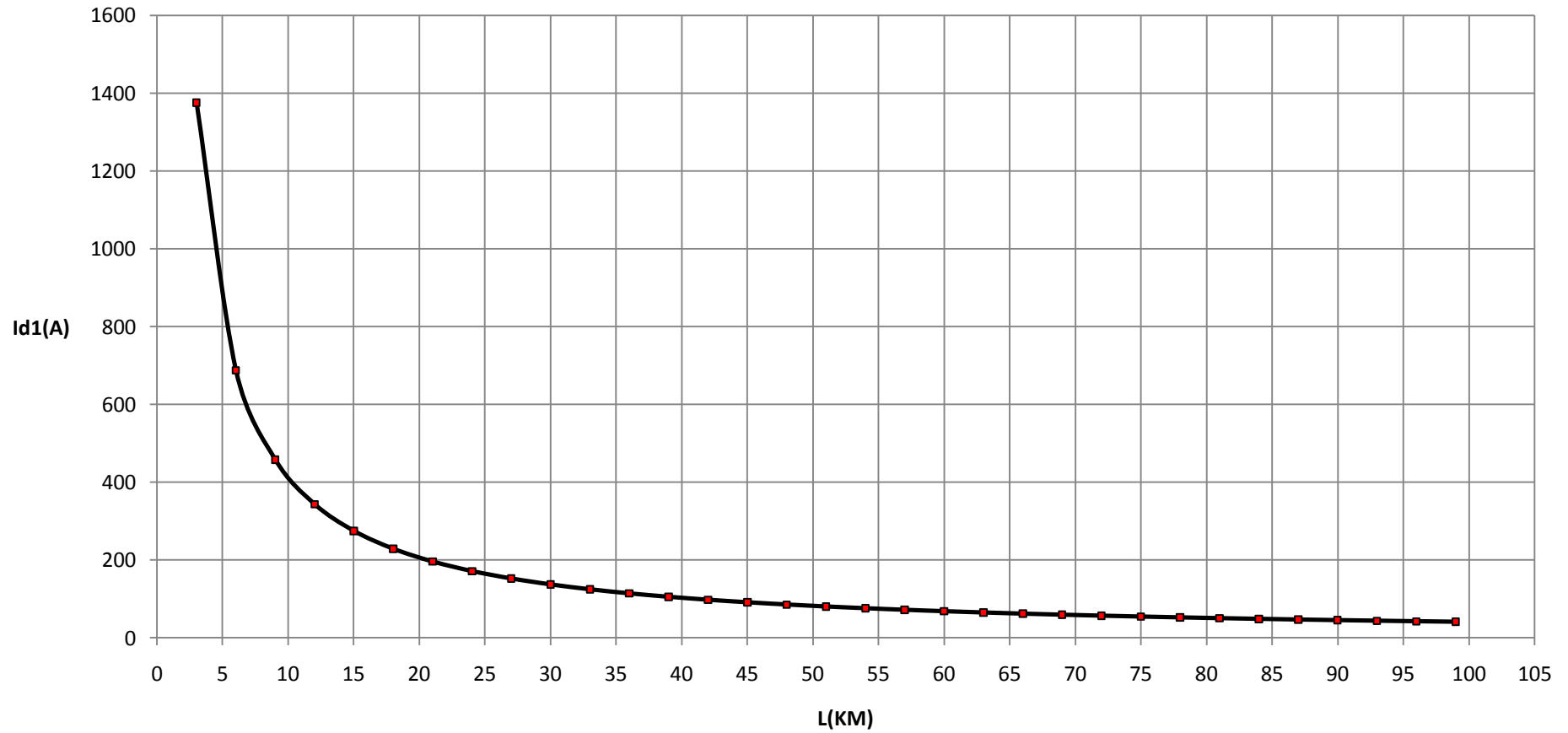
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.9.4.1

$I_{d1}=f(L)$

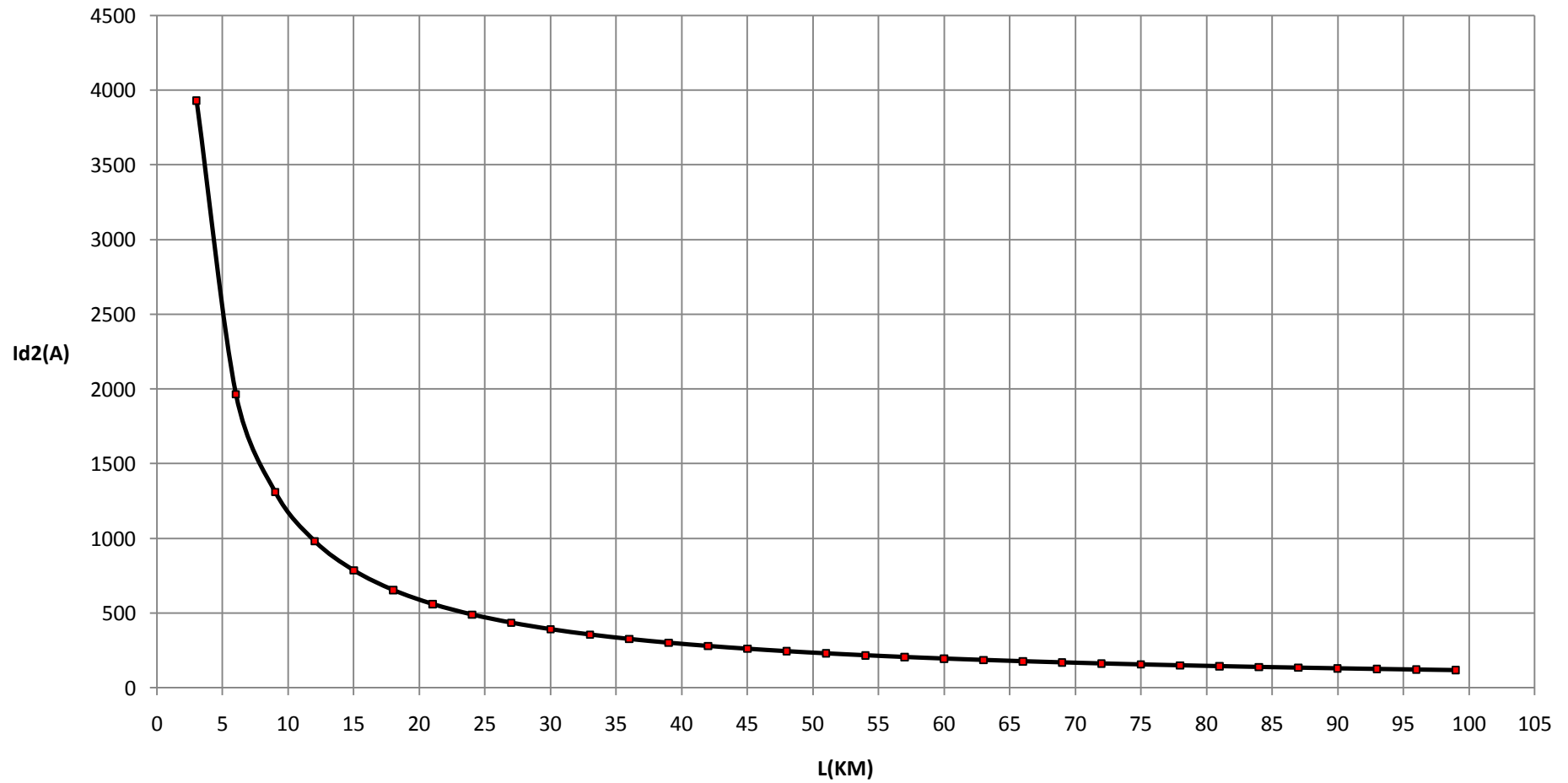
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.9.4.2

$I_{d2}=f(L)$

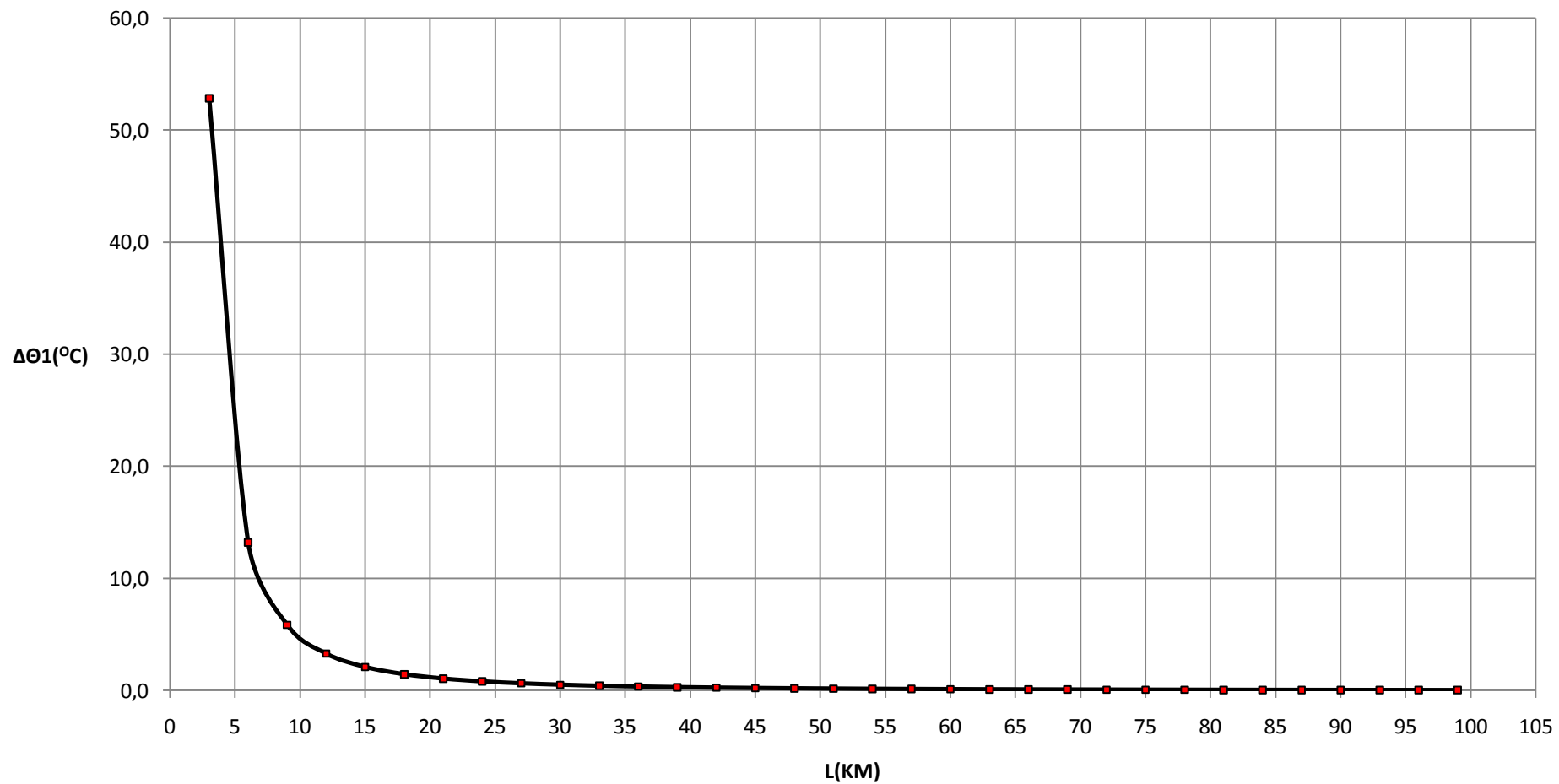
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.9.4.3

$\Delta\theta_1=f(L)$

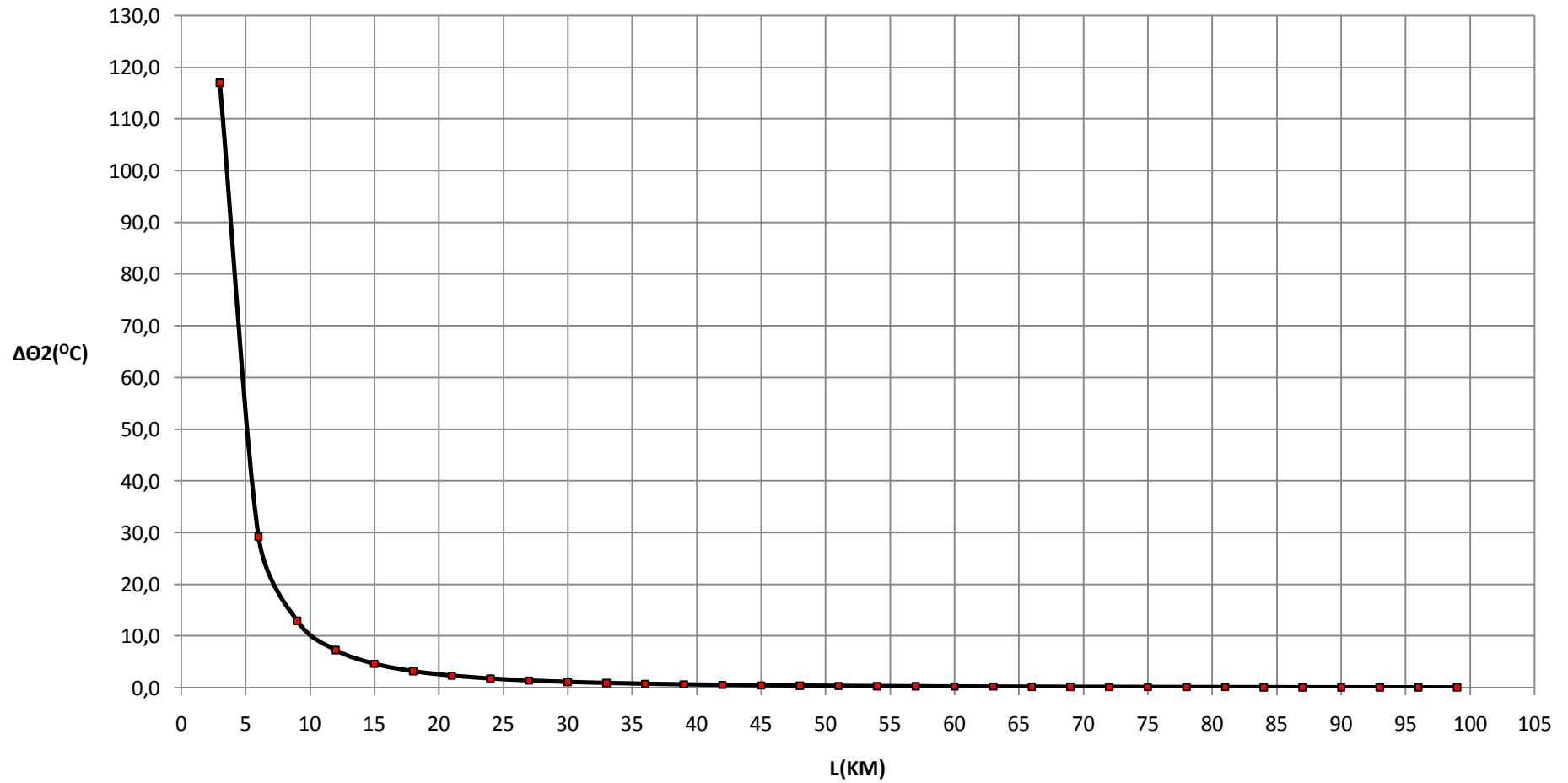
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.9.4.4

$\Delta\theta_2=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 6.9.4.5

7. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ & ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ 2 ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ(5 ΠΡΩΤΑ ΚΜ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ)

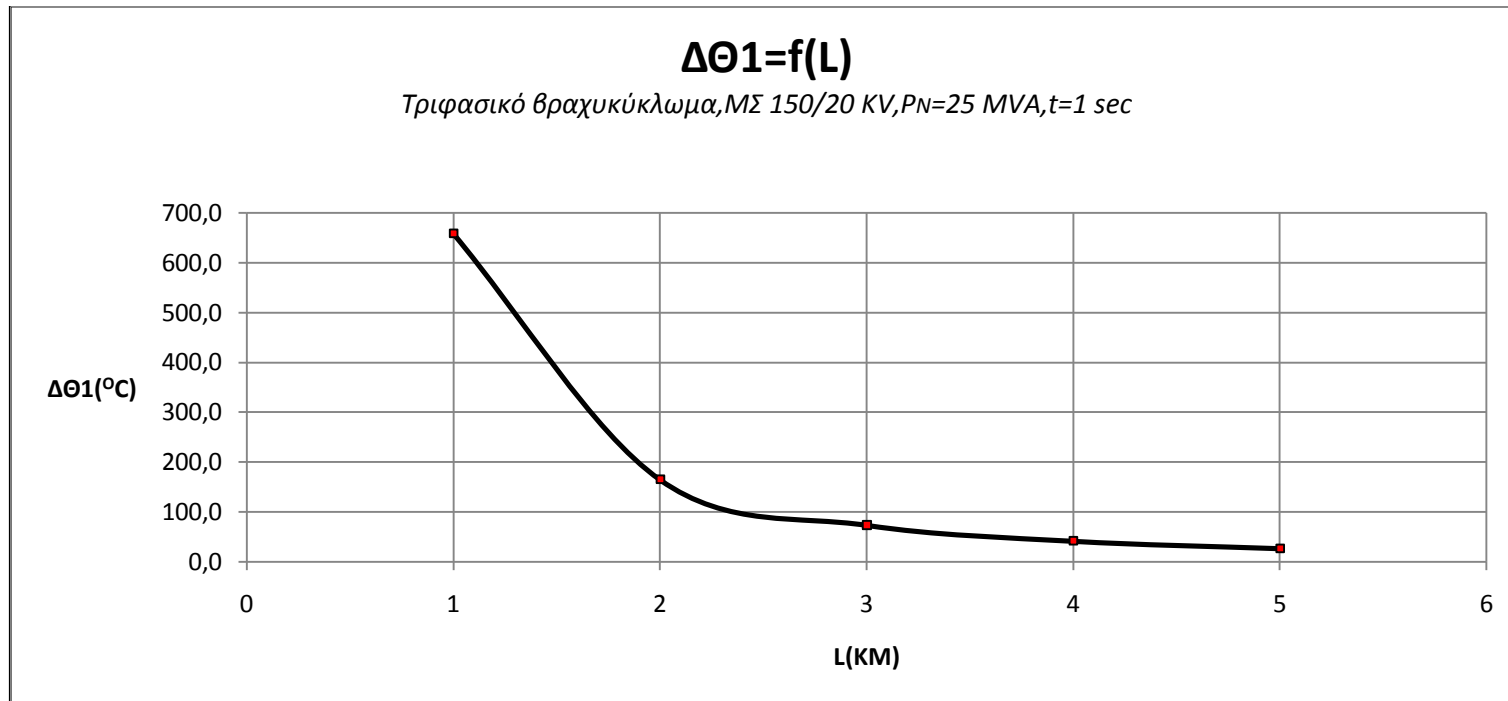
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι υπολογισμοί για τα πέντε πρώτα Km της γραμμής με σκοπό να παρουσιαστεί πιο αναλυτικά η διαφορά θερμοκρασίας κατά το βραχυκύκλωμα στην αρχή της γραμμής(για χρόνο διακοπής $t=1$ sec).

