



EMV Filter Design Theorie und Praxis

Tobias Hofer September 2016

HSI-AG

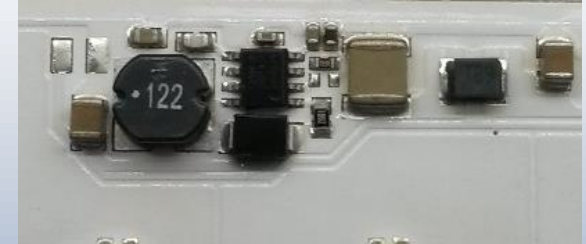
Blumeneggstrasse 50

9403 Goldach

www.hsi-ag.ch

Mail: tobias.hofer@hsi-ag.ch

- Die Firma HSi
- EMV Phänomen
- Grenzwerte und Anforderung
- Störungsarten
- Filterelemente
- Parasitäre Elemente der Filter Bauteile,
- Ersatzschaltbilder und Simulation
- Störungen in Wechselrichtern
- Störungen in einem Schaltnetzteil
- Simulation EMV Filter, Resonanz EMV Filter



- Entwicklungsteam von 6 Personen
- Outsourcing Partner im Bereich Elektronik-Entwicklung und Produktion
- Lösungen im Bereich LED Beleuchtung und Vorschaltgeräte / Treiber und Leiterplatten
- «Smart Light» Produkte für das LED Lichtmanagement, Bluetooth 4.0, Funk, DALI
- **EMV Consulting im Bereich Elektronik und Geräte**

Zusammenarbeit mit der Firma Electrosuisse

Ist EMV Schwarze Magie?

Zugrunde liegende Mechanismen:

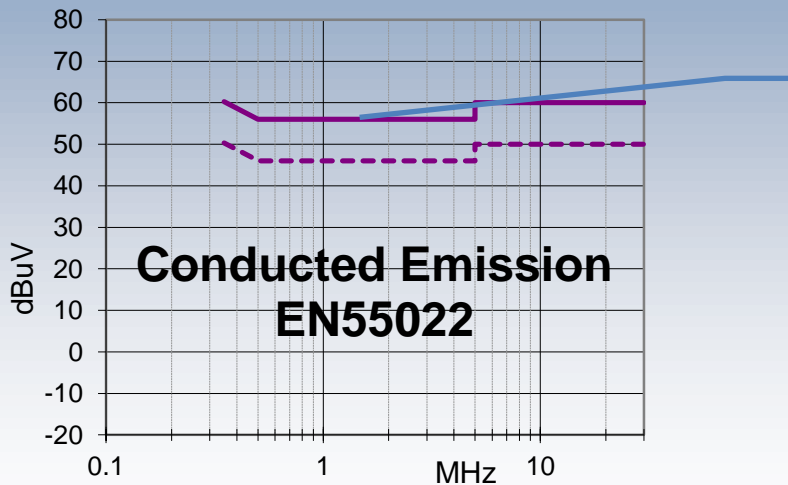
$$e = M * \frac{di}{dt}$$

$$i = C * \frac{dU}{dt}$$

Erfolg durch analysieren der Vorgänge

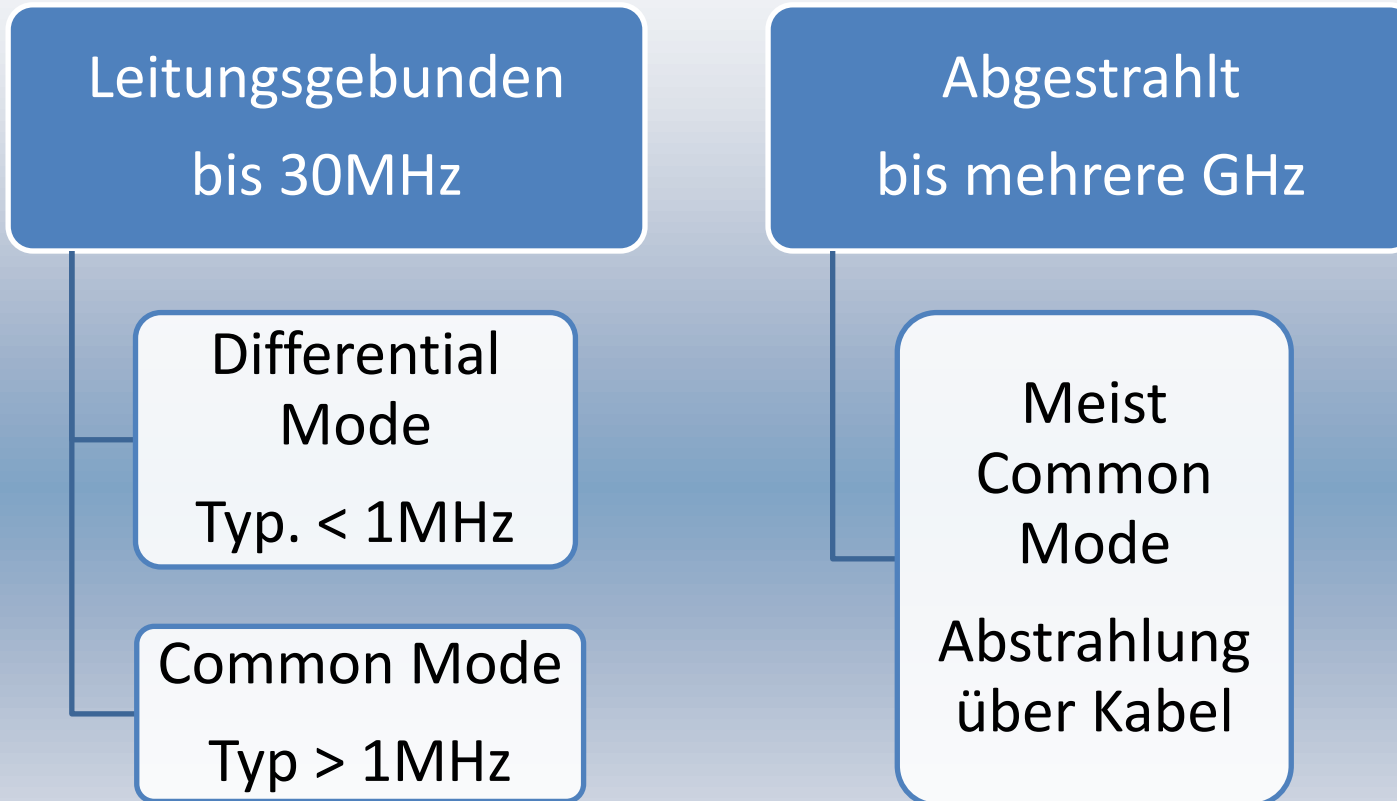
- Höhere Wirkungsgrade
- Kleinere Volumen
- Höhere Schaltfrequenzen und Anstiegszeiten

