(19) Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ)

(21) Αριθμός αίτησης: **GR 20230100575**

(12) **ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΥΡΕΣΙΤΕΧΝΙΑΣ (Β)**

(47) Ημ/νία Δημοσιοποίησης: **27.08.2024**

(11) Αριθμός Χορήγησης: **1010750**

(22) Ημ/νία Κατάθεσης: **17.07.2023**

(51) Διεθνής Ταξινόμηση (Int. Cl.):
A61N 2/00 *(2024.01)* ***A61N 2/02*** *(2024.01)*
H02J 50/12 *(2024.01)*

(45) Ημ/νία Δημοσίευσης της Χορήγησης:
06.09.2024 ΕΔΒΙ 8/2024

(71) Αρχικός (οί) Καταθέτης (ες):
MAGNETICS LAB IKE; Ψαρρών 2, 54642 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) - GR.

(72) Εφευρέτης (ες):
ΦΛΩΡΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ; , GR. **ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**; , GR.

(73) Δικαιούχος (οι):
MAGNETICS LAB IKE; Ψαρρών 2, 54642 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) - GR.

(74) Πληρεξούσιος:
ΠΕΡΙΒΟΛΑΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ; Φράγκων 13, 54626 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ).

(54) Τίτλος (Ελληνικά)
ΣΥΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

(54) Τίτλος (Αγγλικά)
MAGNETIC STIMULATION DEVICE AND METHOD

(57) Περίληψη
Η παρούσα εφεύρεση αφορά μια καινοτόμο συσκευή μαγνητικής διέγερσης και μέθοδο με βελτιστοποιημένη διαχείριση ενέργειας και βελτιωμένη απόδοση αποτελούμενη από: μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένες σε σειρά να σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, μια πηγή ενέργειας συζευγμένη με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας, και έναν διακόπτη να επιτρέπει φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο διά μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου λόγω της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται. Αυτό το κύκλωμα μπορεί να περιγραφεί ως το βασικό κύκλωμα της εφεύρεσης. Το χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε βιολογικούς ιστούς που τους διεγείρουν.

GR 20230100575 GR 1010750

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Συσκευή μαγνητικής διέγερσης και μέθοδος

Η παρούσα εφεύρεση αφορά μια καινοτόμο συσκευή μαγνητικής διέγερσης και μέθοδο με βελτιστοποιημένη διαχείριση ενέργειας και βελτιωμένη απόδοση αποτελούμενη από: μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένες σε σειρά να σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού; μια πηγή ενέργειας συζευγμένη με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας; και έναν διακόπτη να επιτρέπει φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου λόγω της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται. Αυτό το κύκλωμα μπορεί να περιγραφεί ως το βασικό κύκλωμα της εφεύρεσης. Το χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε βιολογικούς ιστούς που τους διεγείρουν.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Συσκευή μαγνητικής διέγερσης και μέθοδος

ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΕΦΕΥΡΕΣΗΣ

Η παρούσα εφεύρεση σχετίζεται με μια συσκευή και μέθοδο για παραγωγή μαγνητικής διέγερσης για διέγερση βιολογικών ιστών.

ΣΤΑΘΜΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Η μαγνητική διέγερση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την διέγερση κυττάρων μέσω εφαρμογής ενός εξωτερικά παραγόμενου χρονικά μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου το οποίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα στον ενδοκυτταρικό και εξωκυτταρικό χώρο που προκαλούν εκπόλωση των κυτταρικών μεμβρανών και πυροδότηση δυναμικών ενέργειας. Το εξωτερικά παραγόμενο χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να διεγείρει διαφορετικούς τύπους κυττάρων που περιλαμβάνουν νευρικά κύτταρα του κεντρικού και περιφερικού νευρικού συστήματος και μυϊκά κύτταρα. Οι επιδράσεις στην φυσιολογία και οι βιολογικές αντιδράσεις διαφοροποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μαγνητικού πεδίου επιτρέποντας έτσι ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών για ιατρικούς και ερευνητικούς σκοπούς σε ανθρώπους και ζώα. Η μέθοδος είναι μη-επεμβατική, ανέπαφη, αποστειρωμένη, μπορεί να είναι ανώδυνη και κατάλληλη για την διέγερση δομών ιστών σε βαθύτερα στρώματα καθώς οι ιστοί είναι διαπερατοί στο μαγνητικό πεδίο. Λόγω των παραπάνω σημαντικών πλεονεκτημάτων, η μαγνητική διέγερση έχει εξελιχθεί σε ένα πολύτιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορα κλινικά και επιστημονικά πεδία.

Το χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται από μια συσκευή όπου υφιστάμενες συσκευές μαγνητικής διέγερσης περιλαμβάνουν στην βασική τους διαμόρφωση μια ηλεκτρική πηγή ενέργειας, έναν πυκνωτή που φορτίζεται από την πηγή ενέργειας, ένα πηνίο και έναν διακόπτη που επιτρέπει την φόρτιση του πυκνωτή από την πηγή ενέργειας και την εκφόρτιση του πυκνωτή μέσω του πηνίου υπό την μορφή υψηλού πλάτους και σύντομης διάρκειας παλμών ρεύματος. Το χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται από το πηνίο όταν οι παλμοί ρεύματος το διαρρέουν και μπορεί να φθάσει σε μια τιμή κορυφής η μαγνητική επαγωγή αρκετών Tesla. Λόγω της σύντομης διάρκειας των παλμών ρεύματος, το ρεύμα μπορεί να φθάσει σε μια στιγμιαία τιμή αρκετών χιλιάδων Ampere. Ένας τρόπος κατηγοριοποίησης των συσκευών μαγνητικής διέγερσης είναι βάσει της κυματομορφής των παλμών ρεύματος που ρέουν δια μέσω του πηνίου η οποία απεικονίζει την μεταβολή του πλάτους του ρεύματος με τον χρόνο, όπου οι πιο κοινοί τύποι είναι ο πολυφασικός (polyphasic) παλμός ο

οποίος αποτελείται από θετικές και αρνητικές ημι-περιόδους ενός πολλαπλών-κύκλων αποσβεννύμενου ημιτονοειδούς, ο μονοφασικός (monophasic) παλμός ο οποίος αποτελείται από μια θετική ταχεία αύξηση από το μηδέν στην τιμή κορυφής και στην συνέχεια μια βραδεία μείωση πίσω στο μηδέν, ο διφασικός (biphasic) παλμός ο οποίος αποτελείται από μια θετική και μια αρνητική ημι-περίοδο ενός ενός-κύκλου αποσβεννύμενου ημιτονοειδούς, ο ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμός ο οποίος αποτελείται από μια θετική ημι-περίοδο ενός ημιτονοειδούς και το ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) οι οποίοι αποτελούνται από δύο πολυφασικούς (polyphasic) ή δύο μονοφασικούς (monophasic) ή δύο διφασικούς (biphasic) ή δύο ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς διαχωριζόμενοι από ένα επιλέξιμο χρονικό διάστημα και με ανεξαρτήτως επιλέξιμα πλάτη. Μια ακόμα κρίσιμη πτυχή της απόδοσης των συσκευών μαγνητικής διέγερσης είναι η πτώση τάσης του πυκνωτή μεταξύ της αρχής και του τέλους του κάθε παλμού που αποδίδεται στις απώλειες εξαιτίας ωμικής αντίστασης. Μια υψηλότερη πτώση τάσης οδηγεί σε χαμηλότερη τάση στην αρχή του επόμενου παλμού εάν η πτώση τάσης δεν αναπληρωθεί, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα έναν παλμό ρεύματος μειωμένου πλάτους και μειωμένου ρυθμού μεταβολής έτσι και ασθενέστερη διέγερση. Εάν η πτώση τάσης αναπληρωθεί από την πηγή ενέργειας προκειμένου ο επόμενος παλμός να είναι ίδιος με τον προηγούμενο, τότε όσο υψηλότερη η πτώση τάσης τόσο περισσότερο χρόνο απαιτεί η πηγή ενέργειας για να την αναπληρώσει λόγω του γεγονότος ότι η ηλεκτρική πηγή ενέργειας φορτίζει τον πυκνωτή με συγκεκριμένο ρυθμό βασισμένο στην ένταση του ρεύματος εξόδου της και ο απαιτούμενος χρόνος για να την αναπληρώσει είναι ένας περιοριστικός παράγοντας για την ελάχιστη χρονική διάρκεια μεταξύ διαδοχικών παλμών του ίδιου πλάτους ή, εάν εκφραστεί στο πεδίο της συχνότητας, του μέγιστου ρυθμού επανάληψης παλμών μιας συσκευής μαγνητικής διέγερσης. Η πτώση τάσης εάν κανονικοποιηθεί ως προς την τάση λειτουργίας και εκφραστεί ως ένα % ποσοστό είναι ένα εγγενές χαρακτηριστικό για μια συσκευή μαγνητικής διέγερσης. Υφιστάμενες συσκευές ενσωματώνουν για αυτό τον λόγο κυκλώματα ανάκτησης που επιτρέπουν μέρος της αρχικής τάσης του πυκνωτή να ανακτηθεί προκειμένου η πτώση τάσης να περιοριστεί. Συνεπώς και λαμβάνοντας υπόψιν ότι η συνεισφορά της διέγερσης των ιστών στην πτώση τάσης είναι ένα πολύ μικρό κλάσμα καθώς η απορροφούμενη ενέργεια που απαιτείται για την διέγερση είναι ένα ελάχιστο κλάσμα της συνολικής ενέργειας του παλμού, η βελτιστοποίησης της σχεδίασης ενός μαγνητικού διεγέρτη απαιτεί τις ελάχιστες δυνατές απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης και την υψηλότερη δυνατή ανάκτηση τάσης.

Υφιστάμενες συσκευές και μέθοδοι προσφέρουν περιορισμένη αποδοτικότητα και απόδοση. Αυτοί οι περιορισμοί τίθενται όταν αντίστροφη τάση εφαρμόζεται στην έξοδο της πηγής ενέργειας η οποία απαιτεί την χρήση προστατευτικών κυκλωμάτων που έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λόγω πρόσθετης ωμικής αντίστασης και εξαρτήματα υψηλότερων προδιαγραφών εντός της πηγής ενέργειας που οδηγούν επίσης σε υψηλότερες απώλειες

διακοπτικές και αγωγής. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η περίπτωση αντίστροφης φόρτισης του πυκνωτή που αυξάνει την προδιαγραφή της τάσης λειτουργίας του, το μέγεθός του και το κόστος του. Επιπροσθέτως, η αντίστροφη φόρτιση του πυκνωτή οδηγεί σε σχεδόν διπλασιασμό της από κορυφή σε κορυφή (peak to peak) τάσης λειτουργίας της συσκευής, δημιουργώντας λιγότερο ασφαλείς συσκευές και την ανάγκη για πρόσθετα μέτρα ηλεκτρικής ασφάλειας. Ως προς μια άλλη πτυχή, συσκευές που περιλαμβάνουν το πηνίο διέγερσης μέσα στο κύκλωμα φόρτισης του πυκνωτή, έτσι ώστε ρεύμα ρέει δια μέσω του πηνίου διέγερσης κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης του πυκνωτή, είναι περιορισμένες από τις πρόσθετες απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης του πηνίου κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης του πυκνωτή, παράγουν περιττή πρόσθετη θέρμανση του πηνίου και υψηλότερη απαίτηση για ψύξη του πηνίου, δημιουργείται η ανάγκη για μειωμένα αλλά παρόλα αυτά υφιστάμενα προστατευτικά κυκλώματα για την πηγή ενέργειας και ένα μαγνητικό πεδίο με όχι κοινά χαρακτηριστικά και μη-διερευνημένες επιδράσεις στο πεδίο της μαγνητικής διέγερσης των ιστών εκπέμπεται κατά την φόρτιση. Σε άλλες περιπτώσεις, σχεδιασμοί συσκευών περιλαμβάνουν μεθόδους ανάκτησης τάσης για να αυξήσουν την αποδοτικότητα αλλά αυτό το επιτυγχάνουν σε ένα περιορισμένο μόνο βαθμό, σε βάρος αυξημένης πολυπλοκότητας και κόστους και επειδή πρόσθετοι λειτουργικοί διακόπτες απαιτούνται που ακολούθως εισάγουν πρόσθετες απώλειες εξαιτίας ωμικής αντίστασης. Λειτουργικοί διακόπτες και προστατευτικά κυκλώματα με τυπικές προδιαγραφές για έναν μαγνητικό διεγέρτη εισάγουν ωμική αντίσταση της τάξης των δεκάδων milliohms που συμβάλλει στην % Πτώση Τάσης περισσότερο από άλλα εξαρτήματα, όπως οι αγωγοί, σε έναν μαγνητικό διεγέρτη. Υπάρχουσες συσκευές χρησιμοποιούν μια ποικιλία διαφορετικού σχήματος, μεγέθους και προσανατολισμού πηνίων όπου παράγεται θερμότητα στα πηνία λόγω των υψηλών ρευμάτων. Για να ικανοποιήσουν την απαίτηση να προσφέρουν διαφορετικά σχήματα παλμών και μοτίβα διέγερσης, οι συσκευές ενσωματώνουν σχεδιασμούς κυκλωμάτων αυξημένης πολυπλοκότητας συνοδευόμενη από υψηλότερες απώλειες εξαιτίας υψηλότερης ωμικής αντίστασης και αυξημένες απαιτήσεις συγχρονισμού για την λειτουργία των διαφορετικών εξαρτημάτων.

Βάσει της ανάλυσης της στάθμης προηγούμενης τεχνικής, υπάρχει η ανάγκη για βελτιωμένες συσκευές μαγνητικής διέγερσης και μεθόδους που δεν περιορίζονται από τα μειονεκτήματα της υφιστάμενης τεχνολογίας.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΦΕΥΡΕΣΗΣ

Η παρούσα εφεύρεση αφορά μια καινοτόμο συσκευή μαγνητικής διέγερσης και μέθοδο με βελτιστοποιημένη διαχείριση ενέργειας και βελτιωμένη απόδοση αποτελούμενη από: μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένες σε σειρά να σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, μια πηγή ενέργειας συζευγμένη με την πρώτη συσκευή

αποθήκευσης ενέργειας, και έναν διακόπτη να επιτρέπει φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου λόγω της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται. Αυτό το κύκλωμα μπορεί να περιγραφεί ως το βασικό κύκλωμα της εφεύρεσης. Το χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε βιολογικούς ιστούς που τους διεγείρουν. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, η πηγή ενέργειας φορτίζει την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μόλις ο διακόπτης κλείσει η ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού εκκινεί. Αντίστροφη τάση δεν εφαρμόζεται στην έξοδο της πηγής ενέργειας σε καμία στιγμή και οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας δεν είναι ποτέ φορτισμένες αντίστροφα.

Η τάση μεταξύ των ακροδεκτών της καθεμίας από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας έχει πάντα την ίδια πολικότητα.

Καθόλου ρεύμα δεν ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου κατά την διάρκεια φόρτισης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας.

Η πηγή ενέργειας προστατεύεται έναντι τάσης αντίστροφης πολικότητας χωρίς την χρήση ηλεκτρικών προστατευτικών μέσων.

Μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο χωρίς την λειτουργία οποιουδήποτε διακόπτη.

Επιπλέον, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας είναι συζευγμένη με την πηγή ενέργειας με το ελάχιστο δυνατό μήκος αγωγών και χωρίς καθόλου ηλεκτρικά προστατευτικά μέσα μεταξύ τους, έτσι συμβάλλοντας στην ελαχιστοποίηση απωλειών κατά την φόρτιση και κάνοντας την συσκευή ασφαλέστερη. Κατά την διάρκεια της ηλεκτρικής ταλάντωσης, ηλεκτρικό φορτίο επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσεται μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου χωρίς την απαίτηση λειτουργίας οποιουδήποτε διακόπτη που θα αύξανε την πολυπλοκότητα και τις απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης, προσφέροντας μια εξαιρετικά αποτελεσματική ανάκτηση τάσης.

Στην παρούσα εφεύρεση, προσθέτοντας στον διακόπτη του βασικού κυκλώματος την λειτουργικότητα να ανοίγει και να κλείνει σε επιλέξιμα χρονικά σημεία προκειμένου να σταματά την ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού, το κύκλωμα συντονισμού μπορεί να παράξει διαφορετικές κυματομορφές παλμών ρεύματος, με μια χαμηλή % Πτώση Τάσης και μέχρι υψηλούς ρυθμούς επανάληψης παλμών λόγω της εξαιρετικά αποτελεσματικής

ανάκτησης τάσης και τις ελάχιστες απώλειες της ελαχιστοποιημένης ωμικής αντίστασης εξαιτίας της απλότητας του κυκλώματος.

Η παρούσα εφεύρεση, προσαρμόζοντας την θέση του διακόπτη του βασικού κυκλώματος να επιτρέπει φόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας, αντί της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας, και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, επιφέρει το μειονέκτημα της ροής ρεύματος δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου κατά την διάρκεια φόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και το πλεονέκτημα της απαίτησης λιγότερων διακοπτών να προστίθενται σε αυτή την υλοποίηση σε σύγκριση με το βασικό κύκλωμα για την παραγωγή ζευγών παλμών (paired-pulses) ή διπλών παλμών (dual-pulses). Με άλλα λόγια, στην παρούσα εφεύρεση, η θέση του διακόπτη προσαρμόζεται για να επιτρέπει φόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω ενισχύει την απόδοση προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα με την προστιθείσα λειτουργικότητα διακόπτη μια σειριακή σύνδεση μιας αντίστασης και ενός δεύτερου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της αντίστασης και του δεύτερου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας για να εκφορτίζει επιλεκτικά είτε την μία από τις δύο ή και τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και προσφέρει την υψηλότερη αποδοτικότητα και απόδοση για την παραγωγή πολυφασικών (polyphasic) και διφασικών (biphasic) παλμών ρεύματος.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα με την προστιθείσα λειτουργικότητα διακόπτη και την προστιθείσα λειτουργικότητα επιλεκτικής εκφόρτισης μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, προσφέρει την υψηλότερη αποδοτικότητα και απόδοση για την παραγωγή μονοφασικών (monophasic) παλμών ρεύματος.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα με την προστιθείσα λειτουργικότητα διακόπτη και την προστιθείσα λειτουργικότητα επιλεκτικής εκφόρτισης μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, προσφέρει την υψηλότερη αποδοτικότητα και απόδοση για την παραγωγή ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών ρεύματος.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα με την προστιθείσα λειτουργικότητα διακόπτη και την προστιθείσα λειτουργικότητα επιλεκτικής εκφόρτισης μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και μια σειριακή σύνδεση ενός τέταρτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τέταρτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένες παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, προσφέρει την υψηλότερη αποδοτικότητα και απόδοση για την παραγωγή πολυφασικών (polyphasic), διφασικών (biphasic), μονοφασικών (monophasic) και ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών ρεύματος και οποιοδήποτε συνδυασμό αυτών απαιτώντας έναν ελάχιστο αριθμό τεσσάρων διακοπτών και μια ελάχιστη πολυπλοκότητα με ελαχιστοποιημένες απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης και ελαχιστοποιημένες απαιτήσεις συγχρονισμού.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα με την προστιθείσα λειτουργικότητα διακόπτη και την προστιθείσα λειτουργικότητα επιλεκτικής εκφόρτισης μια σειριακή σύνδεση μιας τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και ενός τρίτου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και του τρίτου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας, που χαρακτηρίζεται από το ότι η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας είναι περαιτέρω συζευγμένη με την πηγή ενέργειας, και έναν τέταρτο και έναν πέμπτο διακόπτη να επιτρέπουν την πηγή ενέργειας να φορτίζει επιλεκτικά είτε μόνο την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας ή μόνο την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας ή και τις δύο, προσφέρει την δυνατότητα να παράξει ζεύγη παλμών ρεύματος του ίδιου ή διαφορετικού τύπου, ή μονούς παλμούς υψηλότερου πλάτους οποιουδήποτε τύπου. Το πλάτος του κάθε παλμού ρεύματος ενός ζεύγους μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα μέσω του τέταρτου και του πέμπτου διακόπτη και επίσης το χρονικό διάστημα μεταξύ των παλμών ρεύματος ενός ζεύγους μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα σε οποιαδήποτε τιμή μέσω του πρώτου και του τρίτου διακόπτη. Ένας μονός παλμός υψηλότερου πλάτους είναι ένας παλμός υψηλότερου πλάτους λόγω του συνδυασμού της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας με την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας.

Η παρούσα εφεύρεση μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης τοποθετώντας τις συσκευές αποθήκευσης ενέργειας μέσα σε μια θήκη εξαιτίας της μείωσης του μήκους των αγωγών διασύνδεσης του κυκλώματος.

Σύμφωνα με την παρούσα εφεύρεση, κάθε συσκευή αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν πυκνωτή με τις χωρητικότητες των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας να είναι κατά προτίμηση

ίσες επειδή για ίσες χωρητικότητες η μεταφορά ενέργειας και η ανάκτηση τάσης μεταξύ των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας κατά την διάρκεια της ταλάντωσης μεγιστοποιούνται.

Η παρούσα εφεύρεση, υλοποιώντας ανεξαρτήτως επιλέξιμη χωρητικότητα της κάθε συσκευής αποθήκευσης ενέργειας προσφέρει την δυνατότητα να ρυθμίζει επιλεκτικά την διάρκεια των παλμών ρεύματος στην περίπτωση που οι χωρητικότητες των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας μεταβληθούν και μετά την μεταβολή είναι ίσες και την δυνατότητα να ρυθμίσει επιλεκτικά την αναλογία μεταφοράς τάσης μεταξύ των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας κατά την διάρκεια της ταλάντωσης στην περίπτωση που οι χωρητικότητες των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας μεταβληθούν και μετά την μεταβολή δεν είναι ίσες.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα ένα πλήθος από διακόπτες και συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας μια σειριακή σύνδεση και όλες οι σειριακές συνδέσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα η μία με την άλλη και παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, προσφέρει την δυνατότητα να συμπεριλαμβάνονται επιλεκτικά όμοιες ή διαφορετικές, ταυτοχρόνως ή όχι, συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου στο βασικό κύκλωμα συντονισμού το οποίο διευκολύνει την εφαρμογή της μαγνητικής διέγερσης σε μεγαλύτερες ή διαφορετικές περιοχές, σε συντομότερους χρόνους, με συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου διαφορετικού σχήματος, μεγέθους, προσανατολισμού και εστίασης ή με πιο σύνθετους προσανατολισμούς και εστιάσεις όταν εφαρμόζοντας ταυτοχρόνως περισσότερες από μια συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου σε μια περιοχή.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας στο βασικό κύκλωμα ένα πλήθος από ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού καθένα αποτελούμενο από μια σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, ενός διακόπτη και μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η μια από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας του κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενου κυκλώματος συντονισμού είναι συζευγμένη μέσω ενός διακόπτη με την πηγή ενέργειας και με τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού, προσφέρει την δυνατότητα επιλεκτικής παραγωγής ανεξάρτητα μεταξύ τους χρονικά μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία είτε ταυτόχρονα είτε όχι.

Η παρούσα εφεύρεση, περαιτέρω προσθέτοντας μια μονάδα ελέγχου της πηγής ενέργειας και των διακοπτών προσφέρει την δυνατότητα για συνεχή ρύθμιση και διαμόρφωση της εξόδου της πηγής ενέργειας, του πλάτους των παλμών ρεύματος, του ρυθμού επανάληψης των παλμών ρεύματος και του τύπου των παλμών ρεύματος, που χαρακτηρίζεται από το ότι οι παλμοί ρεύματος

περιλαμβάνουν τους παλμούς ρεύματος που ρέουν δια μέσω των συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Η παρούσα εφεύρεση χρησιμοποιείται σε βιολογικούς ιστούς, που χαρακτηρίζεται από το ότι χρονικά μεταβαλλόμενο πεδίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε βιολογικούς ιστούς.

Σύμφωνα με την παρούσα εφεύρεση, μια μέθοδος παρέχεται για παραγωγή μαγνητικής διέγερσης σε ιστούς, όπου η μέθοδος περιλαμβάνει: παροχή μιας πηγής ενέργειας, φόρτιση μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένη σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου και με μια άλλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας που σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, και επιτρέποντας ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα ρεόμενο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγει ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε ιστούς.

Σύμφωνα με μια άλλη πτυχή της μεθόδου της παρούσας εφεύρεσης, η μέθοδος περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα: παροχή μιας πηγής ενέργειας, φόρτιση μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένη σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου που σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, σύνδεση μια δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας σε σειρά με την σειριακή σύνδεση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που σχηματίζουν ένα νέο ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, και επιτρέποντας ηλεκτρική ταλάντωση του νέου κυκλώματος συντονισμού που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα ρεόμενο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγει ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε ιστούς.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Το Σχήμα 1 δείχνει ένα παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη περιλαμβάνοντας μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένες σε σειρά, όπου οι χωρητικότητες των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας είναι ίσες, μια πηγή ενέργειας συνδεδεμένη παράλληλα με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και ενός διακόπτη συνδεδεμένου σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και περιλαμβανομένου στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Τα Σχήματα 2A έως 2C δείχνουν τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1, δείχνοντας έναν πολυφασικό (polyphasic), έναν διφασικό (biphasic) και έναν ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμό αντίστοιχα.