7.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV $t=1$ sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°C)	ΔΘ2 (°C)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000048	0,0001599	0,6996553	18154,2338528	6353,9818485	18154,2338528	659,2869345	2028,5751830
2	1,1520000	0,7940000	0,0000048	0,0001599	1,3992159	9077,7314608	3177,2060113	9077,7314608	164,8440517	507,2124669
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	6051,9575380	2118,1851383	6051,9575380	73,2673295	225,4379371
4	2,3040000	1,5880000	0,0000048	0,0001599	2,7983370	4539,0193651	1588,6567778	4539,0193651	41,2138029	126,8117011
5	2,8800000	1,9850000	0,0000048	0,0001599	3,4978976	3631,2400737	1270,9340258	3631,2400737	26,3771909	81,1605875

Πίνακας 7.1 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec



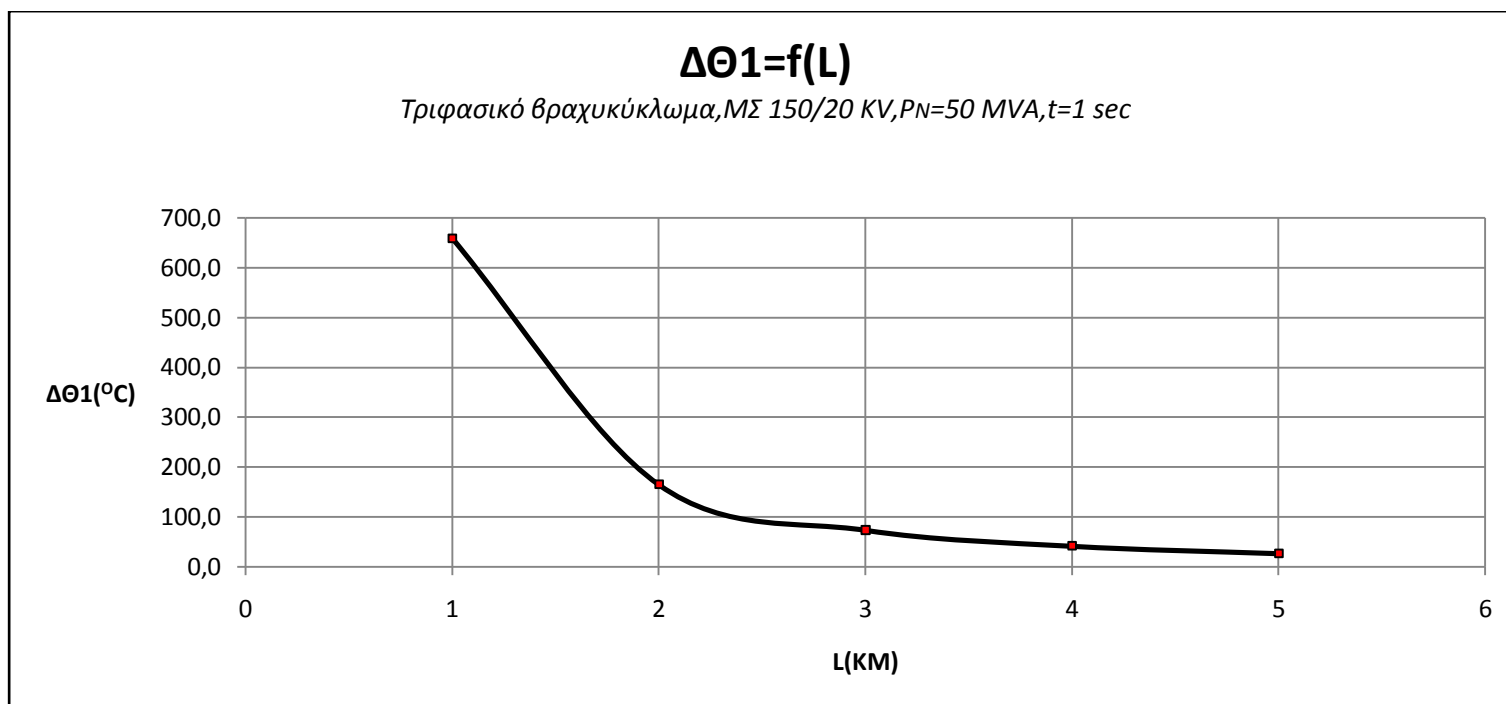
Σχήμα 7.1

7.2 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV $t=1$ sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000024	0,0000799	0,6996079	18155,4638641	6354,4123524	18155,4638641	659,3762754	2028,8500781
2	1,1520000	0,7940000	0,0000024	0,0000799	1,3991685	9078,0389659	3177,3136381	9078,0389659	164,8552200	507,2468307
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	6052,0942073	2118,2329725	6052,0942073	73,2706387	225,4481192
4	2,3040000	1,5880000	0,0000024	0,0000799	2,7982896	4539,0962417	1588,6836846	4539,0962417	41,2151989	126,8159967
5	2,8800000	1,9850000	0,0000024	0,0000799	3,4978502	3631,2892748	1270,9512462	3631,2892748	26,3779057	81,1627869

Πίνακας 7.2 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec



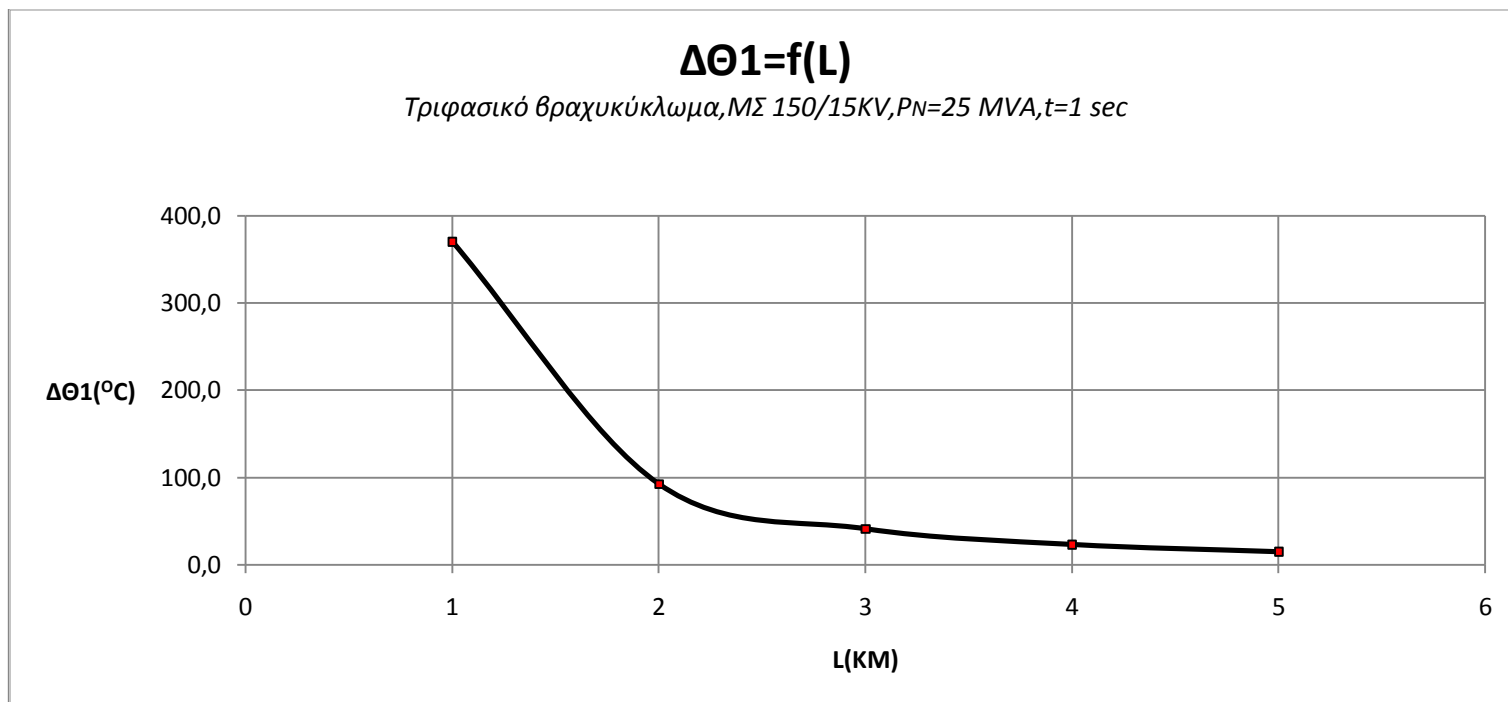
Σχήμα 7.2

7.3 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV $t=1$ sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000036	0,0001199	0,6996316	13616,1367973	4765,6478790	13616,1367973	370,8740357	1141,1508791
2	1,1520000	0,7940000	0,0000036	0,0001199	1,3991922	6808,4139485	2382,9448820	6808,4139485	92,7279212	285,3166806
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	4539,0194216	1588,6567976	4539,0194216	41,2138039	126,8117043
4	2,3040000	1,5880000	0,0000036	0,0001199	2,7983133	3404,2933622	1191,5026768	3404,2933622	23,1831569	71,3327904
5	2,8800000	1,9850000	0,0000036	0,0001199	3,4978739	2723,4485119	953,2069792	2723,4485119	14,8373710	45,6534493

Πίνακας 7.3 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec



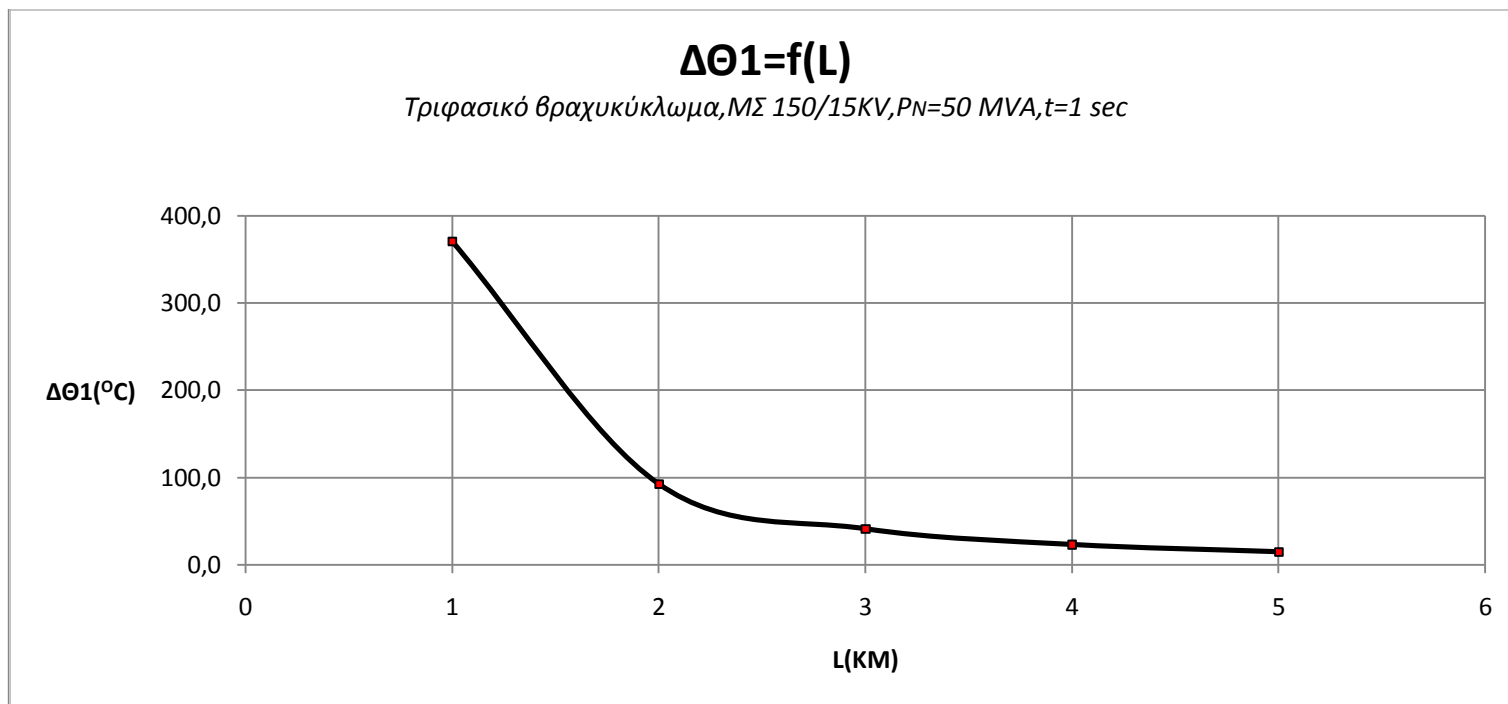
Σχήμα 7.3

7.4 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV t=1 sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000018	0,0000599	0,6995961	13616,8284494	4765,8899573	13616,8284494	370,9117149	1141,2668150
2	1,1520000	0,7940000	0,0000018	0,0000599	1,3991566	6808,5868625	2383,0054019	6808,5868625	92,7326313	285,3311732
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	4539,0962724	1588,6836953	4539,0962724	41,2151995	126,8159984
4	2,3040000	1,5880000	0,0000018	0,0000599	2,7982778	3404,3365908	1191,5178068	3404,3365908	23,1837457	71,3346020
5	2,8800000	1,9850000	0,0000018	0,0000599	3,4978384	2723,4761782	953,2166624	2723,4761782	14,8376725	45,6543768

Πίνακας 7.4 : Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec



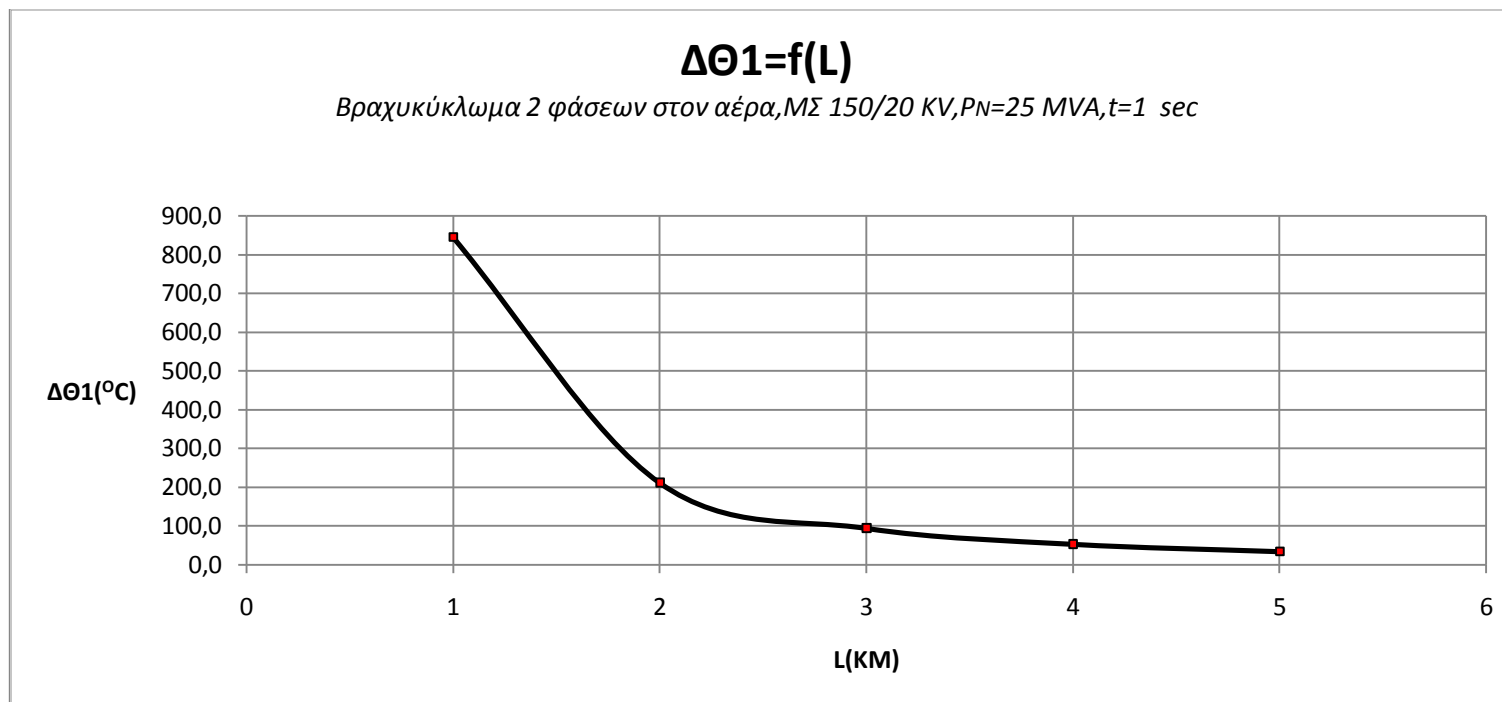
Σχήμα 7.4

7.5 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV t=1 sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°C)	ΔΘ2 (°C)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000048	0,0001599	0,6996553	15722,0277027	5502,7096960	15722,0277027	845,5647517	1872,5309381
2	1,1520000	0,7940000	0,0000048	0,0001599	1,3992159	7861,5460538	2751,5411188	7861,5460538	211,4198119	468,1961232
3	1,7280000	1,1910000	0,0000048	0,0001599	2,0987764	5241,1489705	1834,4021397	5241,1489705	93,9686017	208,0965573
4	2,3040000	1,5880000	0,0000048	0,0001599	2,7983370	3930,9060785	1375,8171275	3930,9060785	52,8585312	117,0569549
5	2,8800000	1,9850000	0,0000048	0,0001599	3,4978976	3144,7461511	1100,6611529	3144,7461511	33,8299180	74,9174654

Πίνακας 7.5 : Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec



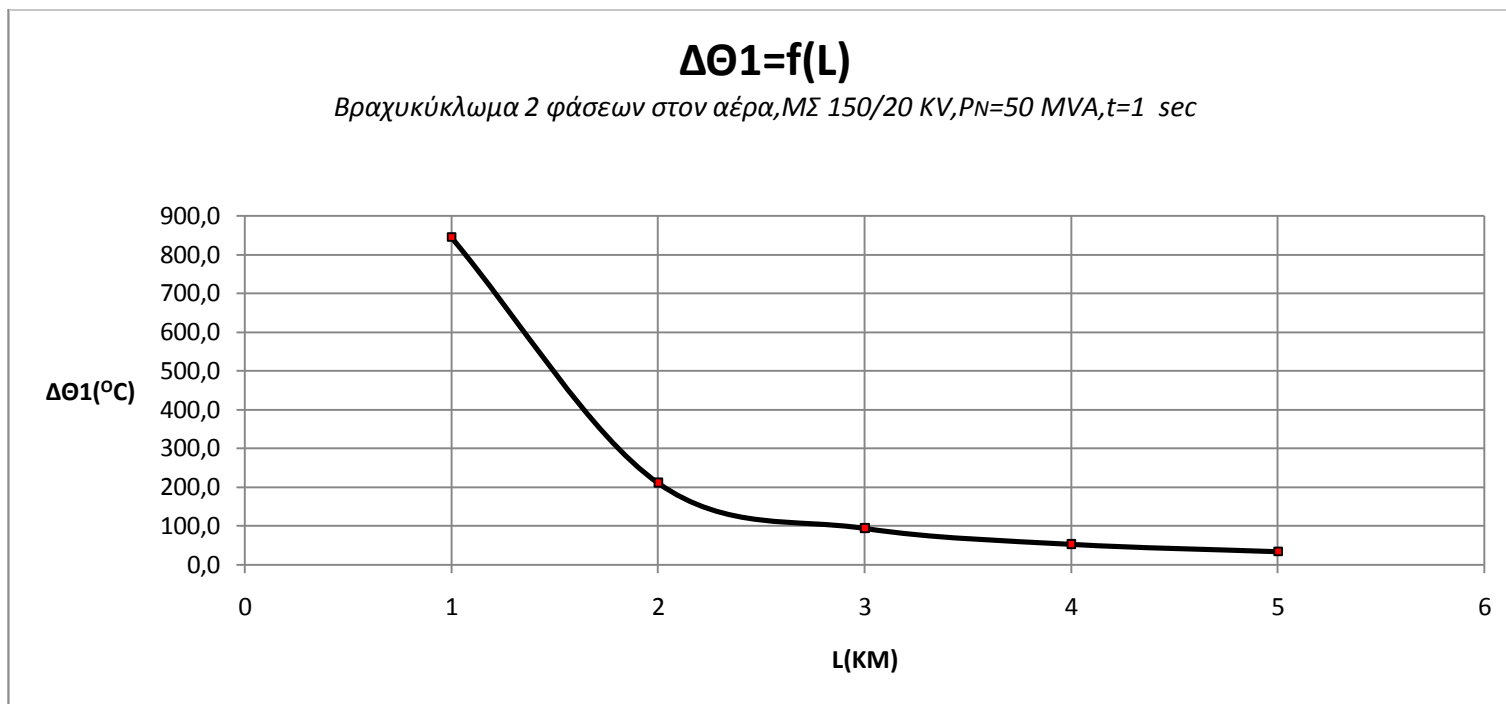
Σχήμα 7.5

7.6 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV t=1 sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°C)	ΔΘ2 (°C)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000024	0,0000799	0,6996079	15723,0929238	5503,0825233	15723,0929238	845,6793354	1872,7846875
2	1,1520000	0,7940000	0,0000024	0,0000799	1,3991685	7861,8123610	2751,6343264	7861,8123610	211,4341357	468,2278438
3	1,7280000	1,1910000	0,0000024	0,0000799	2,0987290	5241,2673296	1834,4435654	5241,2673296	93,9728458	208,1059561
4	2,3040000	1,5880000	0,0000024	0,0000799	2,7982896	3930,9726555	1375,8404294	3930,9726555	52,8603217	117,0609200
5	2,8800000	1,9850000	0,0000024	0,0000799	3,4978502	3144,7887605	1100,6760662	3144,7887605	33,8308347	74,9194956

Πίνακας 7.6 : Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/20 KV , t=1 sec