Anforderungen zum Einhalten der Grenzwerte sind sehr hoch:



Gegeben: 1MHz max. 56dBuV an 50Ω

$$P = \frac{U^2}{R} = 8\text{nW}$$

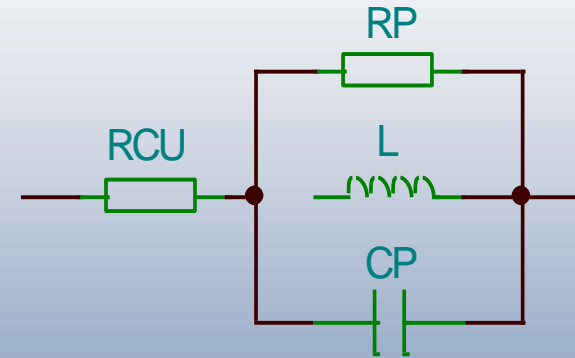


- Unterscheidung zwischen CMM u. DM Störungen
- Zur «Bekämpfung» unterschiedliche Strategien anwenden

- EMV Drossel ist zentrales Element
- > Es ist sehr einfach eine ungeeignete Drossel zu wählen.
- Unterschiedliche Anforderung an die Drossel wie z.B. Frequenzbereich, Verluste (Güte)
- Betrachtung der Parameter, Ersatzschaltbild und Simulation zur effektiveren Auslegung sind fast unerlässlich

Drossel Ersatzschaltbild

- RCU: Kupferwiderstand
- RP: Kernverluste
- CP: Wicklungskapazität
- L: Induktivität

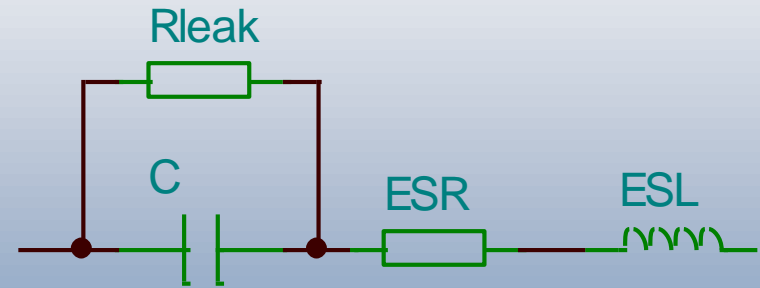


- Wicklungskapazität sollte möglichst gering sein für einen Breitbandigen Einsatz
- Induktivität möglichst hoch
- Kernverluste möglichst hoch (Speicherdrossel für z.B. PFC möglichst gering)
- Kupferwiderstand möglichst gering

Die Anforderungen ergänzen sich nicht. Die Auslegung ist immer ein Kompromiss.

Kondensator Ersatzschaltbild

- R_{leak} : Isolation
- C : Kapazität
- ESR: Verlustwiderstand
- ESL: Serie-Induktivität



- Kapazität möglichst hoch
- Induktivität möglichst gering
- Verluste möglichst gering
- Grösse ESR hat einen Einfluss z.B. in der Auslegung von Reglern (zusätzliche Dämpfung)

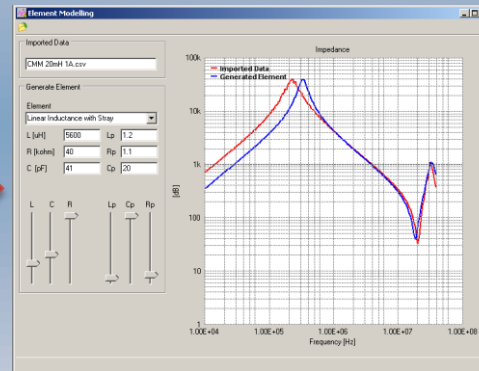
Ersatzschaltbild

1. Messung des Impedanz Verlaufes der Filterelemente mit einem Netzwerk-Analyzer. Alle parasitären Effekte werden berücksichtigt!
2. Erstellen des Ersatzschaltbildes

