**Pflichtenheft**

**Fachlicher Teil**

**BILD**

**«DJ» EMI Filter für Netzteil**

Pro2E - Team 5

**Auftraggeber:** Dr. Luca Dalessandro

**Dozierende:** Anita Gertiser

Pascal Buchschacher

Peter Niklaus

Sebastian Gaulocher

Richard Gut

**Projektteam:** Marina Taborda, Projektleiterin

Michel Alt, Stv. Projektleiter

Frank Imhof

Luca Krummenacher

Richard Britt

Fady Hanna

Windisch, Datum

Inhaltsverzeichnis

[1. Übersicht 3](#_Toc3283511)

[1.1. Ausgangslage 3](#_Toc3283512)

[1.1. Projektziele 3](#_Toc3283513)

[1.2. Lieferobjekte 3](#_Toc3283514)

[2. Theoretische Grundlagen 3](#_Toc3283515)

[2.1. Einleitung EMI Filter 3](#_Toc3283516)

[2.2. Definition Einfügungsverluste «Insertion loss» 3](#_Toc3283517)

[3. Softwarekonzept 4](#_Toc3283518)

[3.1. GUI 4](#_Toc3283519)

[3.2. Softwarestruktur 4](#_Toc3283520)

[3.3. Beschreibung Programablauf 4](#_Toc3283521)

[4. Testkonzept 4](#_Toc3283522)

[4.1 Gesamtsystem 4](#_Toc3283523)

[4.1. Teilsysteme 4](#_Toc3283524)

[5. Schlussfolgerung?? 4](#_Toc3283525)

# Übersicht

## Ausgangslage

Blablabla

## Projektziele

## Lieferobjekte

Die Lieferobjekte sind festgelegt in der unten aufgeführten Tabelle. Die Berichte werden per Mail an die Herren Dalessandro, Niklaus, Gaulocher und Buchschacher geschickt.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Datum: | Lieferobjekte |  |  |
| 28.02.2019 | KIS | | |
| 21.03.2019 | Pflichtenheft Version 1 | | |
| 28.03.2019 | Statusbericht 1 | | |
| 04.04.2019 | Pflichtenheft Endversion | | |
| 11.04.2019 | Zwischenpräsentation | | |
| 02.05.2019 | Disposition, Einleitung und Statusbericht 2 | | |
| 16.05.2019 | Statusbericht 3 | | |
| 13.06.2019 | Fachbericht und Präsentation | | |

# Theoretische Grundlagen

## Einleitung EMI Filter

Nahezu jedes elektrische Gerät besitzt ein Schaltnetzteil um die Netzspannung auf die benötigte Spannung zu regeln. Betrachtet man die Eingangsspannung ohne Netzfilter, wird man auf dem ganzen Frequenzspektrum, d.h. von Netzfrequenz bis zu mehreren MHz Störungen feststellen. Die Aufgabe vom EMI (elektromagnetische Interferenzen) Filter ist es, diese Störungen zu filtern, so dass keine anderen Geräte, gestört werden. Dabei muss jedes Schaltnetzteil sich an bestimmte Normen im Bereich EMV halten. Damit dieses eingesetzt werden darf.

## Aufbau EMI Filter

Ein EMI Filter für einphasige Geräte besteht nur aus wenigen Bauteilen. Zwei X-Kondensatoren, zwei Y-Kondensatoren, einer Drossel mit zwei Windungen, welche um einen Ferit Ring gewickelt sind und einem Widerstand. Diese Schaltung kann sehr kompakt verbaut werden, was in folgendem Filter von Schaffner sichtbar wird.

 

Abbildung: 1 Schaltung des FN 2020 Filters (Schaffner), sowie der Filter selbst

Die stromkompensierte Drossel (L), ist in der Lage, Gleichtaktstörungen (CM) zu filtern. Diese Störungen treten gleichzeitig auf beiden Leitungen auf.

Die Y-Kondensatoren, welche gegen Erde geschaltet sind, ebenfalls dazu da um CM-Störungen zu filtern. Diese müssen jedoch eine sehr hohe Überspannungsfestigkeit besitzen, um beispielsweise bei einem Blitzschlag, keinen Kurzschluss im Gehäuse zu verursachen.