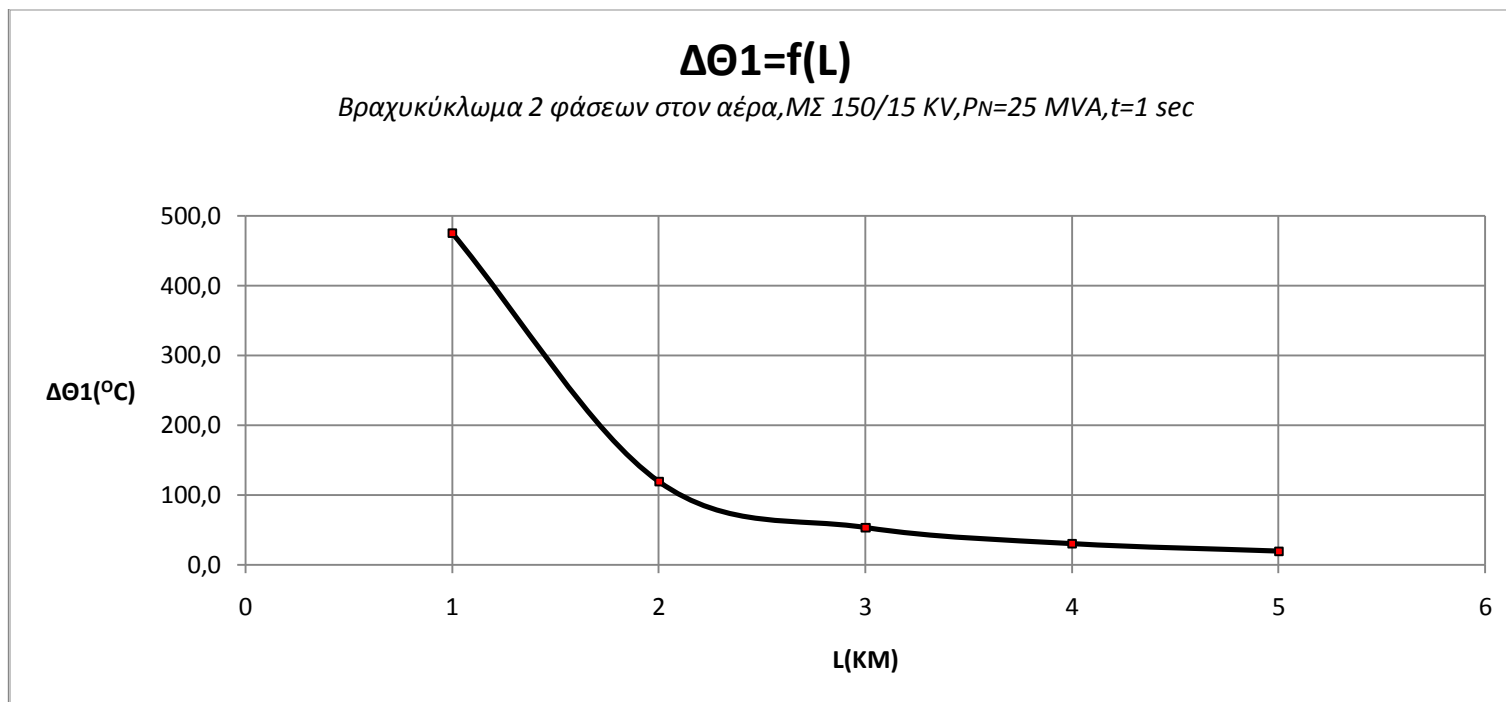
Σχήμα 7.6

7.7 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV t=1 sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XMΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000036	0,0001199	0,6996316	11791,9203678	4127,1721287	11791,9203678	475,6624097	1053,3700422
2	1,1520000	0,7940000	0,0000036	0,0001199	1,3991922	5896,2594389	2063,6908036	5896,2594389	118,9276741	263,3692436
3	1,7280000	1,1910000	0,0000036	0,0001199	2,0987527	3930,9061274	1375,8171446	3930,9061274	52,8585325	117,0569578
4	2,3040000	1,5880000	0,0000036	0,0001199	2,7983133	2948,2045336	1031,8715868	2948,2045336	29,7334275	65,8456527
5	2,8800000	1,9850000	0,0000036	0,0001199	3,4978739	2358,5755972	825,5014590	2358,5755972	19,0295868	42,1416455

Πίνακας 7.7: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=25 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec



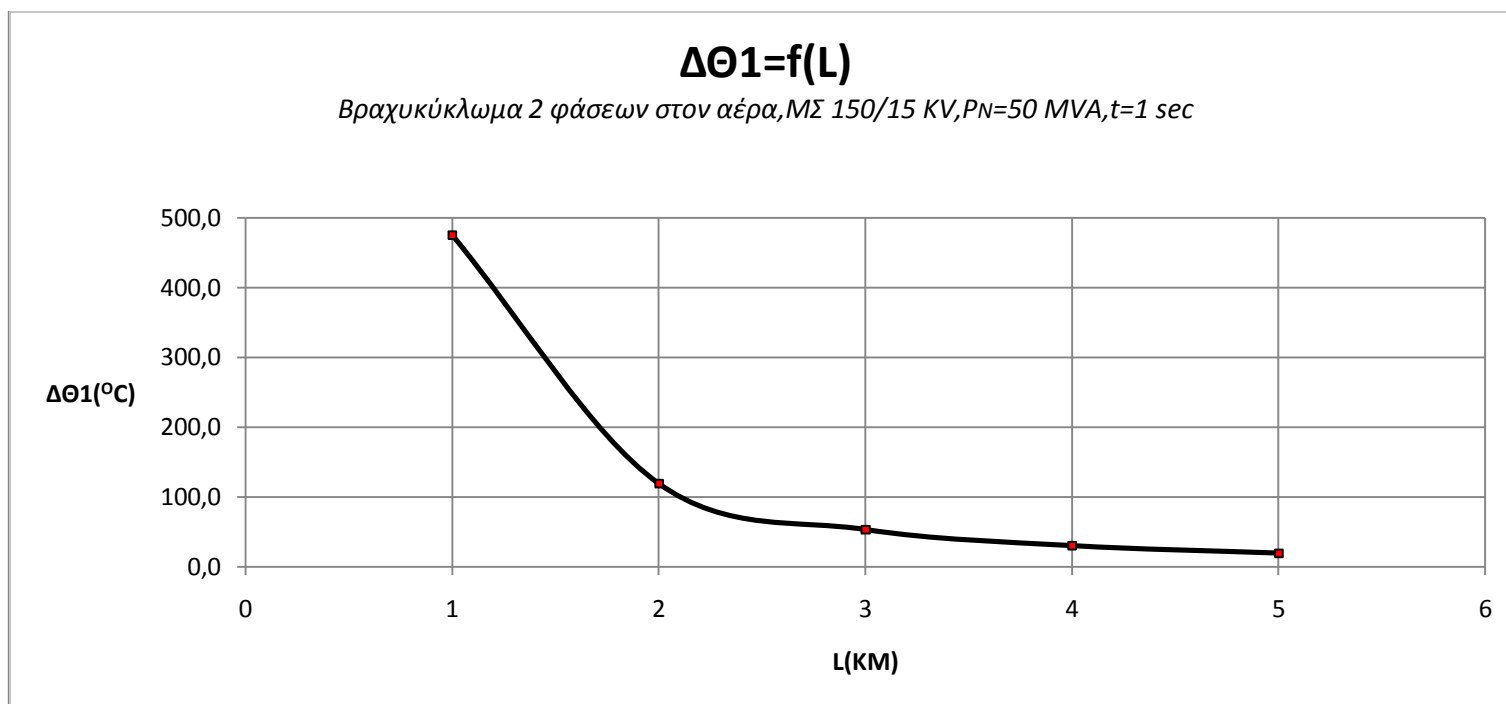
Σχήμα 7.7

7.8 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα (5 πρώτα Km)

$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV t=1 sec

L (Km)	R _{γρ} (Ω)	X _{γρ} (Ω)	RMΣ (Ω)	XΜΣ (Ω)	Z (Ω)	I _{sw} (A)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	ΔΘ1 (°c)	ΔΘ2 (°c)
1	0,5760000	0,3970000	0,0000018	0,0000599	0,6995961	11792,5193561	4127,3817746	11792,5193561	475,7107349	1053,4770600
2	1,1520000	0,7940000	0,0000018	0,0000599	1,3991566	5896,4091868	2063,7432154	5896,4091868	118,9337150	263,3826214
3	1,7280000	1,1910000	0,0000018	0,0000599	2,0987172	3930,9726821	1375,8404387	3930,9726821	52,8603224	117,0609216
4	2,3040000	1,5880000	0,0000018	0,0000599	2,7982778	2948,2419707	1031,8846897	2948,2419707	29,7341827	65,8473249
5	2,8800000	1,9850000	0,0000018	0,0000599	3,4978384	2358,5995569	825,5098449	2358,5995569	19,0299734	42,1425017

Πίνακας 7.8: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , P_N=50 MVA , ΜΣ 150/15 KV , t=1 sec



Σχήμα 7.8

8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ&ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ 1^ο, 2^ο ΚΑΙ 3^ο ON-OFF

Όπως ήδη αναφέρθηκε, σε περίπτωση ύπαρξης αυτόματου ελαιοδιακόπτη ή διακόπτη αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) στην γραμμή μέσης τάσης γίνεται επαναφορά του συστήματος σε τρία στάδια. Αρχικά όταν συμβεί το σφάλμα ο ΔΑΕ ανοίγει σε $t \text{ sec}$ και αυτόματα κλείνει. Αν το σφάλμα εξακολουθεί να υπάρχει ανοίγει ξανά σε $t' = \sqrt{2}t \text{ sec}$ και έπειτα επιχειρείται δεύτερο κλείσιμο. Στην συνέχεια αν και εφόσον το βραχυκύκλωμα παραμένει ανοίγει μόνιμα μετά από $t'' = 2t \text{ sec}$.

Η συνολική θερμοκρασία των αγωγών εκφράζεται από την σχέση:

$$\Theta = \Delta\Theta + \Theta_{\text{περ.}}$$

όπου:

$\Theta_{\text{περ}}$ η αρχική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για τους υπολογισμούς λαμβάνεται :

$$\Theta_{\text{περ}} = 40^{\circ}\text{C}$$

Έτσι έχουμε:

- 1ο ON-OFF :

$$\Theta_1 = \Theta_{\text{περ.}} + \Delta\Theta$$

- 2ο ON-OFF :

$$\Theta_2 = \Theta_{\text{περ.}} + \sqrt{2}\Delta\Theta$$

- 3ο ON-OFF :

$$\Theta_3 = \Theta_{\text{περ.}} + 2\Delta\Theta$$

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν παρακάτω πραγματοποιήθηκαν για $t=1 \text{ sec}$ και για την αύξηση θερμοκρασίας $\Delta\Theta_1$.

8.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

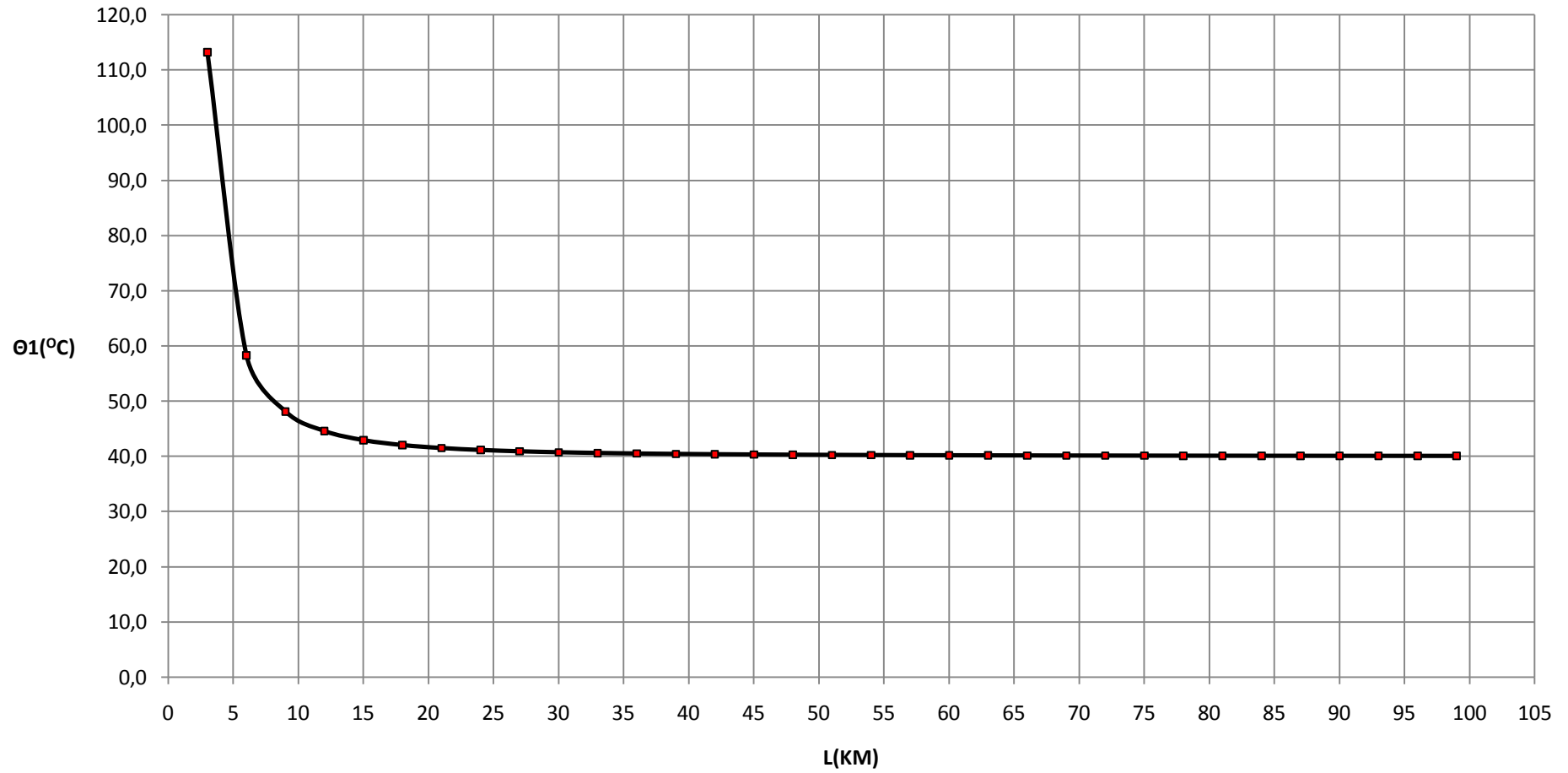
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}\text{C}$)	θ_1 ($^{\circ}\text{C}$)	θ_2 ($^{\circ}\text{C}$)	θ_3 ($^{\circ}\text{C}$)
3	73,2673295	113,2673295	143,6156511	186,5346591
6	18,3176590	58,3176590	65,9050819	76,6353181
9	8,1413043	48,1413043	51,5135429	56,2826085
12	4,5795181	44,5795181	46,4764166	49,1590362
15	2,9309048	42,9309048	44,1449253	45,8618096
18	2,0353567	42,0353567	42,8784290	44,0707134
21	1,4953673	41,4953673	42,1147687	42,9907346
24	1,1448924	41,1448924	41,6191224	42,2897849
27	0,9046075	40,9046075	41,2793082	41,8092150
30	0,7327328	40,7327328	41,0362407	41,4654656
33	0,6055648	40,6055648	40,8563980	41,2111296
36	0,5088430	40,5088430	40,7196127	41,0176860
39	0,4335706	40,4335706	40,6131614	40,8671412
42	0,3738442	40,3738442	40,5286956	40,7476885
45	0,3256600	40,3256600	40,4605528	40,6513200
48	0,2862247	40,2862247	40,4047829	40,5724494
51	0,2535417	40,2535417	40,3585621	40,5070834
54	0,2261530	40,2261530	40,3198287	40,4523060
57	0,2029739	40,2029739	40,2870485	40,4059479
60	0,1831840	40,1831840	40,2590613	40,3663681
63	0,1661534	40,1661534	40,2349763	40,3323067
66	0,1513918	40,1513918	40,2141004	40,3027836
69	0,1385135	40,1385135	40,1958877	40,2770271
72	0,1272112	40,1272112	40,1799038	40,2544225
75	0,1172379	40,1172379	40,1657994	40,2344758
78	0,1083930	40,1083930	40,1532909	40,2167861
81	0,1005126	40,1005126	40,1421463	40,2010252
84	0,0934614	40,0934614	40,1321743	40,1869227
87	0,0871269	40,0871269	40,1232160	40,1742538
90	0,0814152	40,0814152	40,1151385	40,1628305
93	0,0762474	40,0762474	40,1078301	40,1524948
96	0,0715564	40,0715564	40,1011960	40,1431128
99	0,0672853	40,0672853	40,0951558	40,1345707

Πίνακας 8.1: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , $P_N=25 \text{ MVA}$, $M\Sigma 150/20 \text{ KV}$, $t=1 \text{ sec}$
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

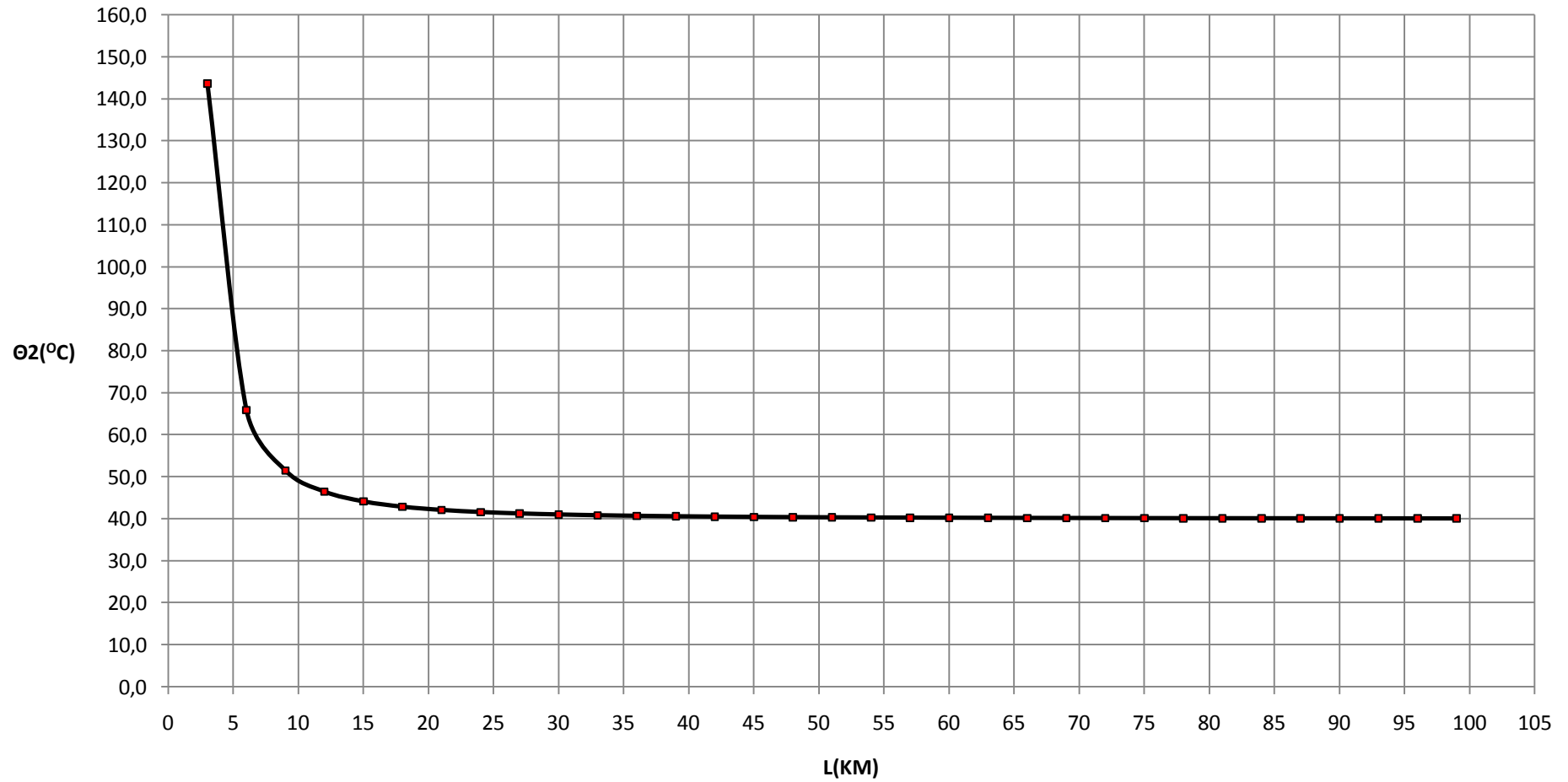
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.1.1

$$\Theta_2=f(L)$$

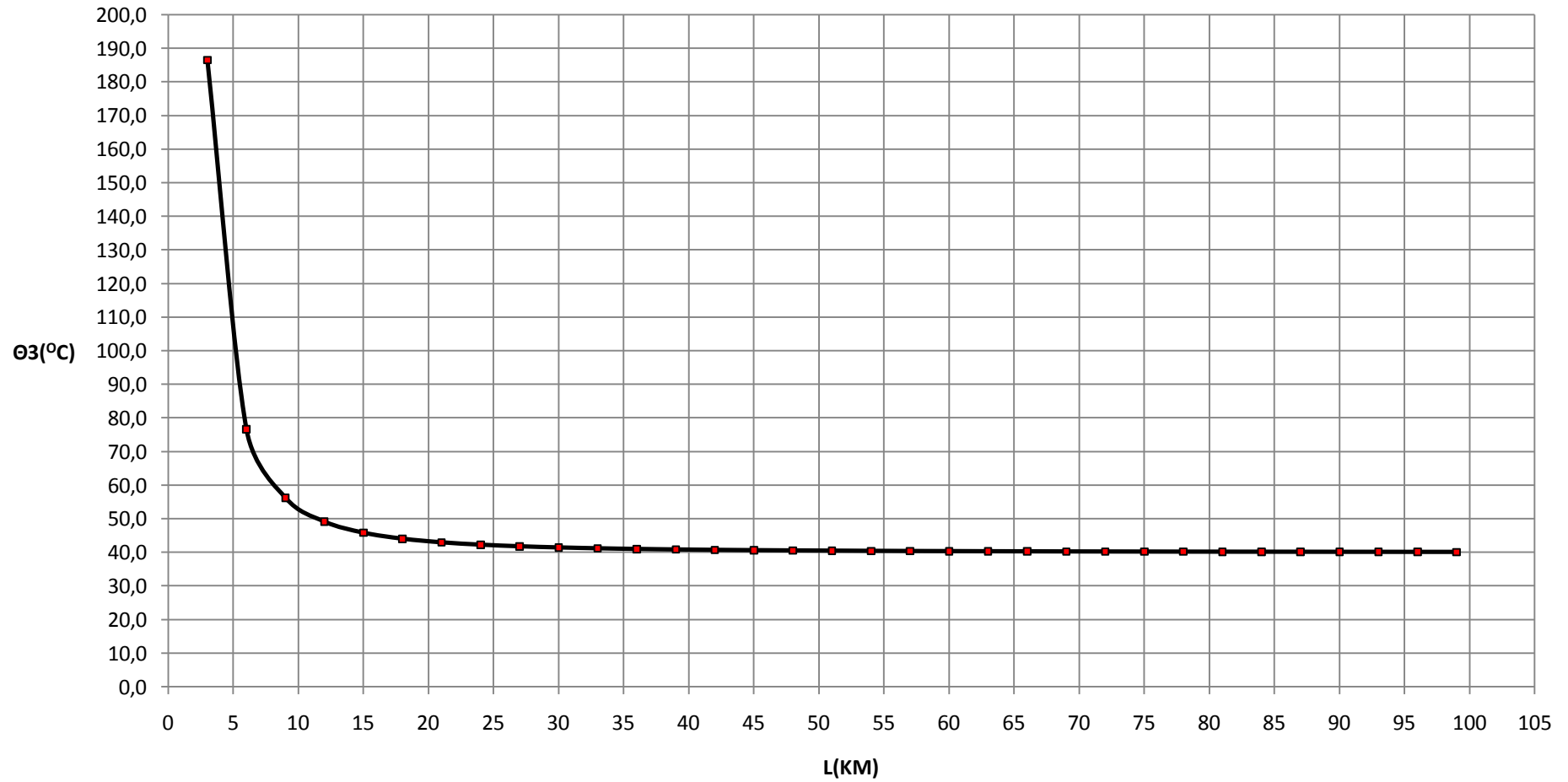
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.1.2