Το Σχήμα 3 δείχνει μια τροποποίηση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι η θέση του διακόπτη τροποποιήθηκε να είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και να περιλαμβάνεται στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας.

Το Σχήμα 4 δείχνει μια άλλη τροποποίηση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι η θέση του διακόπτη τροποποιήθηκε να είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και να περιλαμβάνεται στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας.

Το Σχήμα 5 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση μιας αντίστασης και ενός δεύτερου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της αντίστασης και του δεύτερου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας.

Τα Σχήματα 6A έως 6D δείχνουν τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5, δείχνοντας δύο πολυφασικούς (polyphasic), δύο διφασικούς (biphasic), δύο ημι-ημιτόνου (half-sine) και δύο μονοφασικούς (monophasic) παλμούς αντίστοιχα.

Το Σχήμα 7 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Το Σχήμα 8 δείχνει τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7, δείχνοντας δύο μονοφασικούς (monophasic) παλμούς.

Το Σχήμα 9 δείχνει ένα εναλλακτικό παραδείγματος εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Το Σχήμα 10 δείχνει τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, το ρεύμα της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και το ρεύμα της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την

χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 9, δείχνοντας δύο ημιημιτόνου (half-sine) παλμούς ρεόμενοι δια μέσω της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Το Σχήμα 11 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και μια σειριακή σύνδεση ενός τέταρτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τέταρτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένες παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Το Σχήμα 12 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση μιας τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και ενός τρίτου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και του τρίτου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και έναν τέταρτο διακόπτη συζευγμένο μεταξύ της πηγής ενέργειας και την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και έναν πέμπτο διακόπτη συζευγμένο μεταξύ της πηγής ενέργειας και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας.

Το Σχήμα 13 δείχνει τις τάσεις των τριών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 12, δείχνοντας δύο ζεύγη διφασικών (biphasic) παλμών.

Το Σχήμα 14 δείχνει τις τάσεις των τριών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 12, δείχνοντας δύο μονούς παλμούς υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου.

Το Σχήμα 15 δείχνει ένα προτιμώμενο παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη με τις συσκευές αποθήκευσης ενέργειας τοποθετούμενες μέσα σε μια θήκη.

Το Σχήμα 16 δείχνει την σχέση μεταξύ της αποδοτικότητας μεταφοράς ενέργειας και της αναλογίας των χωρητικοτήτων των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας κατά την ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού.

Το Σχήμα 17 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη με ανεξαρτήτως επιλέξιμη χωρητικότητα της κάθε συσκευής αποθήκευσης ενέργειας.

Το Σχήμα 18 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει (n-1) διακόπτες και (n-1) συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας μια σειριακή σύνδεση και όλες οι σειριακές συνδέσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα η μία με την άλλη και παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

Το Σχήμα 19 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει (n-1) ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού καθένα αποτελούμενο από μια σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, ενός διακόπτη και μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η μια από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας του κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενου κυκλώματος συντονισμού είναι συζευγμένη μέσω ενός διακόπτη με την πηγή ενέργειας και με τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού.

Το Σχήμα 20 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια μονάδα ελέγχου της πηγής ενέργειας και των διακοπτών ώστε να επιτρέπει την συνεχή ρύθμιση και διαμόρφωση της εξόδου της πηγής ενέργειας, του πλάτους των παλμών ρεύματος, του ρυθμού επανάληψης των παλμών ρεύματος και του τύπου των παλμών ρεύματος, που χαρακτηρίζεται από το ότι οι παλμοί ρεύματος περιλαμβάνουν τους παλμούς ρεύματος που ρέουν δια μέσω των συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

ΑΠΟΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΕΦΕΥΡΕΣΗΣ

Η παρούσα εφεύρεση βασίζεται στην μοναδική εφευρετική ιδέα ενός μαγνητικού διεγέρτη με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα συντονισμού που αποτελείται από την σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου. Σαν ένα κύκλωμα συντονισμού η ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου αποθηκευμένη στην μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας μεταφέρεται στην άλλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας με την συνεισφορά της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου λόγω της χωρητικότητάς της. Προκειμένου για να εκκινηθεί η ταλάντωση η αναγκαία και ικανή συνθήκη είναι μια διαφορά τάσης να υφίσταται μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας. Αυτή είναι μια διαφοροποίηση μεταξύ του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης και όλων των RLC κυκλωμάτων συντονισμού των άλλων μαγνητικών διεγερτών που ενσωματώνουν μόνο μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας στο κύκλωμα συντονισμού τους. Το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης ταλαντώνεται όταν μια διαφορά τάσης υφίσταται μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και σταματά να

ταλαντώνεται όταν οι τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας εξισωθούν ενώ το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν. Το ρεύμα, το οποίο πάντα ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, έχει μια κατεύθυνση που αντιστρέφεται από ημι-περίοδο σε ημι-περίοδο. Τα κυκλώματα συντονισμού που ενσωματώνουν μόνο μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας ταλαντώνονται όταν μια τάση διαφορετική από μηδέν είναι παρούσα στην μόνο μια τους συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και παύουν να ταλαντώνονται όταν η τάση της μόνο μιας τους συσκευής αποθήκευσης ενέργειας είναι ίση με μηδέν ενώ το ρεύμα της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν. Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης είναι ότι η πολικότητα της τάσης σε κάθε συσκευή αποθήκευσης ενέργειας παραμένει πάντα η ίδια και ποτέ δεν αντιστρέφεται. Ένα πρόσθετο μοναδικό χαρακτηριστικό του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης είναι ότι το ρεύμα το οποίο η πηγή ενέργειας παράγει για φόρτιση δεν χρειάζεται να ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου. Οι περισσότερες από τις εξισώσεις και τις συναρτήσεις που περιγράφουν την υποαποσβεννύμενη (underdamped) απόκριση ενός RLC κυκλώματος συντονισμού εφαρμόζονται επίσης στο κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης με τις τροποποιήσεις της τάσης V_C ενός πυκνωτή ενός τυπικού RLC κυκλώματος να αντικαθίσταται από την $\Delta V_C=V_{C2}-V_{C3}$διαφορά τάσεων των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας C_2και C_3του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης και η χωρητικότητα C του ενός πυκνωτή ενός τυπικού RLC κυκλώματος να αντικαθίσταται από την συνολική χωρητικότητα των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας C_2και C_3συνδεδεμένες σε σειρά στο κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης:

$$C_{2+3\ in\ series} = \frac{1}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Το R ακόμα αντιπροσωπεύει της συνολική αντίσταση του κυκλώματος η οποία είναι το άθροισμα των ωμικών αντιστάσεων των διακοπτικών συσκευών, της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και των καλωδίων διασύνδεσης του κυκλώματος.

Η μοναδική εφευρετική ιδέα της εφεύρεσης προσφέρει μια μέθοδο για παραγωγή μαγνητικής διέγερσης σε ιστούς φορτίζοντας μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας με μια πηγή ενέργειας, έχοντας μια άλλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου όπου οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και η συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένες σε σειρά και αποτελούν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού και επιτρέποντας την ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού, λόγω της διαφοράς τάσης μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από την μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας στην άλλη και πίσω με την συνεισφορά της συσκευής παραγωγής

μαγνητικού πεδίου γύρω από την οποία παράγεται ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Ως προς μια άλλη πτυχή, η μέθοδος της παρούσας εφεύρεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα υφιστάμενο RLC κύκλωμα συντονισμού όπου μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να προστεθεί στο υφιστάμενο RLC κύκλωμα συντονισμού συνδέοντάς την σε σειρά με την υφιστάμενη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, για να σχηματίσουν ένα νέο κύκλωμα συντονισμού υπό την μοναδική εφευρετική ιδέα της παρούσας εφεύρεσης, έτσι ώστε αντί της φόρτισης και εκφόρτισης της μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας του υφιστάμενου RLC κυκλώματος συντονισμού με την συνεισφορά της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, να έχουμε το φορτίο να ανταλλάσσεται μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας με την συνεισφορά της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΣ

Το Σχήμα 1 δείχνει ένα παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή πολυφασικού (polyphasic), διφασικού (biphasic) και ημι-ημιτόνου (half-sine) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 περιλαμβάνει μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) συνδεδεμένες σε σειρά να σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, μια πηγή ενέργειας (4) συζευγμένη με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2), και έναν διακόπτη (5) για να επιτρέπει φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) από την πηγή ενέργειας (4) και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) λόγω της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται. Πιο συγκεκριμένα το κύκλωμα συντονισμού του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 περιλαμβάνει την σύνδεση σε σειρά της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) με μια χωρητικότητα C_2, της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) με μια χωρητικότητα C_3 όπου, χάριν παραδείγματος, η χωρητικότητα C_3 είναι ίση με την χωρητικότητα C_2 και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) με μια αυτεπαγωγή L_1. Ένα παράδειγμα συσκευής αποθήκευσης ενέργειας είναι ένα πυκνωτής. Ένα παράδειγμα συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι ένα πηνίο. Η πηγή ενέργειας (4) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2). Ένας διακόπτης (5) είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και περιλαμβάνεται στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Ο διακόπτης (5) μπορεί να υλοποιηθεί με οποιοδήποτε είδος διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς

τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT. Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Το παραπάνω παράδειγμα εκτελέσεως περιέχει τα ελάχιστα εξαρτήματα, προκειμένου η εφεύρεση να είναι λειτουργική. Άλλα γνωστά υλικά τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται στους μαγνητικούς διεγέρτες μπορούν να προστεθούν σε οποιοδήποτε παράδειγμα εκτελέσεως της παρούσας εφεύρεσης, αλλά δεν είναι ουσιώδη, ούτε σχετίζονται με το αντικείμενο της παρούσας εφεύρεσης, ούτε την τροποποιούν με κάποιο τρόπο. Ενδεικτικά, εκτός από το πηνίο το οποίο περιέχεται εσωτερικά μιας θήκης που είναι ευκάμπτως προσαρμοσμένη στο περίβλημα, άλλα συμπληρωματικά τμήματα μπορεί να είναι ένας πολυ-αρθρωτός βραχίονας στήριξης για την θήκη του πηνίου, ένα σύστημα ψύξης πηνίου μέσω ροής αέρα ή υγρών μέσων ή άλλες τεχνολογίες ψύξης και εναλλάξιμα πηνία διαφορετικού σχήματος, μεγέθους και προσανατολισμού το καθένα περίκλειστο μέσα στην δική του θήκη. Εναλλακτικό ισοδύναμο παράδειγμα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που δείχνει το Σχήμα 1 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτει όταν οι θέσεις του διακόπτη (5) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος του διακόπτη (5). Αρχικά ο διακόπτης (5) είναι ανοιχτός και η πηγή ενέργειας (4) αρχίζει να φορτίζει την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) μέχρι μια επιλέξιμη τιμή τάσης V_{C2}. Η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) δεν είναι φορτισμένη V_{C3}=0V και η τάση της παραμένει μηδέν κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) λόγω του ανοιχτού διακόπτη (5). Αφού επιτευχθεί η επιλεγμένη V_{C2}, ο διακόπτης (5) κλείνει και η διαφορά τάσης μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας επιβάλλει την εκκίνηση της ταλάντωσης που οδηγεί ένα ρεύμα από την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Κατά την διάρκεια του πρώτου χρονικού διαστήματος T/4 το ρεύμα αυξάνεται μέχρι που φθάνει στην θετική τιμή κορυφής του και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται γύρω από την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) μέχρι οι τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας να γίνουν ίσες με μια τιμή $V_{C2}/2$. Στο δεύτερο χρονικό διάστημα T/4 το μειούμενο με τον χρόνο μαγνητικό πεδίο επάγει μια ηλεκτρεγερτική δύναμη σύμφωνα με το νόμο του Faraday:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

που οδηγεί το ρεύμα να συνεχίζει να ρέει από την θετική τιμή κορυφής του στο μηδέν μέχρι το τέλος της πρώτης ημι-περιόδου. Λόγω απωλειών που οφείλονται σε ωμική αντίσταση, στο τέλος της πρώτης ημι-περιόδου, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι φορτισμένη με μια τάση V_{C2} μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) δεν είναι πλήρως εκφορτισμένη αλλά διατηρεί μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν. Εξαιτίας αυτής της νέας διαφοράς τάσης, οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας ξεκινούν ξανά να ανταλλάσσουν φορτίο κατά την διάρκεια της δεύτερης ημι-περιόδου με ένα παρόμοιο τρόπο όπως στην πρώτη ημι-περίοδο κατά την διάρκεια της οποίας το ρεύμα ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο τέλος του τρίτου χρονικού διαστήματος T/4 οι τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας είναι ξανά εξισωμένες. Στο τέλος της δεύτερης ημι-περιόδου, οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας είναι φορτισμένες με σχεδόν τις αρχικές τους τάσεις, V_{C2}μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και με μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εξαιτίας των απωλειών ωμικής αντίστασης.

Οι κυματομορφές των τάσεων των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) και η κυματομορφή του ρεύματος ρεόμενο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) κατά την διάρκεια μιας πλήρους περιόδου απεικονίζονται στο Σχήμα 2Β. Ο παλμός του ρεύματος αποτελείται από μια θετική και μια αρνητική ημι-περίοδο, φθάνει σε ένα υψηλό πλάτος της τάξης των χιλιάδων amperes, έχει μια σύντομη περίοδο της τάξης των εκατοντάδων microseconds και το σχήμα του περιγράφεται ως ένα ενός-κύκλου αποσβεννύμενο ημιτονοειδές. Το ρεύμα $I_{L1}(t)$ ορίζεται ως το ρεύμα που ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και λαμβάνεται από την συνάρτηση:

$$I_{L1}(t) = \frac{\Delta V_c}{L\omega_d} e^{-at} \sin \omega_d t$$

όπου $\Delta V_C = V_{C2} - V_{C3}$, $a = R/2L$, $\omega_d^2 = (LC)^{-1} - a^2$.Τα R, L και C είναι η συνολική ωμική αντίσταση, η συνολική αυτεπαγωγή και η συνολική χωρητικότητα του κυκλώματος, αντιστοίχως. Η συνολική ωμική αντίσταση του κυκλώματος είναι το άθροισμα των ωμικών αντιστάσεων των διακοπτικών συσκευών, της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και των καλωδίων διασύνδεσης του κυκλώματος. Η συνολική αυτεπαγωγή του κυκλώματος θεωρείται ίση με L_1καθώς η παρασιτική αυτεπαγωγή είναι αμελητέα:

$$L \approx L_1$$

Η συνολική χωρητικότητα του κυκλώματος θωρείται ίση με $C_{2+3\ in\ series}$καθώς η παρασιτική χωρητικότητα είναι αμελητέα:

$$C \approx C_{2+3\ in\ series}$$

Η περίοδος για την υποαποσβεννύμενη (underdamped) φυσική απόκριση του κυκλώματος είναι:

$$T_d = \frac{1}{f_d}$$

όπου $f_d = \frac{\omega_d}{2\pi}$, $\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$, $\omega_n = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_{2+3\ in\ series}}}$, $\zeta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C_{2+3\ in\ series}}{L_1}}$.

Η συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), η οποία είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα του κυκλώματος συντονισμού, είναι επίσης το μέσο διέγερσης που τοποθετείται πάνω από την περιοχή διέγερσης των ιστών. Η μαγνητική επαγωγή B(t) του παραγόμενου χρονικά μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου γύρω από την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) είναι εξαρτώμενη από το ρεύμα $I_{L1}(t)$ που ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) σύμφωνα με τον νόμο του Ampere:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$$

Το μαγνητικό πεδίο B(t) διαπερνά δια μέσω των ιστών και επάγει ένα ηλεκτρικό πεδίο E το οποίο είναι ανάλογο του ρυθμού μεταβολής του B(t) βάσει του νόμου του Faraday. Το επαγόμενο E προκαλεί μια ροή ρεύματος στους ιστούς αφού είναι ηλεκτρικά αγώγιμοι και αυτή η ροή του ρεύματος παράγει την εκπόλωση των κυτταρικών μεμβρανών και την πυροδότηση δυναμικών ενέργειας. Η παραπάνω ανάλυση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίδραση πάνω στο δυναμικό της κυτταρικής μεμβράνης είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος $I_{L1}(t)$ που ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Βασιζόμενοι στα γεγονότα ότι για όλα τα RLC κυκλώματα συντονισμού και επίσης για το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης οι τιμές των R, L και C θεωρούνται σταθερές χωρίς διακύμανση και ότι η περίοδος υπολογιζόμενη με αυτές τις τιμές θεωρείται επίσης σταθερή, συνεπώς συμπεραίνεται ότι προκειμένου να αυξηθεί το I_{L1max} και το $(dI_{L1}/dt)_{max}$ πρέπει να αυξηθεί ο πολλαπλασιαστής Vc για ένα τυπικό RLC κύκλωμα συντονισμού ή ο πολλαπλασιαστής ΔV_C για το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης, όπως αποκαλύπτεται από την συνάρτηση $I_{L1}(t)$. Επιπλέον, αφού οι μαγνητικοί διεγέρτες λειτουργούν με πρωτόκολλα διέγερσης που απαιτούν συνεχή εκπομπή αρκετών χιλιάδων διαδοχικών παλμών και είναι ωφέλιμο να ολοκληρώνονται τα πρωτόκολλα διέγερσης στον συντομότερο δυνατό χρόνο ή λειτουργούν με πρωτόκολλα διέγερσης που απαιτούν υψηλότερους ρυθμούς επανάληψης παλμών προκειμένου να προκαλέσουν διαφορετικές αντιδράσεις στην φυσιολογία, γίνεται καθοριστικό για την απόδοσή τους να μπορούν να εκπέμπουν παλμούς με τον υψηλότερο δυνατό ρυθμό επανάληψης παλμών ο οποίος

καθορίζεται από πόσο γρήγορα το κύκλωμα μπορεί από το τέλος ενός παλμού να φορτίσει ξανά την μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας στην τάση Vc για ένα τυπικό RLC κύκλωμα συντονισμού ή τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας στην διαφορά τάσης ΔV_C για το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης, για να ακολουθήσει ο επόμενος παλμός. Μεταξύ της αρχής ενός παλμού και του τέλους του ίδιου παλμού, και για τυπικά RLC κυκλώματα συντονισμού και για το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης, μια πτώση στην τάση V_C ή μια πτώση στην διαφορά τάσης ΔV_C αντιστοίχως είναι αναπόφευκτη λόγω της αποσβεννύμενης απόκρισης. Αλλά είναι ένα εγγενές χαρακτηριστικό του κάθε κυκλώματος με πόση επιτυχία μπορεί να ανακτήσει μέρος της V_Cή μέρος της ΔV_Cστο τέλος του κάθε εκπεμπόμενου παλμού. Για αυτό τον λόγο μπορεί με έναν αντικειμενικό τρόπο η αποδοτικότητα και απόδοσης ενός κυκλώματος συντονισμού να περιγραφεί με την % Πτώση Τάσης, οριζόμενη ως:

$$\%\ Voltage\ Drop = \frac{V_{C,start\ of\ pulse} - V_{C,end\ of\ pulse}}{V_{C,start\ of\ pulse}} \times 100$$

για τυπικά RLC κυκλώματα συντονισμού

$$\%\ Voltage\ Drop = \frac{\Delta V_{C,start\ of\ pulse} - \Delta V_{C,end\ of\ pulse}}{\Delta V_{C,start\ of\ pulse}} \times 100$$

για το κύκλωμα συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης

Στην περίπτωση του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης, ισχύει ότι η αποδοτικότητα και απόδοση του κυκλώματος αφού είναι ευθέως σχετιζόμενη με την διαφορά τάσης ΔV_Cκαι όχι με τις συγκεκριμένες τιμές των τάσεων V_{C2}και V_{C3}, δεν είναι επίσης σχετιζόμενη με τις συγκεκριμένες τιμές των ηλεκτρικών ενεργειών που είναι αποθηκευμένες στις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και εκφράζονται σε Joules, γιατί η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη σε ένα πυκνωτή με χωρητικότητα C είναι:

$$E_c = \frac{1}{2} C V_c^2$$

Ως προς μια άλλη πτυχή, επίσης η τιμή της συνολικής ωμικής αντίστασης R για όλα τα κυκλώματα των μαγνητικών διεγερτών είναι ένα εγγενές χαρακτηριστικό του κάθε κυκλώματος που ορίζεται από την τοπολογία ενός κυκλώματος και καθορίζεται από τον αριθμό των διακοπτικών συσκευών, το μήκος των καλωδίων διασύνδεσης και τα άλλα ηλεκτρικά εξαρτήματα που όλα συμβάλλουν στην αύξηση της R. Υψηλότερες τιμές της R έχουν ως αποτέλεσμα γρηγορότερη απόσβεση, όπως επίσης αποκαλύπτεται από την συνάρτηση $I_{L1}(t)$, και έτσι σε υψηλότερες τιμές % Πτώσης Τάσης. Η επίδραση της συνολικής αντίστασης R στην αποδοτικότητα και απόδοση ενός κυκλώματος συντονισμού ενός

μαγνητικού διεγέρτη εκφράζεται δια μέσω της συνεισφοράς της στην % Πτώση Τάσης.

Η % Πτώση Τάσης αποτελεί το πιο αντικειμενικό μέγεθος για σύγκριση της αποδοτικότητας και απόδοσης διαφορετικών κυκλωμάτων μαγνητικών διεγερτών. Για μια έγκυρη σύγκριση διαφορετικών κυκλωμάτων, οι ίδιες τιμές των L, C και αρχικής τάσης φόρτισης πρέπει να εφαρμοστούν. Κάτω από αυτές τις συνθήκες και για τον ίδιο τύπο παλμών ρεύματος, η % Πτώση Τάσης του κάθε κυκλώματος απεικονίζει με ακρίβεια την αποδοτικότητα και απόδοσή του. Αντιθέτως, ο μέγιστος ρυθμός επανάληψης παλμών που αντιπροσωπεύει την ελάχιστη χρονική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών είναι περαιτέρω εξαρτώμενος από την έξοδο ρεύματος της πηγής ενέργειας, έτσι ο μέγιστος ρυθμός επανάληψης δεν είναι κατάλληλος για σύγκριση της αποδοτικότητας και απόδοσης των διαφορετικών κυκλωμάτων. Για να επεξηγηθεί περαιτέρω, υπάρχει το παράδειγμα της αύξησης της ισχύος εισόδου της πηγής ενέργειας ενός κυκλώματος μαγνητικού διεγέρτη η οποία πηγή ενέργειας για αυτό τον λόγο παράγει στην έξοδό της ένα υψηλότερο ρεύμα που φορτίζει την συσκευή αποθήκευσης ενέργειας γρηγορότερα και ο μέγιστος ρυθμός επανάληψης αυξάνεται αλλά λόγω ενός εξωτερικού ως προς το κύκλωμα παράγοντα.

