



Bachelor-Arbeit

Zum Verfasser

Thema: Optimierung der Resonanzfrequenz von eigenresonanten Spulen für die kontaktlose Energieübertragung

Verfasser: Nuri Pehlivan

Studiengang: Elektrotechnik und Informationstechnik

Fachrichtung: Automatisierungstechnik

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Klaus W. Kark
Pascal Ripp, M. Eng.

Nuri Pehlivan
geb. am 22.08.1989

09/2007 – 07/2009
Fachhochschulreife
FOS/BOS München

10/2010 – 07/2015
Bachelor of Engineering
Hochschule Ravensburg Weingarten



Einführung

Zur kontaktlosen Energieübertragung in der Elektromobilität wurden verschiedene Spulenpaare untersucht. Ziel war es, die Spulengeometrie so anzupassen, dass die Resonanzfrequenz innerhalb der ISM-Bänder liegt (Tabelle 1). Das Übertragungssystem besteht aus zwei identischen Spulen. Diese bestehen aus der Platine, der Spule, den Stubs und der Ankopplung an die Energie. Basierend auf den Kopplung existieren zwei verschiedene Spulenarten. Die induktiv gekoppelte Spule und die kapazitiv gekoppelte Spule.

Von	Bis
6,765 MHz	6,795 MHz
13,553 MHz	13,567 MHz
26,957 MHz	27,283 MHz
40,66 MHz	40,70 MHz

Tabelle 1: ISM-Bänder

Mesh

Das Modell wird in Zellen aufgeteilt. Aufgrund der runden Form des Modells eignet sich eine tetraederförmige Gitterstruktur.

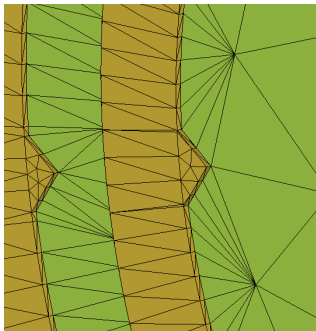


Abbildung 1

Mesh Einstellungen

Steps per wavelength: Gitterzellen werden abhängig von der Wellenlänge erstellt. Die Wellenlänge (λ) berechnet sich wie folgt $\lambda = \frac{c_0}{f}$.

Min. number of steps: Gitterzellen werden abhängig der Boundary-Box erstellt. Für einzelne Teile der Geometrie können lokale Mesh Einstellungen gesetzt werden. Zusätzlich zu diesen Einstellungen wird intern von CST-MWS an jeden Eckpunkt des Modells eine Kante der Meshzellen gelegt.

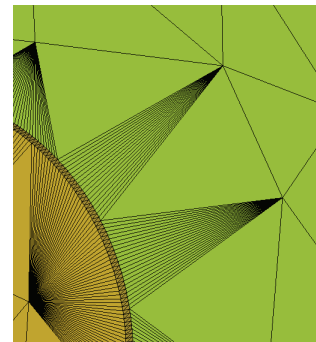


Abbildung 2

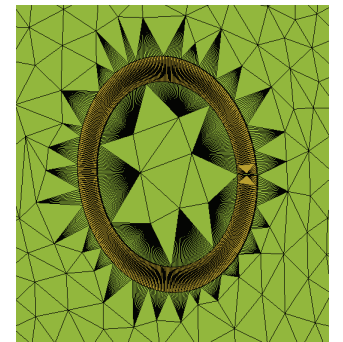
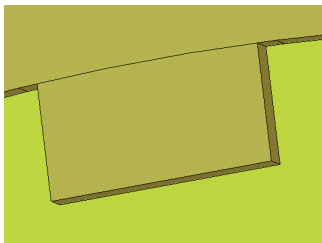


Abbildung 3

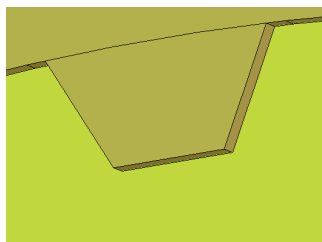
Abbildung 1: In den Stubs ist eine lokale mesh Größe gesetzt. Abbildungen 1, 2 und 3: Grobmaschiger Bereich: allgemeines Mesh. Feinmaschiger Bereich: intern erstelltes Mesh.