$\Theta_3=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=25 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.1.3

8.2 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

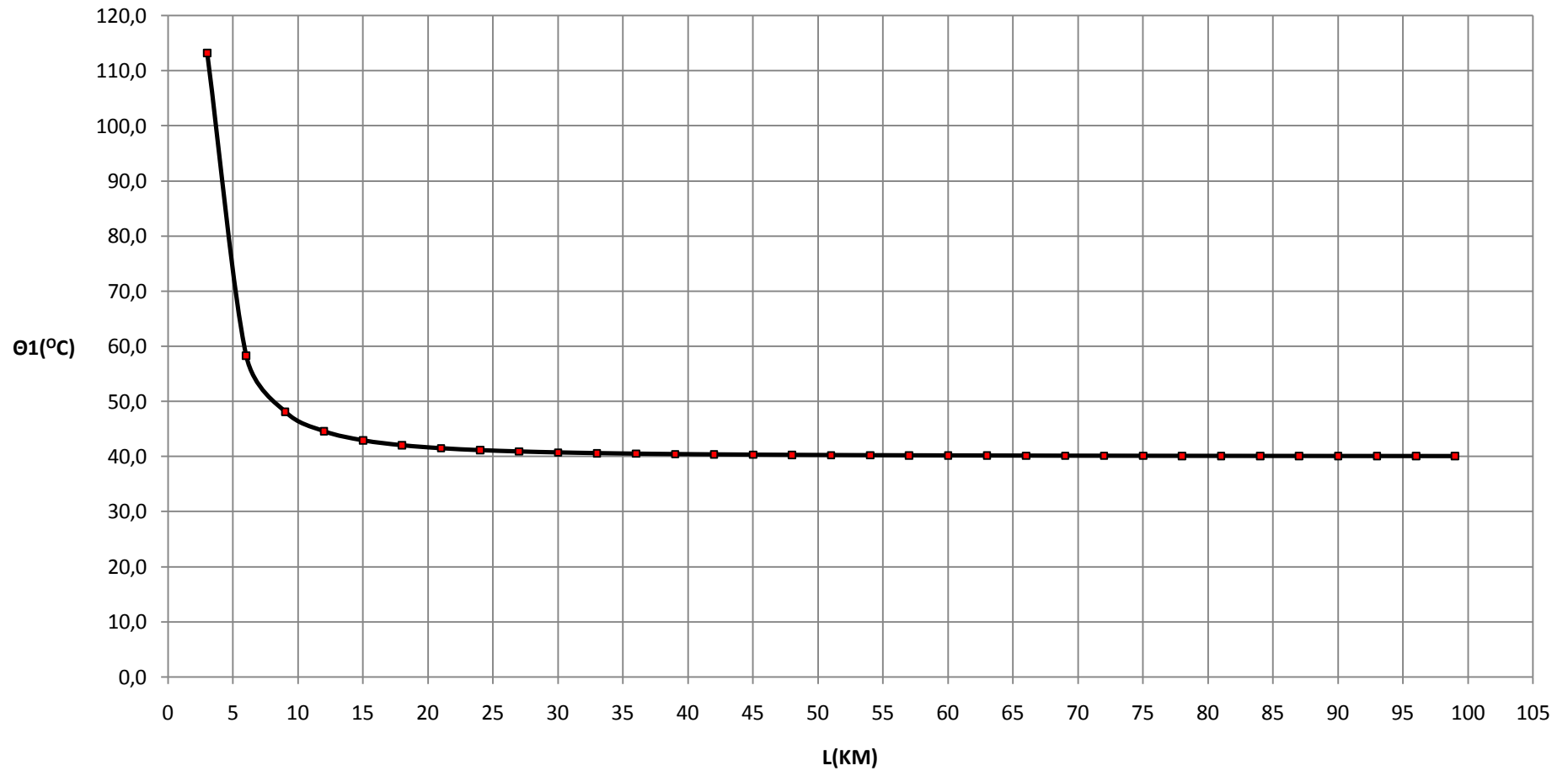
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	$\Delta\theta_1$ (°c)	θ_1 (°c)	θ_2 (°c)	θ_3 (°c)
3	73,2706387	113,2706387	143,6203310	186,5412775
6	18,3180727	58,3180727	65,9056669	76,6361454
9	8,1414268	48,1414268	51,5137162	56,2828537
12	4,5795698	44,5795698	46,4764897	49,1591396
15	2,9309313	42,9309313	44,1449628	45,8618626
18	2,0353720	42,0353720	42,8784507	44,0707440
21	1,4953770	41,4953770	42,1147824	42,9907539
24	1,1448989	41,1448989	41,6191316	42,2897978
27	0,9046120	40,9046120	41,2793146	41,8092241
30	0,7327361	40,7327361	41,0362454	41,4654722
33	0,6055673	40,6055673	40,8564015	41,2111346
36	0,5088449	40,5088449	40,7196154	41,0176898
39	0,4335721	40,4335721	40,6131636	40,8671442
42	0,3738454	40,3738454	40,5286973	40,7476909
45	0,3256610	40,3256610	40,4605542	40,6513220
48	0,2862255	40,2862255	40,4047840	40,5724511
51	0,2535424	40,2535424	40,3585631	40,5070848
54	0,2261536	40,2261536	40,3198295	40,4523072
57	0,2029744	40,2029744	40,2870492	40,4059489
60	0,1831844	40,1831844	40,2590619	40,3663689
63	0,1661537	40,1661537	40,2349768	40,3323074
66	0,1513921	40,1513921	40,2141008	40,3027843
69	0,1385138	40,1385138	40,1958881	40,2770276
72	0,1272115	40,1272115	40,1799042	40,2544229
75	0,1172381	40,1172381	40,1657997	40,2344762
78	0,1083932	40,1083932	40,1532912	40,2167864
81	0,1005128	40,1005128	40,1421465	40,2010256
84	0,0934615	40,0934615	40,1321745	40,1869230
87	0,0871270	40,0871270	40,1232162	40,1742541
90	0,0814154	40,0814154	40,1151387	40,1628307
93	0,0762475	40,0762475	40,1078302	40,1524950
96	0,0715565	40,0715565	40,1011962	40,1431130
99	0,0672854	40,0672854	40,0951560	40,1345709

Πίνακας 8.2: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , $P_N=50$ MVA , ΜΣ 150/20 KV , $t=1$ sec
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

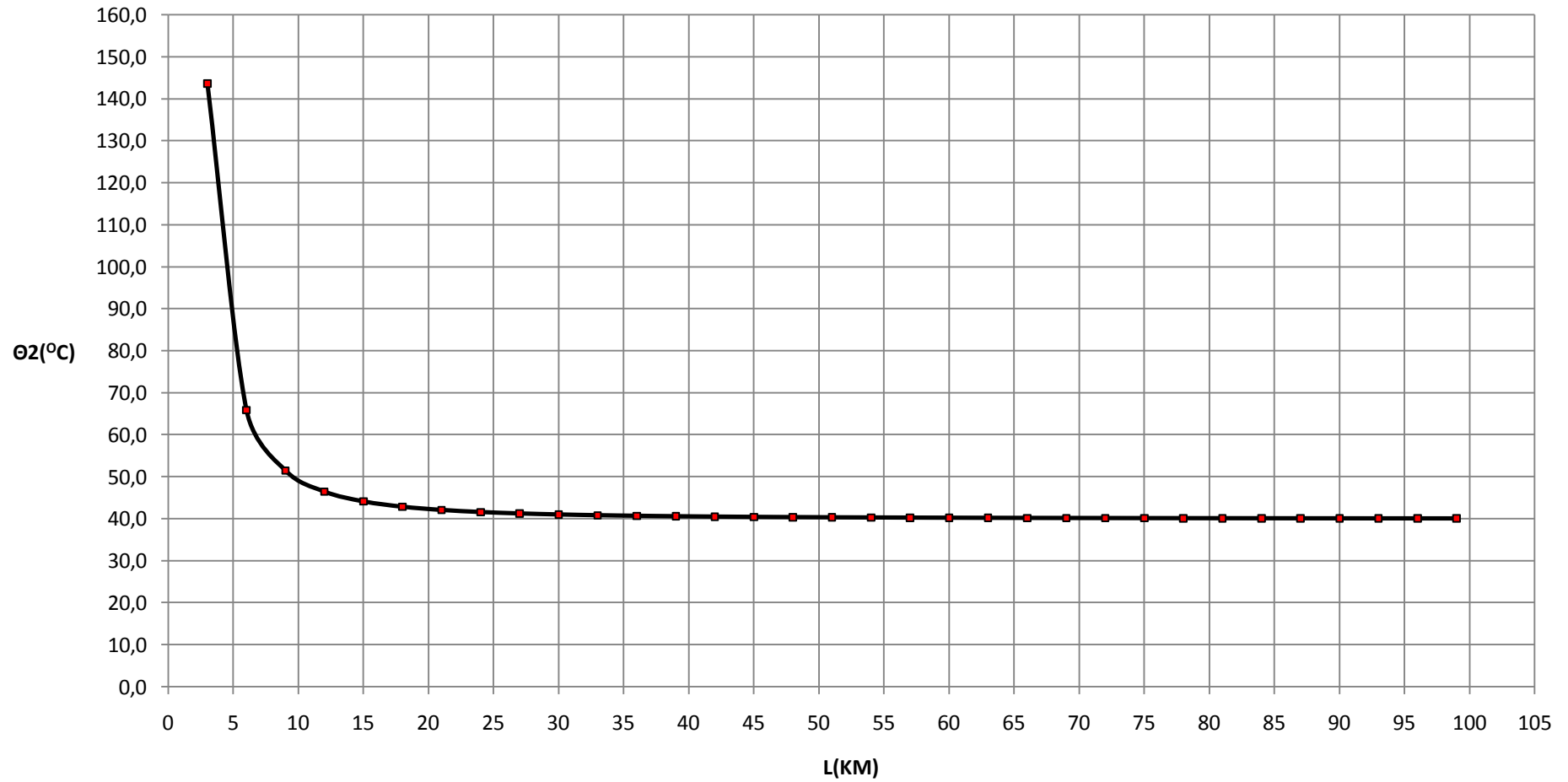
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.2.1

$$\Theta_2=f(L)$$

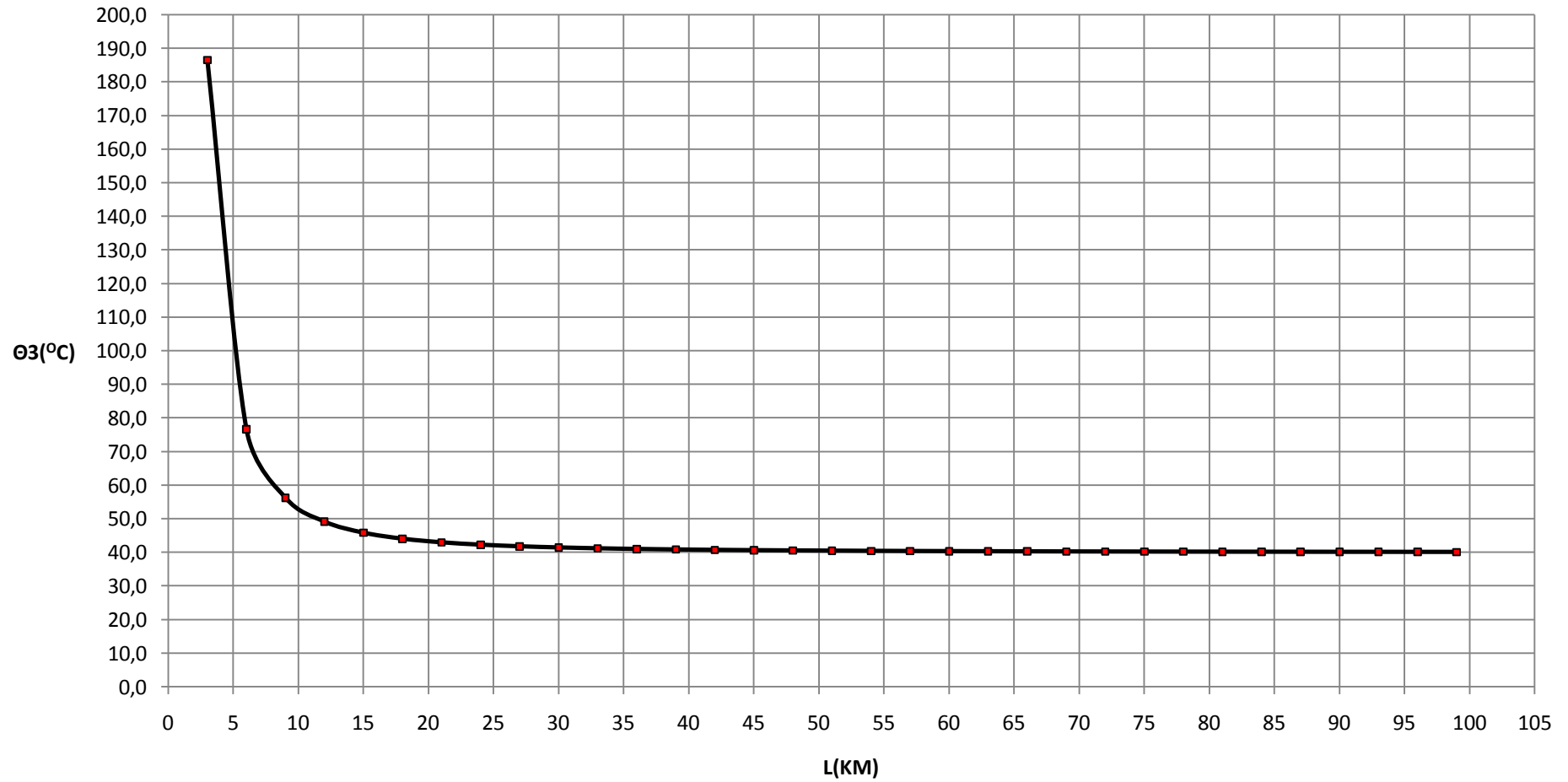
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.2.2

$\Theta_3=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/20 KV, Ρ_N=50 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.2.3

8.3 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

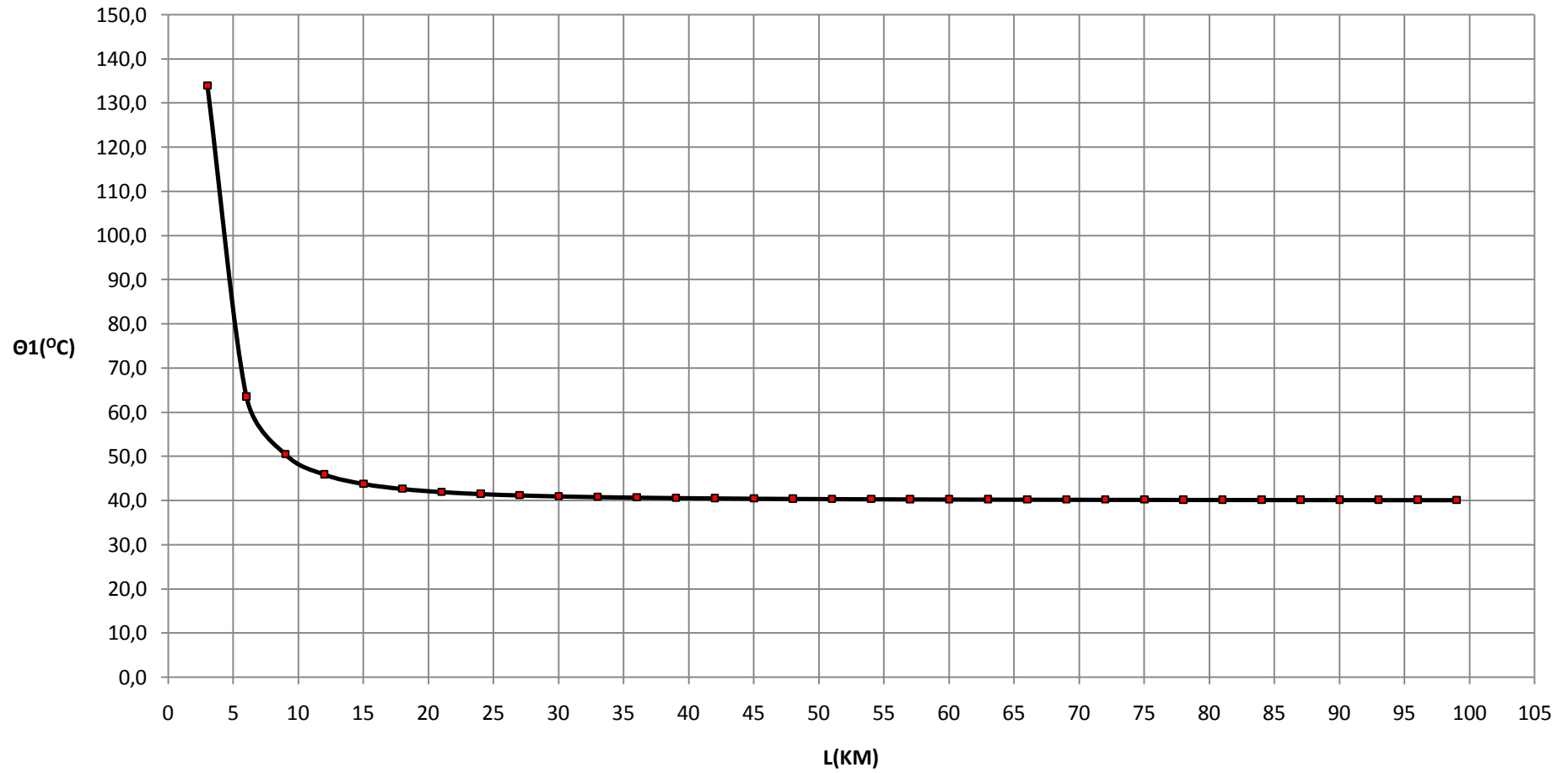
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	$\Delta\theta_1$ (°c)	θ_1 (°c)	θ_2 (°c)	θ_3 (°c)
3	41,2138039	81,2138039	98,2851204	122,4276078
6	10,3037996	50,3037996	54,5717731	60,6075992
9	4,5795181	44,5795181	46,4764167	49,1590363
12	2,5759935	42,5759935	43,6430049	45,1519870
15	1,6486414	41,6486414	42,3315310	43,2972828
18	1,1448924	41,1448924	41,6191224	42,2897849
21	0,8411468	40,8411468	41,1895612	41,6822937
24	0,6440038	40,6440038	40,9107589	41,2880076
27	0,5088430	40,5088430	40,7196127	41,0176860
30	0,4121631	40,4121631	40,5828867	40,8243263
33	0,3406309	40,3406309	40,4817248	40,6812618
36	0,2862247	40,2862247	40,4047829	40,5724495
39	0,2438839	40,2438839	40,3449039	40,4877678
42	0,2102877	40,2102877	40,2973917	40,4205754
45	0,1831840	40,1831840	40,2590613	40,3663681
48	0,1610016	40,1610016	40,2276907	40,3220033
51	0,1426174	40,1426174	40,2016915	40,2852348
54	0,1272112	40,1272112	40,1799038	40,2544225
57	0,1141730	40,1141730	40,1614650	40,2283460
60	0,1030411	40,1030411	40,1457222	40,2060823
63	0,0934614	40,0934614	40,1321743	40,1869227
66	0,0851580	40,0851580	40,1204316	40,1703160
69	0,0779139	40,0779139	40,1101869	40,1558279
72	0,0715564	40,0715564	40,1011960	40,1431128
75	0,0659464	40,0659464	40,0932623	40,1318927
78	0,0609711	40,0609711	40,0862262	40,1219423
81	0,0565384	40,0565384	40,0799574	40,1130768
84	0,0525721	40,0525721	40,0743481	40,1051441
87	0,0490089	40,0490089	40,0693091	40,0980178
90	0,0457961	40,0457961	40,0647655	40,0915922
93	0,0428892	40,0428892	40,0606545	40,0857784
96	0,0402505	40,0402505	40,0569228	40,0805010
99	0,0378480	40,0378480	40,0535252	40,0756961