Η παρούσα εφεύρεση βελτιστοποιεί την αποδοτικότητα και απόδοση των μαγνητικών διεγερτών επιπροσθέτως της ακύρωσης άλλων μειονεκτημάτων της υφιστάμενης τεχνολογίας. Η τάση μεταξύ των ακροδεκτών της καθεμίας από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) έχει πάντα την ίδια πολικότητα, καθόλου ρεύμα δεν ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) κατά την διάρκεια φόρτισης από την πηγή ενέργειας (4) της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), δεν υπάρχουν ηλεκτρικά μέσα να προστατεύουν την πηγή ενέργειας (4) έναντι τάσης αντίστροφης πολικότητας και μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο χωρίς την λειτουργία οποιουδήποτε διακόπτη. Όσον αφορά την βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας και απόδοσης, και χάριν παραδείγματος, το Σχήμα 5 και το Σχήμα 6Α δείχνουν μια τροποποίηση παραδείγματος εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη και τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) V_{C2} και V_{C3} και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) του παραδείγματος αυτού εκτελέσεως αντιστοίχως για την συνεχή παραγωγή πολυφασικών (polyphasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης. Χάριν παραδείγματος, το Σχήμα 5 και το Σχήμα 6Β δείχνουν μια τροποποίηση παραδείγματος εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη και τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) V_{C2} και V_{C3} και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) του παραδείγματος αυτού εκτελέσεως αντιστοίχως για την συνεχή παραγωγή διφασικών (biphasic) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 11%. Χάριν παραδείγματος, το Σχήμα 7 και το Σχήμα 8 δείχνουν μια τροποποίηση παραδείγματος εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη και τις τάσεις των δύο

συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) V_{C2} και V_{C3} και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) του παραδείγματος αυτού εκτελέσεως αντιστοίχως για την συνεχή παραγωγή μονοφασικών (monophasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης. Χάριν παραδείγματος, το Σχήμα 9 και το Σχήμα 10 δείχνουν μια τροποποίηση παραδείγματος εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη και τις τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) V_{C2} και V_{C3} και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) του παραδείγματος αυτού εκτελέσεως αντιστοίχως για την συνεχή παραγωγή ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 9%. Η διαφοροποίηση μεταξύ του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης όπου η διαφορά τάσης μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) προκαλεί την ταλάντωση να εκκινήσει, συγκρινόμενου με τα RLC κυκλώματα συντονισμού άλλων μαγνητικών διεγερτών όπου η μη-μηδενική τάση της μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας προκαλεί την ταλάντωση να εκκινήσει, προσφέρει ένα μοναδικό πλεονέκτημα στην παρούσα εφεύρεση με την προσθήκη μιας σειριακής σύνδεσης μιας αντίστασης (6) και ενός δεύτερου διακόπτη (7) και η σειριακή σύνδεση της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3), όπως δείχνουν τα Σχήμα 5, Σχήμα 7, Σχήμα 9, Σχήμα 11, Σχήμα 12 και Σχήμα 20, που είναι διαμορφωμένα πολύ ταχέως να εκφορτίζουν στο τέλος κάθε παλμού την υπολειπόμενη τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3). Η γρήγορη εκφόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της $\Delta V_{C,\ end\ of\ pulse}$, η οποία οδηγεί σε μείωση της % Πτώσης Τάσης και σε καλύτερη αποδοτικότητα και απόδοση. Η υπολειπόμενη τάση στο τέλος κάθε παλμού της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) της παρούσας εφεύρεσης, σε άλλα RLC κυκλώματα συντονισμού με μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας δεσμεύεται μέσα στην πτώση τάσης της μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας στο τέλος του κάθε παλμού και δημιουργεί την ανάγκη να αναπληρωθεί μέσω φόρτισης της μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας αντί να μπορεί να απορριφθεί μέσω εκφόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) όπως γίνεται με την παρούσα εφεύρεση. Αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό συμβάλλει στην υψηλότερη αποδοτικότητα και απόδοση του κυκλώματος συντονισμού της παρούσας εφεύρεσης σε σύγκριση με RLC κυκλώματα συντονισμού άλλων μαγνητικών διεγερτών. Επιπλέον, το χαρακτηριστικό της παρούσας εφεύρεσης της εκφόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) στο τέλος κάθε παλμού, επιτρέπει την συνεχή εκπομπή ενός απεριόριστου αριθμού διαδοχικών παλμών, καθώς στην απουσία του η υπολειπόμενη τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) στο τέλος κάθε παλμού αθροίζεται και μετά από έναν αριθμό παλμών οι τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) εξισώνονται και δεν μπορούν να παραχθούν περαιτέρω παλμοί. Ένα άλλο όφελος της εφεύρεσης είναι η δυνατότητα να παράγει όλους τους διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην υφιστάμενη τεχνολογία και έχουν βρεθεί να είναι αποτελεσματικοί στις μελέτες μαγνητικής διέγερσης. Οι

διαφορετικοί τύποι των παλμών ρεύματος είναι ο πολυφασικός (polyphasic), ο διφασικός (biphasic), ο μονοφασικός (monophasic), ο ημι-ημιτόνου (half-sine), ο ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) πολυφασικός (polyphasic), ο ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) διφασικός (biphasic), ο ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) μονοφασικός (monophasic) και ο ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) ημι-ημιτόνου (half-sine). Η δυνατότητα να παραχθούν παρέχεται από το βασικό κύκλωμα συντονισμού βάσει της μοναδικής εφευρετικής ιδέας της εφεύρεσης, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1, με την προσθήκη ενός ελαχίστου αριθμού διακοπτών και άλλων εξαρτημάτων και μιας ελάχιστης πολυπλοκότητας. Ο ελάχιστος αριθμός διακοπτών είναι σημαντικός στην αποδοτικότητα και απόδοση ενός μαγνητικού διεγέρτη γιατί κάθε διακόπτης με τυπικές προδιαγραφές για έναν μαγνητικό διεγέρτη εισάγει πρόσθετη ωμική αντίσταση της τάξεως των δεκάδων milliohms που αυξάνουν την % Πτώση Τάσης. Η ελάχιστη πολυπλοκότητα είναι σημαντική στην αποδοτικότητα και απόδοση ενός μαγνητικού διεγέρτη λόγω του γεγονότος ότι απαιτεί λιγότερους διακόπτες και λιγότερες απαιτήσεις συγχρονισμού για την λειτουργία των διαφορετικών εξαρτημάτων.

Το Σχήμα 2Α δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 υλοποιώντας έναν διακόπτη (5) διαμορφωμένο να παράγει πολυφασικούς (polyphasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και ένας πολυφασικός (polyphasic) παλμός απεικονίζεται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή των πολυφασικών (polyphasic) παλμών, ο διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι το τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού κατά την διάρκεια του οποίου το κύκλωμα συντονισμού ταλαντώνεται ελεύθερα. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, ο διακόπτης (5) ανοίγει και παραμένει ανοιχτός μέχρι την αρχή του επόμενου πολυφασικού (polyphasic) παλμού. Στην αρχή κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, οι υπολειπόμενες τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι ίσες και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2). Αφού ο διακόπτης (5) ανοίξει στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) από το 50% της αρχικής τάσης στο 100% και η υπολειπόμενη τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας

(3) μειώνεται στο μηδέν λόγω της εσωτερικής αντίστασής της χάριν παραδείγματος. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός πολυφασικού (polyphasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει πολυφασικούς (polyphasic) παλμούς είναι μια σύνδεση ενός thyristor και μια διόδου (diode) παράλληλα. Το thyristor παραμένει κλειστό από την αρχή του κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού μέχρι το τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα επαναλαμβανόμενο σήμα σκανδαλισμού. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, το thyristor αυτόματα ανοίγει επειδή το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν και το επαναλαμβανόμενο σήμα σκανδαλισμού έχει σταματήσει. Άλλες υλοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 2Β δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 υλοποιώντας έναν διακόπτη (5) διαμορφωμένο να παράγει διφασικούς (biphasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και ένας διφασικός (biphasic) παλμός απεικονίζεται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή των διφασικών (biphasic) παλμών, ο διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε διφασικού (biphasic) παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι το τέλος της περιόδου T_d.Στην αρχή του κάθε διφασικού (biphasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο $T_d/2$ και λόγω απωλειών που οφείλονται σε ωμική αντίσταση, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι φορτισμένη με μια τάση ίση με την αρχική τάση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) δεν είναι πλήρως εκφορτισμένη αλλά διατηρεί μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν. Επίσης στο $T_d/2$, το ρεύμαI_{L1} έχει μηδενική τιμή και μετά ξεκινά να ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο $3T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}ξανά εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη αρνητική τιμή του. Στο T_d, οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι φορτισμένες με σχεδόν τις αρχικές τους τιμές, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) με την αρχική της τάση μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) με μια ελάχιστη

αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν λόγω των απωλειών ωμικής αντίστασης. Στο T_d ο διφασικός παλμός τελειώνει, ο διακόπτης (5) ανοίγει και η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην αρχική της τάση με την απαίτηση αναπλήρωσης μόνο της ελάχιστης μείωσης της τάσης, ενώ η ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) μειώνεται στο μηδέν λόγω της εσωτερικής αντίστασής της χάριν παραδείγματος, για να παραχθεί ο επόμενος διφασικός (biphasic) παλμός. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός διφασικού (biphasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει διφασικούς (biphasic) παλμούς είναι μια σύνδεση ενός thyristor και μια διόδου (diode) παράλληλα. Το thyristor κλείνει στην αρχή κάθε διφασικού (biphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στο $T_d/2$ όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν, επιτρέποντας το αντίστροφο ρεύμα της δεύτερης ημι-περιόδου να ρέει δια μέσω της διόδου (diode). Άλλες υλοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 2C δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 υλοποιώντας έναν διακόπτη (5) διαμορφωμένο να παράγει ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και ένας ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμός απεικονίζεται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή των ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών, ο διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι $T_d/2$.Στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο τέλος κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού στο $T_d/2$ και λόγω απωλειών που οφείλονται σε ωμική αντίσταση, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι φορτισμένη με μια τάση ίση με την αρχική τάση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) δεν είναι πλήρως εκφορτισμένη αλλά διατηρεί μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν. Στο $T_d/2$, το ρεύμαI_{L1} έχει μηδενική τιμή και ο διακόπτης (5) ανοίγει έτσι ώστε η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην αρχική της τάση και η τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) μειώνεται

στο μηδέν λόγω της εσωτερικής αντίστασής της χάριν παραδείγματος, για να παραχθεί ο επόμενος ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμός. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς είναι ένα thyristor. Το thyristor κλείνει στην αρχή κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στο $T_d/2$ όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν. Άλλες υλοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 3 δείχνει μια τροποποίηση του παραδείγματος εκτελέσεως που δείχνει το Σχήμα 1. Η τροποποίηση είναι η αλλαγή της θέσης του διακόπτη (5), ο οποίος από συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και περιλαμβανόμενος στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) στο Σχήμα 1, τροποποιήθηκε να είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) και να περιλαμβάνεται στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) όπως δείχνει το Σχήμα 3. Αυτή η αλλαγή της τοπολογίας δεν αλλάζει οποιοδήποτε από τα χαρακτηριστικά, την λειτουργία ή την απόδοση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1, τα οποία παραμένουν ίδια στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 3. Εναλλακτικό ισοδύναμο παράδειγμα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που ενδείκνυται στο Σχήμα 3 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτει όταν οι θέσεις της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και του διακόπτη (5) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 3 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος του διακόπτη (5).

Το Σχήμα 4 δείχνει μια άλλη τροποποίηση του παραδείγματος εκτελέσεως που δείχνει το Σχήμα 1. Η τροποποίηση είναι η αλλαγή της θέσης του διακόπτη (5), ο οποίος από συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και περιλαμβανόμενος στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) στο Σχήμα 1, τροποποιήθηκε να είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και να περιλαμβάνεται στον ίδιο κλάδο του κυκλώματος με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) όπως δείχνει το Σχήμα 4. Αυτή η αλλαγή της τοπολογίας αλλάζει την λειτουργία του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 όσον αφορά ότι η πηγή ενέργειας (4) δεν φορτίζει την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) όπως

γίνεται στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 και όλα τα άλλα παραδείγματα εκτελέσεως που απορρέουν από το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1, αλλά φορτίζει την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3). Μια πρόσθετη διαφοροποίηση στην λειτουργία του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 4 συγκρινόμενο με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 είναι ότι στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 4 ρεύμα ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) κατά την διάρκεια φόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) από την πηγή ενέργειας (4). Αυτό θέτει ένα μειονέκτημα στην απόδοση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 4 σε σύγκριση με την απόδοση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 1 γιατί όταν ρεύμα ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3), πρόσθετες απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης κατά την διάρκεια φόρτισης προκύπτουν, περιττή πρόσθετη θέρμανση της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) παράγεται και μεγαλύτερη απαίτηση για ψύξη, η ανάγκη για μειωμένα αλλά παρόλα αυτά υφιστάμενα προστατευτικά κυκλώματα για την πηγή ενέργειας (4) δημιουργείται και ένα μαγνητικό πεδίο με όχι κοινά χαρακτηριστικά και μη-διερευνημένες επιδράσεις στο πεδίο της μαγνητικής διέγερσης των ιστών εκπέμπεται κατά την φόρτιση. Ως προς μια άλλη πτυχή, το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 4 προσφέρει ένα πλεονέκτημα συγκρινόμενο με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 στην περίπτωση της παραγωγής ζευγών παλμών (paired-pulses) ή διπλών παλμών (dual-pulses) όπου λιγότεροι διακόπτες απαιτούνται να προστεθούν σε αυτή την υλοποίηση σε σύγκριση με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 12 το οποίο απορρέει από το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1.

Το Σχήμα 5 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή πολυφασικού (polyphasic), διφασικού (biphasic), ημι-ημιτόνου (half-sine) και μονοφασικού (monophasic) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση μιας αντίστασης (6) και ενός δεύτερου διακόπτη (7) και η σειριακή σύνδεση της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) για να εκφορτίζει επιλεκτικά είτε την μία από τις δύο ή και τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3). Αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής διφασικών (biphasic) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 11%, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Β. Επίσης, αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής πολυφασικών (polyphasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Α, λόγω της δυνατότητάς της να απορρίπτει την ανεπιθύμητη υπολειπόμενη τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού

εκφορτίζοντας την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της αντίστασης (6). Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 με την προσθήκη της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) τα οποία είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Ο κλάδος αποτελούμενος από την σειριακή σύνδεση της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι συνδεδεμένος παράλληλα με την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3). Η προσθήκη του κλάδου της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) επιτρέπει την επιλεκτική εκφόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) ή της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) ή και των δύο και δεν διαφοροποιεί το κύκλωμα συντονισμού αποτελούμενο από την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2), την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) και την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Ο πρώτος διακόπτης (5) και ο δεύτερος διακόπτης (7) μπορούν να διαμορφωθούν να ανοίγουν και να κλείνουν ανεξαρτήτως και επιλεκτικά σε οποιαδήποτε χρονικό σημείο και συνδυασμό έτσι ώστε να παράγουν ελεύθερα διαφορετικά σχήματα παλμών ρεύματος, πέραν από τους κοινούς τύπους παλμών ρεύματος. Για τους κοινούς τύπους παλμών ρεύματος, πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της προσθήκης του κλάδου της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) για τον κάθε τύπο παλμών ρεύματος είναι τα παρακάτω. Για πολυφασικούς (polyphasic) παλμούς, στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει έτσι ώστε να επιτρέπει γρήγορη εκφόρτιση του υπολειπόμενου 50% της αρχικής τάσης V_{C2}της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) ενώ την ίδια στιγμή ο πρώτος διακόπτης (5) είναι ανοιχτός έτσι ώστε η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) να επαναφορτίζεται από την πηγή ενέργειας (4), όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Α. Για διφασικούς (biphasic) παλμούς, στο τέλος κάθε διφασικού (biphasic) παλμού στο T_dο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει έτσι ώστε να επιτρέπει γρήγορη εκφόρτιση της ελάχιστης αύξησης τάσης πάνω από το μηδέν της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) ενώ την ίδια στιγμή ο πρώτος διακόπτης (5) είναι ανοιχτός έτσι ώστε η πηγή ενέργειας (4) να αναπληρώνει την ελάχιστη μείωση τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και να την επαναφορτίζει πάλι στην αρχική V_{C2}, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Β. Για ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς, στο $T_d/2$ ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει έτσι ώστε να επιτρέπει γρήγορη εκφόρτιση της υπολειπόμενης τάσης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) ενώ την ίδια στιγμή ο πρώτος διακόπτης (5) είναι ανοιχτός έτσι ώστε η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) να επαναφορτίζεται από την πηγή ενέργειας (4), όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6C.Συνεπώς για τις περιπτώσεις των πολυφασικών (polyphasic), διφασικών (biphasic) και ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών, ο κλάδος της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) επιτρέπει γρήγορη εκφόρτιση της υπολειπόμενης ανεπιθύμητης τάσης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3), το οποίο συμβάλλει σε αυξημένη αποδοτικότητα και απόδοση παρέχοντας χαμηλότερη % Πτώση Τάσης και υψηλότερους ρυθμούς επανάληψης παλμών από το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1. Η αντίσταση (6) προκειμένου να

επιτρέπει γρήγορη εκφόρτιση έχει μια χαμηλή τιμή αντίστασης, κατά προτίμηση της τάξεως των μερικών εκατοντάδων milliohms. Για μονοφασικούς παλμούς, στο $T_d/4$ ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει και ο πρώτος διακόπτης (5) παραμένει κλειστός μέχρι και οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) να εκφορτιστούν πλήρως δια μέσω της αντίστασης (6) από τις υπολειπόμενες τάσεις τους ίσες με το 50% της αρχικής τάσης V_{C2}έχοντας ως αποτέλεσμα μια μονοφασική (monophasic) κυματομορφή παλμού ρεύματος, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6D. Ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει όταν η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι πλήρως εκφορτισμένη έτσι ώστε η πηγή ενέργειας (4) να ξεκινήσει να φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) για την παραγωγή του επόμενου μονοφασικού (monophasic) παλμού. Ως προς μια άλλη πτυχή, η προσθήκη του κλάδου της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) επίσης διευκολύνει την συνεχή εκπομπή διαδοχικών παλμών, καθώς στην απουσία του η υπολειπόμενη τάση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) στο τέλος κάθε παλμού αθροίζεται και μετά από έναν αριθμό παλμών οι τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) εξισώνονται και δεν μπορούν να παραχθούν περαιτέρω παλμοί. Ο δεύτερος διακόπτης (7) μπορεί να υλοποιηθεί με οποιοδήποτε είδος διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT. Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Εναλλακτικά ισοδύναμα παραδείγματα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που δείχνει το Σχήμα 5 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτουν όταν οι θέσεις του πρώτου διακόπτη (5) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) ανταλλαχθούν αμοιβαίως και/ή οι θέσεις της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 6A δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5) και έναν δεύτερο διακόπτη (7) διαμορφωμένους να παράγουν πολυφασικούς (polyphasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο πολυφασικοί (polyphasic) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή πολυφασικών (polyphasic) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε πολυφασικού (polyphasic)

παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι το τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού κατά την διάρκεια του οποίου το κύκλωμα συντονισμού ταλαντώνεται ελεύθερα. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει και παραμένει ανοιχτός μέχρι την αρχή του επόμενου πολυφασικού (polyphasic) παλμού. Στην αρχή κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, οι υπολειπόμενες τάσεις των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι ίσες και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2). Αφού ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίξει στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) από το 50% της αρχικής τάσης στο 100%. Ο δεύτερος διακόπτης (7) παραμένει ανοιχτός από την αρχή μέχρι το τέλος του κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει και επιτρέπει την εκφόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της αντίστασης (6). Ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει ξανά όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι πλήρως εκφορτισμένη και το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι μηδέν. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός πολυφασικού (polyphasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει πολυφασικούς (polyphasic) παλμούς είναι μια σύνδεση ενός thyristor και μια διόδου (diode) παράλληλα. Το thyristor παραμένει κλειστό από την αρχή του κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού μέχρι το τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα επαναλαμβανόμενο σήμα σκανδαλισμού. Στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού, το thyristor αυτόματα ανοίγει επειδή το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν και το επαναλαμβανόμενο σήμα σκανδαλισμού έχει σταματήσει. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο τέλος κάθε πολυφασικού (polyphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και παραμένει κλειστό μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως. Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εκφορτιστεί πλήρως, το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) μειώνεται στο μηδέν και το thyristor του δεύτερου διακόπτη (7) αυτόματα ανοίγει. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5) και τον δεύτερο διακόπτη (7) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 6Β δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη

(5) και έναν δεύτερο διακόπτη (7) διαμορφωμένους να παράγουν διφασικούς (biphasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο διφασικοί (biphasic) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή των διφασικών (biphasic) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε διφασικού (biphasic) παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι το τέλος της περιόδου T_d.Στην αρχή του κάθε διφασικού (biphasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο $T_d/2$ και λόγω απωλειών που οφείλονται σε ωμική αντίσταση, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι φορτισμένη με μια τάση ίση με την αρχική τάση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) δεν είναι πλήρως εκφορτισμένη αλλά διατηρεί μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν. Επίσης στο $T_d/2$, το ρεύμαI_{L1} έχει μηδενική τιμή και μετά ξεκινά να ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο $3T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}ξανά εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη αρνητική τιμή του. Στο T_d, οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι φορτισμένες με σχεδόν τις αρχικές τους τιμές, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) με την αρχική της τάση μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) με μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν λόγω των απωλειών ωμικής αντίστασης. Στο T_d ο διφασικός παλμός τελειώνει, ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει και η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην αρχική της τάση με την απαίτηση αναπλήρωσης μόνο της ελάχιστης μείωσης της τάσης. Ο δεύτερος διακόπτης (7) παραμένει ανοιχτός κατά την διάρκεια όλης της περιόδου του διφασικού (biphasic) παλμού και στο T_dκλείνει επιτρέποντας την εκφόρτιση της ελάχιστης αύξησης τάσης πάνω από το μηδέν της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της αντίστασης (6). Ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει ξανά όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι πλήρως εκφορτισμένη και το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι μηδέν. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός διφασικού (biphasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει διφασικούς (biphasic) παλμούς είναι μια σύνδεση ενός thyristor και μια διόδου (diode) παράλληλα. Το thyristor κλείνει στην αρχή κάθε διφασικού (biphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στο $T_d/2$ όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν,

επιτρέποντας το αντίστροφο ρεύμα της δεύτερης ημι-περιόδου να ρέει δια μέσω της διόδου (diode). Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο τέλος κάθε διφασικού (biphasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και παραμένει κλειστό μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως. Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εκφορτιστεί πλήρως, το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) μειώνεται στο μηδέν και το thyristor του δεύτερου διακόπτη (7) αυτόματα ανοίγει. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5) και τον δεύτερο διακόπτη (7) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 6C δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5) και έναν δεύτερο διακόπτη (7) διαμορφωμένους να παράγουν ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Για την παραγωγή των ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού και να παραμένει κλειστός μέχρι $T_d/2$.Στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο τέλος κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού στο $T_d/2$ και λόγω απωλειών που οφείλονται σε ωμική αντίσταση, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι φορτισμένη με μια τάση ίση με την αρχική τάση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) δεν είναι πλήρως εκφορτισμένη αλλά διατηρεί μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν. Στο $T_d/2$, το ρεύμαI_{L1} έχει μηδενική τιμή και ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει έτσι ώστε η πηγή ενέργειας (4) φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην αρχική της τάση. Ο δεύτερος διακόπτης (7) παραμένει ανοιχτός κατά την διάρκεια όλης της περιόδου του ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού μέχρι $T_d/2$. Στο $T_d/2$, ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει επιτρέποντας την εκφόρτιση της τάσης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της αντίστασης (6). Ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει ξανά όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι πλήρως εκφορτισμένη και το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) είναι μηδέν. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να

ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς είναι ένα thyristor. Το thyristor κλείνει στην αρχή κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στο $T_d/2$ όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο τέλος κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και παραμένει κλειστό μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως. Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εκφορτιστεί πλήρως, το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) μειώνεται στο μηδέν και το thyristor του δεύτερου διακόπτη (7) αυτόματα ανοίγει. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5) και τον δεύτερο διακόπτη (7) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 6D δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5) και έναν δεύτερο διακόπτη (7) διαμορφωμένους να παράγουν μονοφασικούς (monophasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο μονοφασικοί (monophasic) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Στην αρχή του κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Για την παραγωγή των μονοφασικών (monophasic) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού και να παραμένει κλειστός πέραν από $T_d/4$ ενώ ο δεύτερος διακόπτης (7) είναι διαμορφωμένος να παραμένει ανοιχτός από την αρχή κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού και να κλείνει στο $T_d/4$. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο $T_d/4$, ο συνδυασμός του πρώτου διακόπτη (5) που παραμένει κλειστός και του δεύτερου διακόπτη (7) που κλείνει επιβάλλει την πλήρη εκφόρτιση και των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) από τις υπολειπόμενές τους τάσεις ίσες με το 50% της αρχικής τάσης V_{C2}της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας στο μηδέν. Στο $T_d/4$, το ρεύμα I_{L1}αρχίζει να μειώνεται και το σχήμα του ακολουθεί την χαρακτηριστική κυματομορφή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού, όπου αυτός είναι ο λόγος για τον πρώτο διακόπτη (5) να παραμένει κλειστός στο $T_d/4$ αντί να ανοίγει. Όταν και οι δύο συσκευές

αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι πλήρως εκφορτισμένες, ο πρώτος διακόπτης (5) και ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγουν και η πηγή ενέργειας (4) αρχίζει να φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) για την παραγωγή του επόμενου μονοφασικού (monophasic) παλμού. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) διαμορφωμένου να παράγει μονοφασικούς (monophasic) παλμούς είναι ένα thyristor. Το thyristor κλείνει στην αρχή κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει όταν η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι πλήρως εκφορτισμένη και το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο $T_d/4$ λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και παραμένει κλειστό μέχρι και οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) εκφορτιστούν πλήρως δια μέσω της αντίστασης (6). Όταν οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) εκφορτιστούν πλήρως, το ρεύμα που ρέει δια μέσω της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) μειώνεται στο μηδέν και το thyristor του δεύτερου διακόπτη (7) αυτόματα ανοίγει. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5) και τον δεύτερο διακόπτη (7) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Μια ελάχιστη αντίστροφη φόρτιση που εμφανίζεται στην πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) μετά το $T_d/4$ στο τέλος της εκφόρτισής της μπορεί να εξαλειφθεί εάν είναι επιθυμητό με την χρήση μια πρόσθετης διόδου (diode) συνδεδεμένης παράλληλα με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2).

