

Načrtovanje EMI filtrov za zmanjšanje
prevodnih emisij integriranih
elektromotorskih pogonov

dr. Gregor Ergaver, Kristjan Saksida, Iris Soban, Tamara
Frankovič | MAHLE Electric Drives Slovenija d.o.o. |
21.3.2023

**WE SHAPE
FUTURE
MOBILITY**



MAHLE

MAHLE – Globalno uspešen in zanesljiv partner



12

razvojnih lokacij



71,300

zaposlenih



5,100+

razvojnikov



TOP 20

dobavitelj v svetovni
avtomobilski industriji



EUR 10.9 milijard

prodaja 2021

Naši mejniki



Ustanovitev podjetja
Iska Avtoelektrika d.d



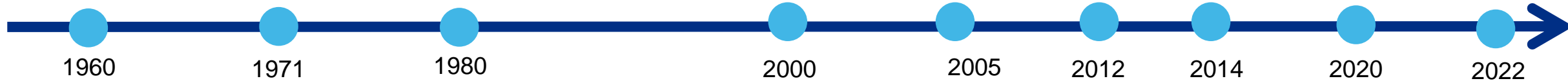
Licenca za proizvodnjo
AAG alternatorja za
potrebe Jugoslovanske
avtomobilske industrije



Preimenovanje
podjetja v Letrika
d.d.



Podjetje MAHLE
prevzame podjetje
Letrika d.d.



Začetek prve
družine DC
motorjev (BOSCH
licenca)



QS-9000 certifikat za
proizvodnjo EHPS sistemov
(električno hidravlični
krmilni sistemi)



Ustanovitev mehatronike in
pridobitev ISO/TS 16949 certifikata
za proizvodnjo EPS motorjev in
niskonapetostnih pogonskih
sistemov za električna vozila



Začetek serijske
proizvodnje
pogonskih
motorjev za
avtomobilsko
industrijo in
pogonski motor
X20 za ekolo.

Razvojni center v Sloveniji

- **Razvojni center v Šempetru pri Gorici**

- Pisarne / 1.500 m²
- Preskuševalnice / 2.210 m²
- Prototipne delavnice / 1.410 m²
- Število razvojnikov / 233

- **Razvojna pisarna v Mariboru / 225 m² / 18 razvojnikov**

- **Razvojna pisarna v Ljubljani / 870 m² / 68 razvojnikov**

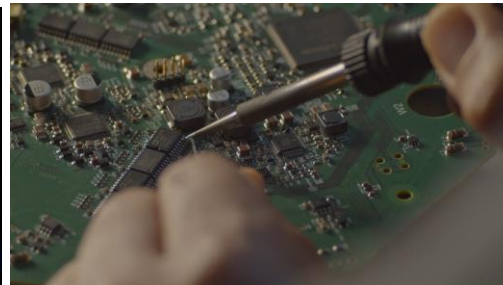
- **Razvojne skupine: Pisarne / 1.500 m²**

- **Avtomobilski program**

- Aktuatorji
- EPS motorji
- Električne vodne in oljne črpalke
- HVAC motorji
- Motorji za e-zavore, e-sklopke in e-kompresorje

- **Industrijski program**

- Električni pogonski sistemi Integrated electric drive systems
- Alternatorji in zaganjalniki
- Krmilniki za pogone



Avtomobilski pogonski sistemi

400V POGONSKI MOTORJI



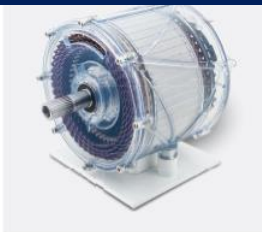
- 400V pogonski motor za osebna vozila
- Kompakten 170kW pogonski motor s samo 21 kg mase
- Maksimalna hitrost motorja 21.000 rpm

48V 40kW POGONSKI SISTEM



- Kompaktni 40kW pogonski sistem na 48V
- Integriran inverter z avtomobilski funkcionalno varnostjo
- Idealna rešitev za nizkonapetostno hibridizacijo komercialnih vozil in traktorjev

800V POGONSKI MOTORJI



- Brezkrtačni električni motor za e-kompresorje za električna vozila
- Uporabljen za klimatizacijo kabine vozila, hlajenje baterij, pogonskega motorja in ostalih komponent