Störungen zwischen den Zuleitungen, so genannte Gegentaktstörungen (DM) werden mit den X-Kondensatoren gedämpft. [1]

## Störungsarten

Die existierenden EMV Normen gelten für das Gesamtrauschen. Doch in der Praxis wird einfachheitshalber die Gesamtstörung in Gleichtaktrauschen, Comon Mode (CM) und Gegentaktrauschen, Direct Mode (DM) gesprochen.

 

Abbildung: 2 Stromzirkulation der Störungen im DM- und CM-Mode

## Definition Einfügungsverluste «Insertion loss»

Die Leistung eines EMI Filters wird mit den Einfügungsverluste in Abhängigkeit der Frequenz bestimmt. Diese Funktion lautet:

: Lastspannung gemessen ohne Filter mit einer Last von 50 Ω

: Lastspannung gemessen mit EMI Filter

 

Abbildung: 3 Lastspannung ohne Filter und Last mit EMI Filter

## Parasitäre Parameter

In der Realität verhalten sich die Bauteile eines EMI-Filters leider nicht genau so, wie wir es idealerweise annehmen. Jedes Bauteil hat aufgrund der physikalischen Gegebenheiten eine Ersatzschaltung mit den parasitären Parametern. Diese haben vor allem in den höheren Frequenzbereichen einen grossen Einfluss. Deshalb hat man für das Grundschema diese Parameter ergänzt.



Abbildung: 4 CM-Ersatzschaltung



Abbildung: 5 CM-Ersatzschaltung mit parasitären Parametern

## Vorgehensweise Berechnung Einfügungsverluste

Wir befassen uns zunächst mit der CM-Ersatzschaltung, da sich diese leichter vereinfachen lässt. Man nutzt die Symmetrie der Schaltung aus, indem man bei der CM-Schaltung die beiden Leiter mit derselben Störung zusammenfasst. Ausserdem lässt man die CX-Kondensatoren weg, da diese bei dieser Schaltung trivial sind. Die reduzierte Schaltung sieht nun schon wesentlich schlanker aus.



Abbildung: 6 Vereinfachte CM-Schaltung

Nun bestimmen wir die Gesamtimpedanz (Z1), sowie die Gesamtimpedanz (Z2).

Wobei ist und wir später die Impedanzen für ein Frequenzspektrum von 50Hz bis 30MHz berechnen werden.

Wir berechnen nun die Kettenmatrix (A1) für die Längsimpedanz (Z1) sowie (A2) für die Querimpedanz (Z2).

Für den S21-Parameter benötigen wir die Gesamtmatrix, diese berechnet man mit Hilfe der Kettenschaltung, in dem man die beiden Matrizen miteinander multipliziert.

Aus dieser Matrix können wir nun den S21 Parameter bestimmen, da die Bezugswiderstände Rw = R1 = R2 = 50Ω gleich gross sind, ergibt sich folgende Formel.

Nun können wir die Einfügungsdämpfung H in dB berechnen:

Diese Berechnungen haben wir in MATLAB realisiert und für verschiedene Frequenzen die Dämpfungen berechnet, dabei haben wir folgende Kurven bekommen. Der Code für die Berechnungen befindet sich im Anhang.



Abbildung: 7 Insertion Loos Kurve aus MATLAB

# Softwarekonzept

## GUI

## Softwarestruktur

## Beschreibung Programablauf

# Testkonzept

## Teilsysteme

# Schlussfolgerung

# Abbildungsverzeichnis

[Abbildung: 1 Schaltung des FN 2020 Filters (Schaffner), sowie der Filter selbst 4](#_Toc3651351)

[Abbildung: 2 Stromzirkulation der Störungen im DM- und CM-Mode 4](#_Toc3651352)

[Abbildung: 3 Lastspannung ohne Filter und Last mit EMI Filter 5](#_Toc3651353)

[Abbildung: 4 CM-Ersatzschaltung 5](#_Toc3651354)

[Abbildung: 5 CM-Ersatzschaltung mit parasitären Parametern 5](#_Toc3651355)

[Abbildung: 6 Vereinfachte CM-Schaltung 6](#_Toc3651356)

[Abbildung: 7 Insertion Loos Kurve aus MATLAB 7](#_Toc3651357)

# Literaturverzeichnis

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | „Schaffner,“ [Online]. Available: https://www.schaffner.com/products/emcemi/. [Zugriff am 14 März 2019]. |