Το Σχήμα 7 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή πολυφασικού (polyphasic), διφασικού (biphasic), ημι-ημιτόνου (half-sine) και μονοφασικού (monophasic) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 7 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη (9) και μιας δεύτερης αντίστασης (8) και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής μονοφασικών (monophasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 8. Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 7 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 με την προσθήκη ενός επιπλέον κλάδου κυκλώματος που είναι συνδεδεμένος παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Αυτός ο πρόσθετος κλάδος αποτελείται από την σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8). Το μειονέκτημα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5

στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής μονοφασικών (monophasic) παλμών, όπως δείχνει το Σχήμα 6D, είναι η πλήρης εκφόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) η οποία είναι επιβεβλημένη από την απαίτηση να διατηρηθεί ο πρώτος διακόπτης (5) κλειστός στο $T_d/4$ προκειμένου το ρεύμα I_{L1}να μειωθεί δια μέσω της πρώτης αντίστασης (6) και για αυτό τον λόγο να παραχθεί η χαρακτηριστική κυματομορφή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού ρεύματος. Εάν ο πρώτος διακόπτης (5) άνοιγε στο $T_d/4$ στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5, το I_{L1}θα μειώνονταν απότομα στο μηδέν παράγοντας όχι την χαρακτηριστική κυματομορφή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού ρεύματος. Αυτό το μειονέκτημα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 εξαλείφεται στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 7 με τον τρόπο της ενσωμάτωσης του κλάδου του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8) που επιτρέπουν το ρεύμα I_{L1}να μειωθεί με ανάλογο τρόπο για την παραγωγή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού ρεύματος ενώ η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) διατηρεί το 50% της αρχικής της τάσης η οποία δεν απαιτείται να αναπληρωθεί μέσω φόρτισης από την πηγή ενέργειας (4) για την παραγωγή του επόμενου μονοφασικού (monophasic) παλμού. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2}και V_{C3}των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) για αυτό τον λόγο δεν υφίσταται διαφορά τάσης να επιβάλλει το ρεύμα I_{L1}να συνεχίσει να ρέει από αυτήν την άποψη. Ωστόσο το I_{L1}οδηγείται να συνεχίσει να ρέει λόγω της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης που εφαρμόζεται από το μειούμενο μαγνητικό πεδίο γύρω από την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Το οδηγούμενο ρεύμα I_{L1}λόγω του μειούμενου μαγνητικού πεδίου γύρω από την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) στο $T_d/4$ του επιτρέπεται να μειωθεί δια μέσω της δεύτερης αντίστασης (8) κλείνοντας τον τρίτο διακόπτη (9) στο $T_d/4$ και διατηρώντας τον πρώτο διακόπτη (5) κλειστό μετά το $T_d/4$. Το αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης είναι μια χαρακτηριστική μονοφασική (monophasic) κυματομορφή παλμού ρεύματος για το I_{L1}να παράγεται και επίσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) να διατηρούν τις τάσεις τους ίσες με το 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2).Η δεύτερη αντίσταση (8) έχει μια επιλεγμένη τιμή αντίστασης έτσι ώστε η διάρκεια παλμού του μονοφασικού (monophasic) παλμού να ανταποκρίνεται στο τυπικό και αποδεκτό εύρος της διάρκειας των μονοφασικών (monophasic) παλμών. Όταν το I_{L1}φθάσει στο μηδέν ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (9) ανοίγουν και σε εκείνο το χρονικό σημείο ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει επιτρέποντας την εκφόρτιση της ανεπιθύμητης υπολειπόμενης τάσης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της πρώτης αντίστασης (6). Συνεπώς η πηγή ενέργειας (4) απαιτείται να αναπληρώσει την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) από το 50% της αρχικής της τάσης στο 100% για τον επόμενο μονοφασικό (monophasic) παλμό να ακολουθήσει, εκφραζόμενο επίσης ως μια 50% Πτώση Τάσης. Ο τρίτος διακόπτης (9) μπορεί να υλοποιηθεί με οποιοδήποτε είδος

διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT. Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Εναλλακτικά ισοδύναμα παραδείγματα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που ενδείκνυται στο Σχήμα 7 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτουν όταν οι θέσεις του πρώτου διακόπτη (5) και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) ανταλλαχθούν αμοιβαίως και/ή οι θέσεις του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8) ανταλλαχθούν αμοιβαίως και/ή οι θέσεις της πρώτης αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 8 δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5), έναν δεύτερο διακόπτη (7) και έναν τρίτο διακόπτη (9) διαμορφωμένους να παράγουν μονοφασικούς (monophasic) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο μονοφασικοί (monophasic) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Στην αρχή του κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Για την παραγωγή των μονοφασικών (monophasic) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού και να παραμένει κλειστός πέραν από $T_d/4$ενώ ο τρίτος διακόπτης (9) είναι διαμορφωμένος να παραμένει ανοιχτός από την αρχή κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού και να κλείνει στο $T_d/4$ και ο δεύτερος διακόπτης (7) είναι διαμορφωμένος να παραμένει ανοιχτός από την αρχή κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού και να κλείνει όταν το ρεύμα I_{L1}είναι ίσο με μηδέν στο τέλος κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού. Στο $T_d/4$, οι τάσεις V_{C2} και V_{C3}εξισώνονται και έχουν μια τιμή 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2), και το ρεύμα I_{L1}φθάνει στην μέγιστη θετική τιμή του. Στο $T_d/4$, ο συνδυασμός του πρώτου διακόπτη (5) που παραμένει κλειστός και του τρίτου διακόπτη (9) που κλείνει επιβάλλουν την μείωση του ρεύματος I_{L1}οδηγούμενου από την ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω του μειούμενου μαγνητικού πεδίου γύρω από την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) δια μέσω της δεύτερης αντίστασης (8) από την μέγιστη θετική τιμή του στο μηδέν

σχηματίζοντας την χαρακτηριστική κυματομορφή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού και την επανεξισορρόπηση των τάσεων V_{C2}και V_{C3}στο 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2). Όταν το I_{L1}είναι μηδέν, οι διακόπτες (5) και (9) ανοίγουν και ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει επιτρέποντας την εκφόρτιση μόνο της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) από το υπολειπόμενο 50% της αρχικής τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) στο μηδέν δια μέσω της πρώτης αντίστασης (6) και ταυτόχρονα η πηγή ενέργειας (4) ξεκινά να φορτίζει ξανά την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) για την παραγωγή του επόμενου μονοφασικού (monophasic) παλμού. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός μονοφασικού (monophasic) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7 για την παραγωγή μονοφασικών (monophasic) παλμών σύμφωνα με το Σχήμα 8 είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στην αρχή κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του τρίτου διακόπτη (9) του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7 για την παραγωγή μονοφασικών (monophasic) παλμών σύμφωνα με το Σχήμα 8 είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο $T_d/4$ λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 7 για την παραγωγή μονοφασικών (monophasic) παλμών σύμφωνα με το Σχήμα 8 είναι ένα thyristor το οποίο κλείνει στο τέλος κάθε μονοφασικού (monophasic) παλμού όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν και ανοίγει αυτόματα όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι πλήρως εκφορτισμένη και το ρεύμα που ρέει δια μέσω της πρώτης αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) μειώνεται στο μηδέν. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5), τον δεύτερο διακόπτη (7) και τον τρίτο διακόπτη (9) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 9 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή πολυφασικού (polyphasic), διφασικού (biphasic), ημι-ημιτόνου (half-sine) και μονοφασικού (monophasic) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 9 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη (11) και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1).Αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από9%, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Πιο

συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 9 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 με την προσθήκη ενός επιπλέον κλάδου κυκλώματος που είναι συνδεδεμένος παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Αυτός ο πρόσθετος κλάδος αποτελείται από την σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) με μια αυτεπαγωγή L_{10}. Δύο μειονεκτήματα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών, όπως δείχνει το Σχήμα 6C, είναι οι απαιτήσεις στο $T_d/2$ να επαναφορτιστεί πλήρως η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) στην αρχική της τάση από μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν και να εκφορτιστεί πλήρως η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) από την αρχική τάση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης, προκειμένου να παραχθεί ο επόμενος ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμός. Αυτό το μειονέκτημα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 5 εξαλείφεται στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 9 με τον τρόπο της ενσωμάτωσης του κλάδου του τρίτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) που επιτρέπουν στο $T_d/2$ την ταλάντωση να συνεχιστεί για μια δεύτερη ημι-περίοδο αλλά σε αυτήν την δεύτερη ημι-περίοδο η συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου που αποτελεί το κύκλωμα συντονισμού μαζί με τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι η δεύτερη συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10), αντί της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) στην πρώτη ημι-περίοδο, όπως δείχνει το Σχήμα 10. Αυτό επιτυγχάνεται ανοίγοντας τον πρώτο διακόπτη (5) και κλείνοντας τον τρίτο διακόπτη (11) στο $T_d/2$. Με αυτήν την προσέγγιση, κατά την διάρκεια της πρώτης ημι-περιόδου ένας ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμός ρεύματος παράγεται στην πρώτη συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), η οποίο είναι το μέσο διέγερσης τοποθετημένο πάνω από την περιοχή διέγερσης των ιστών, όπως απεικονίζεται στην κυματομορφή I_{L1}του Σχήματος 10 και κατά την διάρκεια της δεύτερης ημι-περιόδου το αντίστροφο ρεύμα I_{L10} όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10 ρέει δια μέσω της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) η οποία δεν εμπλέκεται στην διέγερση των ιστών. Το αποτέλεσμα είναι στο τέλος της δεύτερης ημι-περιόδου η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) έχει μια τάση σχεδόν ίση με την αρχική της τάση μείον μια ελάχιστη μείωση τάσης και η πηγή ενέργειας (4) απαιτείται να αναπληρώσει μόνο αυτήν την ελάχιστη μείωση τάσης και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) έχει μια ελάχιστη αύξηση τάσης πάνω από το μηδέν η οποία εκφορτίζεται δια μέσω της αντίστασης (6), προσφέροντας μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 9% όπως μετράται μετά την ολοκλήρωση της εκφόρτισης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3). Η προτιμώμενη τιμή της αυτεπαγωγής L_{10}της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) είναι να μην είναι χαμηλότερη από την αυτεπαγωγή L_1 προκειμένου να επιτύγχει χαμηλότερη % Πτώση Τάσης έτσι υψηλότερη αποδοτικότητα και ενισχυμένη απόδοση, γιατί αυτό διευκολύνει στο τέλος της δεύτερης ημι-περιόδου την υπολειπόμενη V_{C2} να

είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην αρχική τάση και την υπολειπόμενη V_{C3} να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο μηδέν. Η διαφορά μεταξύ των αυτεπαγωγών L_1καιL_{10} διαφοροποιεί την περίοδο του συντονισμού μεταξύ της πρώτης ημι-περιόδου και της δεύτερης ημι-περιόδου, η τελευταία όντας μεγαλύτερη σε διάρκεια όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Στο τέλος της δεύτερης ημι-περιόδου ο τρίτος διακόπτης (11) ανοίγει όταν το ρεύμα I_{L10}είναι μηδέν και ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει επιτρέποντας την εκφόρτιση της ανεπιθύμητης υπολειπόμενης τάσης της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω της αντίστασης (6). Ο τρίτος διακόπτης (11) μπορεί να υλοποιηθεί με οποιοδήποτε είδος διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT. Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Εναλλακτικά ισοδύναμα παραδείγματα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που ενδείκνυται στο Σχήμα 9 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτουν όταν οι θέσεις του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) ανταλλαχθούν αμοιβαίως και/ή οι θέσεις του τρίτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) ανταλλαχθούν αμοιβαίως και/ή οι θέσεις της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 9 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 10 δείχνει τις τάσεις V_{C2} και V_{C3} των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αντιστοίχως, το ρεύμα I_{L1} της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και το ρεύμα I_{L10} της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 9 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5), έναν δεύτερο διακόπτη (7) και έναν τρίτο διακόπτη (11) διαμορφωμένους να παράγουν ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμούς. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμοί απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού, η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είναι φορτισμένη με μια αρχική τάση και η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη. Για την παραγωγή των ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών, ο πρώτος διακόπτης (5) είναι διαμορφωμένος να κλείνει στην αρχή του κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού και να ανοίγει στο $T_d/2$ στο τέλος της πρώτης ημι-περιόδου ενώ ο τρίτος διακόπτης (11) είναι διαμορφωμένος να παραμένει ανοιχτός από την αρχή κάθε ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμού και να κλείνει στο $T_d/2$όταν το ρεύμα

I_{L1}είναι ίσο με μηδέν. Στο $T_d/2$, ο συνδυασμός του πρώτου διακόπτη (5) που ανοίγει και του τρίτου διακόπτη (11) που κλείνει επιβάλλουν τον συντονισμό να συνεχίσει την δεύτερη ημι-περίοδο δια μέσω της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10), αντί της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) στην πρώτη ημι-περίοδο. Στο τέλος της δεύτερης ημι-περιόδου, ο τρίτος διακόπτης (11) ανοίγει όταν το I_{L10}είναι μηδέν και σε εκείνο το χρονικό σημείο ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει μέχρι το ρεύμα που ρέει δια μέσω του δεύτερου διακόπτη (7) και της αντίστασης (6) να φθάσει στο μηδέν. Η ένταση της διέγερσης μπορεί να ρυθμιστεί μέσω επιλεκτικής ρύθμισης του πλάτους της τάσης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) πριν την αρχή ενός ημι-ημιτόνου(half-sine) παλμού. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5), του δεύτερου διακόπτη (7) και του τρίτου διακόπτη (11) είναι με ένα thyristor για κάθε διακόπτη, όπου κάθε thyristor λαμβάνει ένα σήμα σκανδαλισμού το καθένα στο κατάλληλο χρονικό σημείο όπως ήδη δηλώθηκε και κάθε thyristor αυτόματα ανοίγει όταν το ρεύμα που ρέει δια μέσω αυτού φθάνει στο μηδέν. Άλλες υλοποιήσεις για τον πρώτο διακόπτη (5), τον δεύτερο διακόπτη (7) και τον τρίτο διακόπτη (11) μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 11 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή πολυφασικού (polyphasic), διφασικού (biphasic), ημι-ημιτόνου (half-sine) και μονοφασικού (monophasic) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη (9) και μιας δεύτερης αντίστασης (8) και μια σειριακή σύνδεση ενός τέταρτου διακόπτη (11) και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10), που χαρακτηρίζεται από το ότι η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8) και η σειριακή σύνδεση του τέταρτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) είναι συνδεδεμένες παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής διφασικών (biphasic) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 11%, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Β. Επίσης, αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής πολυφασικών (polyphasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6Α. Επίσης αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής μονοφασικών (monophasic) παλμών με μια 50% Πτώση Τάσης, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 8. Επίσης αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής ημι-ημιτόνου (half-sine) παλμών με μια % Πτώση Τάσης χαμηλότερη από 9%, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Συνεπώς,

το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 προσφέρει την δυνατότητα να παράγει με την μέγιστη αποδοτικότητα και απόδοση οποιονδήποτε από τους τέσσερεις κοινούς τύπους παλμών ρεύματος και οποιονδήποτε συνδυασμό τους απαιτώντας έναν ελάχιστο αριθμό τεσσάρων διακοπτών και μια ελάχιστη πολυπλοκότητα με ελαχιστοποιημένες απώλειες λόγω ωμικής αντίστασης και ελαχιστοποιημένες απαιτήσεις συγχρονισμού. Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 με την προσθήκη ενός πρώτου επιπλέον κλάδου κυκλώματος που είναι συνδεδεμένος παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και ενός δεύτερου επιπλέον κλάδου κυκλώματος που είναι συνδεδεμένος παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1). Ο πρώτος επιπλέον κλάδος αποτελείται από την σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη (9) και της δεύτερης αντίστασης (8). Ο δεύτερος επιπλέον κλάδος αποτελείται από την σειριακή σύνδεση του τέταρτου διακόπτη (11) και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (10) με μια αυτεπαγωγή L_{10}.Τα χαρακτηριστικά, η λειτουργία και η απόδοση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 11 είναι ισοδύναμα για την συνεχή παραγωγή πολυφασικού (polyphasic) και διφασικού (biphasic) τύπων παλμών ρεύματος με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5, για την συνεχή παραγωγή μονοφασικού (monophasic) τύπου παλμών ρεύματος με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 7 και για την συνεχή παραγωγή ημι-ημιτόνου (half-sine) τύπου παλμών ρεύματος με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 9. Η μόνη διαφοροποίηση για την παραγωγή των διαφορετικών τύπων παλμών ρεύματος είναι τα χρονικά σημεία του ανοίγματος και κλεισίματος των διακοπτικών συσκευών τα οποία ακολουθούν τις αναλύσεις των παραδειγμάτων εκτελέσεως του Σχήματος 5, του Σχήματος 7 και του Σχήματος 9 για κάθε τύπο παλμών ρεύματος αντιστοίχως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 11 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 12 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για παραγωγή ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) πολυφασικού (polyphasic), ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) διφασικού (biphasic), ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) μονοφασικού (monophasic), ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) ημι-ημιτόνου, μονός παλμός υψηλότερου πλάτους πολυφασικού (polyphasic), μονός παλμός υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic), μονός παλμός υψηλότερου πλάτους μονοφασικού (monophasic) και μονός παλμός υψηλότερου πλάτους ημι-ημιτόνου (half-sine) τύπων παλμών ρεύματος. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 12 είναι το

παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει: μια σειριακή σύνδεση μιας τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) και ενός τρίτου διακόπτη (13) και η σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) και του τρίτου διακόπτη (13) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση της συσκευής παραγωγή μαγνητικού πεδίου (1) και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3), που χαρακτηρίζεται από το ότι η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι περαιτέρω συζευγμένη με την πηγή ενέργειας (4), και έναν τέταρτο (14) και έναν πέμπτο (15) διακόπτη να επιτρέπουν την πηγή ενέργειας (4) να φορτίζει επιλεκτικά είτε μόνο την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είτε μόνο την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είτε και τις δύο, για να παράγει ζεύγη παλμών ρεύματος του ιδίου ή διαφορετικού τύπου, ή μονούς παλμούς υψηλότερου πλάτους οποιουδήποτε τύπου. Αυτό το παράδειγμα εκτελέσεως προσφέρει βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα και απόδοση στην περίπτωση της συνεχούς παραγωγής ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) πολυφασικού (polyphasic), ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλός παλμός (dual-pulse) διφασικού (biphasic), μονός παλμός υψηλότερου πλάτους πολυφασικού (polyphasic) και μονός παλμός υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπων παλμών ρεύματος. Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 12 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 5 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει: την σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) και του τρίτου διακόπτη (13) η οποία σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) και του τρίτου διακόπτη (13) είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την σειριακή σύνδεση της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3), που χαρακτηρίζεται από το ότι ο πρώτος διακόπτης (5) είναι τοποθετημένος έξω από την κλειστή διαδρομή της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12), του τρίτου διακόπτη (13), της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι περαιτέρω συνδεδεμένη παράλληλα με την πηγή ενέργειας (4), και τον τέταρτο διακόπτη (14) και τον πέμπτο διακόπτη (15) που είναι συζευγμένοι έτσι ώστε η πηγή ενέργειας (4) να φορτίζει επιλεκτικά είτε μόνο την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) είτε μόνο την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είτε και τις δύο. Η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) έχει μια χωρητικότητα C_{12}όπου, χάριν παραδείγματος, η χωρητικότητα C_{12}είναι ίση με τις χωρητικότητες C_2και C_3. Η επιλεκτική λειτουργία του πρώτου διακόπτη (5) και του τρίτου διακόπτη (13) επιτρέπουν στο παράδειγμα εκτελέσεως να εκπέμπει έναν πρώτο παλμό ρεύματος οποιουδήποτε τύπου λόγω της ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού αποτελούμενο από την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2), την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) και την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), ακολουθούμενος από την εκφόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω του κλάδου της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) και μετά από αυτά τα γεγονότα ένας δεύτερος παλμός ρεύματος οποιουδήποτε τύπου να εκπέμπεται λόγω της

ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού αποτελούμενο από την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12), την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) και την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), ακολουθούμενος πάλι από την εκφόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) δια μέσω του κλάδου της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7). Ο πρώτος και ο δεύτερος παλμός ρεύματος αποτελούν ένα ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή έναν διπλό παλμό (dual-pulse). Ο πρώτος και ο δεύτερος παλμός μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου, μπορεί να είναι του ιδίου τύπου ή διαφορετικού τύπου, οι επιλογές των οποίων στηρίζονται στα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος του πρώτου διακόπτη (5) και του δεύτερου διακόπτη (7) κατά την διάρκεια του πρώτου παλμού ρεύματος και στα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος του τρίτου διακόπτη (13) και του δεύτερου διακόπτη (7) κατά την διάρκεια του δεύτερου παλμού ρεύματος. Το χρονικό διάστημα μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου παλμού είναι επιλέξιμο και ρυθμίζεται από τα χρονικά σημεία του κλεισίματος του τρίτου διακόπτη (13) μετά την εκφόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) μετά το τέλος του πρώτου παλμού. Η προσθήκη του τέταρτου διακόπτη (14) και του πέμπτου διακόπτη (15) εξυπηρετεί δύο διαφορετικούς σκοπούς. Ο πρώτος σκοπός είναι να μην επιτρέπεται το βραχυκύκλωμα της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) που θα είχε ως αποτέλεσμα μια ισοδύναμη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας με μια χωρητικότητα που θα ήταν το άθροισμα των χωρητικοτήτων της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) συνδεδεμένες παράλληλα και έτσι μην έχοντας την ικανότητα παραγωγής ζευγών παλμών (paired-pulses) ή διπλών παλμών (dual-pulses). Αυτός ο πρώτος σκοπός επιτυγχάνεται αποφεύγοντας ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) να είναι ταυτοχρόνως κλειστοί κατά την ταλάντωση ενώ επίσης αποφεύγοντας ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) να είναι ταυτοχρόνως κλειστοί κατά την ταλάντωση. Ο δεύτερος σκοπός είναι να προσφέρει την δυνατότητα να επιλέγονται ανεξάρτητα τα πλάτη του πρώτου και του δεύτερου παλμού ενός ζεύγους παλμών (paired-pulse) ή ενός διπλού παλμού (dual-pulse). Ο δεύτερος σκοπός επιτυγχάνεται διατηρώντας κλειστούς ταυτόχρονα αλλά για διαφορετικές διάρκειες τον τέταρτο διακόπτη (14) και τον πέμπτο διακόπτη (5) κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης από την πηγή ενέργειας (4) της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) αντιστοίχως κατά την διάρκεια της οποίας φάσης ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) παραμένουν ανοιχτοί. Για την παραγωγή μονών παλμών υψηλότερου πλάτους ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) παραμένουν κλειστοί ταυτόχρονα για την ίδια διάρκεια κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης από την πηγή ενέργειας (4) της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) αντιστοίχως κατά την διάρκεια της οποίας φάσης ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) παραμένουν ανοιχτοί. Κατά την διάρκεια της φάσης ταλάντωσης στην περίπτωση της παραγωγής μονών

παλμών υψηλότερου πλάτους ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) κλείνουν και ανοίγουν ταυτόχρονα για τις ίδιες διάρκειες και ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) παραμένουν ανοιχτοί. Ένας μονός παλμός ρεύματος υψηλότερου πλάτους οποιουδήποτε τύπου συγκρινόμενος με τον πρώτο ή δεύτερο παλμό ρεύματος ενός ζεύγους παλμών (paired-pulse) ή ενός διπλού παλμού (dual-pulse) του ιδίου τύπου έχει μια υψηλότερη μέγιστη τιμή πλάτους, την ίδια μέγιστη τιμή ρυθμού μεταβολής, μια μεγαλύτερη διάρκεια παλμού και η προδιαγραφή της τάσης λειτουργίας αυξάνεται. Χάριν παραδείγματος, το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 12 μπορεί να επεκταθεί να υλοποιεί πρόσθετες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και διακόπτες με μια παρόμοια προσέγγιση με την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12), τον τρίτο διακόπτη (13) και τον πέμπτο διακόπτη (15) για την παραγωγή ενός πλήθους από διαδοχικούς παλμούς αντί ενός ζεύγους παλμών παραγόμενων από το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 12. Όλοι οι διακόπτες μπορούν να υλοποιηθούν με οποιοδήποτε είδος διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT.Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Εναλλακτικά ισοδύναμα παραδείγματα εκτελέσεως με το παράδειγμα εκτελέσεως που ενδείκνυται στο Σχήμα 12 με τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση προκύπτουν όταν οι θέσεις της αντίστασης (6) και του δεύτερου διακόπτη (7) ανταλλαχθούν αμοιβαίως. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 12 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 13 δείχνει τις τάσεις V_{C2}, V_{C3} και V_{C12} των τριών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2), (3) και (12) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 12 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5), έναν δεύτερο διακόπτη (7), έναν τρίτο διακόπτη (13), έναν τέταρτο διακόπτη (14) και έναν πέμπτο διακόπτη (15) διαμορφωμένους να παράγουν ζεύγος παλμών (paired-pulse) ή διπλό παλμό (dual-pulse) διφασικού (biphasic) τύπου. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο ζεύγη διφασικών(biphasic) παλμών απεικονίζονται όπου κάθε ζεύγος αποτελείται από έναν πρώτο και έναν δεύτερο διφασικό (biphasic) παλμό. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Πριν την αρχή κάθε ζεύγους διφασικών (biphasic) παλμών η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι φορτισμένες με αρχικές τάσεις, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη και όλοι οι διακόπτες είναι ανοιχτοί. Χάριν παραδείγματος στο