Πίνακας 8.3: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , $P_N=25$ MVA , ΜΣ 150/15 KV , $t=1$ sec
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

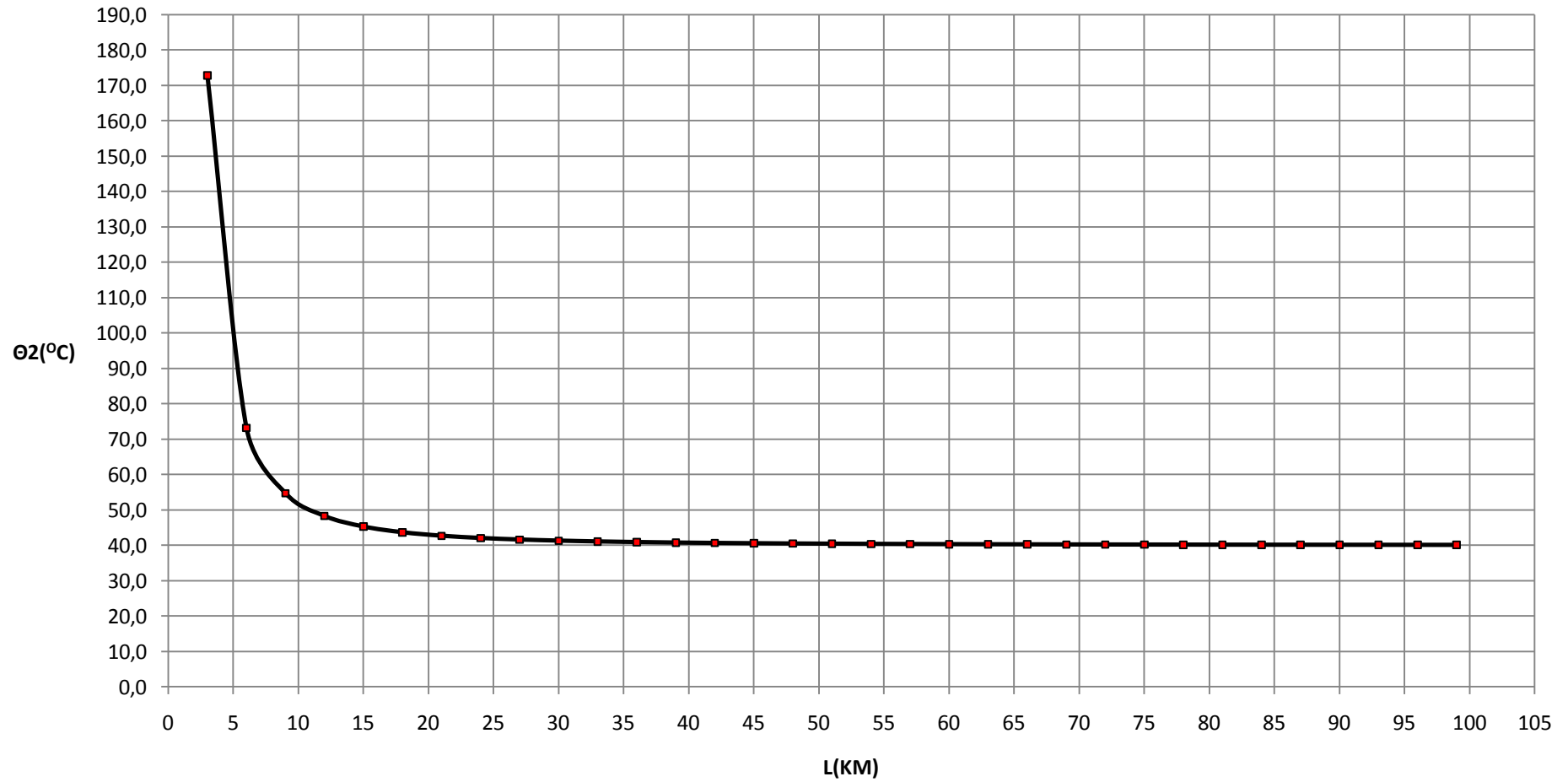
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.3.1

$$\Theta_2=f(L)$$

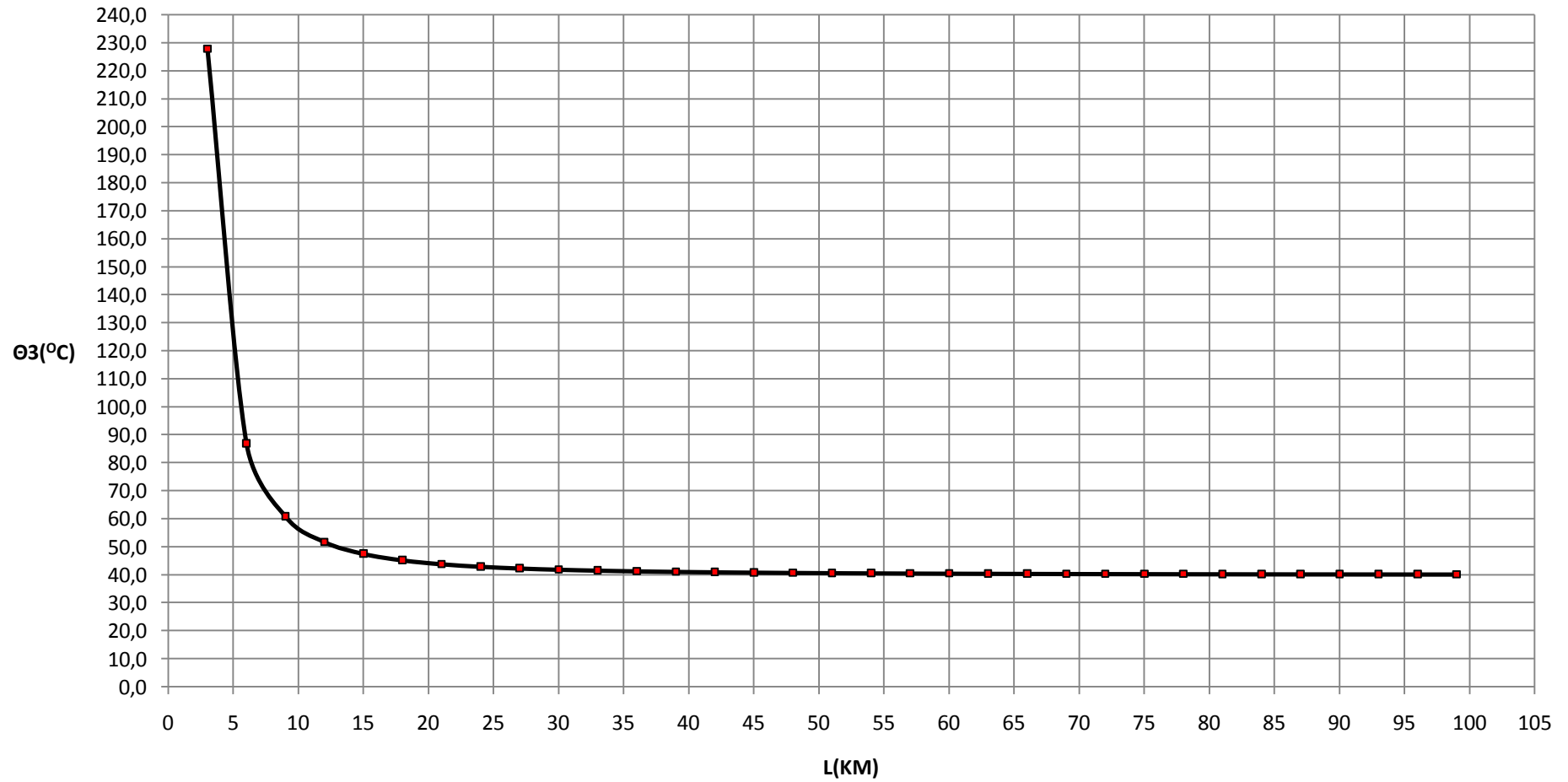
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.3.2

$\Theta_3=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=25 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.3.3

8.4 Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

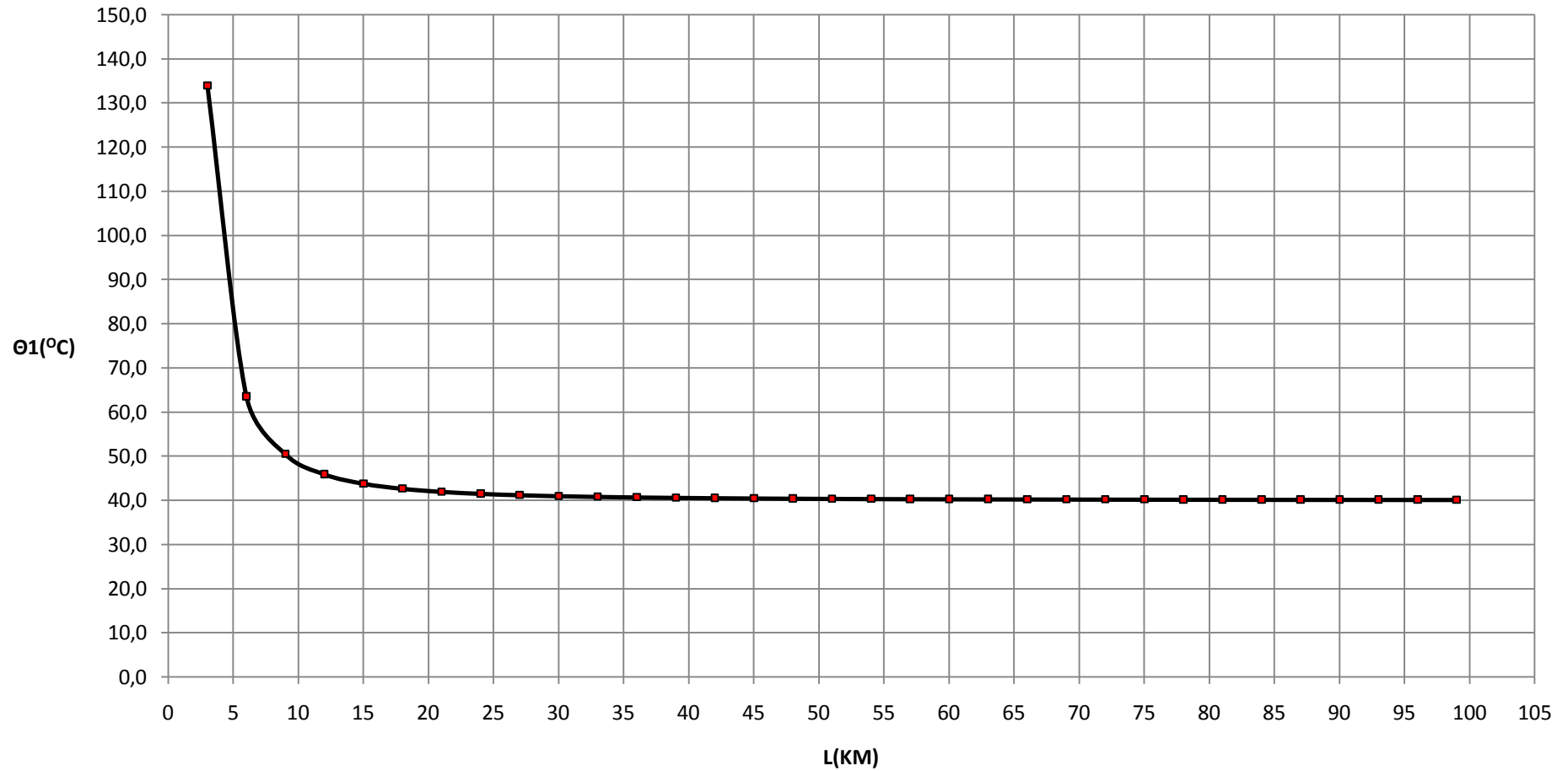
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	$\Delta\theta 1$ (°c)	$\theta 1$ (°c)	$\theta 2$ (°c)	$\theta 3$ (°c)
3	41,2151995	81,2151995	98,2870941	122,4303990
6	10,3039740	50,3039740	54,5720198	60,6079481
9	4,5795698	44,5795698	46,4764898	49,1591396
12	2,5760153	42,5760153	43,6430358	45,1520306
15	1,6486526	41,6486526	42,3315468	43,2973051
18	1,1448989	41,1448989	41,6191316	42,2897978
21	0,8411509	40,8411509	41,1895670	41,6823018
24	0,6440065	40,6440065	40,9107628	41,2880131
27	0,5088449	40,5088449	40,7196154	41,0176898
30	0,4121645	40,4121645	40,5828887	40,8243291
33	0,3406320	40,3406320	40,4817263	40,6812639
36	0,2862255	40,2862255	40,4047840	40,5724511
39	0,2438845	40,2438845	40,3449048	40,4877691
42	0,2102882	40,2102882	40,2973925	40,4205765
45	0,1831844	40,1831844	40,2590619	40,3663689
48	0,1610020	40,1610020	40,2276912	40,3220040
51	0,1426177	40,1426177	40,2016919	40,2852354
54	0,1272115	40,1272115	40,1799042	40,2544229
57	0,1141732	40,1141732	40,1614653	40,2283464
60	0,1030413	40,1030413	40,1457224	40,2060826
63	0,0934615	40,0934615	40,1321745	40,1869230
66	0,0851581	40,0851581	40,1204318	40,1703162
69	0,0779140	40,0779140	40,1101871	40,1558281
72	0,0715565	40,0715565	40,1011962	40,1431130
75	0,0659465	40,0659465	40,0932624	40,1318929
78	0,0609712	40,0609712	40,0862263	40,1219424
81	0,0565385	40,0565385	40,0799575	40,1130769
84	0,0525721	40,0525721	40,0743482	40,1051442
87	0,0490090	40,0490090	40,0693092	40,0980179
90	0,0457962	40,0457962	40,0647656	40,0915923
93	0,0428892	40,0428892	40,0606545	40,0857785
96	0,0402505	40,0402505	40,0569229	40,0805011
99	0,0378481	40,0378481	40,0535253	40,0756961

Πίνακας 8.4: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα , $P_N=50$ MVA , ΜΣ 150/15 KV , $t=1$ sec
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

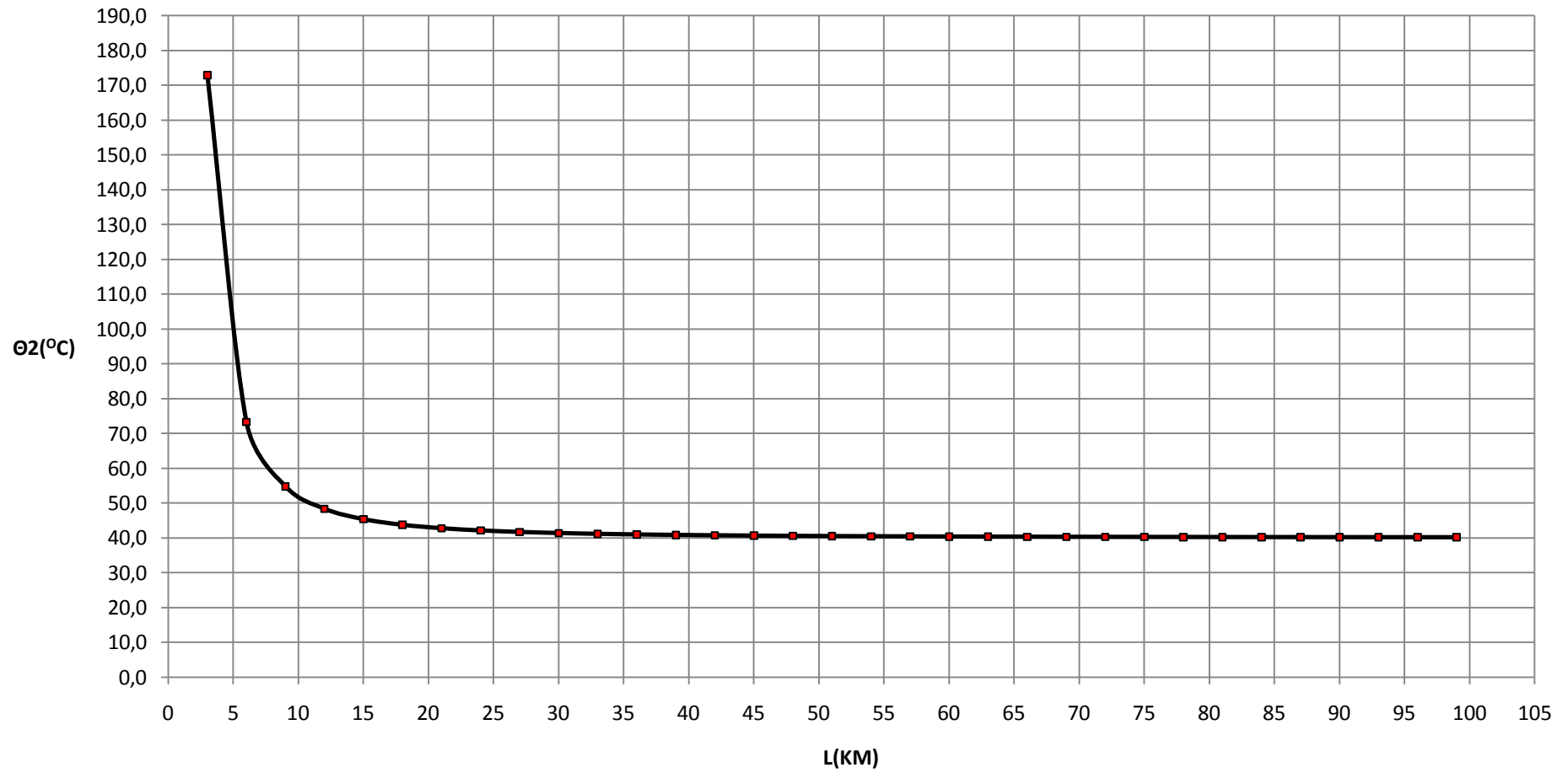
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.4.1

$$\Theta_2=f(L)$$

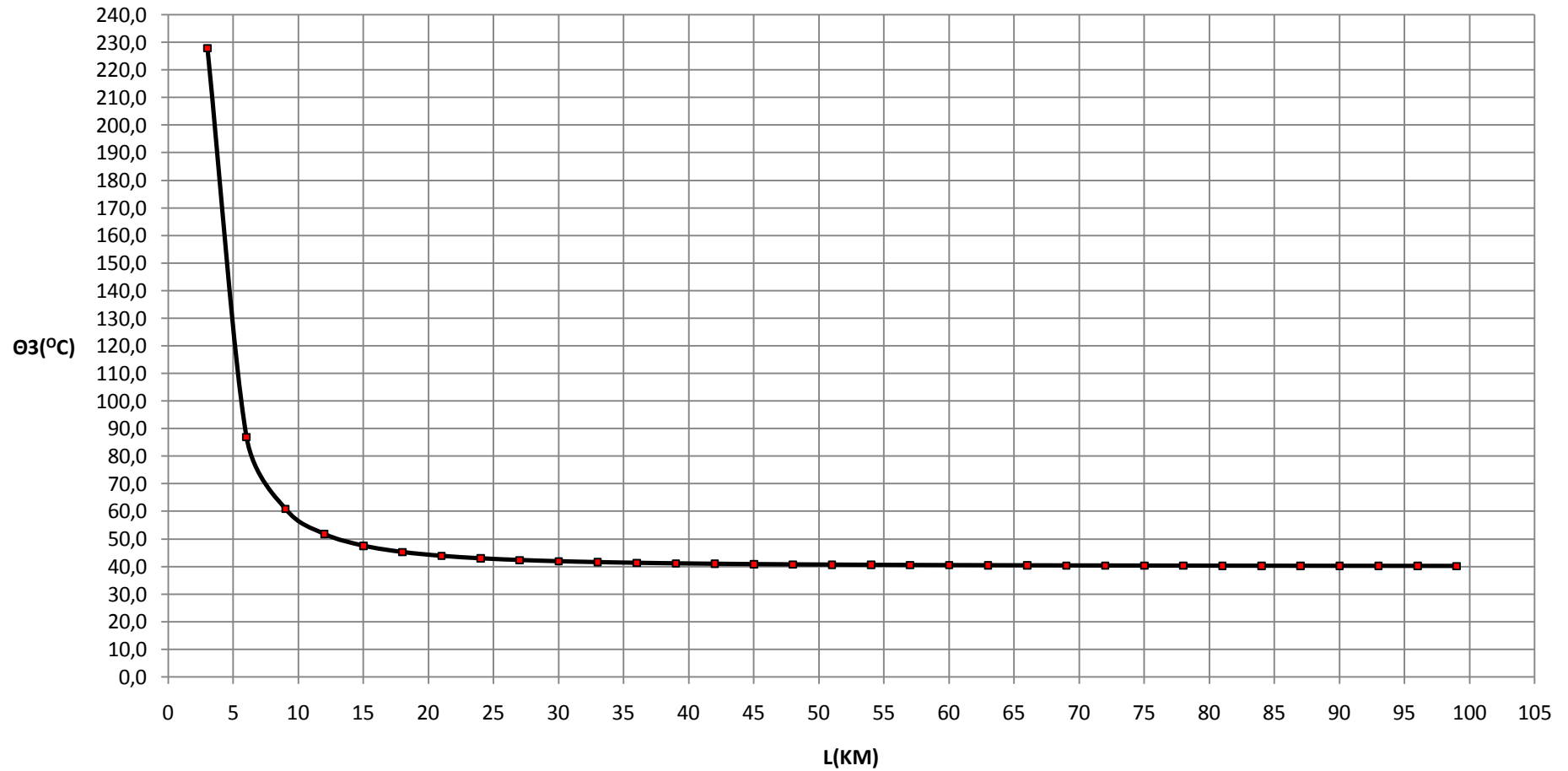
Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.4.2