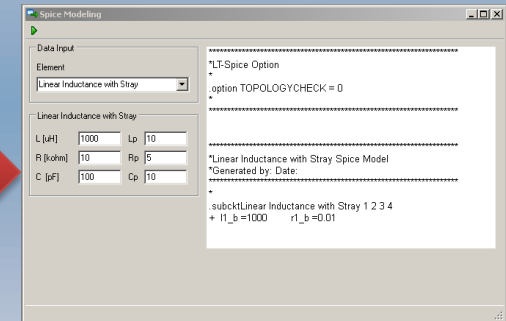
Ausmessen



Element Modeling



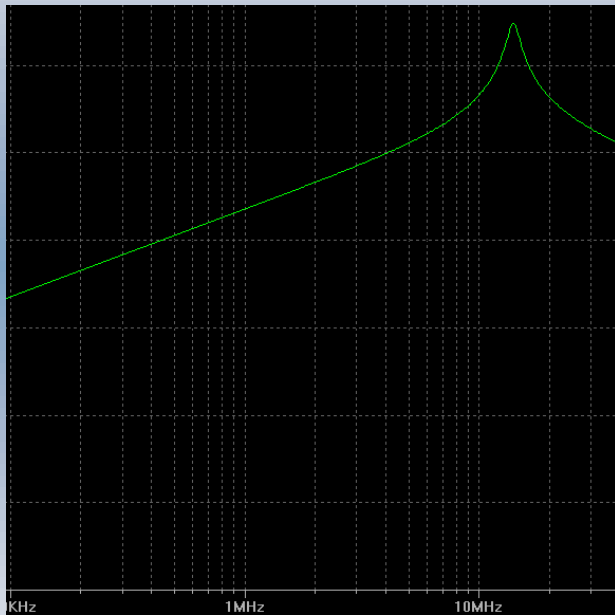
Spice Model erstellen



3. Durchführen an einem Beispiel ist sicherlich interessanter!

Kapazitive Drosseln und Induktive Kondensatoren

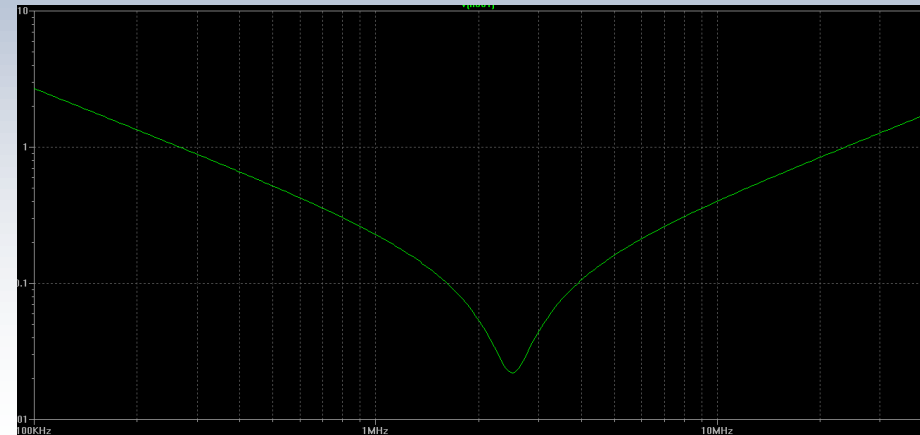
6.8mH CMM Drossel (MnZn)