Σχήμα 13 οι αρχικές τάσεις της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι ίσες και για αυτό τον λόγο οδηγούν στην παραγωγή δύο πανομοιότυπων διφασικών (biphasic) παλμών ρεύματος σε κάθε ζεύγος. Οι ίσες αρχικές τάσεις στο Σχήμα 13 προκύπτουν ταυτόχρονα κλείνοντας και μετά ανοίγοντας για την ίδια διάρκεια τον τέταρτο διακόπτη (14) και τον πέμπτο διακόπτη (15) προκειμένου η πηγή ενέργειας (4) να φορτίσει εξίσου την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) αφού ένα ζεύγος διφασικών (biphasic) παλμών τελειώσει και πριν το επόμενο ζεύγος διφασικών (biphasic) παλμών ξεκινήσει. Σε άλλες περιπτώσεις όπου είναι επιθυμητό για τους δύο διφασικούς (biphasic) παλμούς ενός ζεύγους να έχουν διαφορετικά πλάτη με συγκεκριμένες τιμές, αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας ανεξάρτητα τις αρχικές τάσεις της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) μέσω κλείνοντας και ανοίγοντας τον τέταρτο διακόπτη (14) και τον πέμπτο διακόπτη (15) για διαφορετικές διάρκειες κατά την διάρκεια της φάσης φόρτισης. Πριν την αρχή του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους και αφού η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) έχουν φορτιστεί με τις αρχικές τους τάσεις, όλοι οι διακόπτες είναι ανοιχτοί. Στην αρχή του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους ο πρώτος διακόπτης (5) κλείνει και παραμένει κλειστός για μια περίοδο συντονισμού μέχρι το τέλος του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους στο οποίο χρονικό σημείο ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει και το είναι I_{L1} μηδέν. Κατά την διάρκεια της περιόδου του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, ο τρίτος διακόπτης (13) παραμένει ανοιχτός. Η περίοδος του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους αναφέρεται στην περίοδο του κυκλώματος συντονισμού το οποίο αποτελείται από την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2), την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3). Στο τέλος του πρώτου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, ο πρώτος διακόπτης (5) ανοίγει και ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως δια μέσω της αντίστασης (6). Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εκφορτιστεί πλήρως ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει. Αφού έχει περάσει το επιλεγμένο χρονικό διάστημα μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, ο τρίτος διακόπτης (13) κλείνει και παραμένει κλειστός για μια περίοδο συντονισμού μέχρι το τέλος του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους στο οποίο χρονικό σημείο ο τρίτος διακόπτης (13) ανοίγει και το I_{L1}είναι μηδέν. Κατά την διάρκεια της περιόδου του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, ο διακόπτης (5) παραμένει ανοιχτός. Η περίοδος του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους αναφέρεται στην περίοδο του κυκλώματος συντονισμού το οποίο αποτελείται από την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12), την συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και την δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3). Στο τέλος του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, ο τρίτος διακόπτης (13)

ανοίγει και ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως δια μέσω της αντίστασης (6). Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) εκφορτιστεί πλήρως ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει. Πριν την αρχή κάθε ζεύγους διφασικών (biphasic) παλμών ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) είναι ανοιχτοί και παραμένουν ανοιχτοί μέχρι το τέλος του δεύτερου διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους, στο οποίο χρονικό σημείο ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) κλείνουν έτσι ώστε η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) να φορτιστούν από την πηγή ενέργειας (4). Όταν επιτευχθεί η φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12), ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) ανοίγουν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του τέταρτου διακόπτη (14) και του πέμπτου διακόπτη (15) είναι με ένα IGBT για κάθε διακόπτη, όπου κάθε IGBT λαμβάνει ένα σήμα ελέγχου με μια διάρκεια ίση με την επιθυμητή διάρκεια αγωγής του IGBT. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι με ένα thyristor, όπου το thyristor λαμβάνει ένα σήμα σκανδαλισμού στα κατάλληλα χρονικά σημεία όπως ήδη δηλώθηκε και το thyristor αυτόματα ανοίγει όταν το ρεύμα που ρέει δια μέσω αυτού φθάνει στο μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) και του τρίτου διακόπτη (13) είναι με ένα thyristor και μια δίοδο (diode) παράλληλα για κάθε διακόπτη, όπου κάθε thyristor κλείνει στην αρχή κάθε διφασικού (biphasic) παλμού ενός ζεύγους λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στην ημι-περίοδο του ίδιου διφασικού (biphasic) παλμού όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν, επιτρέποντας το αντίστροφο ρεύμα της δεύτερης ημι-περιόδου να ρέει δια μέσω της διόδου (diode). Άλλες υλοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 14 δείχνει τις τάσεις V_{C2}, V_{C3} και V_{C12} των τριών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2), (3) και (12) αντιστοίχως και το ρεύμα I_{L1} της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1), που παράγονται από την χρήση του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 12 υλοποιώντας έναν πρώτο διακόπτη (5), έναν δεύτερο διακόπτη (7), έναν τρίτο διακόπτη (13), έναν τέταρτο διακόπτη (14) και έναν πέμπτο διακόπτη (15) διαμορφωμένους να παράγουν μονούς παλμούς υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου. Τα πλάτη είναι κανονικοποιημένα και δύο μονοί παλμοί υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου απεικονίζονται. Η κλίμακα του άξονα του χρόνου έχει ρυθμιστεί ειδικά για τις κυματομορφές αυτού του γραφήματος για να επιτρέπει την αποτύπωσή τους με σαφήνεια και είναι διαφορετική από την κλίμακα χρόνου των άλλων γραφημάτων που περιλαμβάνονται στην ευρεσιτεχνία. Πριν την αρχή κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι φορτισμένες με αρχικές τάσεις, η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι εκφορτισμένη και όλοι οι διακόπτες είναι ανοιχτοί. Χάριν

παραδείγματος στο Σχήμα 14 οι αρχικές τάσεις της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι ίσες και προκύπτουν ταυτόχρονα κλείνοντας και μετά ανοίγοντας για την ίδια διάρκεια τον τέταρτο διακόπτη (14) και τον πέμπτο διακόπτη (15) προκειμένου η πηγή ενέργειας (4) να φορτίσει εξίσου την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) αφού ένας μονός παλμός υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου τελειώσει και πριν ξεκινήσει ο επόμενος μονός παλμός υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου. Πριν την αρχή κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου και αφού η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) είναι φορτισμένες με τις αρχικές τους τάσεις, όλοι οι διακόπτες είναι ανοιχτοί. Στην αρχή κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) ταυτόχρονα κλείνουν και παραμένουν κλειστοί για μια περίοδο συντονισμού μέχρι το τέλος του μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου στο οποίο χρονικό σημείο ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) ανοίγουν και το I_{L1} είναι μηδέν. Κατά την διάρκεια της περιόδου κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου, ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) παραμένουν ανοιχτοί. Η περίοδος κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου αναφέρεται στην περίοδο του κυκλώματος συντονισμού το οποίο αποτελείται από την ισοδύναμη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας με μια χωρητικότητα ίση με το άθροισμα των χωρητικοτήτων της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12) συνδεδεμένες παράλληλα, της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3). Στο τέλος κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου, ο πρώτος διακόπτης (5) και ο τρίτος διακόπτης (13) ανοίγουν και ο δεύτερος διακόπτης (7) κλείνει μέχρι η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) να εκφορτιστεί πλήρως δια μέσω της αντίστασης (6). Όταν η δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι πλήρως εκφορτισμένη ο δεύτερος διακόπτης (7) ανοίγει. Πριν την αρχή κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) είναι ανοιχτοί και παραμένουν ανοιχτοί μέχρι το τέλος του μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου, στο οποίο χρονικό σημείο ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) κλείνουν έτσι ώστε η πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (12) να φορτιστούν από την πηγή ενέργειας (4). Όταν επιτευχθεί η φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (12), ο τέταρτος διακόπτης (14) και ο πέμπτος διακόπτης (15) ανοίγουν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του τέταρτου διακόπτη (14) και του πέμπτου διακόπτη (15) είναι με ένα IGBT για κάθε διακόπτη, όπου κάθε IGBT λαμβάνει ένα σήμα ελέγχου με μια διάρκεια ίση με την επιθυμητή διάρκεια αγωγής του IGBT. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του δεύτερου διακόπτη (7) είναι

με ένα thyristor, όπου το thyristor λαμβάνει ένα σήμα σκανδαλισμού στο κατάλληλο χρονικό σημείο όπως ήδη δηλώθηκε και το thyristor αυτόματα ανοίγει όταν το ρεύμα που ρέει δια μέσω αυτού φθάνει στο μηδέν. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του πρώτου διακόπτη (5) και του τρίτου διακόπτη (13) είναι με ένα thyristor και μια δίοδο (diode) παράλληλα για κάθε διακόπτη, όπου κάθε thyristor κλείνει στην αρχή κάθε μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου λαμβάνοντας ένα σήμα σκανδαλισμού και αυτόματα ανοίγει στην ημι-περίοδο του ίδιου μονού παλμού υψηλότερου πλάτους διφασικού (biphasic) τύπου όταν το ρεύμα I_{L1}είναι μηδέν, επιτρέποντας το αντίστροφο ρεύμα της δεύτερης ημι-περιόδου να ρέει δια μέσω της διόδου (diode). Άλλες υλοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης.

Το Σχήμα 15 δείχνει ένα προτιμώμενο παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που χαρακτηρίζεται από το ότι οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι τοποθετημένες μέσα σε μια θήκη. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 15 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 όπου οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) είναι τοποθετημένες μέσα σε μια θήκη. Τα πλεονεκτήματα αυτής της υλοποίησης είναι η ελαχιστοποίηση του μήκους των αγωγών διασύνδεσης η οποία συμβάλλει στην μείωση της ωμικής αντίστασης του κυκλώματος και έτσι στην μείωση της % Πτώσης Τάσης, στην μείωση του συνολικού βάρους του μαγνητικού διεγέρτη και στην μείωση του κατασκευαστικού κόστους. Όλα τα άλλα χαρακτηριστικά και η λειτουργία του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 15 είναι ίδια με το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1. Με μια παρόμοια προσέγγιση, για οποιοδήποτε άλλο παράδειγμα εκτελέσεως της παρούσας εφεύρεσης όλες οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας που περιλαμβάνονται σε κάθε παράδειγμα εκτελέσεως μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε μια θήκη.

Το Σχήμα 16 δείχνει την σχέση μεταξύ της αποδοτικότητας μεταφοράς ενέργειας και της αναλογίας των χωρητικοτήτων των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας κατά την διάρκεια της ταλάντωσης του βασικού κυκλώματος συντονισμού της εφεύρεσης θεωρώντας μηδενική ωμική αντίσταση. Κάθε πηγή αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα πυκνωτή με τις χωρητικότητες των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας να είναι κατά προτίμηση ίσες. Όπως αποκαλύπτεται από το Σχήμα 16, η αποδοτικότητα μεταφοράς ενέργειας και η ανάκτηση τάσης μεγιστοποιούνται για μια αναλογία χωρητικοτήτων όπου $C_2=C_3$. Η αναλογία των μέγιστων τιμών των ενεργειών αποθηκευόμενων στην πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (2) και στην δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας (3) του βασικού κυκλώματος συντονισμού κατά την διάρκεια της ταλάντωσης, θεωρώντας μηδενική ωμική αντίσταση, υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\frac{E_{c3,\max,t=T/2}}{E_{c2,\max,t=0}} = \frac{4C_3}{C_2}\frac{1}{(1+\frac{C_3}{C_2})^2}$$

Στην περίπτωση όπου οποιαδήποτε από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αποτελούμενη από περισσότερους από έναν πυκνωτές συνδεδεμένους σε σειρά και/ή παράλληλα, η ισοδύναμη συνολική χωρητικότητα της συσκευής αποθήκευσης ενέργειας αποτελούμενη από περισσότερους από έναν πυκνωτές υπολογίζεται από τις χωρητικότητες των πυκνωτών βασιζόμενη στον τρόπο που είναι διασυνδεδεμένοι, σε σειρά ή παράλληλα.

Το Σχήμα 17 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη που χαρακτηρίζεται από το ότι η χωρητικότητα της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (2) και η χωρητικότητα της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας (3) είναι ανεξαρτήτως επιλέξιμες. Ένα παράδειγμα υλοποίησης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας με επιλέξιμη χωρητικότητα είναι ένας μεταβλητός πυκνωτής του οποίου η χωρητικότητα μπορεί να αλλαχθεί μηχανικά ή ηλεκτρονικά. Ένα άλλο παράδειγμα υλοποίησης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας με επιλέξιμη χωρητικότητα είναι μια συστοιχία πυκνωτών διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους σε σειρά και/ή παράλληλα όπου η συνολική χωρητικότητα της συστοιχίας μπορεί να αλλαχθεί με την λειτουργία διακοπτών που είτε εμπλέκουν είτε απεμπλέκουν τους μεμονωμένους πυκνωτές. Ένα πρώτο πλεονέκτημα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 17 είναι η δυνατότητα να ρυθμίζει επιλεκτικά την διάρκεια των παλμών ρεύματος για οποιονδήποτε τύπο και κυματομορφή παλμού ρεύματος αλλάζοντας την χωρητικότητα της κάθε μιας από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) και διατηρώντας τες ίσες μετά την αλλαγή έτσι ώστε η αποδοτικότητα μεταφοράς ενέργειας να μεγιστοποιείται. Η δυνατότητα ρύθμισης της διάρκειας των παλμών ρεύματος είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό στην μαγνητική διέγερση γιατί διαφορετικές διάρκειες προκαλούν διαφορετικές φυσιολογικές και βιολογικές αντιδράσεις στους ιστούς. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα του παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 17 είναι η δυνατότητα να ρυθμίζει επιλεκτικά την αναλογία μεταφοράς τάσης μεταξύ των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) κατά την διάρκεια της ταλάντωσης στην περίπτωση που οι χωρητικότητες των δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) αλλαχθούν και μετά την αλλαγή δεν είναι ίσες. Η ρύθμιση της αναλογίας μεταφοράς τάσης προτιμάται στις περιπτώσεις που επιθυμείται οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3) να φορτίζονται και να εκφορτίζονται με διαφορετικές τιμές τάσης είναι χαμηλότερες είτε υψηλότερες.

Το Σχήμα 18 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για επιλεκτική εμπλοκή όμοιων ή διαφορετικών, ταυτοχρόνως ή όχι, συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου στο βασικό κύκλωμα συντονισμού. Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 18 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος διακοπτών και συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας μια σειριακή σύνδεση και όλες οι σειριακές συνδέσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα η μια με την άλλη και

παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου. Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 18 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος διακοπτών (διακόπτης 2 - διακόπτης n) και συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου (συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_2 - συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_n), που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας μια σειριακή σύνδεση (διακόπτης 2 + συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_2,...., διακόπτης n + συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_n) και όλες οι σειριακές συνδέσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα η μια με την άλλη και παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη (5) και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1).Η επιλεκτική λειτουργία των διακοπτών επιτρέπει να εμπλέκονται με διαφορετικούς τρόπους οι συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου στο βασικό κύκλωμα συντονισμού αποτελούμενο μαζί με τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (2) και (3). Οι παραγόμενοι παλμοί ρεύματος μπορεί να είναι πολυφασικοί (polyphasic) ή διφασικοί (biphasic) ή ημι-ημιτόνου (half-sine), η επιλογή των οποίων εξαρτάται από τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη. Ένας τρόπος εμπλοκής των συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι ταυτόχρονα όπου οι διακόπτες συνδεδεμένοι σε σειρά με τις επιλεγμένες για να εμπλακούν ταυτόχρονα συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου, ανοίγουν και κλείνουν ταυτόχρονα. Σαν αποτέλεσμα οι εμπλεκόμενες συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου έχουν μια ισοδύναμη συνολική αυτεπαγωγή ίση με το άθροισμα των αυτεπαγωγών συνδεδεμένων παράλληλα και παλμοί ρεύματος παράγονται ταυτόχρονα γύρω από τις εμπλεκόμενες συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου. Ένας άλλος τρόπος εμπλοκής των συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι όχι ταυτόχρονα όπου οι διακόπτες συνδεδεμένοι σε σειρά με τις επιλεγμένες για να εμπλακούν ταυτόχρονα συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου ανοίγουν και κλείνουν σε διαφορετικά χρονικά σημεία βασιζόμενα στον επιθυμητό τύπο παλμού ρεύματος που είναι να παραχθεί γύρω από κάθε επιλεγμένη συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου και σε μια επιθυμητή σειρά. Οι συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου μπορεί να είναι ίδιες ή διαφορετικές όσον αφορά τις αυτεπαγωγές, τα σχήματα, τα μεγέθη, τους προσανατολισμούς και τις εστιάσεις τους. Το εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 18 διευκολύνει την εφαρμογή μαγνητικής διέγερσης σε μεγαλύτερες ή διαφορετικές περιοχές, σε συντομότερους χρόνους, με συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου διαφορετικού σχήματος, μεγέθους, προσανατολισμού και εστίασης ή με πιο σύνθετους προσανατολισμούς και εστιάσεις όταν εφαρμόζοντας ταυτοχρόνως περισσότερες από μια συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου σε μια περιοχή. Όλοι οι διακόπτες μπορούν να υλοποιηθούν με οποιοδήποτε είδος διακοπτικών εξαρτημάτων ή συνδυασμούς τους, όπως thyristor, δίοδος (diode), IGBT, MOSFET, JFET, BJT. Άλλα διακοπτικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά το πνεύμα της εφεύρεσης. Η δυνατότητα του παραδείγματος εκτελέσεως

του Σχήματος 18 να παράγει διαφορετικούς τύπους παλμών ρεύματος δεν περιορίζεται στους συνήθεις χρησιμοποιούμενους τύπους αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιασδήποτε αυθαίρετης κυματομορφής παλμού ρεύματος η οποία μπορεί να παραχθεί ρυθμίζοντας αναλόγως τα επιλεγμένα χρονικά σημεία του ανοίγματος και του κλεισίματος κάθε διακόπτη.

Το Σχήμα 19 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη για ανεξάρτητη λειτουργία ενός πλήθους ηλεκτρικά ταλαντευόμενων κυκλωμάτων συντονισμού, όλα μοιραζόμενα μια κοινή πηγή ενέργειας (4).Το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 19 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος ηλεκτρικά ταλαντευόμενων κυκλωμάτων συντονισμού το καθένα αποτελούμενο από μια σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, ενός διακόπτη και μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού είναι συζευγμένο με την πηγή ενέργειας και τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού με έναν διακόπτη ο οποίος είναι διαμορφωμένος να αποσυνδέει επιλεκτικά το ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού από την πηγή ενέργειας και τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού. Πιο συγκεκριμένα το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 19 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος ηλεκτρικά ταλαντευόμενων κυκλωμάτων συντονισμού το καθένα αποτελούμενο από μια σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και ενός διακόπτη (συσκευή αποθήκευσης ενέργειας C_{2-2} + διακόπτης 2-1 + συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_2 + συσκευή αποθήκευσης ενέργειας C_{2-3},...., συσκευή αποθήκευσης ενέργειας C_{n-2} + διακόπτης n-1 + συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου L_n + συσκευή αποθήκευσης ενέργειας C_{n-3}) που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού είναι συζευγμένο με την πηγή ενέργειας (4) και τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού με έναν διακόπτη (διακόπτης 1-2, διακόπτης 2-2,....,διακόπτης n-2) ο οποίος είναι διαμορφωμένος να αποσυνδέει επιλεκτικά το ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού από την πηγή ενέργειας και τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού. Οι διακόπτες 1-2, 2-2,...., n-2 επιτρέπουν την επιλεκτική φόρτιση των αντίστοιχων συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (C_{1-2}, C_{2-2},...., C_{n-2}) και την ανεξάρτητη λειτουργία των διαφορετικών ηλεκτρικά ταλαντευόμενων κυκλωμάτων συντονισμού. Κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού είναι παρόμοιο με το ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού του Σχήματος 1 με το οποίο μοιράζονται τα ίδια χαρακτηριστικά, λειτουργία και απόδοση και την δυνατότητα να επεκταθεί περαιτέρω για την υλοποίηση των εναλλακτικών παραδειγμάτων εκτελέσεως που απορρέουν από το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 1.

Το Σχήμα 20 δείχνει ένα εναλλακτικό παράδειγμα εκτελέσεως ενός μαγνητικού διεγέρτη το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια μονάδα ελέγχου (16)

διαμορφωμένη να ελέγχει την πηγή ενέργειας (4) και όλους τους διακόπτες, να επιτρέπει την συνεχή ρύθμιση και την διαμόρφωση της εξόδου της πηγής ενέργειας, του πλάτους των παλμών ρεύματος, του ρυθμού επανάληψης των παλμών ρεύματος και του τύπου των παλμών ρεύματος, που χαρακτηρίζεται από το ότι οι παλμοί ρεύματος περιλαμβάνουν τους παλμούς ρεύματος που ρέουν δια μέσω των δύο συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου (1) και (10). Το παραδείγματος εκτελέσεως του Σχήματος 20 είναι το παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 το οποίο περαιτέρω περιλαμβάνει μια μονάδα ελέγχου (16) συζευγμένη με την πηγή ενέργειας (4), τον πρώτο διακόπτη (5), τον δεύτερο διακόπτη (7), τον τρίτο διακόπτη (9), τον τέταρτο διακόπτη (11) και διαμορφωμένη να ελέγχει την λειτουργία τους. Η μονάδα ελέγχου (16) υλοποιείται στο παράδειγμα εκτελέσεως του Σχήματος 11 χάριν παραδείγματος καθώς μπορεί να υλοποιηθεί να ελέγχει την πηγή ενέργειας και τους διακόπτες οποιοδήποτε άλλου παραδείγματος εκτελέσεως της παρούσας εφεύρεσης. Οι παράμετροι οι οποίοι μπορούν συνεχώς να ρυθμίζονται και διαμορφώνονται είναι η έξοδος της πηγής ενέργειας (4), το πλάτος των παλμών ρεύματος, ο ρυθμός επανάληψης των παλμών ρεύματος και ο τύπος των παλμών ρεύματος και η μονάδα ελέγχου είναι διαμορφωμένη να εκτελεί αυτό το σύνθετο έργο. Η συνεχής ρύθμιση των παραμέτρων περιλαμβάνει την αλλαγή των τιμών τους, χάριν παραδείγματος, πάνω σε ένα επιλεγμένο συνεχές εύρος τιμών και/ή πάνω σε επιλεγμένες διακριτές τιμές. Η διαμόρφωση των παραμέτρων περιλαμβάνει την δυνατότητα να οριστούν, χάριν παραδείγματος, επιλεγμένες χρονικές διάρκειες μηδενικής τιμής των παραμέτρων, επιλεγμένες χρονικές διάρκειες μη-μηδενικών τιμών των παραμέτρων, επαναληψιμότητα των επιλεγμένων χρονικών διαρκειών των μηδενικών και μη-μηδενικών τιμών των παραμέτρων και δυναμική αλλαγή των τιμών των παραμέτρων και/ή των διαρκειών των μηδενικών και μη-μηδενικών τιμών βασιζόμενη σε διαφορετικά πρότυπα μοτίβα όπως, χάριν παραδείγματος, ράμπα-άνοδος (ramp-up), ράμπα-κάθοδος (ramp-down), τραπεζοειδές (trapezoid), ημιτονοειδές (sinusoid) και συνδυασμούς των προαναφερομένων. Η συνεχής ρύθμιση και διαμόρφωση της εξόδου της πηγής ενέργειας (4) επιτυγχάνεται από την μονάδα ελέγχου (16) η οποία ελέγχει την λειτουργία της πηγής ενέργειας (4). Η συνεχής ρύθμιση και διαμόρφωση του πλάτους των παλμών ρεύματος, του ρυθμού επανάληψης των παλμών ρεύματος και του τύπου των παλμών ρεύματος επιτυγχάνεται από την μονάδα ελέγχου (16) η οποίο ελέγχει την λειτουργία όλων των διακοπτών (5), (7), (9) και (11).

ΑΞΙΩΣΕΙΣ

1. Μια συσκευή μαγνητικής διέγερσης, αποτελούμενη από:

μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου, μια πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και μια δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένες σε σειρά να σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού,

μια πηγή ενέργειας συζευγμένη με την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας, και

έναν διακόπτη να επιτρέπει φόρτιση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου λόγω της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού και ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται.

2. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι η τάση μεταξύ των ακροδεκτών της καθεμίας από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας έχει πάντα την ίδια πολικότητα.

3. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι καθόλου ρεύμα δεν ρέει δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου κατά την διάρκεια φόρτισης της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας.

4. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι η πηγή ενέργειας προστατεύεται έναντι τάσης αντίστροφης πολικότητας χωρίς την χρήση ηλεκτρικών προστατευτικών μέσων.

5. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι μετά την εκκίνηση της ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού οι δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας επαναλαμβανόμενα ανταλλάσσουν ηλεκτρικό φορτίο χωρίς την λειτουργία οποιουδήποτε διακόπτη.

6. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι ο διακόπτης ανοίγει και κλείνει σε επιλέξιμα χρονικά σημεία

προκειμένου να σταματά την ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος συντονισμού.

7. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, που χαρακτηρίζεται από το ότι η θέση του διακόπτη προσαρμόζεται να επιτρέπει φόρτιση της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας από την πηγή ενέργειας και εκκίνηση ηλεκτρικής ταλάντωσης του κυκλώματος συντονισμού.

8. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 6, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση μιας αντίστασης και ενός δεύτερου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της αντίστασης και του δεύτερου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην δεύτερη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας για να εκφορτίζει επιλεκτικά είτε την μία από τις δύο ή και τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας.

9. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 8, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

10. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 8, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

11. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 8, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει μια σειριακή σύνδεση ενός τρίτου διακόπτη και μιας δεύτερης αντίστασης και μια σειριακή σύνδεση ενός τέταρτου διακόπτη και μιας δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η σειριακή σύνδεση του τρίτου διακόπτη και της δεύτερης αντίστασης και η σειριακή σύνδεση του τέταρτου διακόπτη και της δεύτερης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι συνδεδεμένες παράλληλα στην σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

12. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 8, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει:

μια σειριακή σύνδεση μιας τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και ενός τρίτου διακόπτη και η σειριακή σύνδεση της τρίτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και του τρίτου διακόπτη είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην σειριακή σύνδεση της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου και της δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας, που χαρακτηρίζεται από το ότι η τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας είναι περαιτέρω συζευγμένη με την πηγή ενέργειας, και

έναν τέταρτο και έναν πέμπτο διακόπτη να επιτρέπουν την πηγή ενέργειας να φορτίζει επιλεκτικά είτε μόνο την πρώτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας ή μόνο την τρίτη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας ή και τις δύο.

13. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με οποιαδήποτε από τις αξιώσεις 1 έως 12, που χαρακτηρίζεται από το ότι οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας είναι τοποθετημένες μέσα σε μια θήκη.

14. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με οποιαδήποτε από τις αξιώσεις 1 έως 13, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε συσκευή αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν πυκνωτή με τις χωρητικότητες των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας να είναι κατά προτίμηση ίσες.

15. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με οποιαδήποτε από τις αξιώσεις 1 έως 14, που χαρακτηρίζεται από το ότι η χωρητικότητα της κάθε συσκευής αποθήκευσης ενέργειας είναι ανεξαρτήτως επιλέξιμη.

16. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος από διακόπτες και συσκευές παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι κάθε διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας μια σειριακή σύνδεση και όλες οι σειριακές συνδέσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα η μία με την άλλη και παράλληλα με την σειριακή σύνδεση του πρώτου διακόπτη και της πρώτης συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

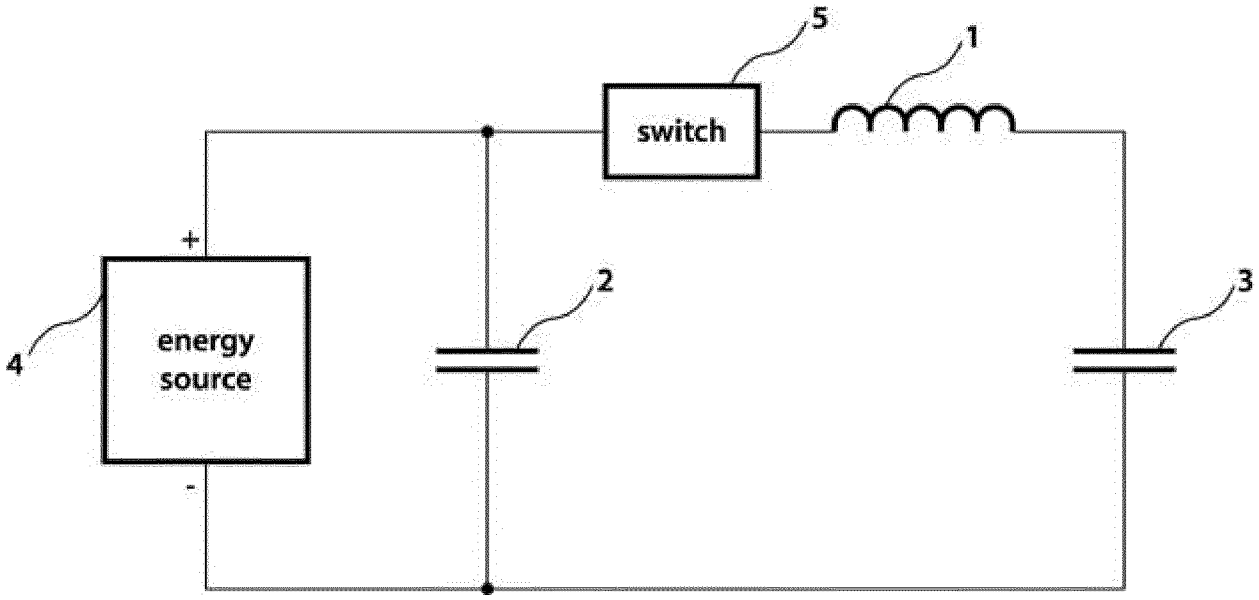
17. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με την αξίωση 1, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει ένα πλήθος από ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού καθένα αποτελούμενο από μια σύνδεση σε σειρά δύο συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, ενός διακόπτη και μιας συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου, που χαρακτηρίζεται από το ότι η μια από τις δύο συσκευές αποθήκευσης ενέργειας του κάθε ηλεκτρικά ταλαντευόμενου κυκλώματος συντονισμού είναι συζευγμένη μέσω ενός διακόπτη με την πηγή ενέργειας και με τα άλλα ηλεκτρικά ταλαντευόμενα κυκλώματα συντονισμού.

18. Συσκευή μαγνητικής διέγερσης σύμφωνα με οποιαδήποτε από τις αξιώσεις 1 έως 17, η οποία περαιτέρω περιλαμβάνει μια μονάδα ελέγχου να ελέγχει την πηγή ενέργειας και τους διακόπτες ώστε να επιτρέπει την συνεχή ρύθμιση και την διαμόρφωση της εξόδου της πηγής ενέργειας, του πλάτους των παλμών ρεύματος, του ρυθμού επανάληψης των παλμών ρεύματος και του τύπου των παλμών ρεύματος, που χαρακτηρίζεται από το ότι οι παλμοί ρεύματος περιλαμβάνουν τους παλμούς ρεύματος που ρέουν δια μέσω των συσκευών παραγωγής μαγνητικού πεδίου.

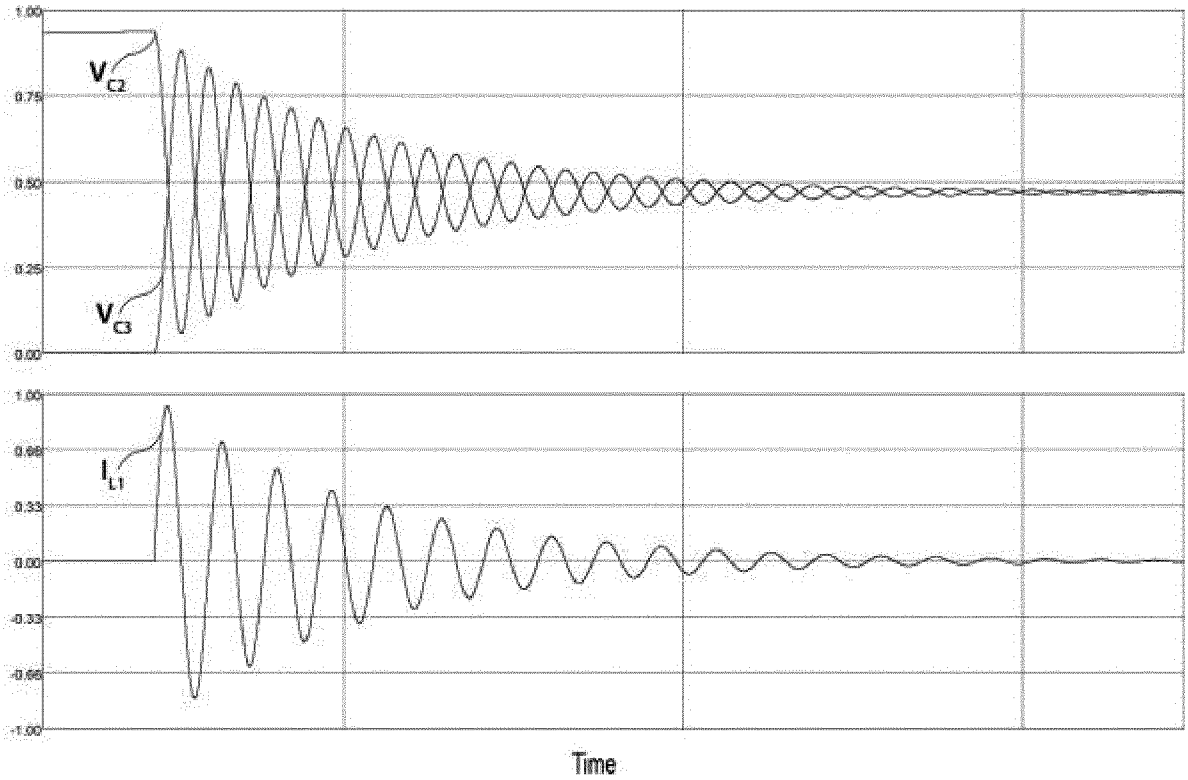
19. Μέθοδος παραγωγής μαγνητικής διέγερσης σε ιστούς, που περιλαμβάνει:

- παροχή μιας πηγής ενέργειας,
- φόρτιση μιας συσκευής αποθήκευσης ενέργειας συνδεδεμένη σε σειρά με μια συσκευή παραγωγής μαγνητικού πεδίου που σχηματίζουν ένα ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού,
- σύνδεση μια δεύτερης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας σε σειρά με την σειριακή σύνδεση της πρώτης συσκευής αποθήκευσης ενέργειας και της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που σχηματίζουν ένα νέο ηλεκτρικά ταλαντευόμενο κύκλωμα συντονισμού, και
- επιτρέποντας ηλεκτρική ταλάντωση του νέου κυκλώματος συντονισμού που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα ρεόμενο δια μέσω της συσκευής παραγωγής μαγνητικού πεδίου που παράγει ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο επάγει ηλεκτρικά ρεύματα σε ιστούς.