$\Theta_3=f(L)$

Τριφασικό βραχυκύκλωμα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.4.3

8.5 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

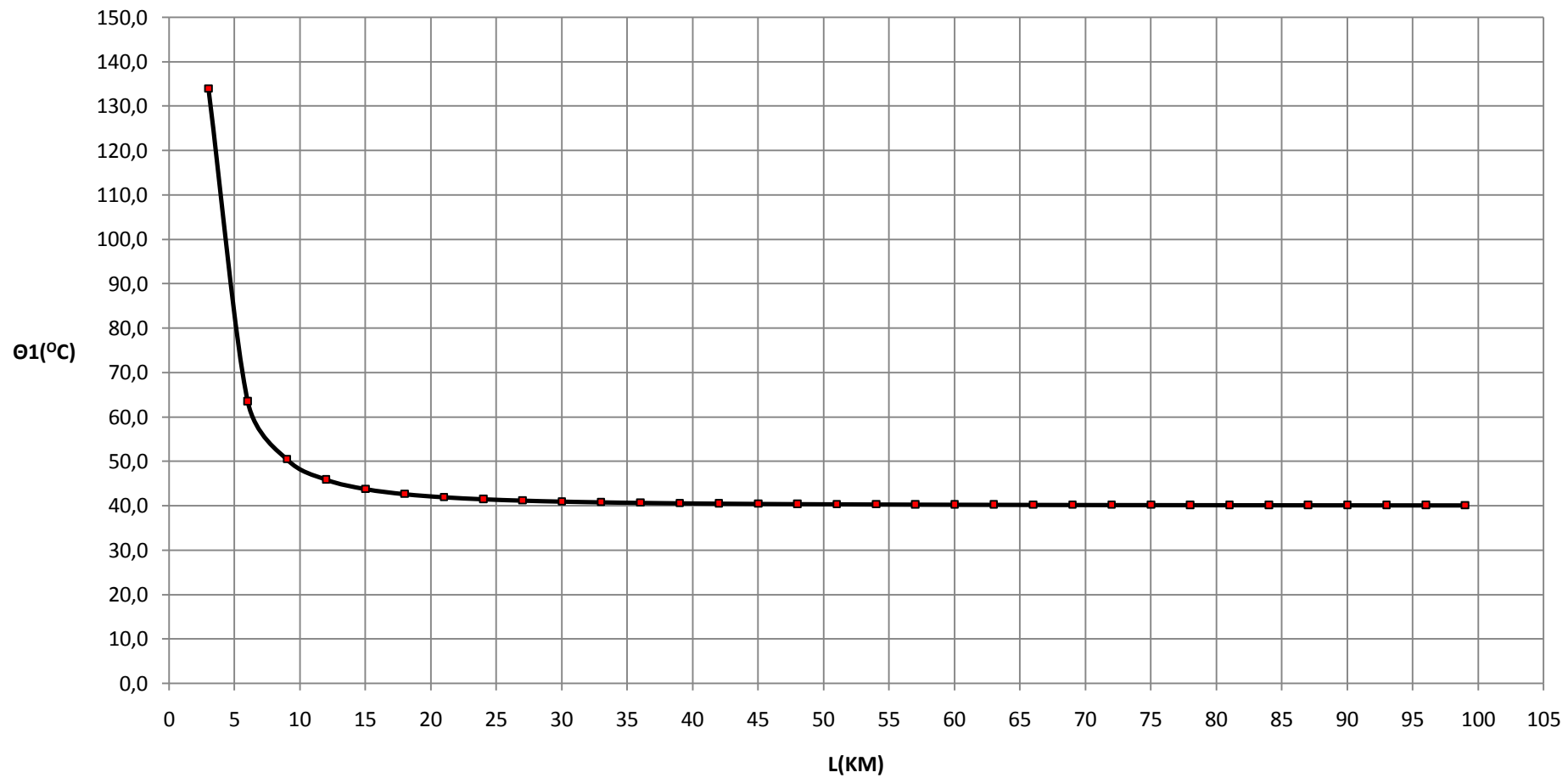
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	$\Delta\theta 1$ (°c)	$\theta 1$ (°c)	$\theta 2$ (°c)	$\theta 3$ (°c)
3	93,9686017	133,9686017	172,8916709	227,9372033
6	23,4932106	63,4932106	73,2244171	86,9864213
9	10,4415840	50,4415840	54,7666297	60,8831681
12	5,8734352	45,8734352	48,3062917	51,7468704
15	3,7590155	43,7590155	45,3160507	47,5180310
18	2,6104353	42,6104353	43,6917130	45,2208706
21	1,9178749	41,9178749	42,7122847	43,8357499
24	1,4683754	41,4683754	42,0765964	42,9367507
27	1,1601993	41,1601993	41,6407695	42,3203985
30	0,9397624	40,9397624	41,3290247	41,8795247
33	0,7766637	40,7766637	41,0983684	41,5533275
36	0,6526137	40,6526137	40,9229352	41,3052275
39	0,5560736	40,5560736	40,7864068	41,1121471
42	0,4794718	40,4794718	40,6780756	40,9589437
45	0,4176734	40,4176734	40,5906794	40,8353468
48	0,3670959	40,3670959	40,5191520	40,7341918
51	0,3251785	40,3251785	40,4598718	40,6503570
54	0,2900513	40,2900513	40,4101944	40,5801025
57	0,2603231	40,2603231	40,3681525	40,5206462
60	0,2349416	40,2349416	40,3322577	40,4698833
63	0,2130990	40,2130990	40,3013676	40,4261981
66	0,1941667	40,1941667	40,2745932	40,3883335
69	0,1776497	40,1776497	40,2512347	40,3552995
72	0,1631540	40,1631540	40,2307347	40,3263081
75	0,1503628	40,1503628	40,2126451	40,3007256
78	0,1390189	40,1390189	40,1966024	40,2780377
81	0,1289119	40,1289119	40,1823089	40,2578238
84	0,1198683	40,1198683	40,1695194	40,2397367
87	0,1117441	40,1117441	40,1580300	40,2234882
90	0,1044187	40,1044187	40,1476703	40,2088373
93	0,0977906	40,0977906	40,1382969	40,1955813
96	0,0917742	40,0917742	40,1297884	40,1835485
99	0,0862964	40,0862964	40,1220416	40,1725929

Πίνακας 8.5: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , $P_N=25$ MVA , ΜΣ 150/20 KV , $t=1$ sec
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

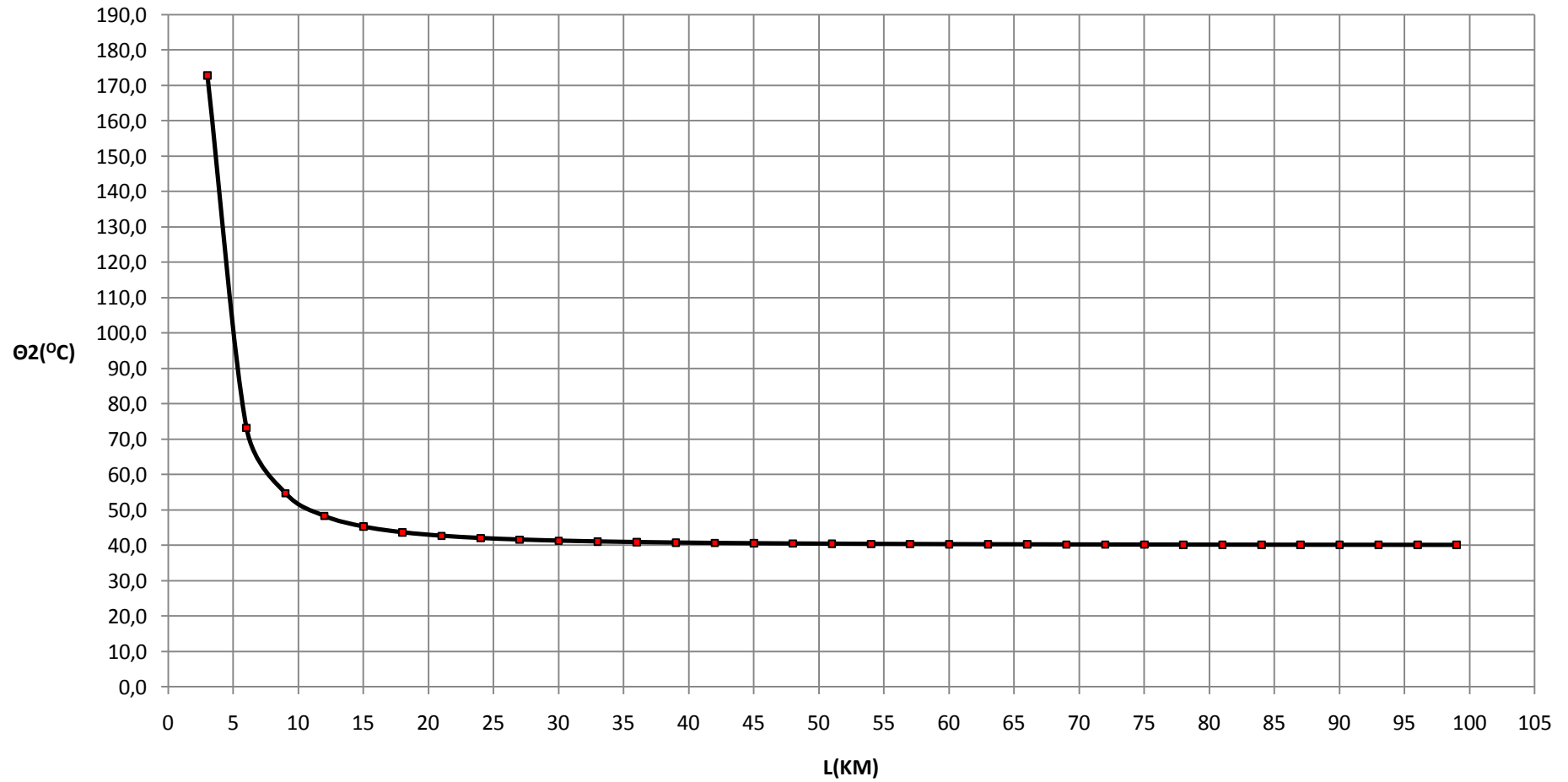
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.5.1

$\Theta_2=f(L)$

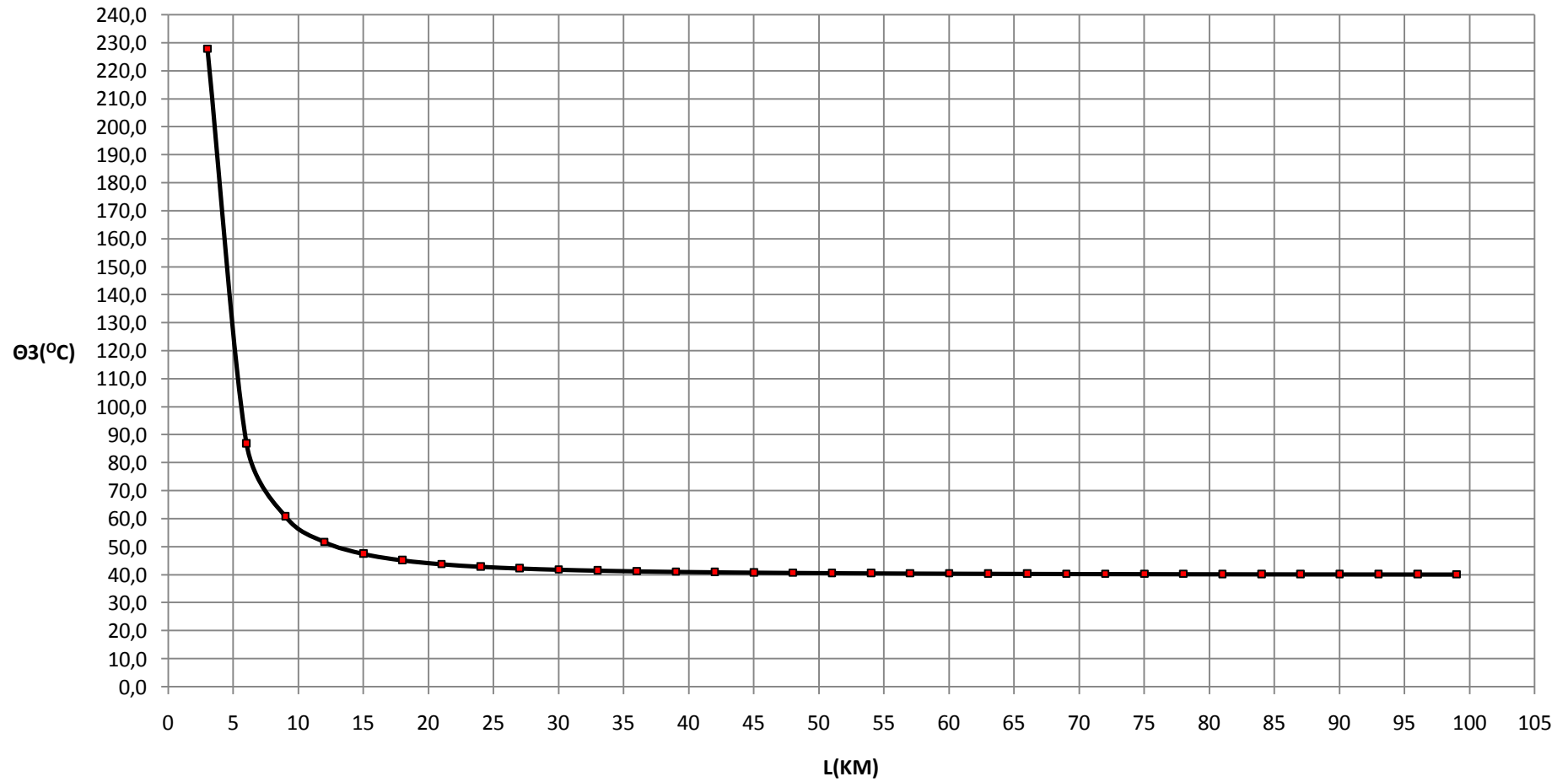
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=25 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.5.2

$\Theta_3=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡN=25 MVA, $t''=2$ sec



Σχήμα 8.5.3

8.6 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

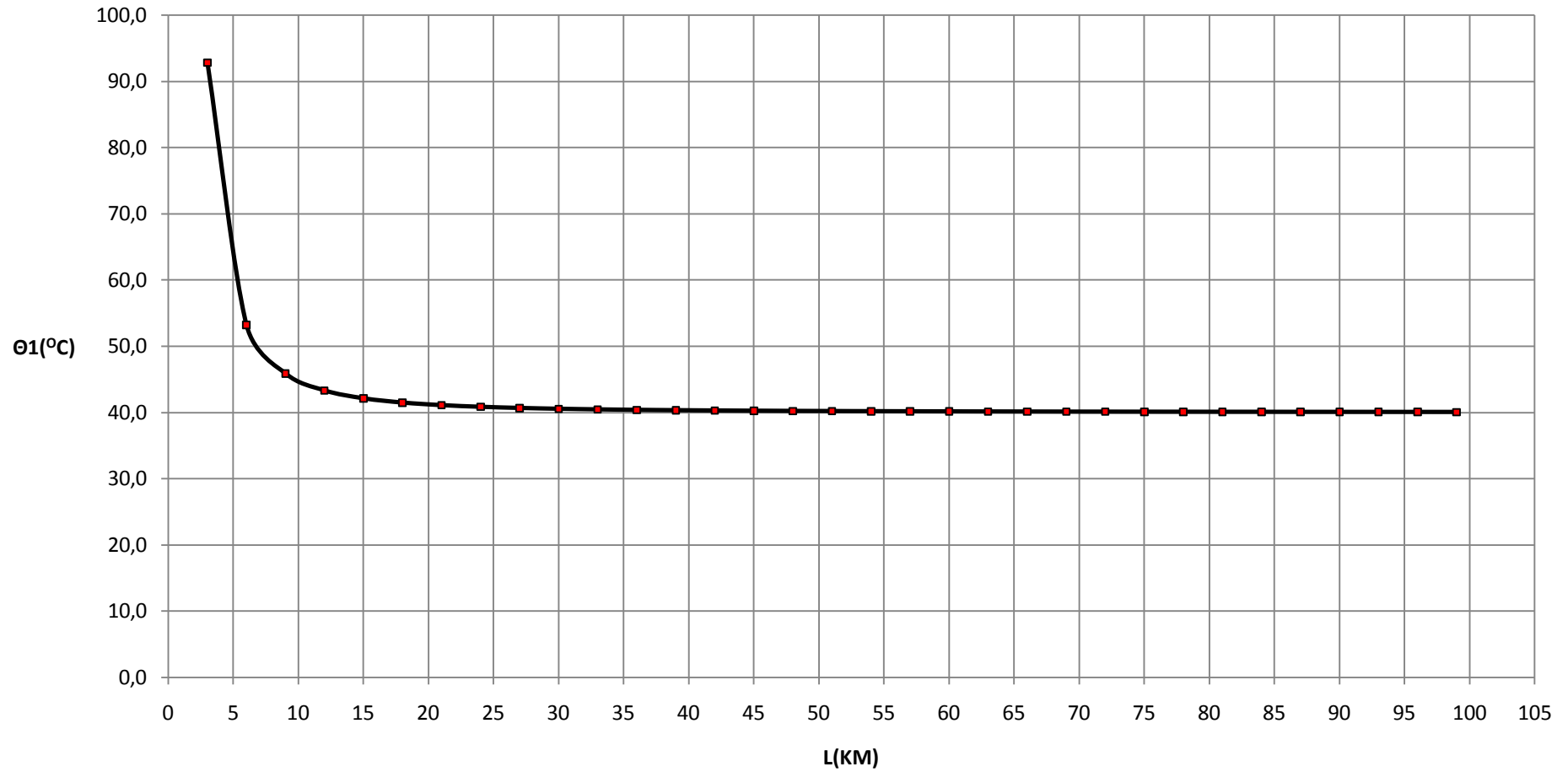
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/20 KV

L (Km)	$\Delta\theta 1$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 1$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 2$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 3$ ($^{\circ}\text{C}$)
3	93,9728458	133,9728458	172,8976731	227,9456916
6	23,4937412	63,4937412	73,2251674	86,9874823
9	10,4417412	50,4417412	54,7668521	60,8834824
12	5,8735015	45,8735015	48,3063855	51,7470030
15	3,7590494	43,7590494	45,3160987	47,5180989
18	2,6104549	42,6104549	43,6917408	45,2209098
21	1,9178873	41,9178873	42,7123022	43,8357746
24	1,4683837	41,4683837	42,0766081	42,9367673
27	1,1602051	41,1602051	41,6407778	42,3204102
30	0,9397666	40,9397666	41,3290307	41,8795332
33	0,7766669	40,7766669	41,0983729	41,5533339
36	0,6526162	40,6526162	40,9229387	41,3052324
39	0,5560755	40,5560755	40,7864095	41,1121510
42	0,4794734	40,4794734	40,6780777	40,9589467
45	0,4176747	40,4176747	40,5906812	40,8353493
48	0,3670969	40,3670969	40,5191535	40,7341939
51	0,3251794	40,3251794	40,4598731	40,6503587
54	0,2900520	40,2900520	40,4101955	40,5801040
57	0,2603237	40,2603237	40,3681533	40,5206474
60	0,2349422	40,2349422	40,3322584	40,4698844
63	0,2130995	40,2130995	40,3013682	40,4261990
66	0,1941671	40,1941671	40,2745938	40,3883343
69	0,1776501	40,1776501	40,2512352	40,3553002
72	0,1631544	40,1631544	40,2307351	40,3263087
75	0,1503631	40,1503631	40,2126455	40,3007261
78	0,1390191	40,1390191	40,1966027	40,2780382
81	0,1289121	40,1289121	40,1823093	40,2578242
84	0,1198685	40,1198685	40,1695197	40,2397371
87	0,1117443	40,1117443	40,1580303	40,2234886
90	0,1044188	40,1044188	40,1476705	40,2088376
93	0,0977908	40,0977908	40,1382971	40,1955816
96	0,0917744	40,0917744	40,1297886	40,1835487
99	0,0862966	40,0862966	40,1220418	40,1725931