BREZKONTAKTNI ODDAJNIKI



- Rešitev za sinhrono motorje brez trajnih magnetov in brez krtačk
- Visoko učinkoviti oddajnik in motor

400V STATOR IN ROTOR ZA POGONE



- Stator in rotor za 400V150kW AC motorje
- Visoko učinkoviti AC motorji z visokim fill faktorjem in majhno režo med rotorjem in statorjem



Industrijski pogonski sistemi

NIZKONAPETOSTNI POGONSKI SISTEMI ZA 2 / 3 / 4 KOLESNIKE



- Visoko učinkoviti, z nizkim hrupom, elektromagnetno združljivi, robustni
- Razviti za delovanje v različnih električnih vozilih, posebno za manjša električna vozila
- Območje moči od 1 kW do 18 kW pri 24 V do 126 V

POGONSKI MOTOR ZA E-KOLESA



- Ultralahek X20 pogonski sistem
- Visoko razmerje moč/masa
- Naraven občutek pedala, kot bi poganjal običajno športno kolo

POGONSKI SISTEMI ZA ROKOVANJE Z BLAGOM



- Visoko učinkoviti pogonski sistemi
- AC motorji in krmilniki do 96 V
- DC in AC motorji za hidravlične črpalke

ZAGANJALNIKI



- Zaganjalnik s planetarnim reduktorjem s serijskim DC motorjem
- Za 20 literske dizelske motorje

ALTERNATORJI



- Trifazni (zračno hlajeni) kreppljati polni generatorji
- Napetostni regulator izveden z uporabo namenskega SOC intergiranege vezja
- Nove tehnologije navijanja (navite tuljave ali hairpin tehnologija)



Pomožni sistemi in akuatorji

EPS MOTORJI



- Električni motorji za pomoč pri krmiljenju
- Modularni concept, ki pokriva različne aplikacije z zahtevo po nizkih cogging navorih

AKTUATORJI



- Nadzor polnilnega tlaka pri turbopolnilnikih WG in VTG, kolektorjih za dovod zraka, prestavni ročici za električna vozila

MOTORJI ZA VENTILATORJE ZA HLAJENJE MOTORJEV



- Modularni concept z integriranim krmilnikom za območje moči od 350 W – 650 W.

ČRPALKE HLADILNE TEKOČINE



- 12 V do 450 W, 48 V do 1000 W
- Patentiran rotor z veliko gostoto moči
- Majhen celoten paket in lahek dizajn

MOTORJI ZA E-KOMPRESORJE



- Brezkrtični električni motor za e-kompresorje za električna vozila
- Uporabljen za klimatizacijo kabine vozila, hlajenje baterij, pogonskega motorja in ostalih komponent

HVAC MOTORJI ZA VENTILATORJE



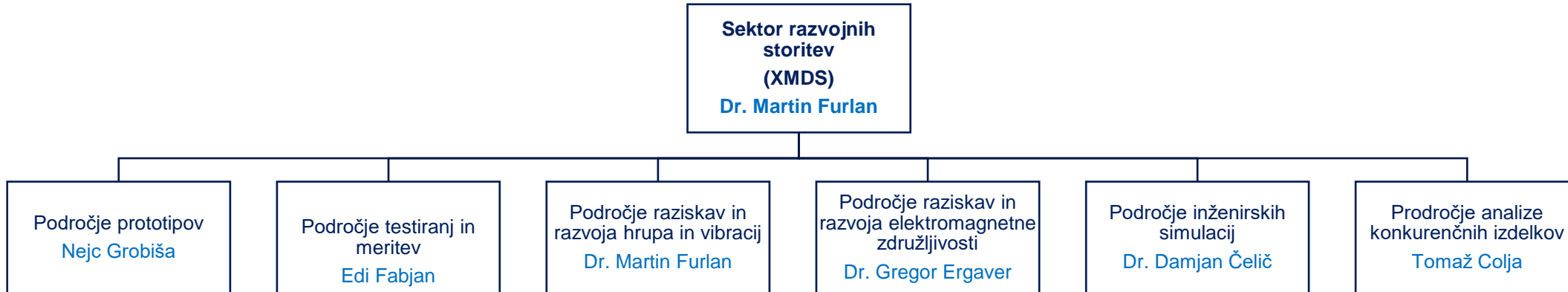
- Brezkrtični motor ventilatorjev za gretje, prezračevanje in klimatizacijo kabine
- Integriran krmilnik z nizkimi emisijami EMC