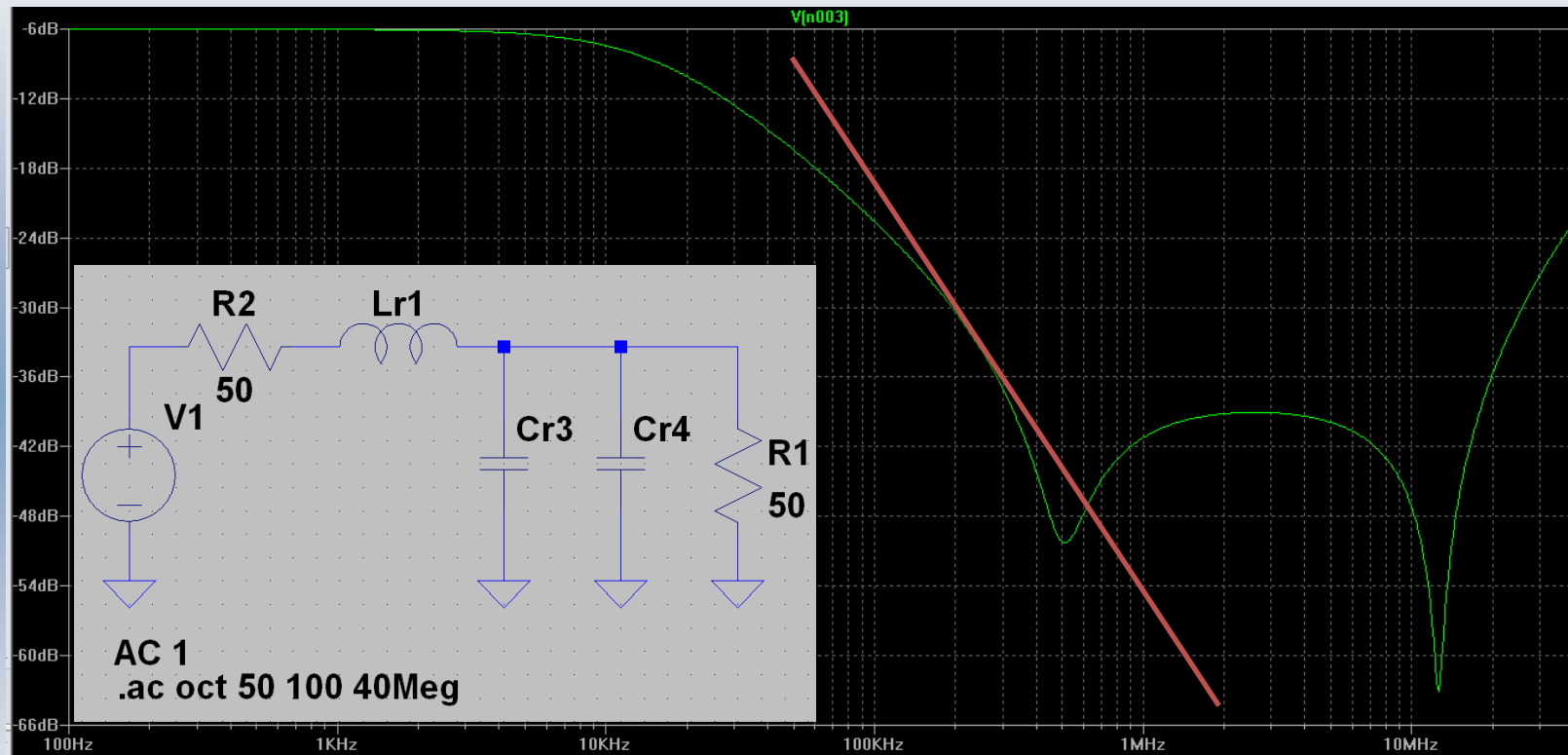
4n7 Y-Kondensator (Keramik. THT)



680nF X-Kondensator (Folie)



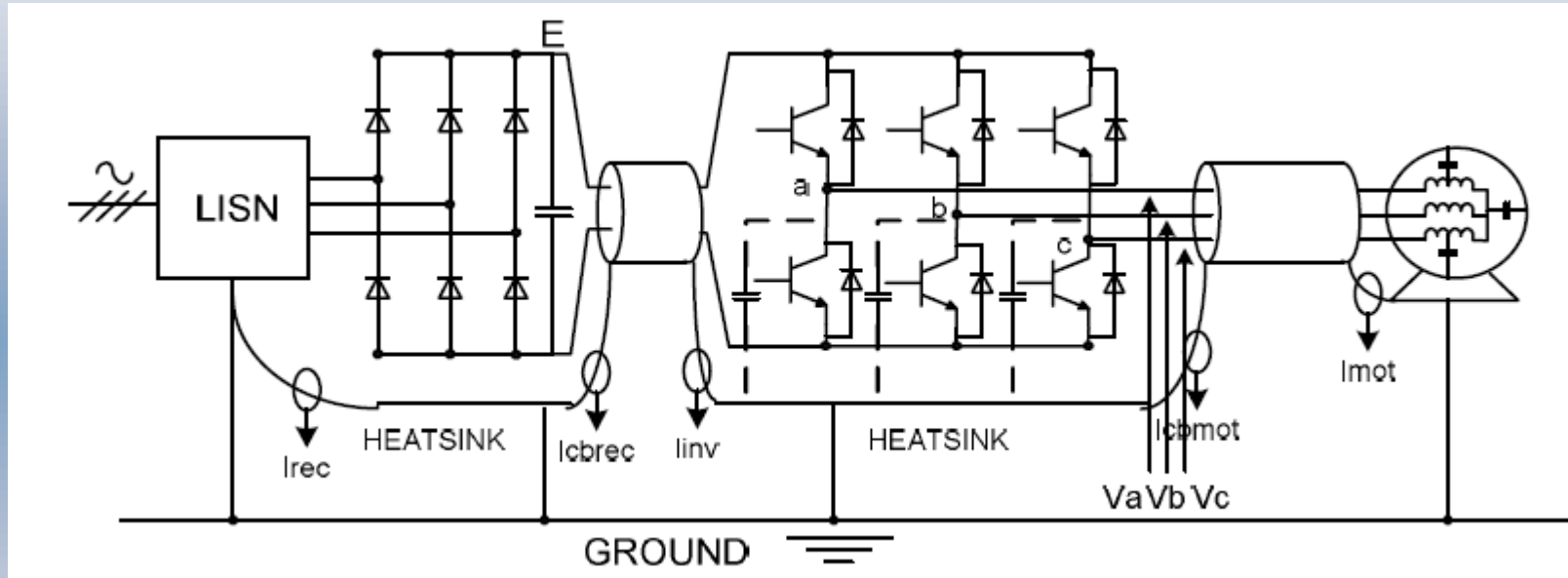
Simulation CMM Filter mit Realen Bauteilen



- Ideales Filter 40dB / Dekade
- Noch nicht berücksichtigt sind weitere Parasitäre externe Effekte wie Einkopplungen etc.