Πίνακας 8.6: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , $P_N=50 \text{ MVA}$, $MΣ 150/20 \text{ KV}$, $t=1 \text{ sec}$
(περιπτώσεις ON-OFF)

$$\Theta_1=f(L)$$

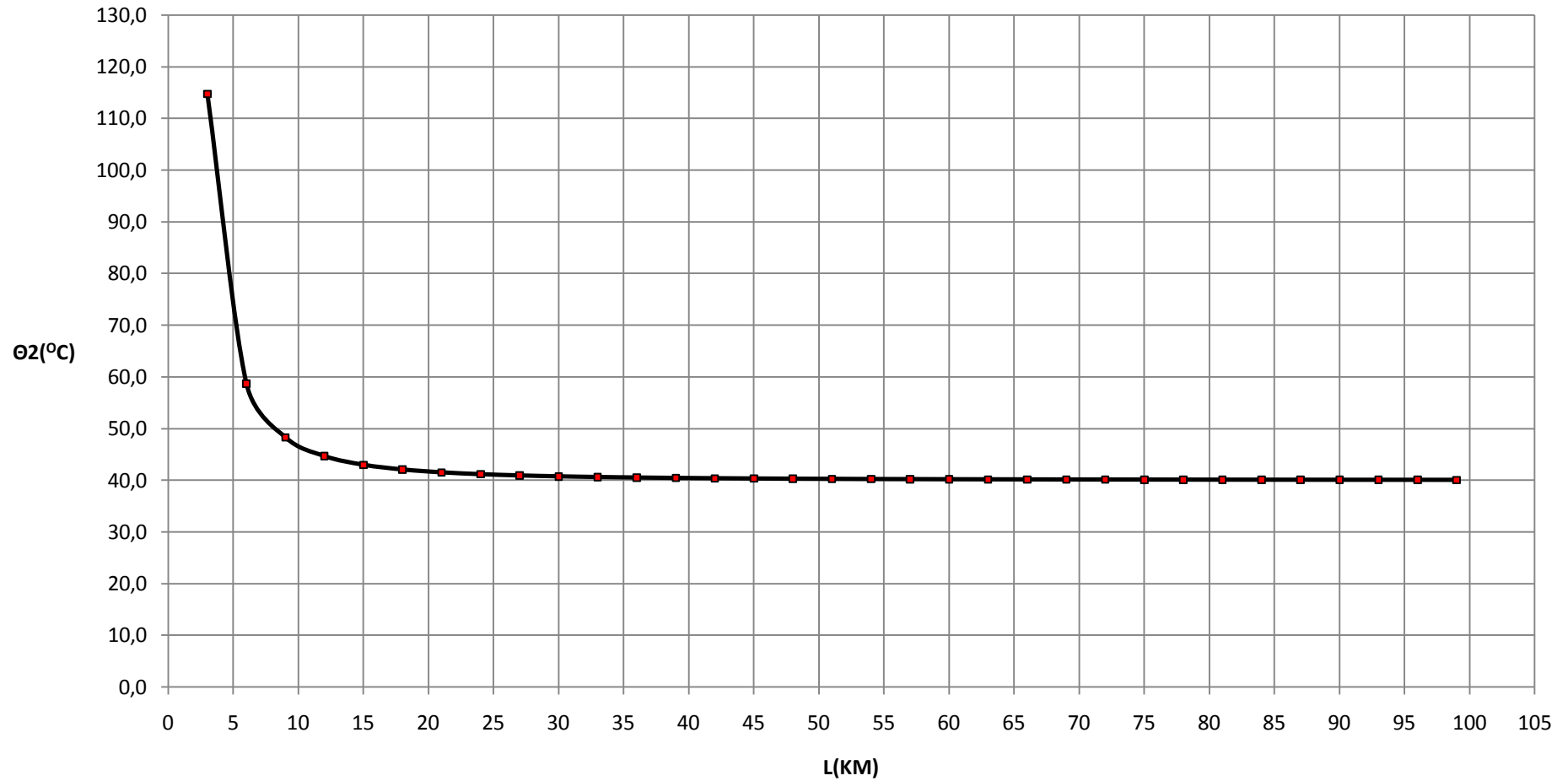
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, ΡΝ=50 ΜVA, t=1 sec



Σχήμα 8.6.1

$$\Theta_2 = f(L)$$

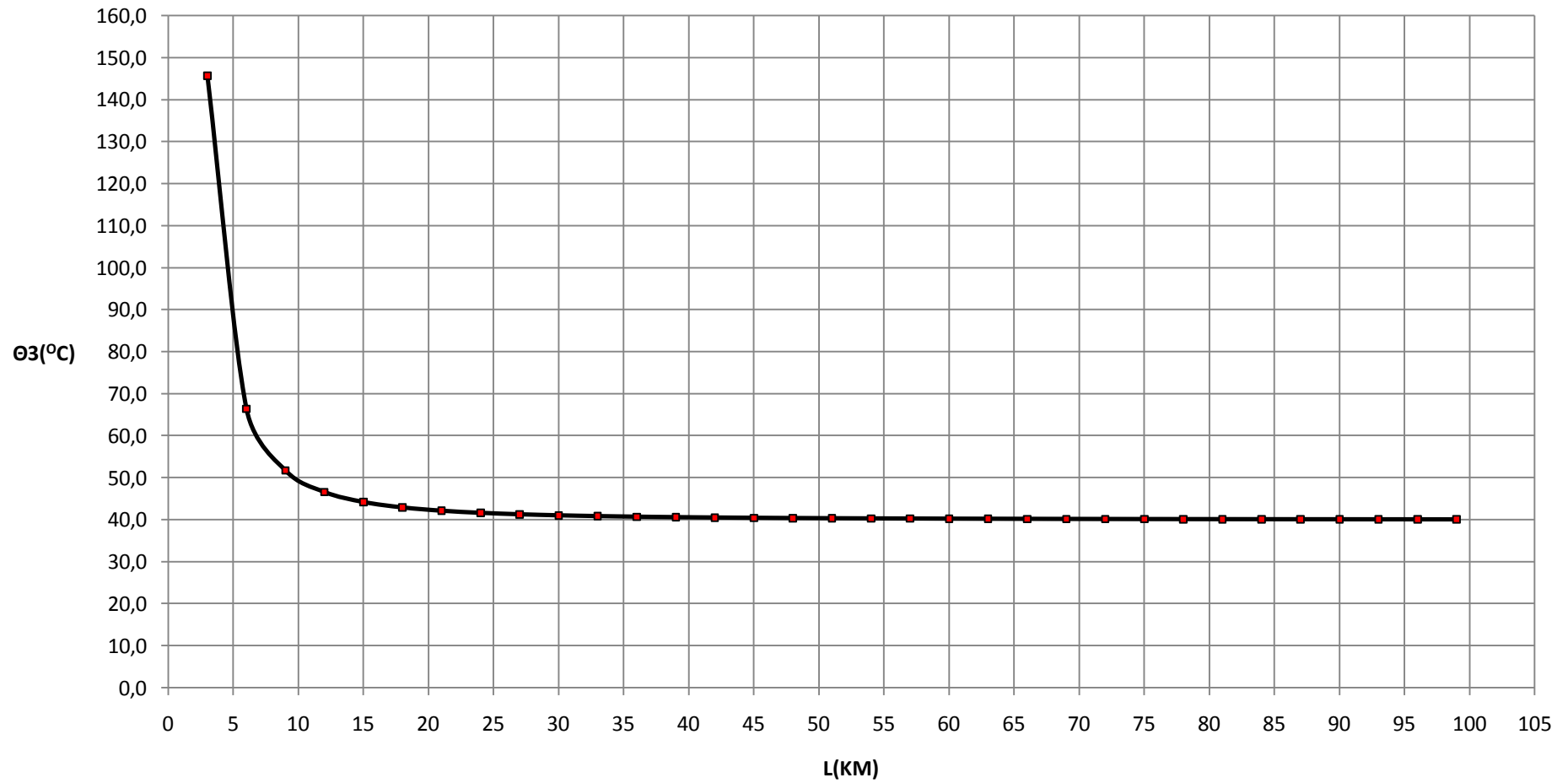
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t' = √2 sec



Σχήμα 8.6.2

$\Theta_3=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/20 KV, P_N=50 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.6.3

8.7 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

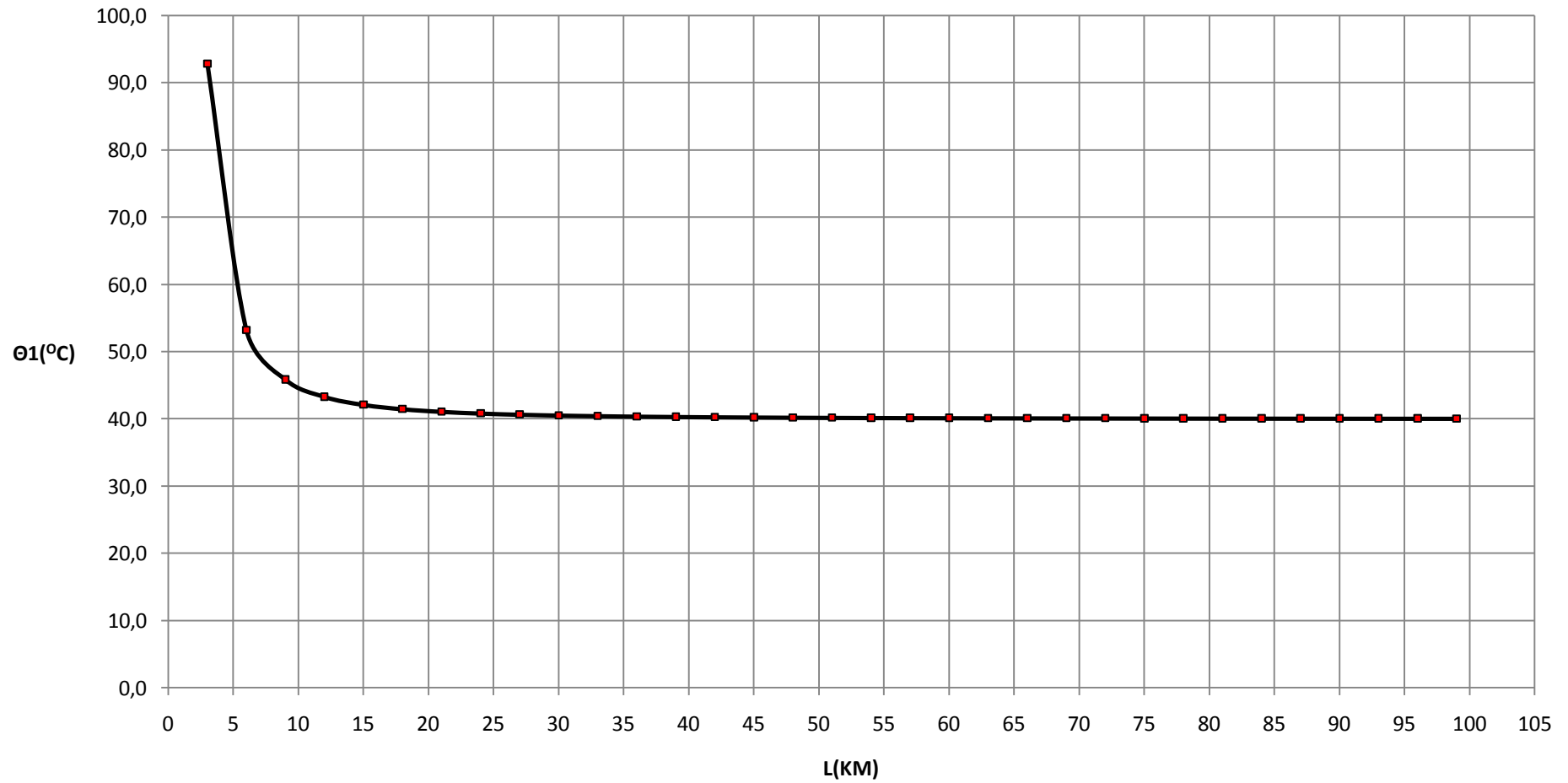
$P_N=25$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	$\Delta\theta_1$ (°c)	θ_1 (°c)	θ_2 (°c)	θ_3 (°c)
3	52,8585325	92,8585325	114,7532535	145,7170650
6	13,2150802	53,2150802	58,6889457	66,4301605
9	5,8734352	45,8734352	48,3062918	51,7468705
12	3,3038260	43,3038260	44,6723155	46,6076519
15	2,1144558	42,1144558	42,9902920	44,2289115
18	1,4683754	41,4683754	42,0765964	42,9367507
21	1,0788081	41,0788081	41,5256651	42,1576163
24	0,8259635	40,8259635	41,1680887	41,6519269
27	0,6526137	40,6526137	40,9229352	41,3052275
30	0,5286175	40,5286175	40,7475781	41,0572350
33	0,4368743	40,4368743	40,6178335	40,8737485
36	0,3670959	40,3670959	40,5191520	40,7341918
39	0,3127919	40,3127919	40,4423546	40,6255838
42	0,2697033	40,2697033	40,3814181	40,5394067
45	0,2349416	40,2349416	40,3322577	40,4698833
48	0,2064917	40,2064917	40,2920234	40,4129835
51	0,1829131	40,1829131	40,2586783	40,3658263
54	0,1631540	40,1631540	40,2307347	40,3263081
57	0,1464319	40,1464319	40,2070860	40,2928638
60	0,1321548	40,1321548	40,1868951	40,2643097
63	0,1198683	40,1198683	40,1695194	40,2397367
66	0,1092189	40,1092189	40,1544588	40,2184378
69	0,0999281	40,0999281	40,1413196	40,1998562
72	0,0917742	40,0917742	40,1297884	40,1835485
75	0,0845791	40,0845791	40,1196130	40,1691583
78	0,0781982	40,0781982	40,1105889	40,1563964
81	0,0725130	40,0725130	40,1025489	40,1450260
84	0,0674260	40,0674260	40,0953548	40,1348520
87	0,0628561	40,0628561	40,0888920	40,1257122
90	0,0587355	40,0587355	40,0830646	40,1174711
93	0,0550073	40,0550073	40,0777920	40,1100146
96	0,0516230	40,0516230	40,0730060	40,1032461
99	0,0485418	40,0485418	40,0686484	40,0970836

Πίνακας 8.7: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , $P_N=25$ MVA , ΜΣ 150/15 KV , $t=1$ sec
(περιπτώσεις ON-OFF)

$\Theta_1=f(L)$

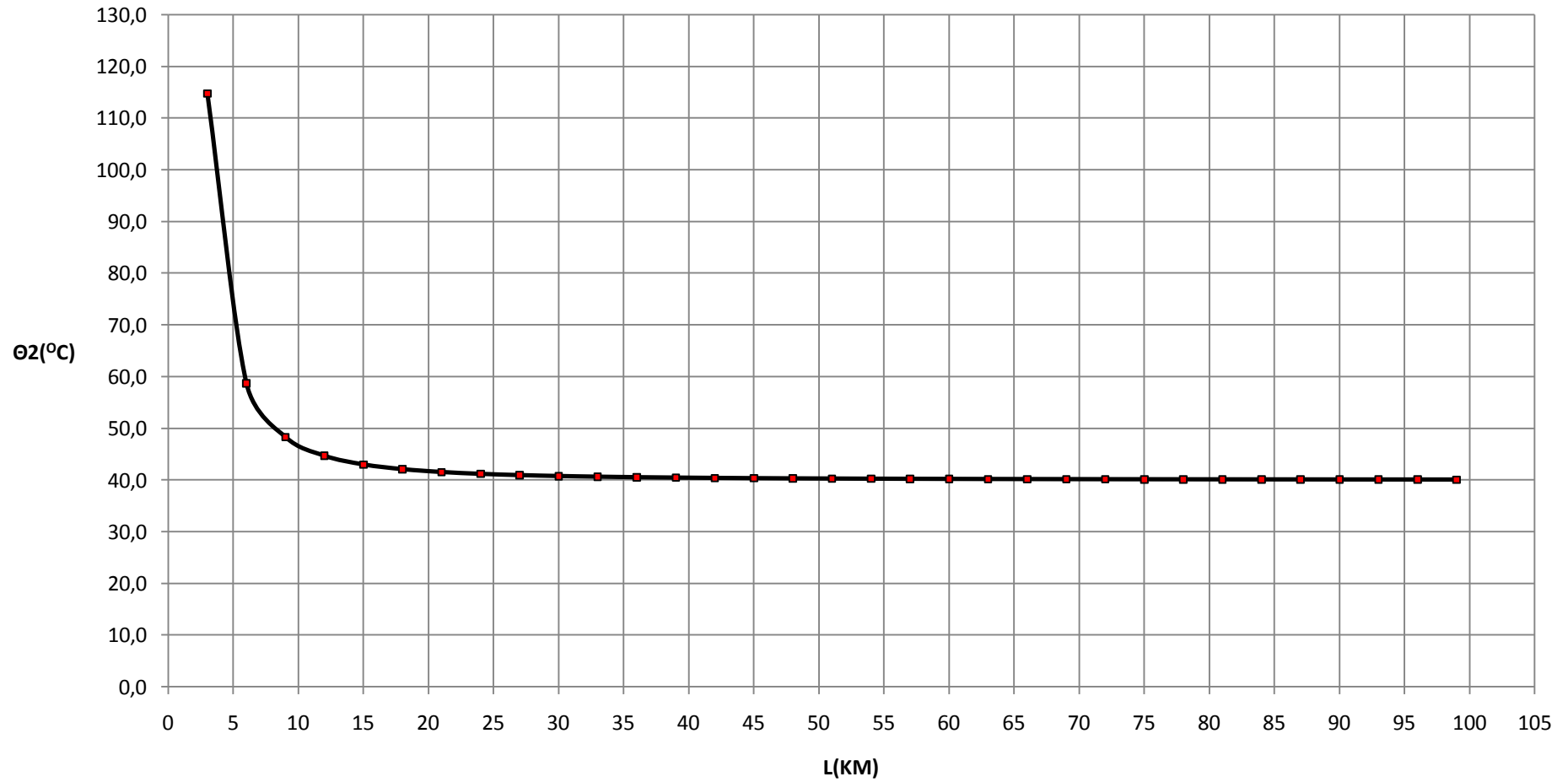
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.7.1

$\Theta_2=f(L)$

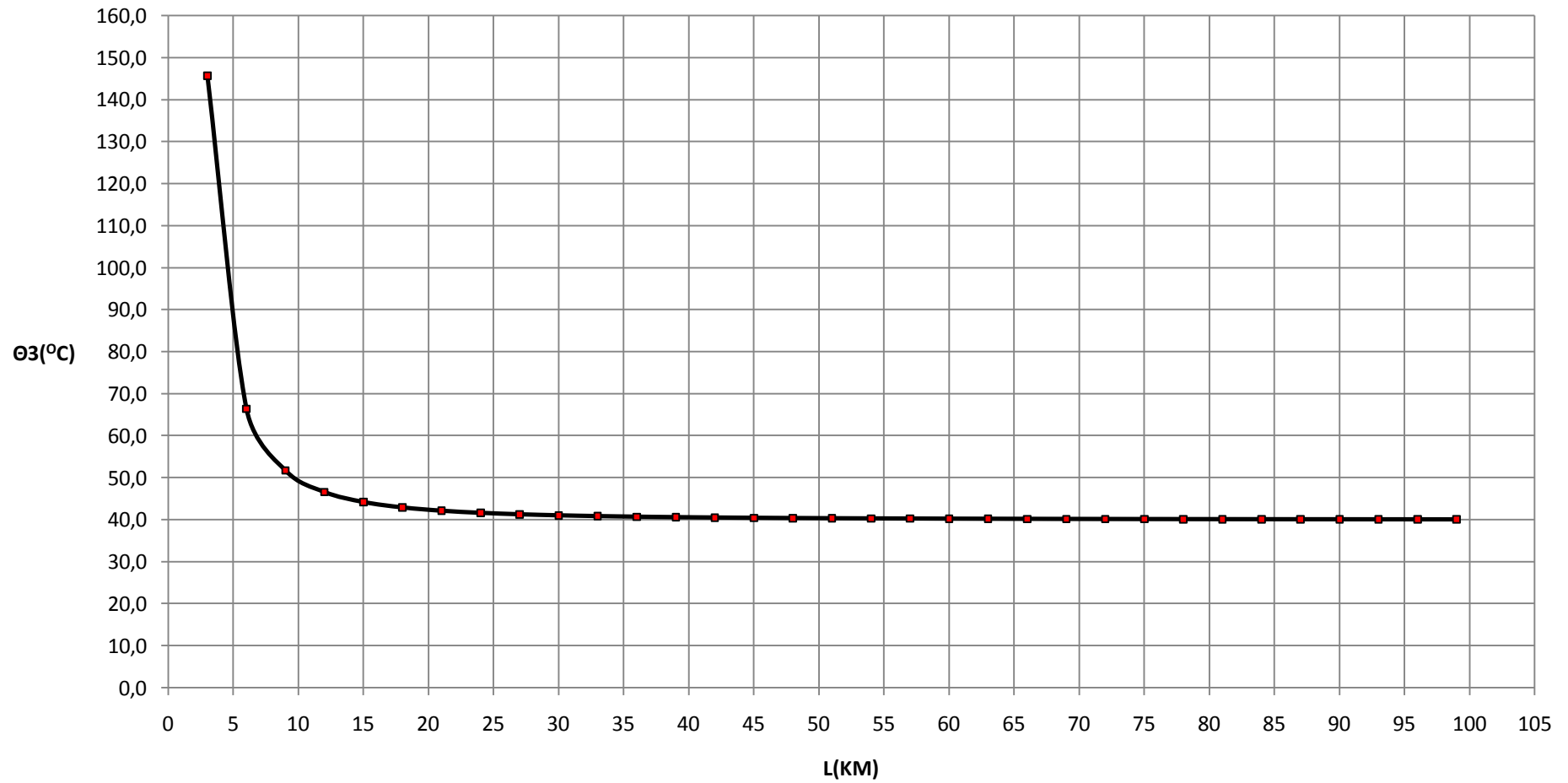
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.7.2