Sektor razvojnih storitev

- Podpora razvojnim skupinam pri razvoju, analizi in preskušanju izdelkov
- Izdelava prototipnih izdelkov in sledenje najnovejšim tehnologijam izdelav prototipov
- Raziskave in razvoj najnovejših metod za analizo, simulacije in preskušanje izdelkov
- Sodelovanje z razvojnimi skupinami pri analizi in odpravi neskladnosti izdelkov

Sektor razvojnih storitev



Ključni podatki:

- Število zaposlenih (1.2.2023): **92**
- Investicije v opremo: **nekaj M€ letno**
- Površina laboratorijev: **5900 m²**

Področje RR EMZ

Ključni podatki:

Osebj: 4

Prostori: 3

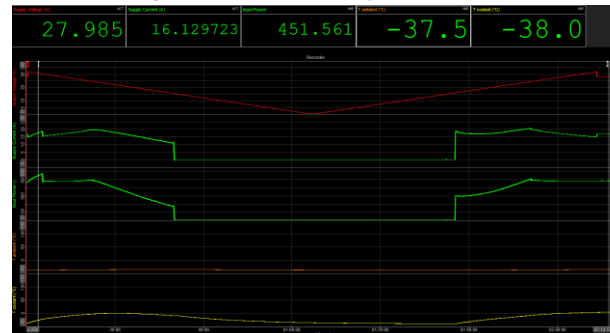
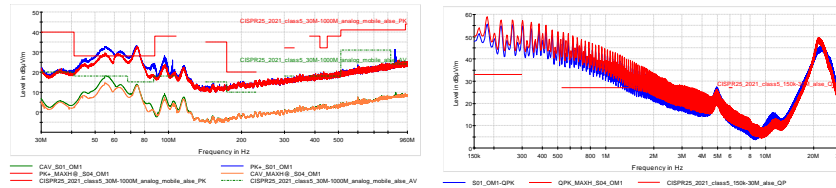
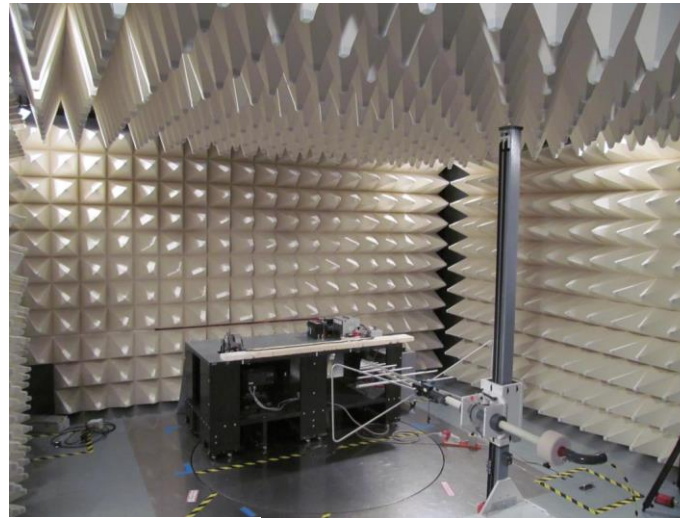
Oprema: skoraj 300 kosov različne opreme

Nabavna vrednost: okrog €2M

Preskušanje: akreditirano po 17 standardih

Dejavnosti:

- Spremljanje dosežkov temeljnih raziskav s področja elektromagnetne združljivosti.
- Izvajanje raziskovalnih projektov s področja elektromagnetne združljivosti.
- Načrtovanje in uvajanje orodij in metod za virtualna vrednotenja izdelkov.
- Projektiranje, načrtovanje in izvajanje preskusov s področja elektromagnetne združljivosti izdelkov.
- Podpora ostalim razvojnim skupinam pri načrtovanju novih elektromagnetno združljivih izdelkov.
- Planiranje in načrtovanje nove merilno preskusne opreme.