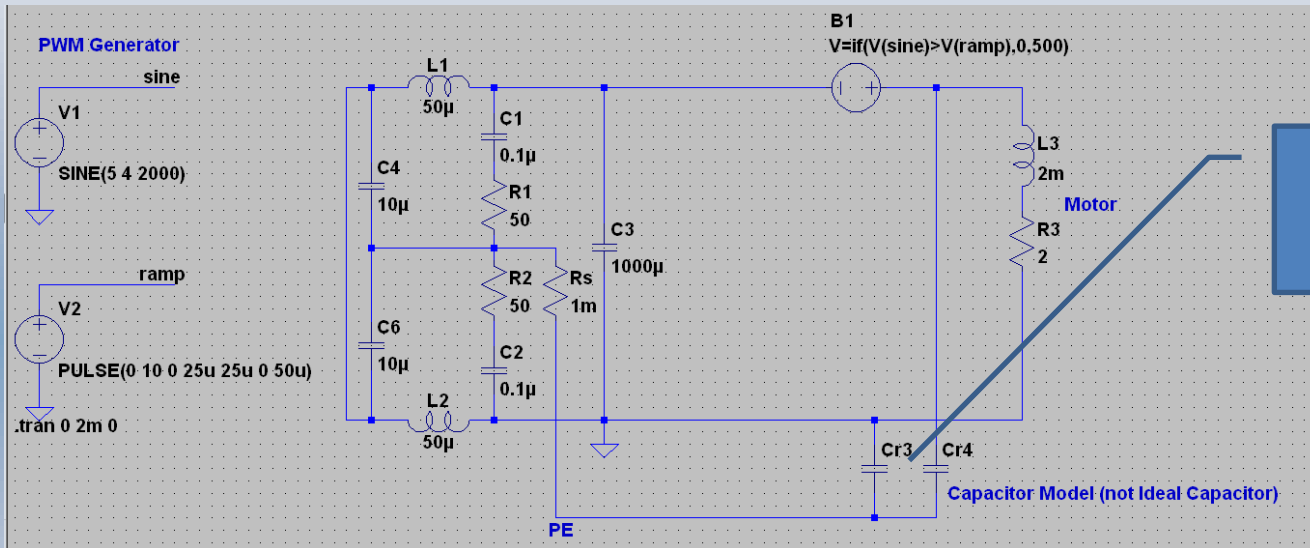
Störungen von PWM Invertern

Entstehung von CMM Mode Störungen in Motoransteuerungen

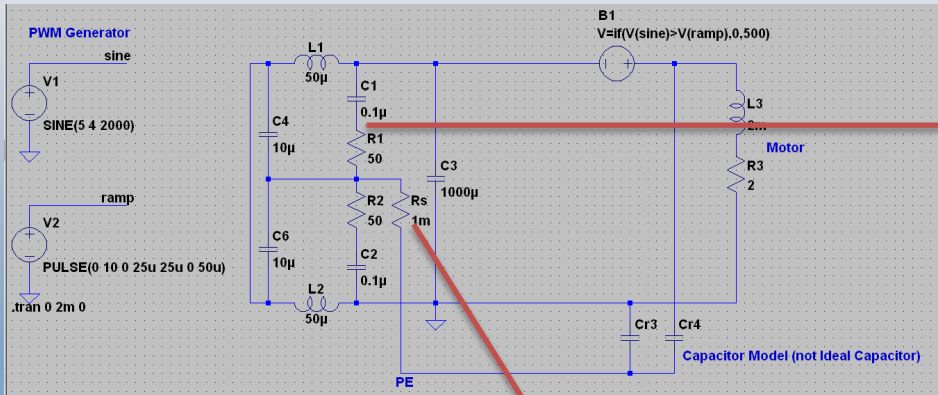


Quelle Bild: C.Jettanasen, Minimization of Common-Mode Conducted Noise in PWM Inverter-fed AC Motor Drive Systems using Optimized Passive EMI Filter

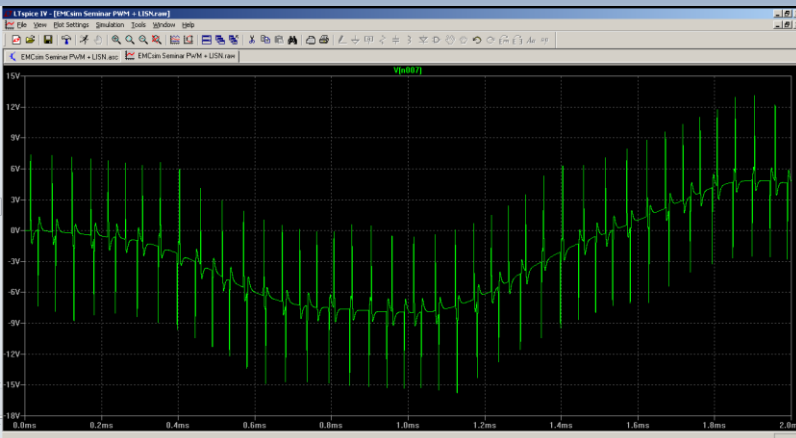
Einfaches Simulationsmodell zur Erklärung und Analyse