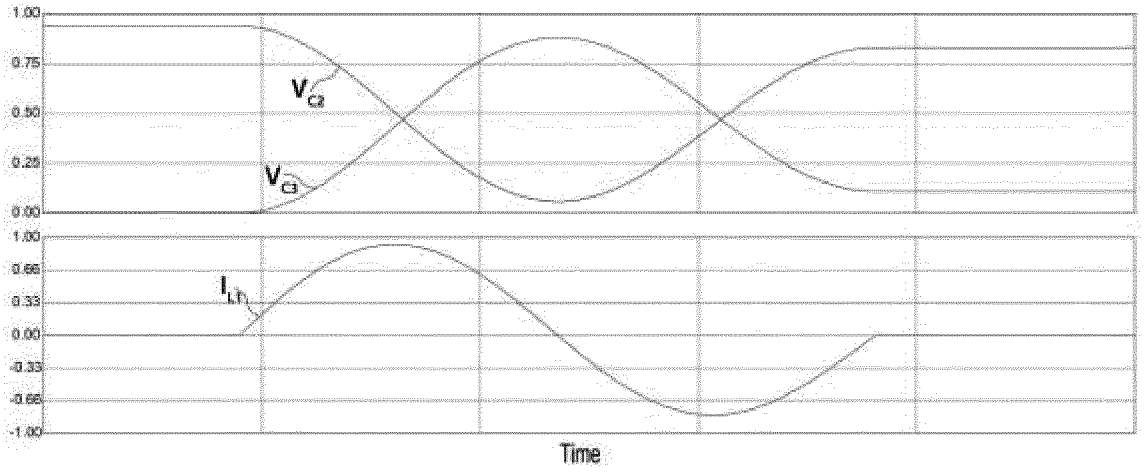
ΣΧΕΔΙΑ



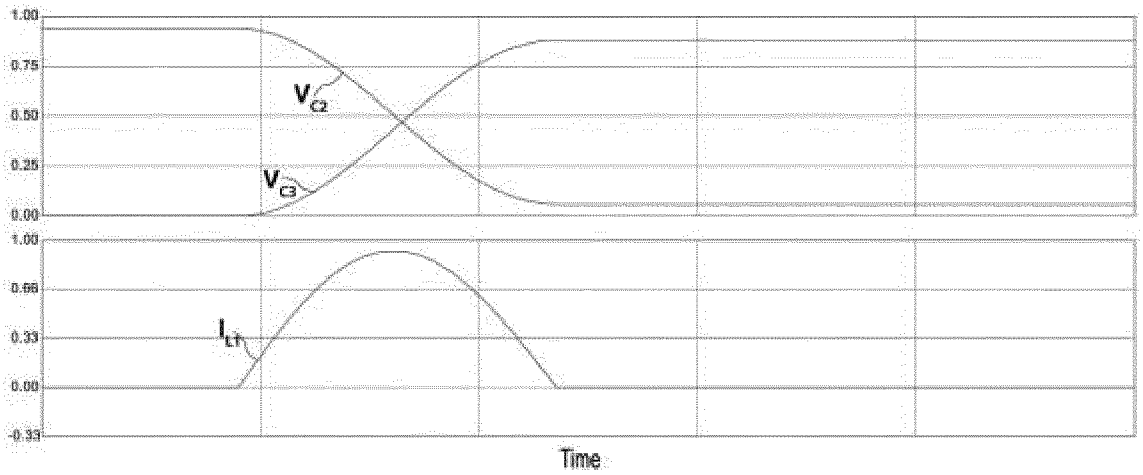
ΣΧΗΜΑ 1



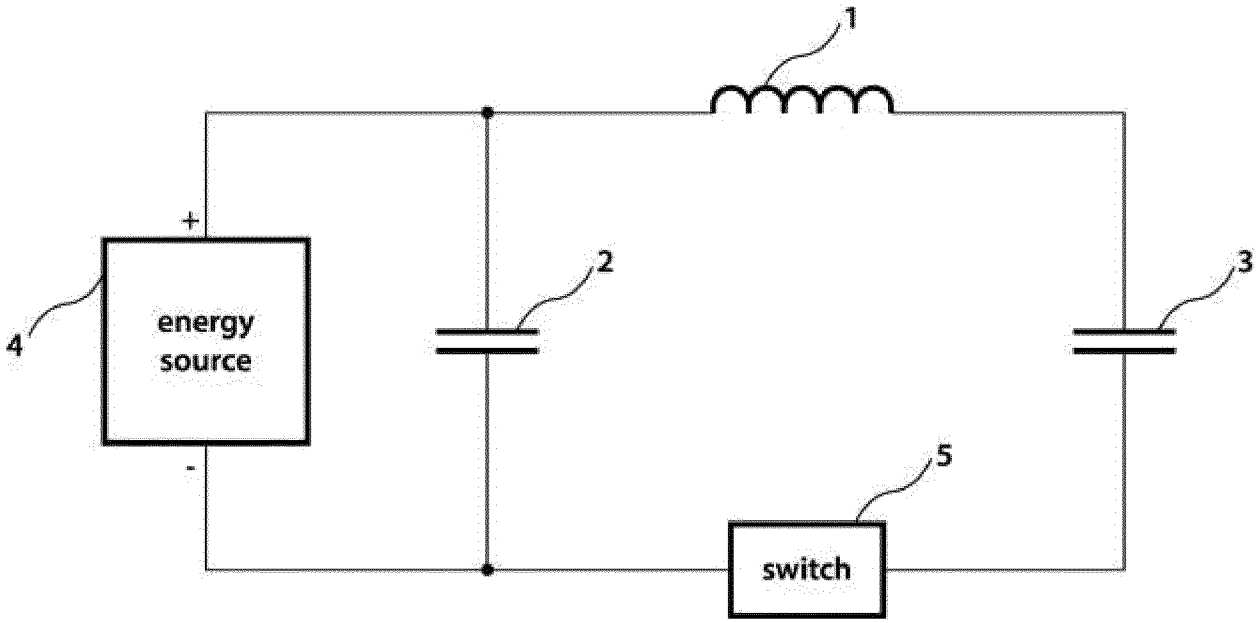
ΣΧΗΜΑ 2Α



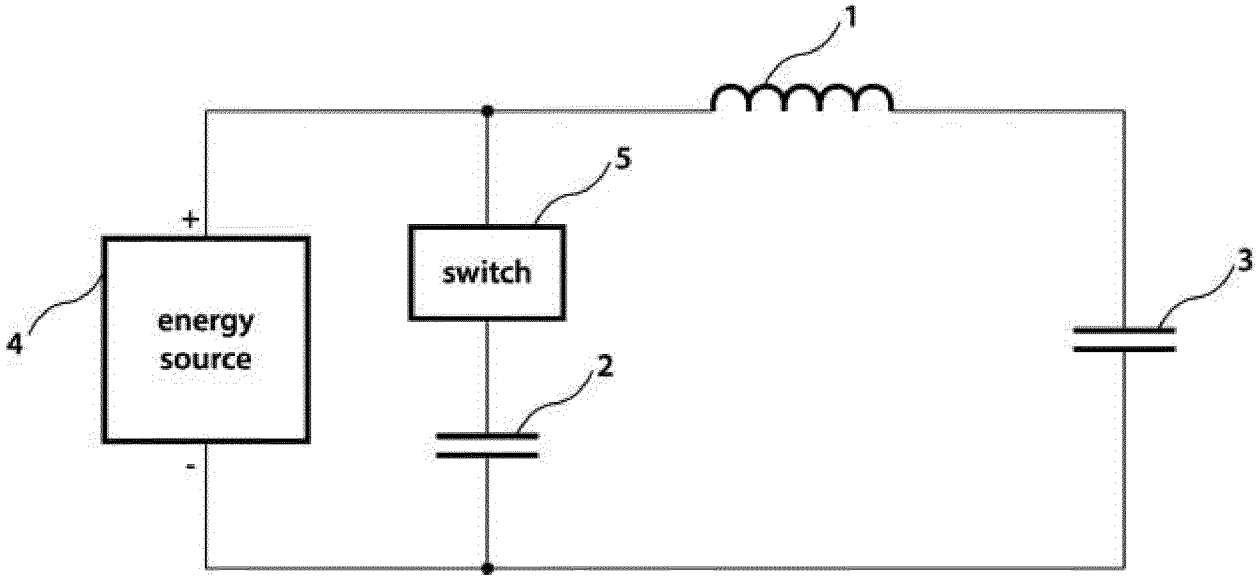
ΣΧΗΜΑ 2Β



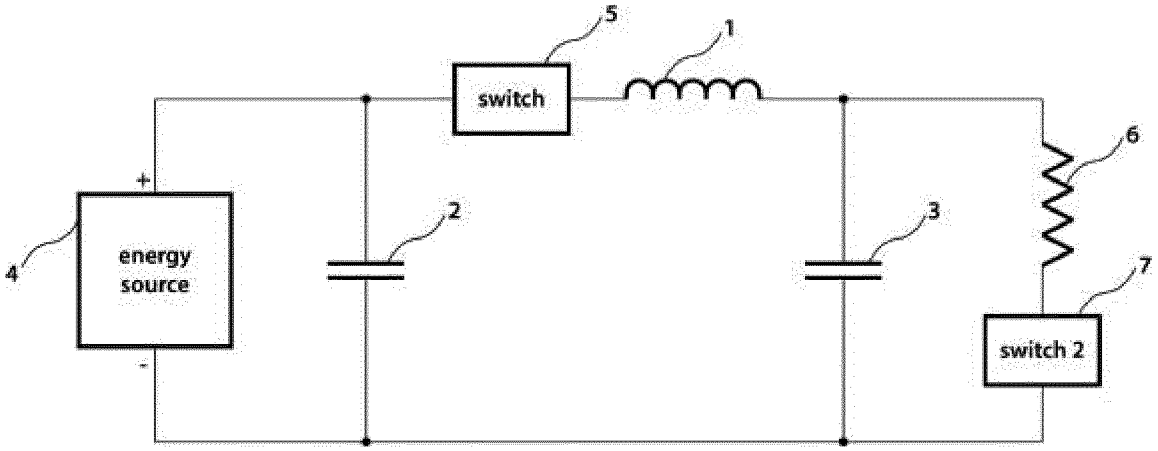
ΣΧΗΜΑ 2C



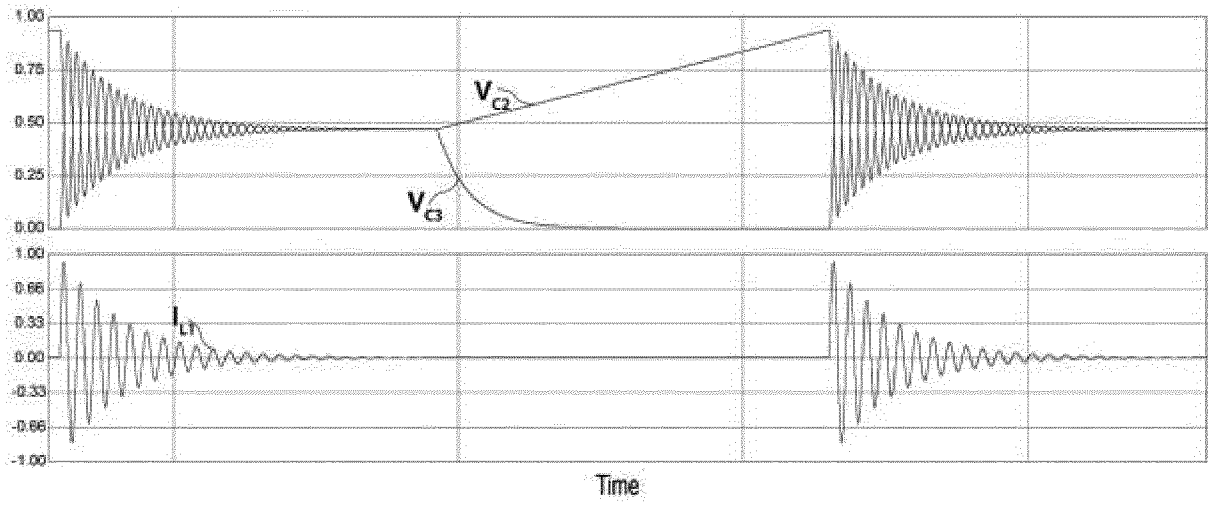
ΣΧΗΜΑ 3



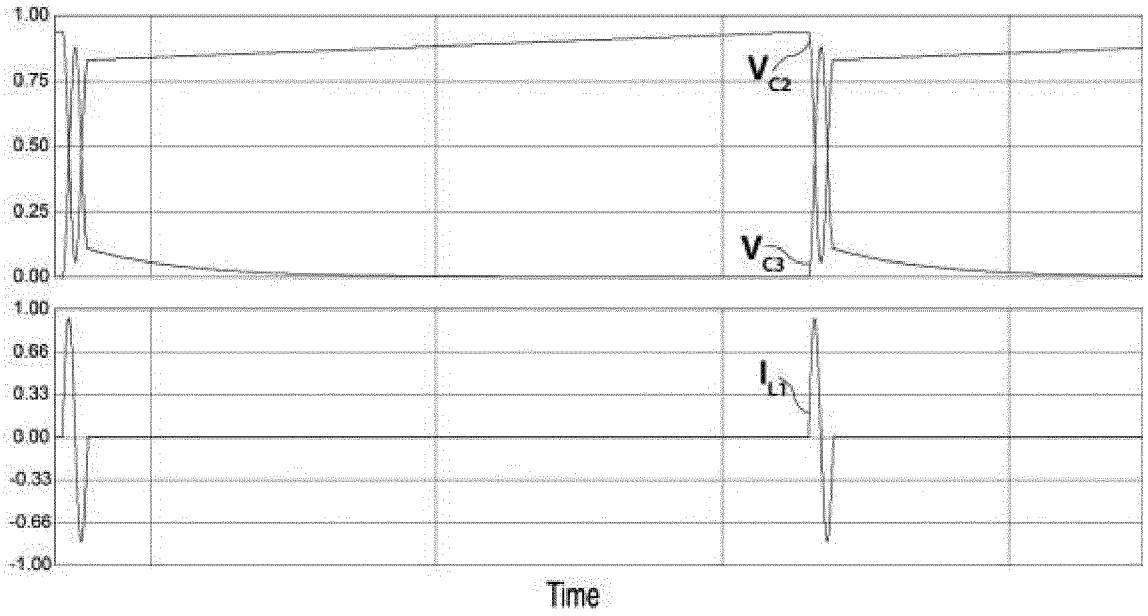
ΣΧΗΜΑ 4



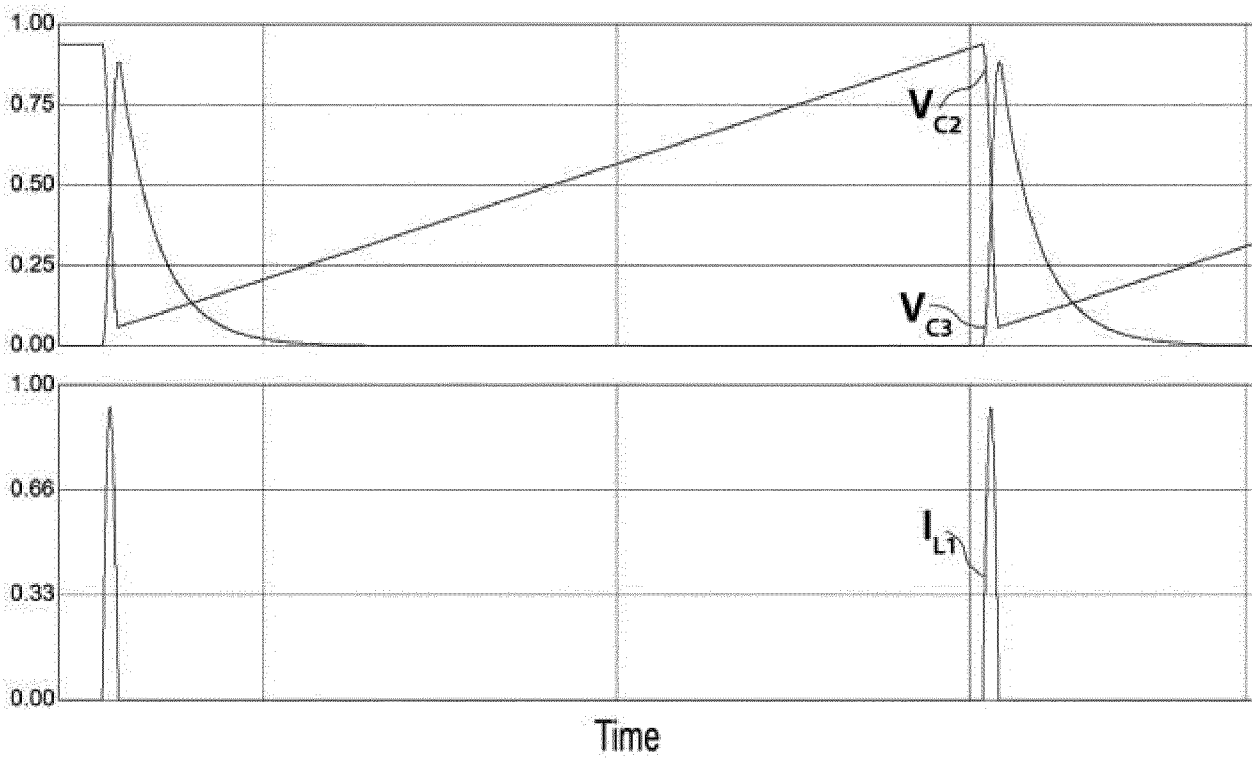
ΣΧΗΜΑ 5



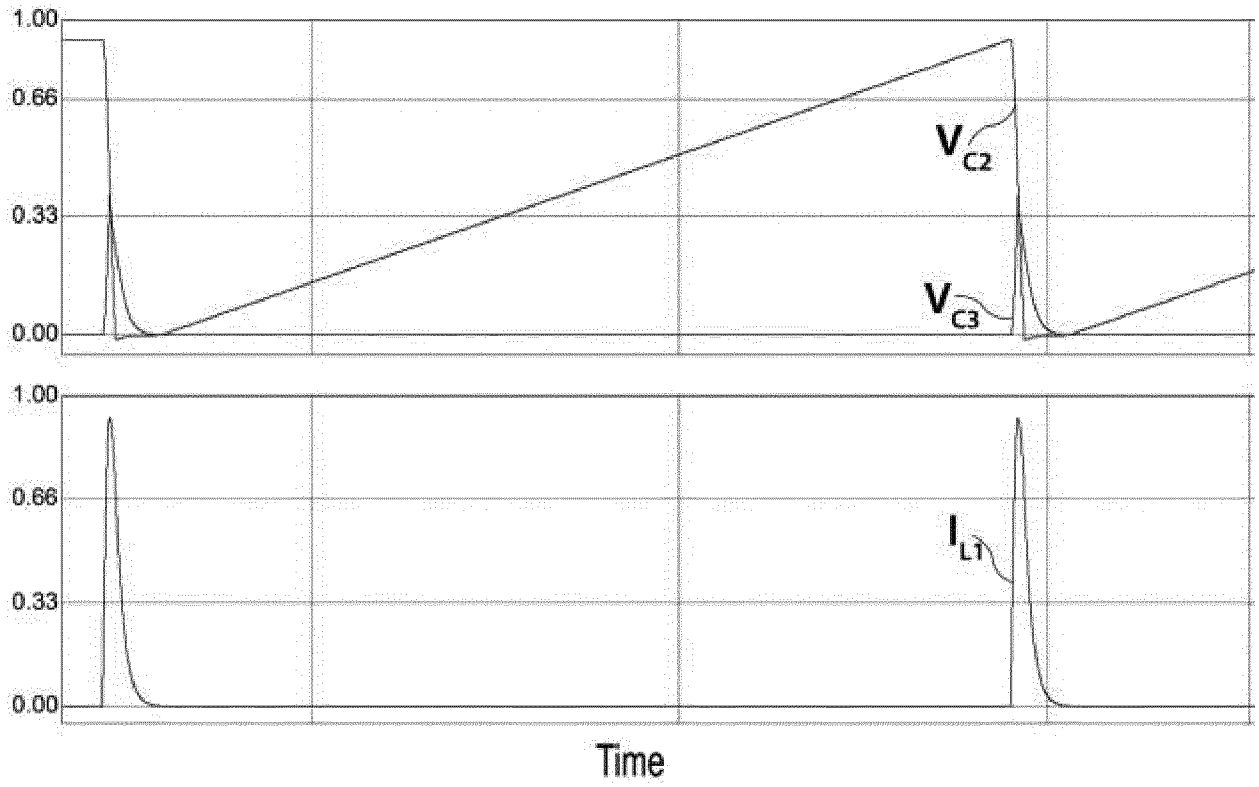
ΣΧΗΜΑ 6Α



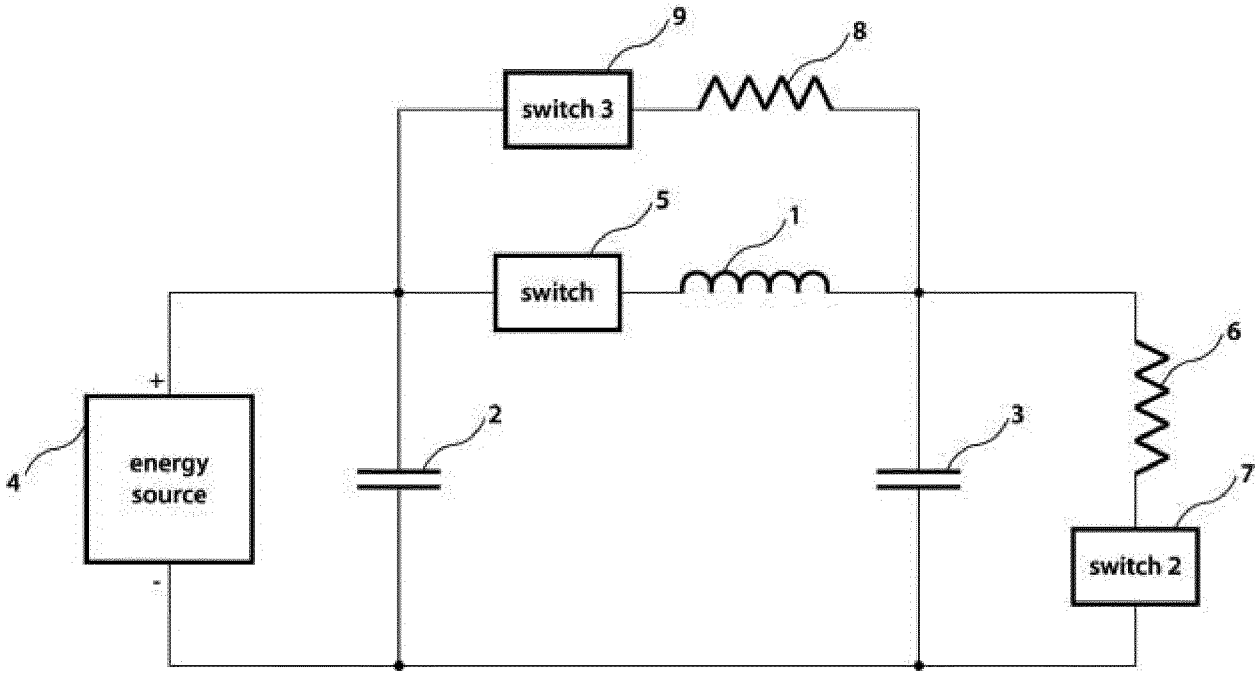
ΣΧΗΜΑ 6Β



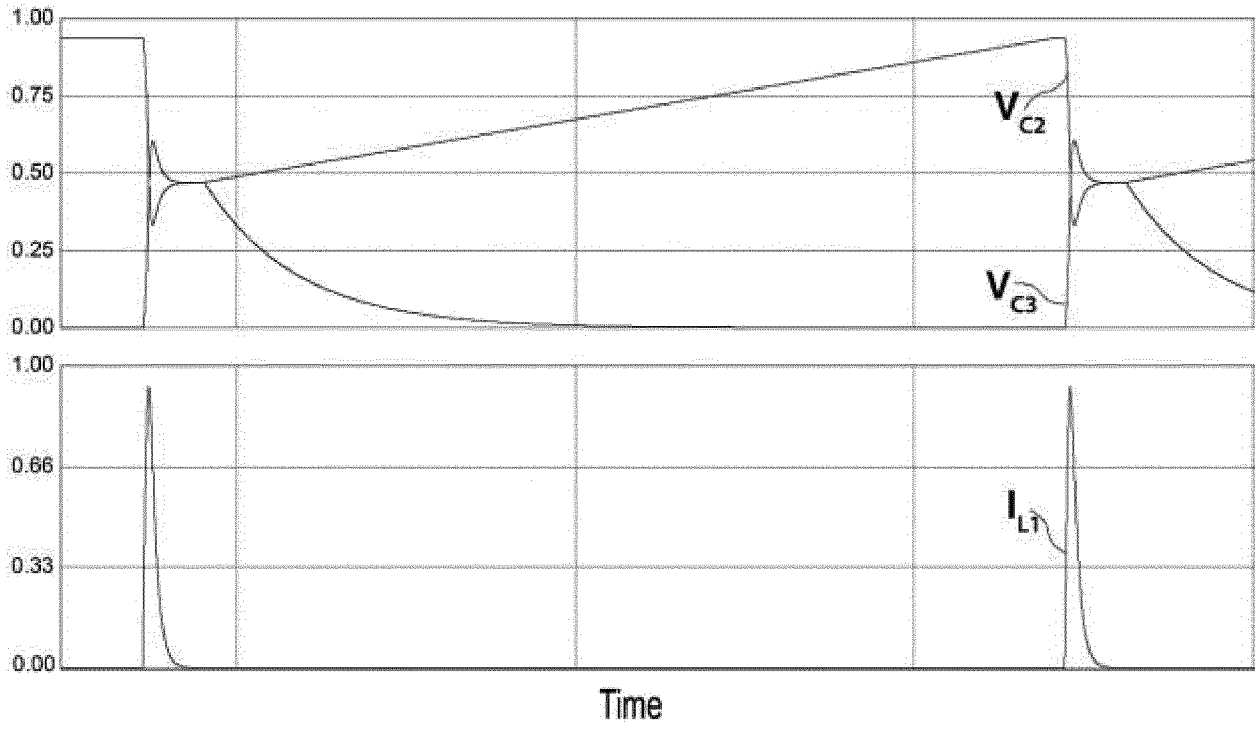
ΣΧΗΜΑ 6C



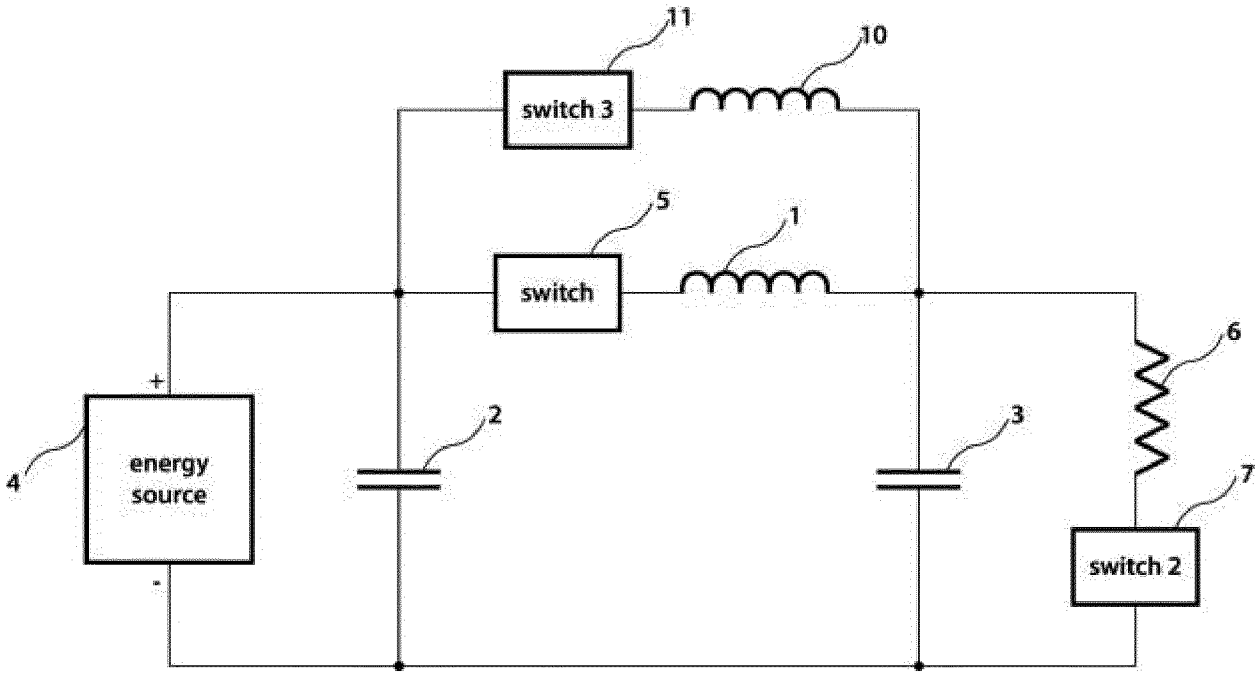
ΣΧΗΜΑ 6D



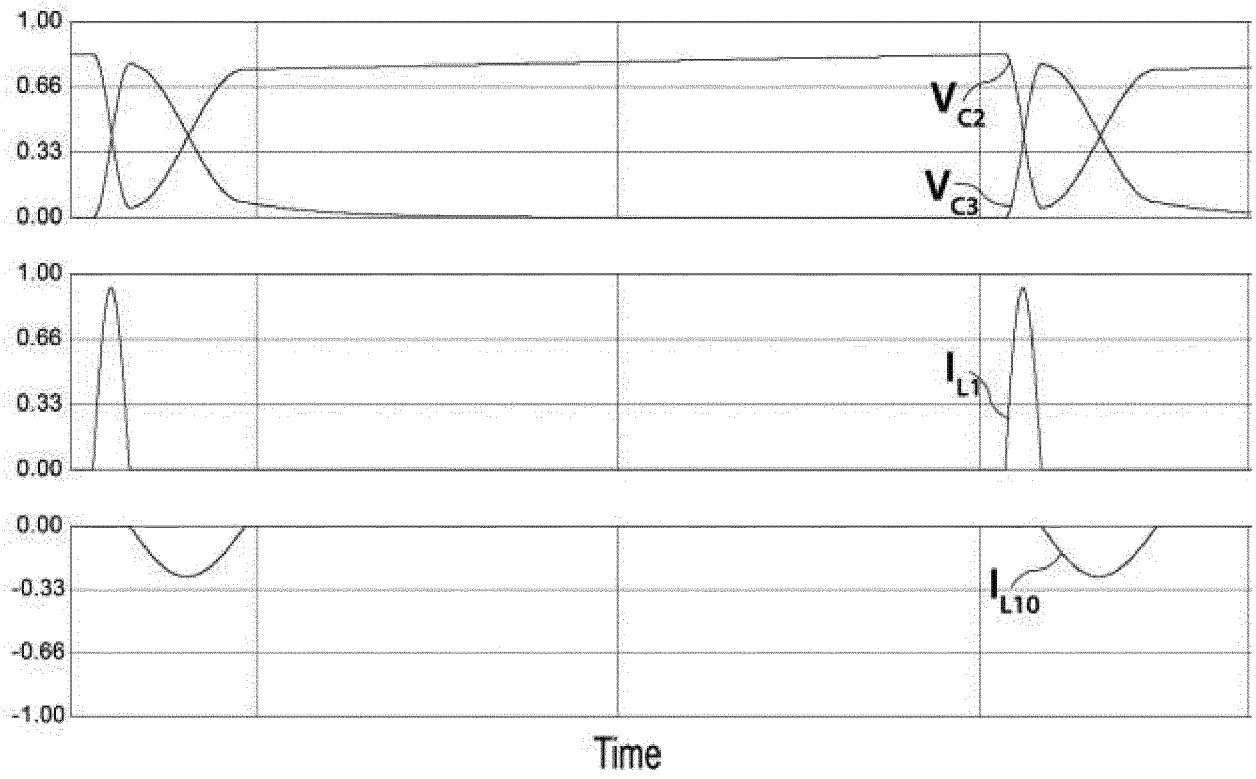
ΣΧΗΜΑ 7



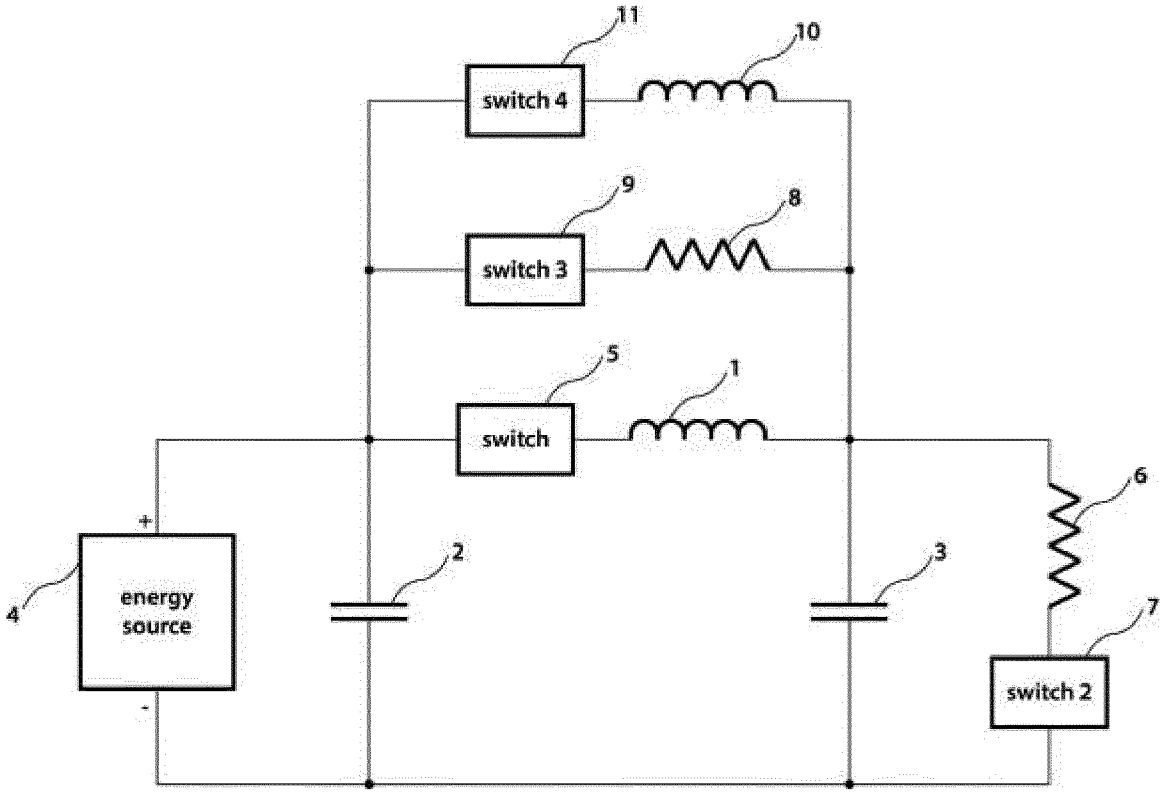
ΣΧΗΜΑ 8



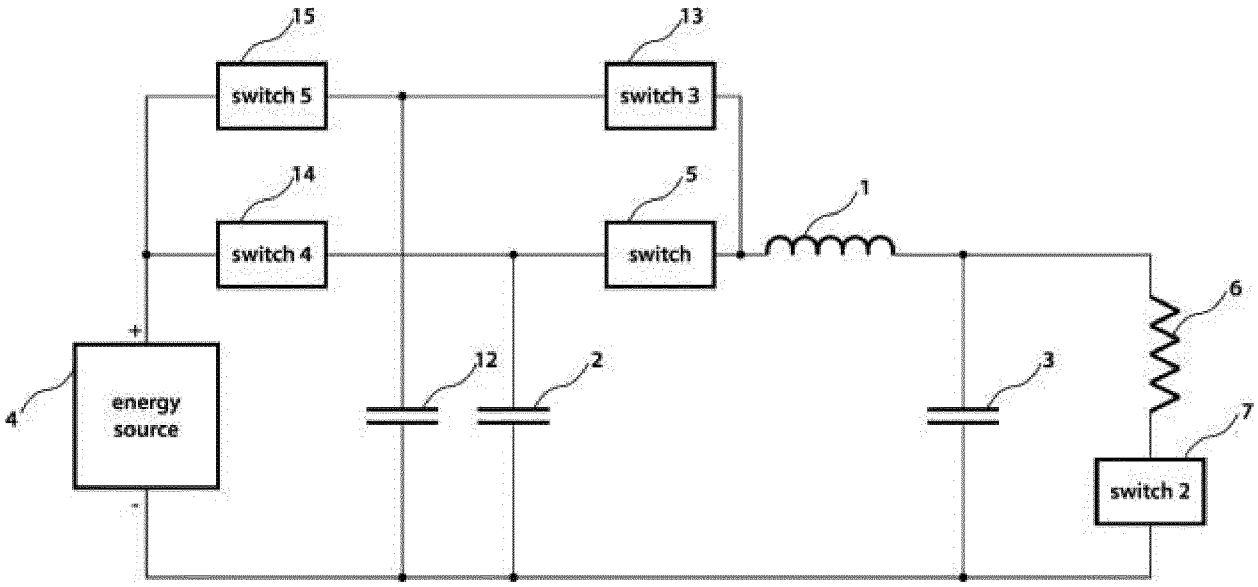
ΣΧΗΜΑ 9


1.00
0.66
0.33
0.00
V_{C2}
V_{C3}
1.00
0.66
0.33
0.00
I_{L1}
0.00
-0.33
-0.66
-1.00
I_{L10}
Time