Stubformen

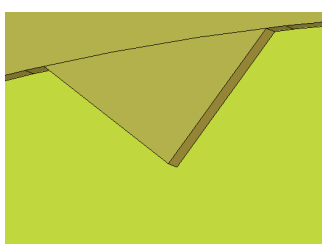
Der Fokus der Untersuchungen galt der Form der Stubs. Die Stubs wurden in eine Rechteckform, eine Trapezform und eine dreieckige Form gebracht.



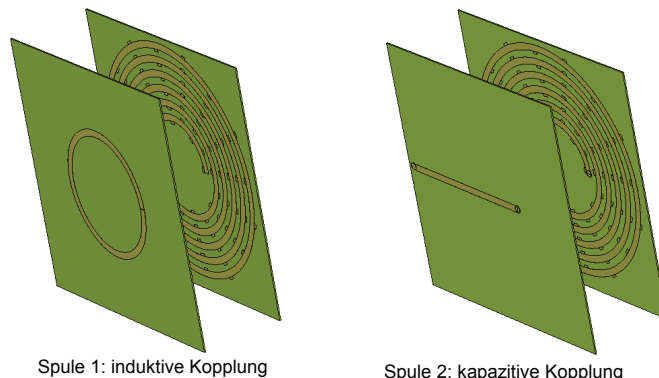
Stubform 1: rechteckig



Stubform 2: trapezförmig

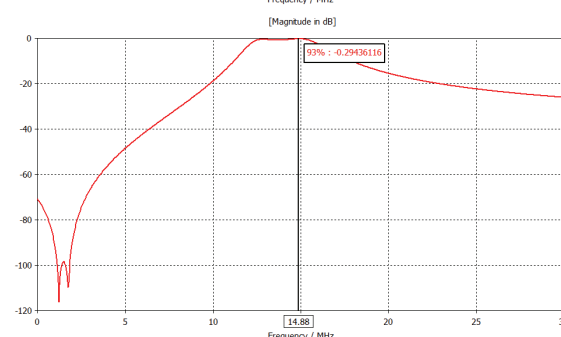
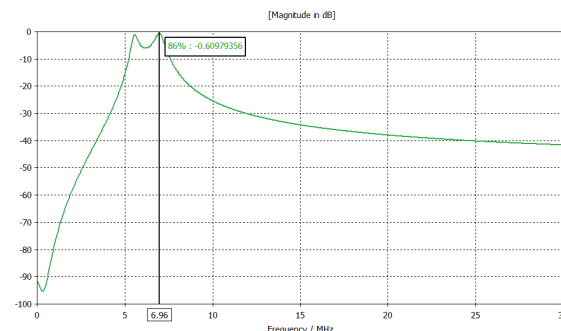


Stubform 3: dreieckig



Spule 1: induktive Kopplung

Spule 2: kapazitive Kopplung



Ergebnisse

Windungszahl:

3 Windungen -> 6 Windungen
Induktiv: Frequenz sinkt; Dämpfung sinkt
Kapazitiv: Frequenz sinkt; Dämpfung steigt

Innenradius:

30 mm -> 90 mm
Induktiv: Frequenz sinkt; Dämpfung steigt
Kapazitiv: Frequenz sinkt; Dämpfung steigt

Spiraldicke:

8,25 mm -> 1 mm
Induktiv: Frequenz steigt; Dämpfung steigt
Kapazitiv: Frequenz sinkt; Dämpfung steigt

Stubform (Abstand 45°):

Länge 1 mm -> 6 mm; Breite 2 mm -> 10 mm
Induktiv: Frequenz unverändert; Dämpfung unverändert
Kapazitiv: Frequenz unverändert; Dämpfung unverändert

Stub-Anzahl (Länge 4 mm; Breite 6 mm):

90° -> 11,25°
Induktiv: Frequenz sinkt; Dämpfung unverändert
Kapazitiv: Frequenz sinkt; Dämpfung unverändert

Die abgebildeten Kurven stellen die S21-Parameter der Übertragung dar.

Im ersten Diagramm ist die niedrigste ermittelte Resonanzfrequenz mit 6,96 MHz dargestellt. Diese erreicht bei der Energieübertragung lediglich eine Effizienz von 86 %.

Bei einer Frequenz von 14,88 MHz kann maximal 93 % der Energie Übertragen werden.

Dies befindet sich außerhalb der ISM-Bänder. Jedoch kann durch weitere Anpassungen der Spulengeometrie dieser Wert in den nächst gelegenen ISM-Bandbereich von 13,553 MHz – 13,567 MHz gebracht werden.

Umrechnung der von dB Werte in lineare Werte:

$$wert_{linear} = 10^{\frac{wert_{dB}}{10}}$$