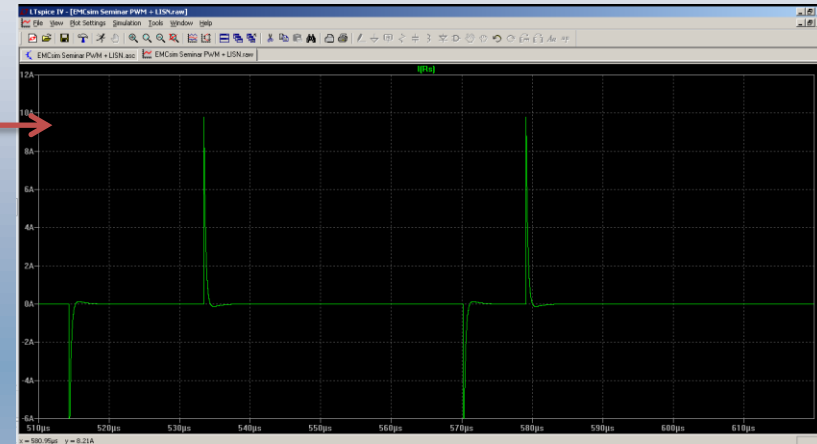
Simulationsergebnisse



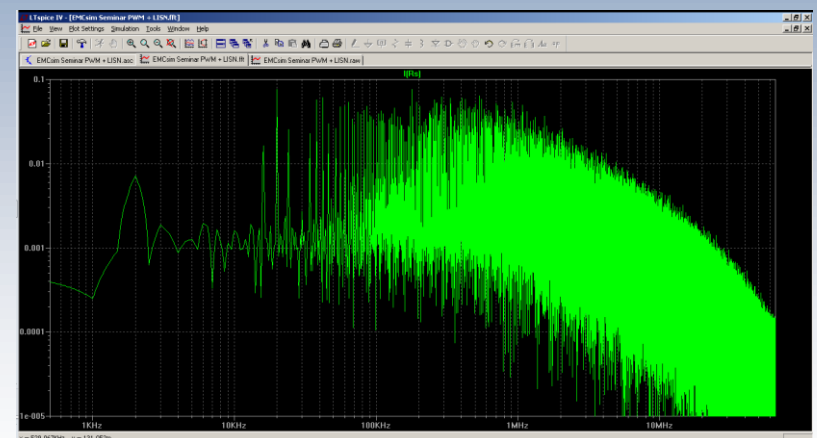
CMM Störspannung an LISN



Ableitstrom / CMM Störstrom

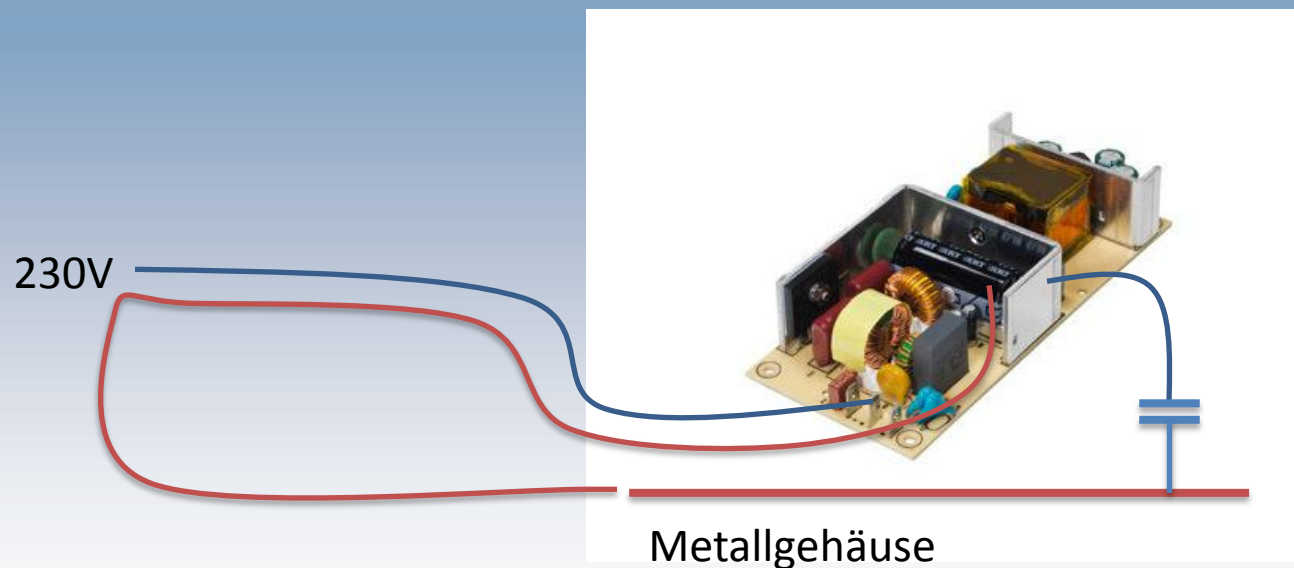


Störspektrum / FFT



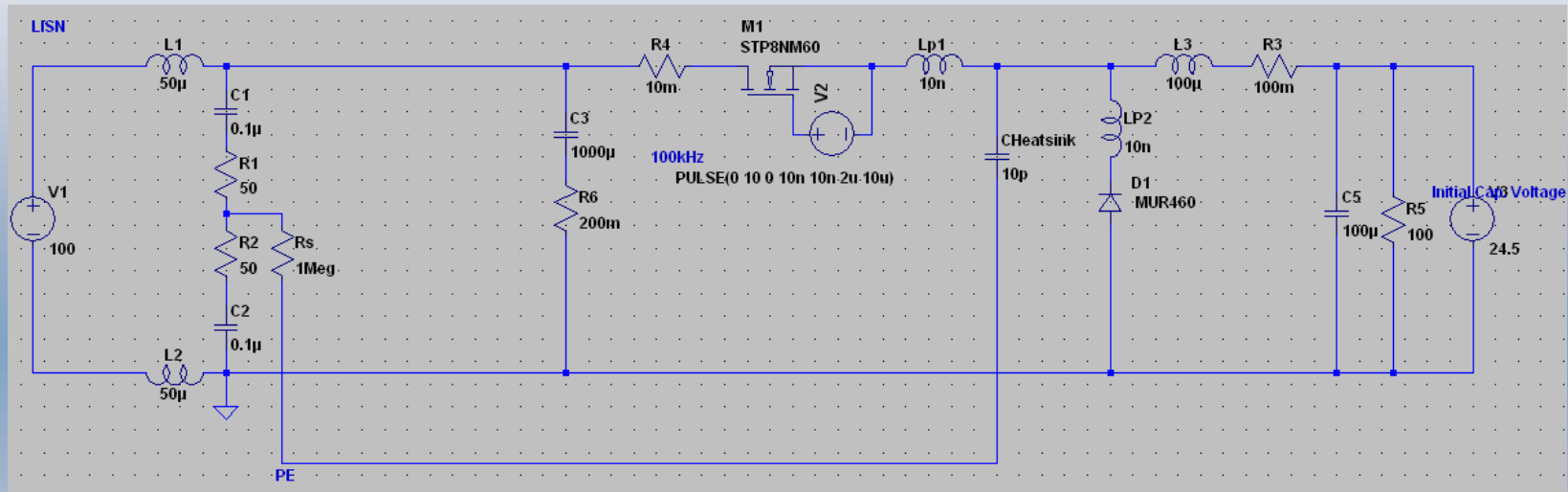
Entstehung von CMM Mode Störungen in einem Schaltnetzteil

- Meist kapazitiver Störstrom der über einen Umweg zur Quelle zurückgelangt
- CMM Störquelle ist MOSFET
- Anwender hat einen Einfluss auf den Störpfad (CMM)