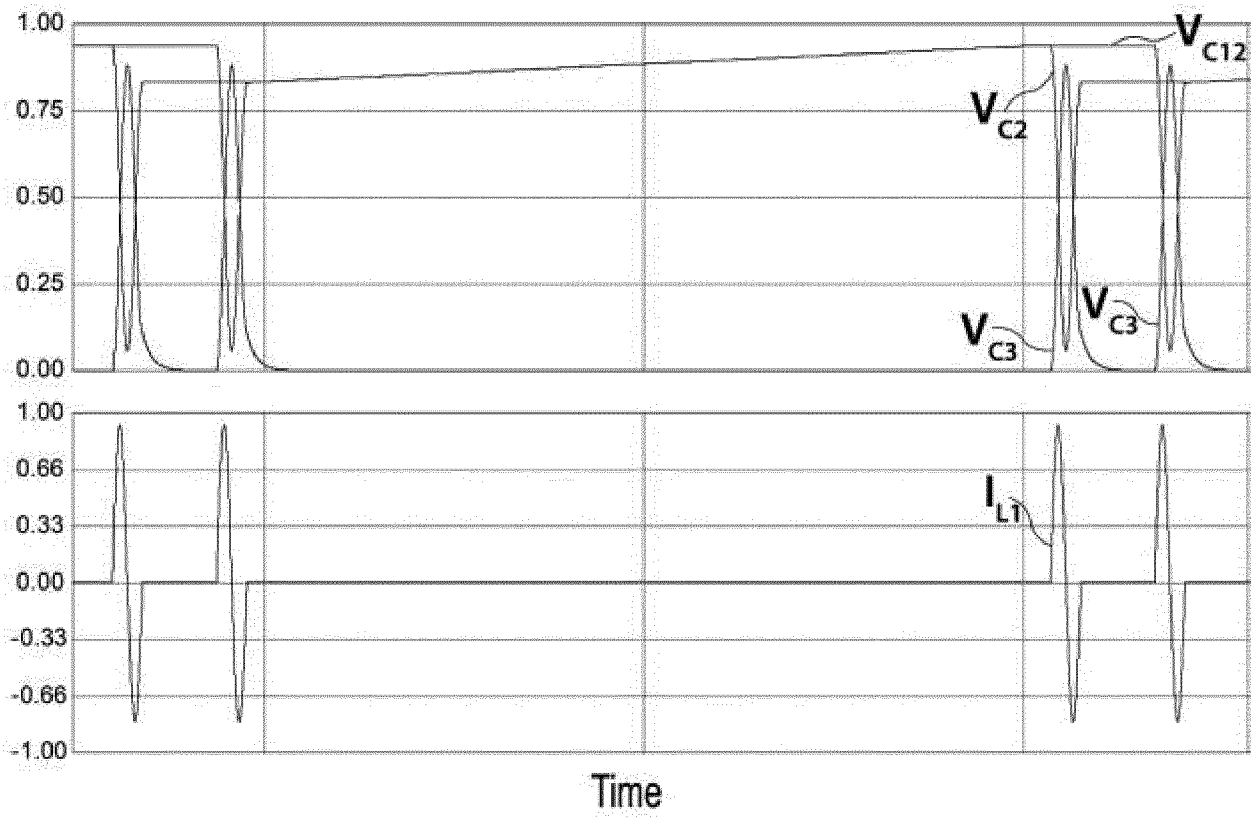
ΣΧΗΜΑ 10


11
10
switch 4
9
8
switch 3
5
1
switch
6
+
4
energy source
2
3
7
switch 2
-

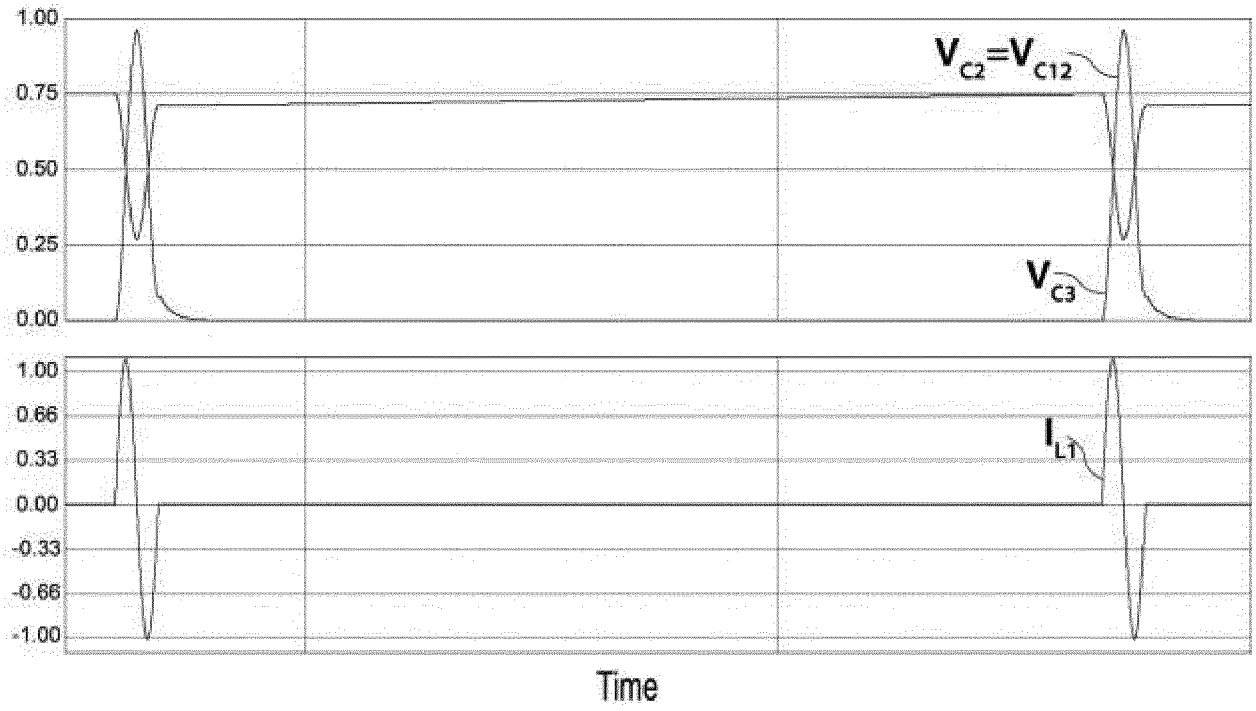
ΣΧΗΜΑ 11



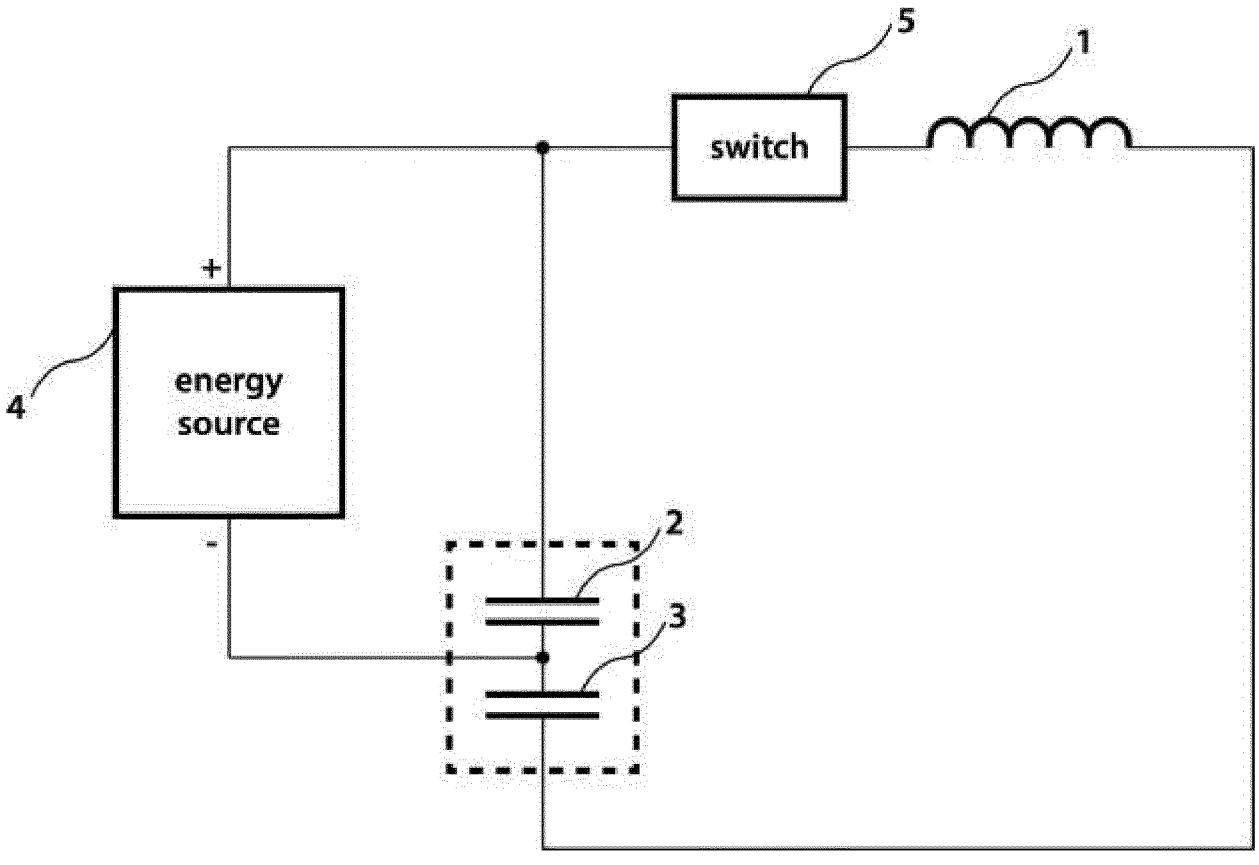
ΣΧΗΜΑ 12



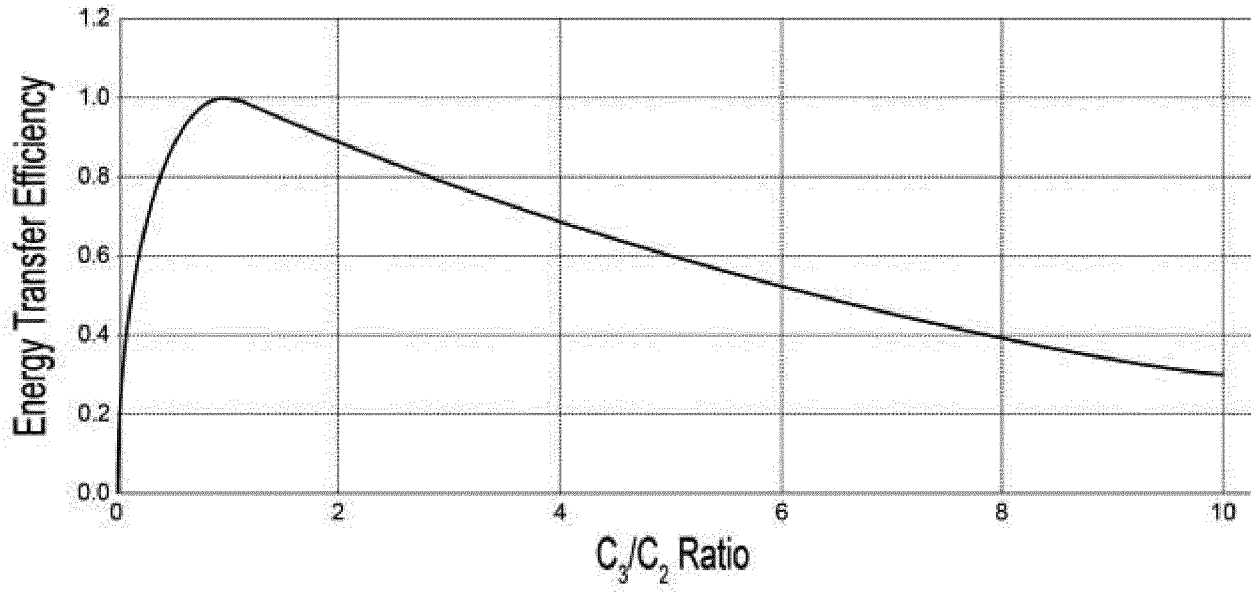
ΣΧΗΜΑ 13


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
$V_{C2}=V_{C12}$
V_{C3}
1.00
0.66
0.33
0.00
-0.33
-0.66
-1.00
I_{L1}
Time

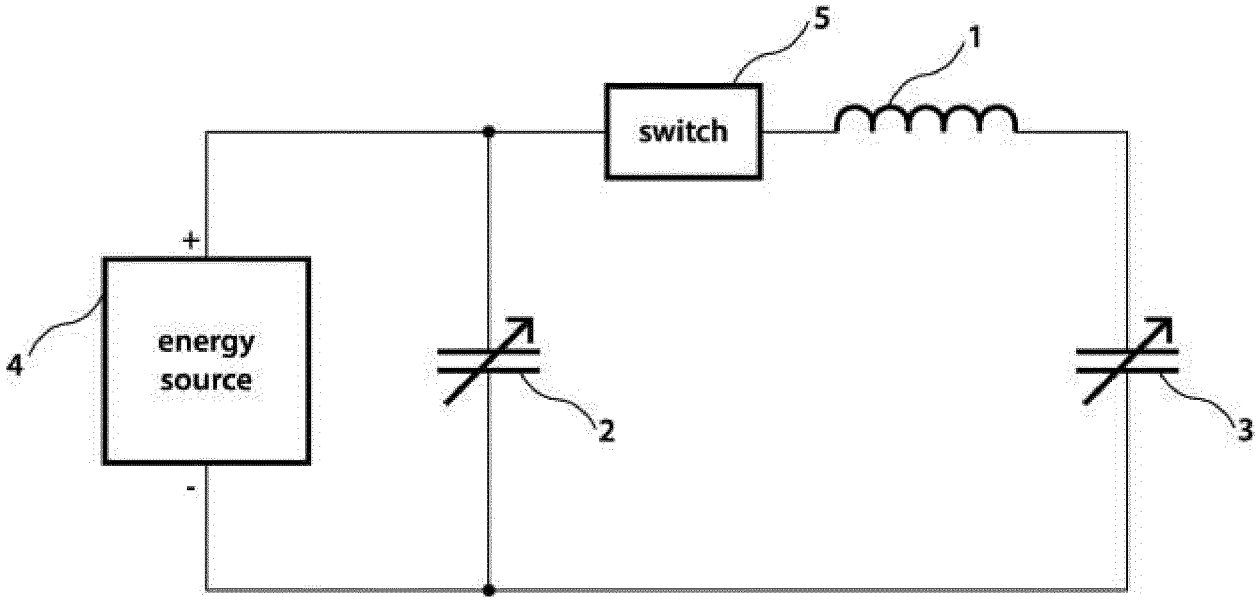
ΣΧΗΜΑ 14


5
1
switch
+
4
energy source
-
2
3

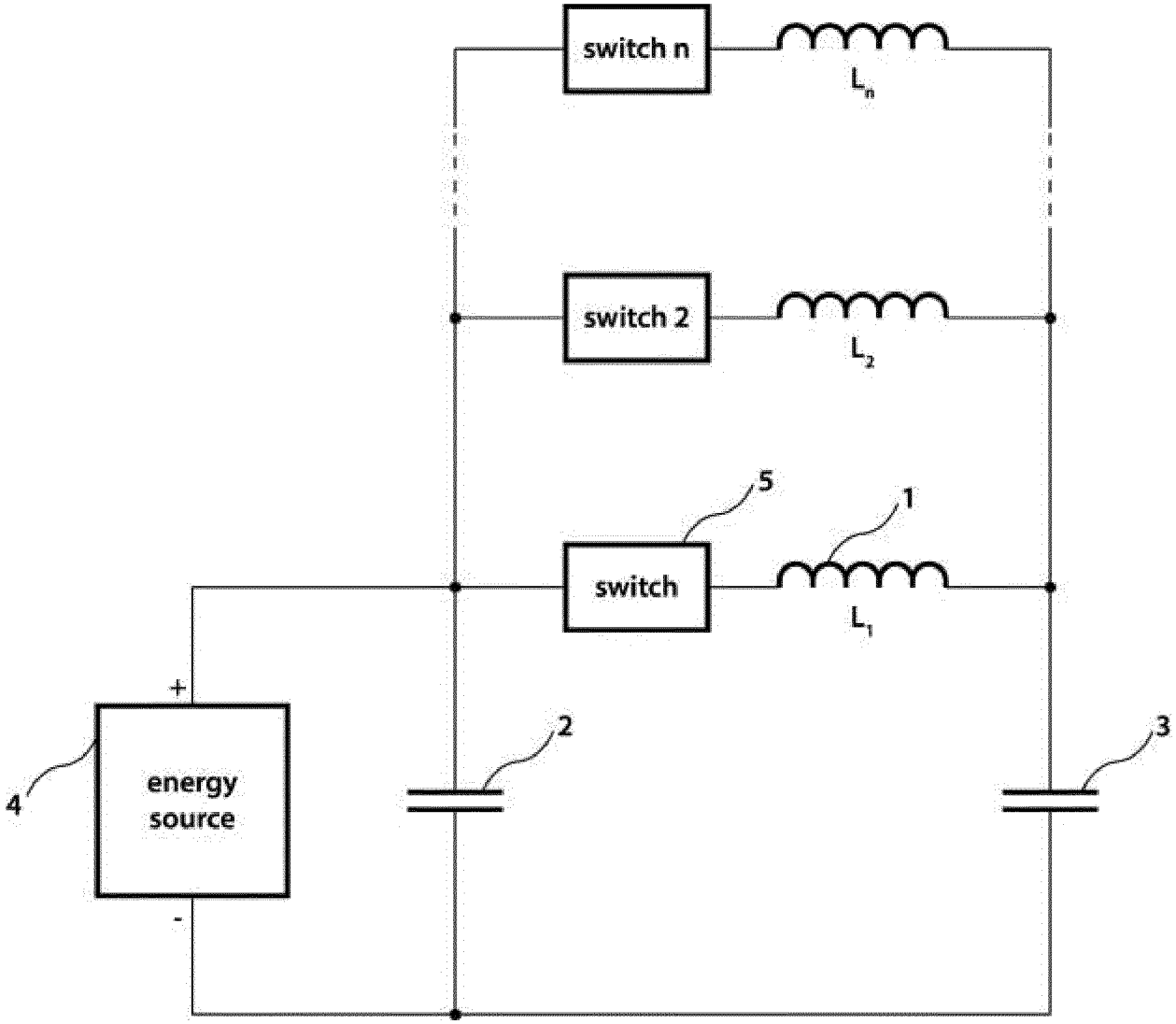
ΣΧΗΜΑ 15



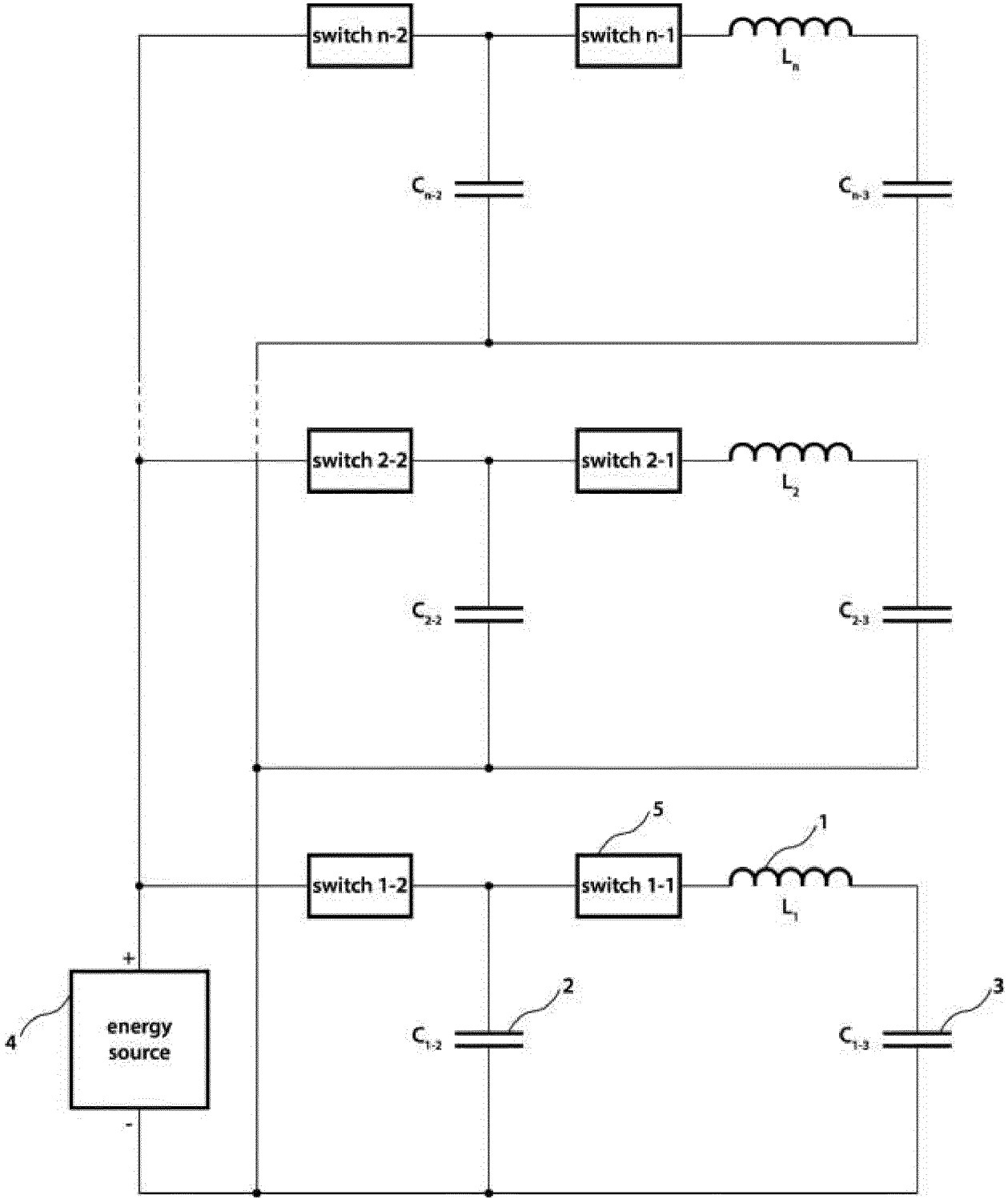
ΣΧΗΜΑ 16



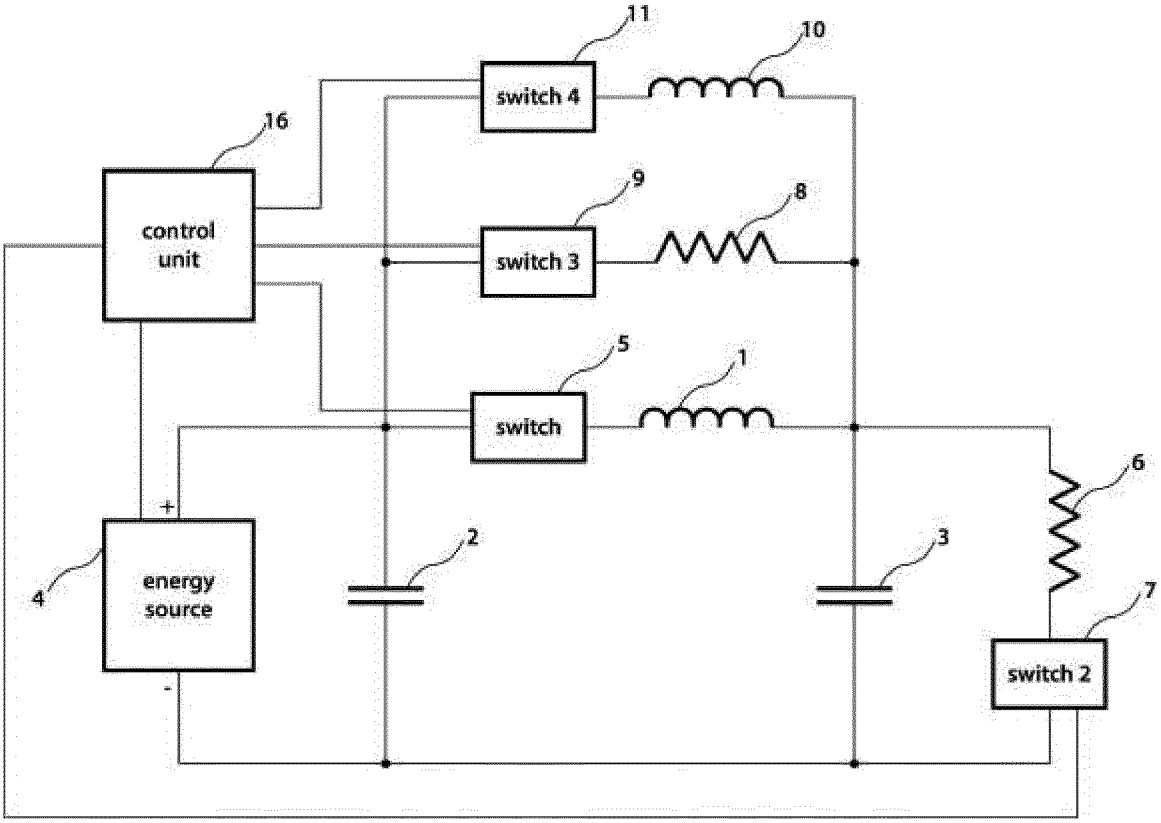
ΣΧΗΜΑ 17



ΣΧΗΜΑ 18


switch n-2
switch n-1
L_n
C_{n-2}
C_{n-3}
switch 2-2
switch 2-1
L_2
C_{2-2}
C_{2-3}
5
1
switch 1-2
switch 1-1
L_1
+
energy source
-
4
2
3
C_{1-2}
C_{1-3}

ΣΧΗΜΑ 19


11
10
switch 4
16
control unit
9
8
switch 3
5
1
switch
6
+
4
energy source
2
3
7
switch 2
-

ΣΧΗΜΑ 20

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αριθμός αίτησης
20230100575

ΕΓΓΡΑΦΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΑ ΩΣ ΣΧΕΤΙΚΑ

Κατηγορία	Σχετικό έγγραφο με επισήμανση, όπου χρειάζεται, των σχετικών παραγράφων	Σχετικό με αξίωση	Διεθν. Ταξινόμηση Int. Cl. 01/01/2024(AL)
A	WO2023280332 A1 / (DEYMED DIAGNOSTIC 12.01.2023 *ολόκληρο το έγγραφο*	1-19	
A	EP3101779 A1 / RESONANT CIRCUITS LTD) 07.12.2016 *ολόκληρο το έγγραφο*	1-19	*A61N 2/00* *A61N 2/02* *H02J 50/12*
A	US2003006880 A1 / (ZIMMER) 09.01.2003 *ολόκληρο το έγγραφο*	1-19	
			Τεχνικά πεδία που ερευνήθηκαν
			A61N H02J

Ημερομηνία περάτωσης της έρευνας : 19/08/2024

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΗΛΟΥΜΕΝΩΝ ΕΓΓΡΑΦΩΝ

X: ιδιαίτερα σχετικό αν ληφθεί μεμονωμένα
Y: ιδιαίτερα σχετικό αν συνδυαστεί με άλλο έγγραφο της ίδιας κατηγορίας
A: τεχνολογικό υπόβαθρο
O: μη έγγραφη αποκάλυψη
T: βασική θεωρία ή αρχή στην οποία βασίζεται η εφεύρεση
E: προγενέστερο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το οποίο δημοσιεύτηκε την ημερομηνία κατάθεσης ή μετά από αυτήν
D: έγγραφο αναφερόμενο στην αίτηση
L: έγγραφο αναφερόμενο για άλλους λόγους

ΣΤΑΛΙΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
Προϊστάμενος Τμήματος Τυπικού Ελέγχου (Τ.Τ.Ε.) - Εξεταστής