$\Theta_3=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=25 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.7.3

8.8 Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα

(περιπτώσεις ON-OFF)

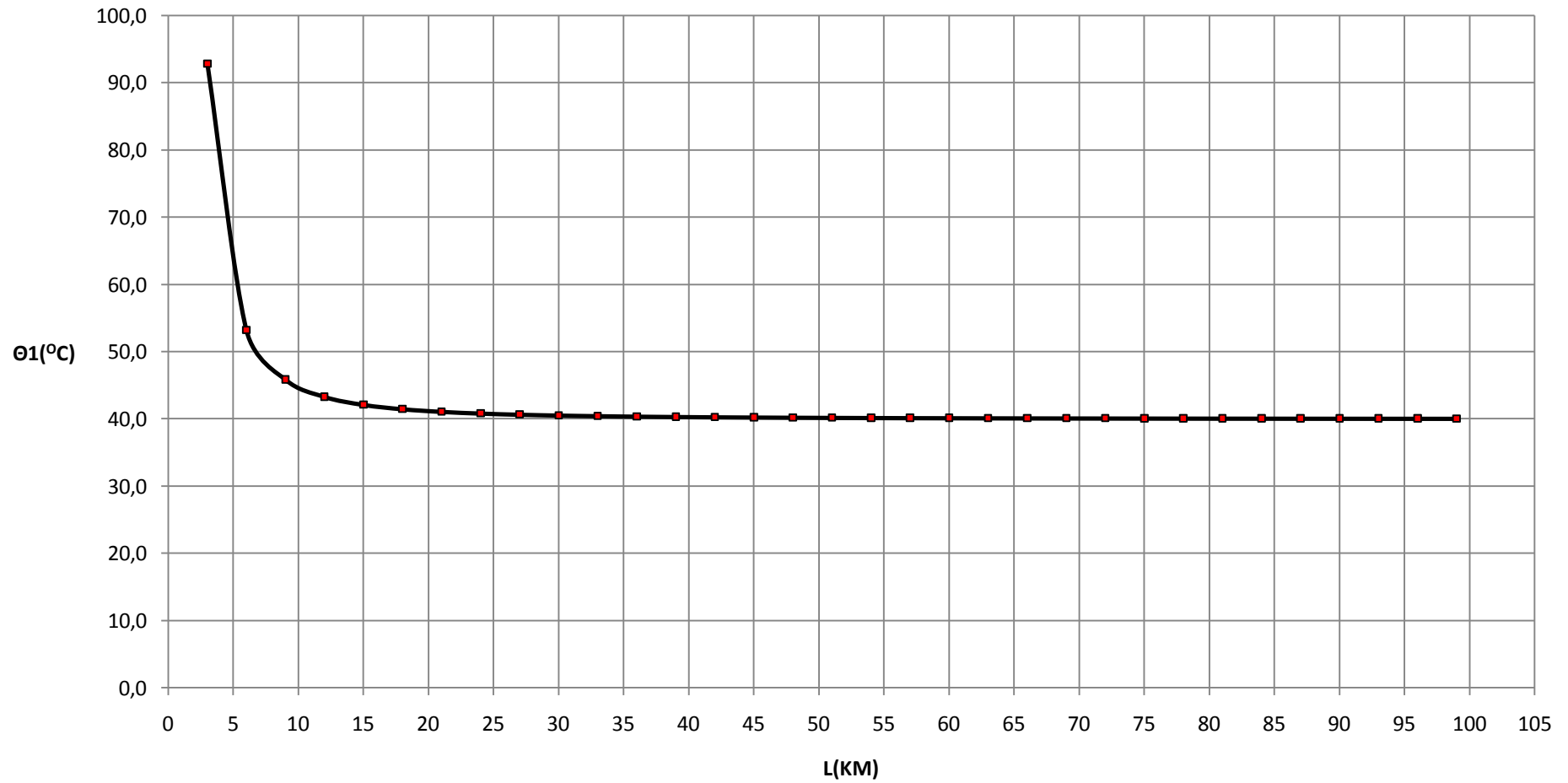
$P_N=50$ MVA ΜΣ 150/15 KV

L (Km)	$\Delta\theta 1$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 1$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 2$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\theta 3$ ($^{\circ}\text{C}$)
3	52,8603224	92,8603224	114,7557849	145,7206448
6	13,2153040	53,2153040	58,6892621	66,4306080
9	5,8735015	45,8735015	48,3063855	51,7470031
12	3,3038539	43,3038539	44,6723550	46,6077078
15	2,1144701	42,1144701	42,9903123	44,2289402
18	1,4683837	41,4683837	42,0766081	42,9367673
21	1,0788134	41,0788134	41,5256725	42,1576267
24	0,8259670	40,8259670	41,1680937	41,6519339
27	0,6526162	40,6526162	40,9229387	41,3052324
30	0,5286193	40,5286193	40,7475806	41,0572386
33	0,4368756	40,4368756	40,6178354	40,8737512
36	0,3670969	40,3670969	40,5191535	40,7341939
39	0,3127927	40,3127927	40,4423557	40,6255855
42	0,2697040	40,2697040	40,3814190	40,5394080
45	0,2349422	40,2349422	40,3322584	40,4698844
48	0,2064922	40,2064922	40,2920240	40,4129844
51	0,1829135	40,1829135	40,2586788	40,3658270
54	0,1631544	40,1631544	40,2307351	40,3263087
57	0,1464322	40,1464322	40,2070864	40,2928644
60	0,1321551	40,1321551	40,1868955	40,2643101
63	0,1198685	40,1198685	40,1695197	40,2397371
66	0,1092191	40,1092191	40,1544591	40,2184381
69	0,0999282	40,0999282	40,1413199	40,1998565
72	0,0917744	40,0917744	40,1297886	40,1835487
75	0,0845793	40,0845793	40,1196131	40,1691585
78	0,0781983	40,0781983	40,1105891	40,1563966
81	0,0725131	40,0725131	40,1025490	40,1450262
84	0,0674261	40,0674261	40,0953549	40,1348522
87	0,0628562	40,0628562	40,0888921	40,1257124
90	0,0587356	40,0587356	40,0830647	40,1174712
93	0,0550073	40,0550073	40,0777921	40,1100147
96	0,0516231	40,0516231	40,0730061	40,1032462
99	0,0485418	40,0485418	40,0686485	40,0970837

Πίνακας 8.8: Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα , $P_N=50 \text{ MVA}$, $MΣ 150/15 \text{ KV}$, $t=1 \text{ sec}$
(περιπτώσεις ON-OFF)

$\Theta_1=f(L)$

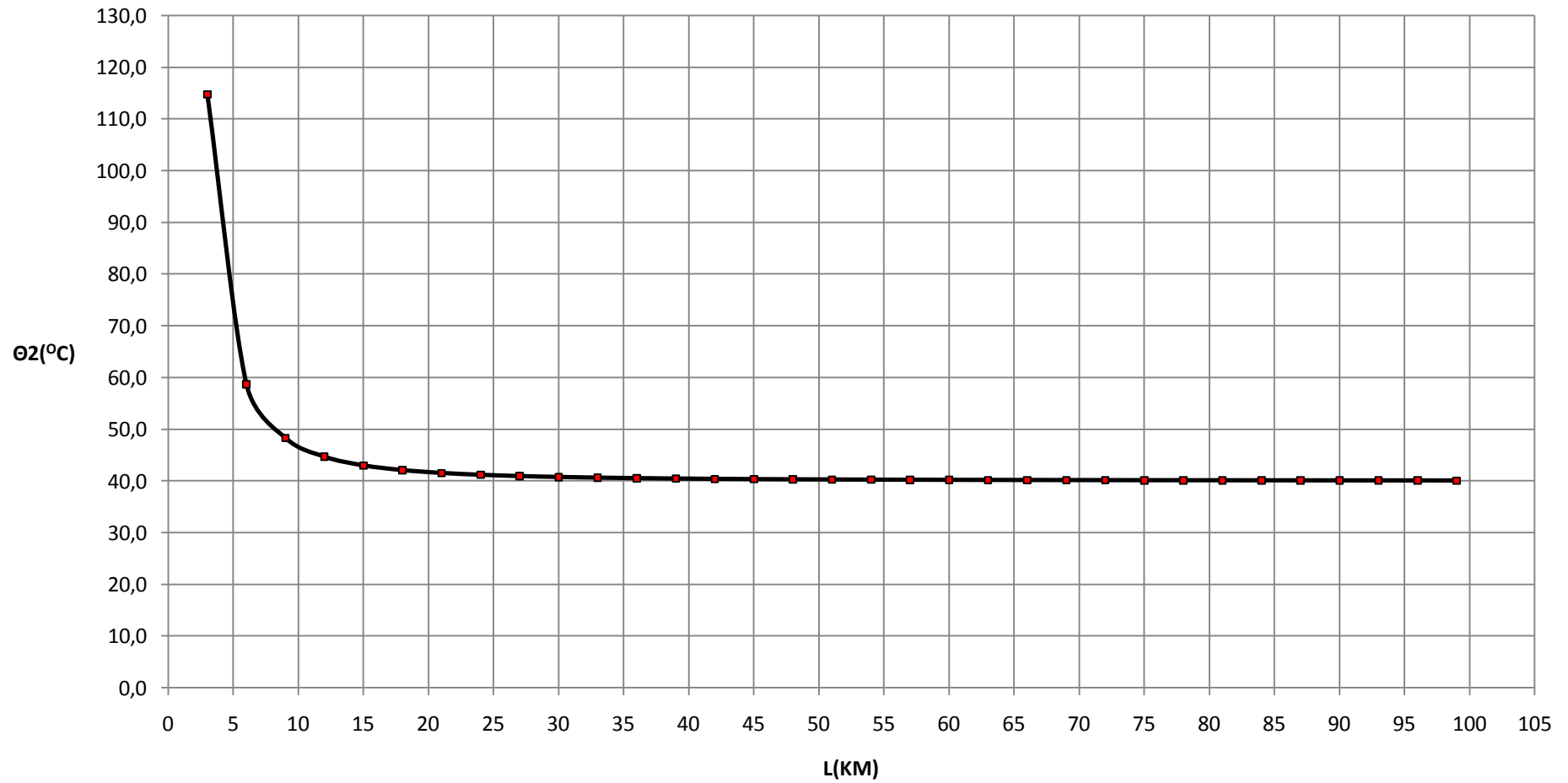
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t=1 sec



Σχήμα 8.8.1

$$\Theta_2=f(L)$$

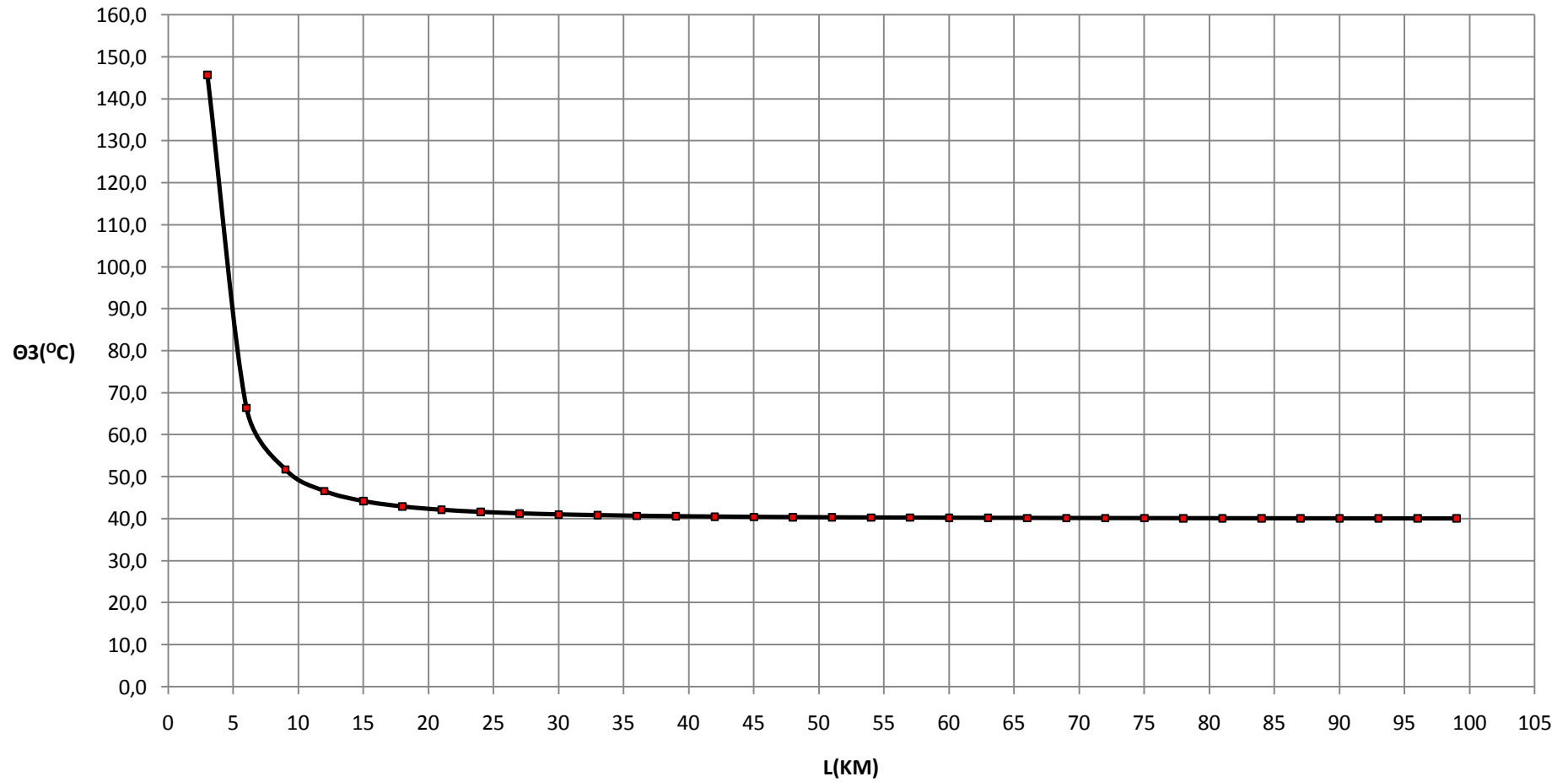
Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, P_N=50 MVA, t'= $\sqrt{2}$ sec



Σχήμα 8.8.2

$\Theta_3=f(L)$

Βραχυκύκλωμα 2 φάσεων στον αέρα, ΜΣ 150/15 KV, Ρ_N=50 MVA, t''=2 sec



Σχήμα 8.8.3

9. ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τους υπολογισμούς για την θερμική καταπόνηση των αγωγών ACSR 35mm² κατά το βραχυκύκλωμα στη Μέση Τάση προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν μετά το 3^ο Km της γραμμής η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στον αγωγό κατά το βραχυκύκλωμα είναι πολύ μικρότερη από 660°C, η οποία είναι η θερμοκρασία τήξης του αλουμινίου. Επίσης και ο χαλύβδινος πυρήνας του αγωγού ACSR δεν διατρέχει κίνδυνο τήξης καθώς η θερμοκρασία τήξης του χάλυβα είναι 1530°C. Επομένως δεν προκαλούνται τήγματα μετάλλου.
- ✓ Η επαναληπτική αυτόματη προσπάθεια ηλεκτροδότησης του μέσου προστασίας (ΔΑΕ ΑΔΕ) και ακολούθως οι ακούσιες χειροκίνητες επαναληπτικές ηλεκτροδοτήσεις από το συνεργείο προς εντοπισμό της θέσης του σφάλματος, σημαίνουν αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών σε πολλαπλάσια τιμή από την θερμοκρασία τους έναντι του ενός και μοναδικού βραχυκυκλώματος. Σε τέτοιες θερμοκρασίες προκαλείται σημαντική μείωση της μηχανικής αντοχής του αγωγού καθώς και χαλάρωση των κλώνων αλουμινίου λόγω διαστολής και συνεπώς ευνοείται η ηλεκτρική διάβρωση (παράγραφος 3.1).
- ✓ Σε αρκετές περιπτώσεις η θερμοκρασία των αγωγών είναι μικρότερη από 180°C ακόμα και κατά τον τρίτο κύκλο λειτουργίας του αυτόματου διακόπτη ισχύος (3^ο OFF). Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, ιδιαίτερα για ακραίους χρόνους διακοπής (0,4sec και 1sec), όπου η θερμοκρασία ξεπερνά το όριο των 180°C . Σημειώνεται μάλιστα ότι στους ακροδέκτες του μετασχηματιστή (L=0) εκδηλώνονται θερμοκρασίες που ,υπό συνθήκες καύσωνα, ξεπερνούν κατά πολύ τους 110 °C που σημαίνει ότι κατά την δοκιμή υπερθέρμανσης αναιρείται η ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα. Στις περιπτώσεις του διφασικού βραχυκυκλώματος σε γραμμή 20kV ισχύος 25 και 50 MVA παρατηρείται σημαντικά αυξημένη θερμική καταπόνηση του αγωγού ιδιαίτερα κατά τον τρίτο κύκλο λειτουργίας του μέσου προστασίας.
- ✓ Σύμφωνα με το κεφάλαιο 7, οι θερμοκρασίες στο πρώτο Km της γραμμής είναι ιδιαίτερα αυξημένες με αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αγωγός των 35 mm² σε γραμμή κορμού. Αφού πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και με τον αγωγό των 50 mm², βρέθηκε ότι ο καταλληλότερος αγωγός για τη Μέση Τάση είναι των 95 mm² λόγω της θερμικής αντοχής του στο αυξημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης.
- ✓ Εναλλακτική λύση στο πρόβλημα θα μπορούσε να αποτελέσει η μείωση του χρόνου βραχυκύκλωσης η οποία συνεπάγεται μειωμένες θερμοκρασίες στον αγωγό.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ.Γ., Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Διατάξεις και Υλικά, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2003.
- [2] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., Ασκήσεις Βιομηχανικών και Κτιριακών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2008
- [3] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1998
- [4] ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ Π., Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2005.
- [5] ΤΣΑΝΑΚΑΣ Κ.Δ., Συμμετρικές Συνιστώσες και Ανάλυση Σφαλμάτων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ξάνθη 1985
- [6] ΠΑΠΑΔΙΑΣ Β.Κ., Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος Ι, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985
- [7] ΠΑΠΑΔΙΑΣ Β.Κ., Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος ΙΙ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985
- [8] ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Μ.Π., Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος Ι, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1994
- [9] ΤΣΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α.Α., Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής Ενέργειας, Αθήνα 1973
- [10] ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Φ.Ι., ΤΣΑΡΑΜΙΑΔΗΣ Π., Δίκτυα Σταθμοί, Εκδόσεις Ήβος.
- [11] AEG, Hilfsbuch für elektrische Licht und Kraft-Anlagen, 6 Aufgabe
- [12] PHILLIPPOW E., Taschenbuch Elektrotechnik, Band 2 Starkstromtechnik, VEB Verlag Technik Berlin, 1966
- [13] GERS J.M., HOLMES E.J., Protection of Electricity Distribution Networks 2nd Edition, IEE Power & Energy Series 47
- [14] NASAR S.A., TRUTT F.C., Electric Power Systems, CRC Press
- [15] ΠΟΥΛΥΚΡΑΤΗ Α.Δ. Συμπεριφορά Στατικών Ηλεκτρικών Συνδέσμων υπό Ταχέως Μεταβαλλόμενες Ηλεκτρικές Καταπονήσεις, PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 2005
- [16] ΠΑΪΣΙΟΣ Μ.Π. , Θερμική Συμπεριφορά Στατικών Ηλεκτρικών Επαφών υπό Συνεχές ή Κεραυνικό Ρεύμα, PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 2007
- [17] ΦΙΛΙΠΠΑΚΟΥ Μ.Π., Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων και πειραματική διερεύνηση θερμικών και ηλεκτρικοί φαινομένων καταπόνησης σε επαφές διακοπών. PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 1999
- [18] KUPFMULLER K., Einführung in die theoretische Elektrotechnik, Springer -Verlag, 1962
- [19] ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ Ι.Α., Υψηλές Τάσεις Ι, Εκδόσεις Συμεών.
- [20] ΒΙΛΛΙΑΣ Γ.Α., ΜΕΡΜΙΓΚΑΣ Α. Χ., ΠΥΡΓΙΩΤΗ Ε. Χ., ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π. Δ., Θερμική Συμπεριφορά Γραμμών Κορμού Διανομής Μέσης Τάσης κατά το Βραχυκύκλωμα στον Αέρα, 3^ο Συνέδριο Φοιτητών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Θεσσαλονίκη, 2009.
- [21] WALTER M., Kurtzschlußströme in Drehstromnetzen, Oldenburg Verlag, München.