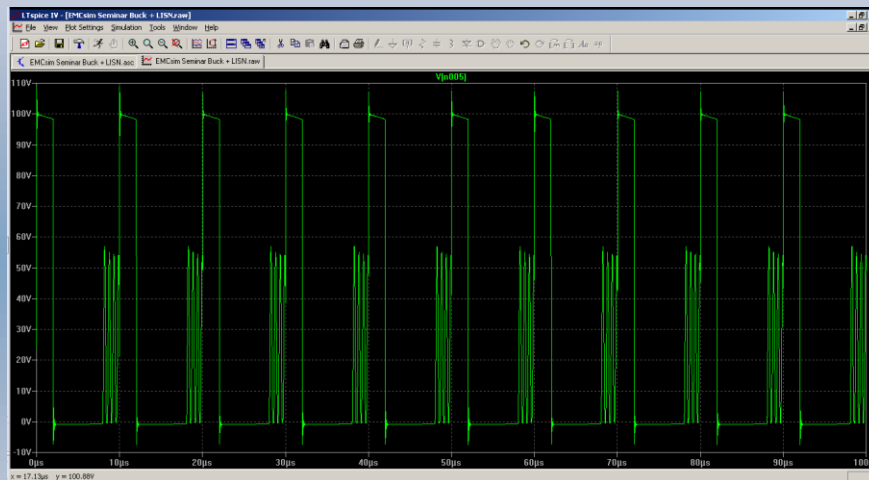
Simulationsmodell Buck

Einfaches Simulationsmodell zur Analyse

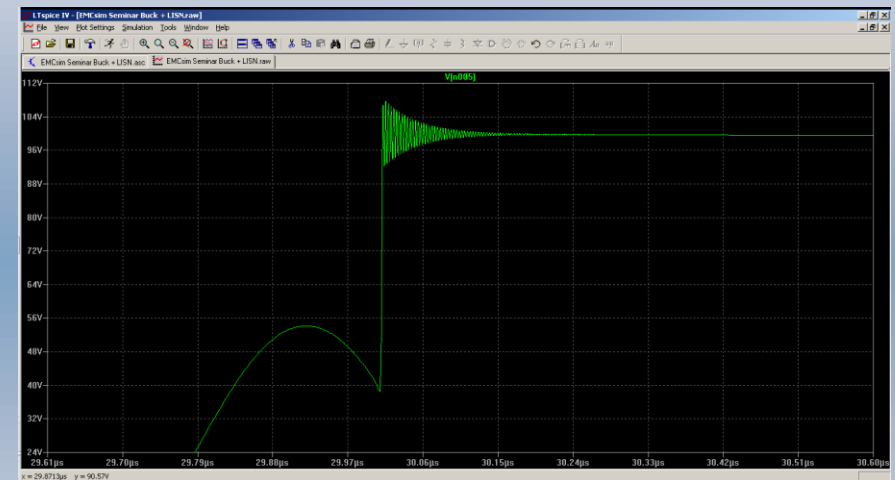


Buck Konverter im lückenden Betrieb

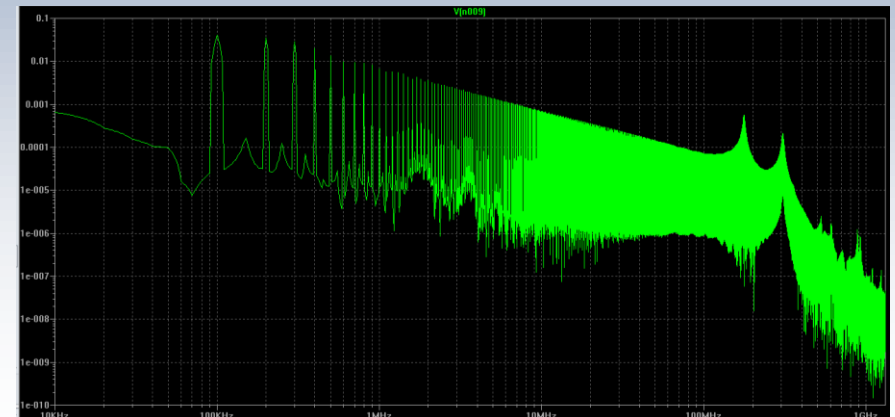
Drain Spannung



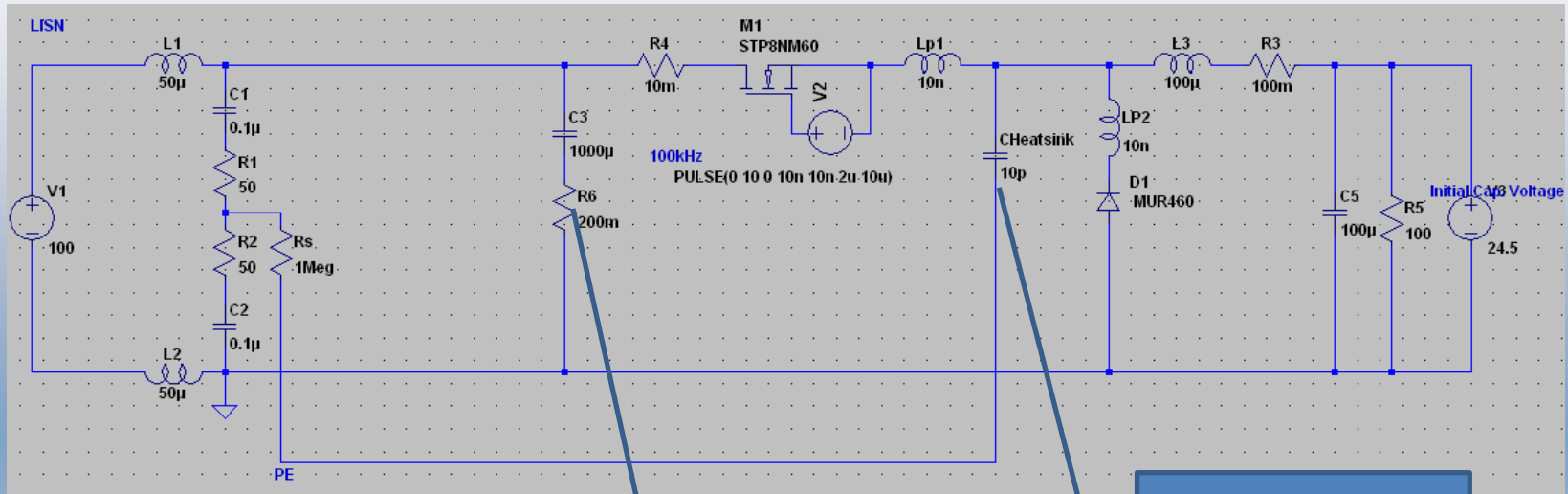
Drain Spannung ZOOM



Die Überschwinger der Drain-Spannung hervorgerufen durch parasitäre Induktivitäten und Kapazitäten sind der Grund für hochfrequente Störungen.



CMM + DM Störung



Differential
Mode Störung

Common Mode
Störung

- Störgrößen sind bekannt
- Simulationsmodelle der Bauteile sind vorhanden
- Simulation vom Filter. Resonanzen werden erkannt
- Berücksichtigung der Impedanz Verhältnisse

Simulation an einem Beispiel veranschaulicht das besser.

- Erfolgreiche EMV Bekämpfung erfordert ein Verständnis der Störgrößen
- Dominante Frequenzbereiche der Störgrößen ermitteln
- Parasitäre Effekte der Filterelemente müssen berücksichtigt werden
- Software Tools zur effektiveren Filterauslegung können benutzt werden

- Analyse und ein strukturiertes Vorgehen beschleunigt die Entwicklungszeit und senkt die Kosten der Lösung

- EMV ist nicht immer «schwarze Magie», die Auswirkungen können aber komplex sein.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

HSI-AG
Blumeneggstrasse 50
9403 Goldach
www.hsi-ag.ch
Mail: tobias.hofer@hsi-ag.ch