Načrtovanje EMI filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij integriranih elektromotorskih pogonov

Vsebina

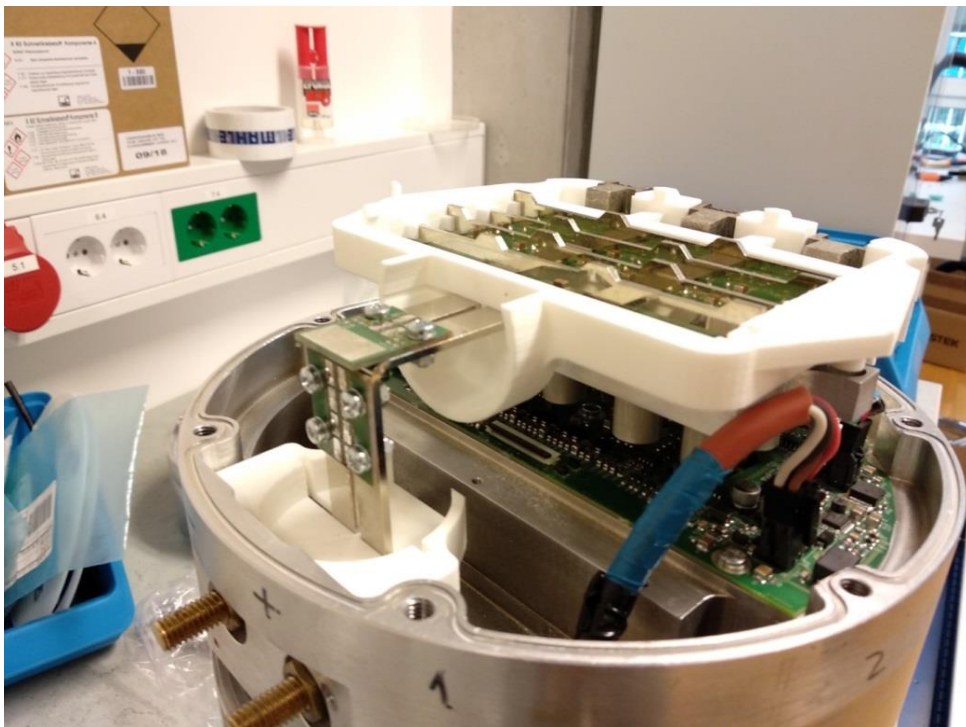
Glavne točke

- Pregled EMC zahtev
- Prevodne emisije stikalnih pretvornikov (merilna postavitve, gradniki, merilna veriga)
- Protifazne in sofazne emisije definicija, prenosne poti
- Simulacije
- Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

