

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Kontaklose Energieübertragungssysteme	5
2.1	Transformatoren	6
2.2	Schwach koppelnde Induktivitäten	7
2.3	Resonant abgestimmte Transformatoren	8
2.3.1	Schwingkreise	9
2.3.2	Erreichbarer Wirkungsgrad	10
2.4	Verkoppelte Resonatoren hoher Güte	12
2.4.1	Berechnung der Schleifenströme	13
2.4.2	Auswertung	14
2.5	Einfluss der Position des Empfängers auf die Kopplung	16
2.5.1	Gegeninduktivität zwischen Leiterschleifen	16
2.5.2	Kopplung symmetrischer Schwingkreise	18
2.5.3	Messung der Kopplung symmetrischer Schwingkreise	19
3	Simulation selbstresonanter Luftspulen	31
3.1	Wahl des numerischen Verfahrens	32
3.2	Parametrisierung des Drahtes	36
3.3	Herleitung der Systemgleichungen	37
3.4	Diskretisierung	43
3.5	Güten	47
3.5.1	Gespeicherte Energie	48
3.5.2	Ohmsche Verluste, Skin-Effekt	49
3.5.3	Proximity-Effekt	51
3.5.4	Strahlungsverluste	51

3.6	Kapazitäten und Induktivitäten zwischen konzentrischen metallischen Ringen	52
3.6.1	Randbedingungen	54
3.6.2	Netzwerk der Induktivitäten und Kapazitäten zwischen den Leiterschleifen	57
3.7	Lösung der Laplacegleichung mit der Mittelpunktsmethode	59
3.8	Spiegelungsmethode	63
3.9	Numerische Lösung der Laplacegleichung mit der Drahtgittermethode	68
3.10	Berechnung der Kopplung	72
3.11	Verifikation der Simulationsergebnisse	74
3.12	Konvergenzverhalten der berechneten Eigenfrequenzen und Güten	77
3.13	Konvergenzverhalten der berechneten Kopplung	80
3.14	Konvergenz der Drahtgittermethode zur Berechnung der Oberflächenströme	81
3.15	Genauigkeit der Lösungsmethoden für die elektrische und magnetische Feldverteilung	85
4	Resonatoren	91
4.1	Analyse von selbstresonanten Spulen	91
4.2	Archimedische Spiralen	93
4.2.1	Resonatoren gleicher Resonanzfrequenz	93
4.2.2	Güten	95
4.2.3	Kopplung und Reichweite	96
4.3	Ebene Spiralen mit linear veränderlichem Windungsabstand	99
4.4	Planare Spiralen mit idealer Windungsfunktion	101
4.5	Einfluss des Drahtdurchmessers	105
4.6	Höhere Moden	107
4.7	Schrauben	109
4.8	Parabolische zylindrische Spiralen	114
4.9	Reichweite schraubenförmiger Resonatoren	115
4.10	Torusförmige Resonatoren	118
5	Zusammenfassung und Ausblick	125