UVOD

Integriran elektromotorski pogon

- MAHLE AMP6101 48V 11.2 kW



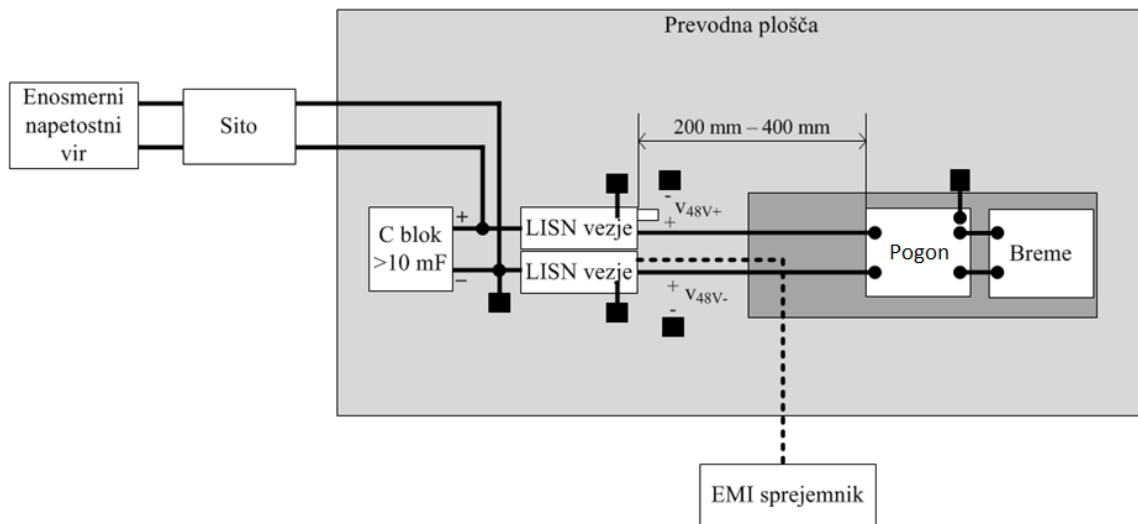
Prednosti in načrtovalski izzivi

- Prednost integriranega sistema:
 - Nižja cena, večja kompaktnost in učinkovitost
- Načrtovanje elektronskega podsistema:
 - Pretvornik in motor sta nerazdružljiva (medsebojni vplivi)
 - Zahtevnejša EMI obravnava (simulacije)
- Doseganje zahtev CISPR 25, ISO 11452, SAE J551
 - **Ne gre brez filtrirnih elementov**
 - Tudi do 30% velikosti celotnega pretvornika, cena

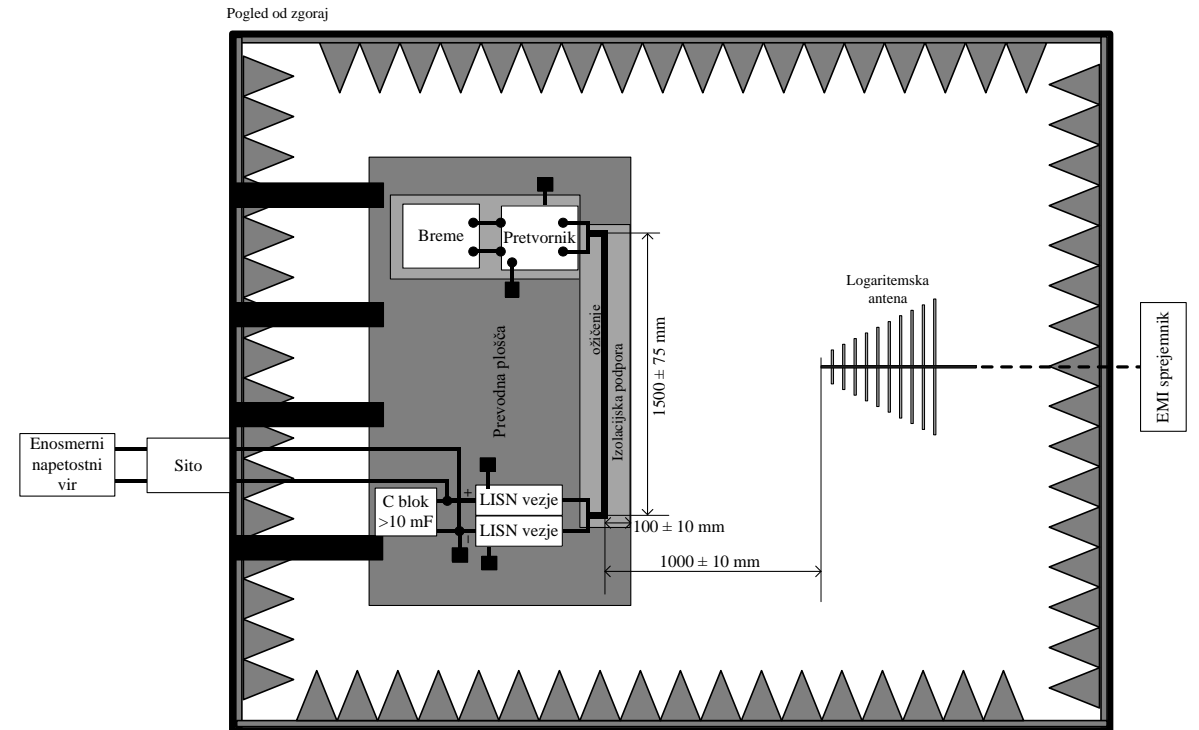


EMC zahteve / Zahteve po nizkih elektromagnetnih emisijah

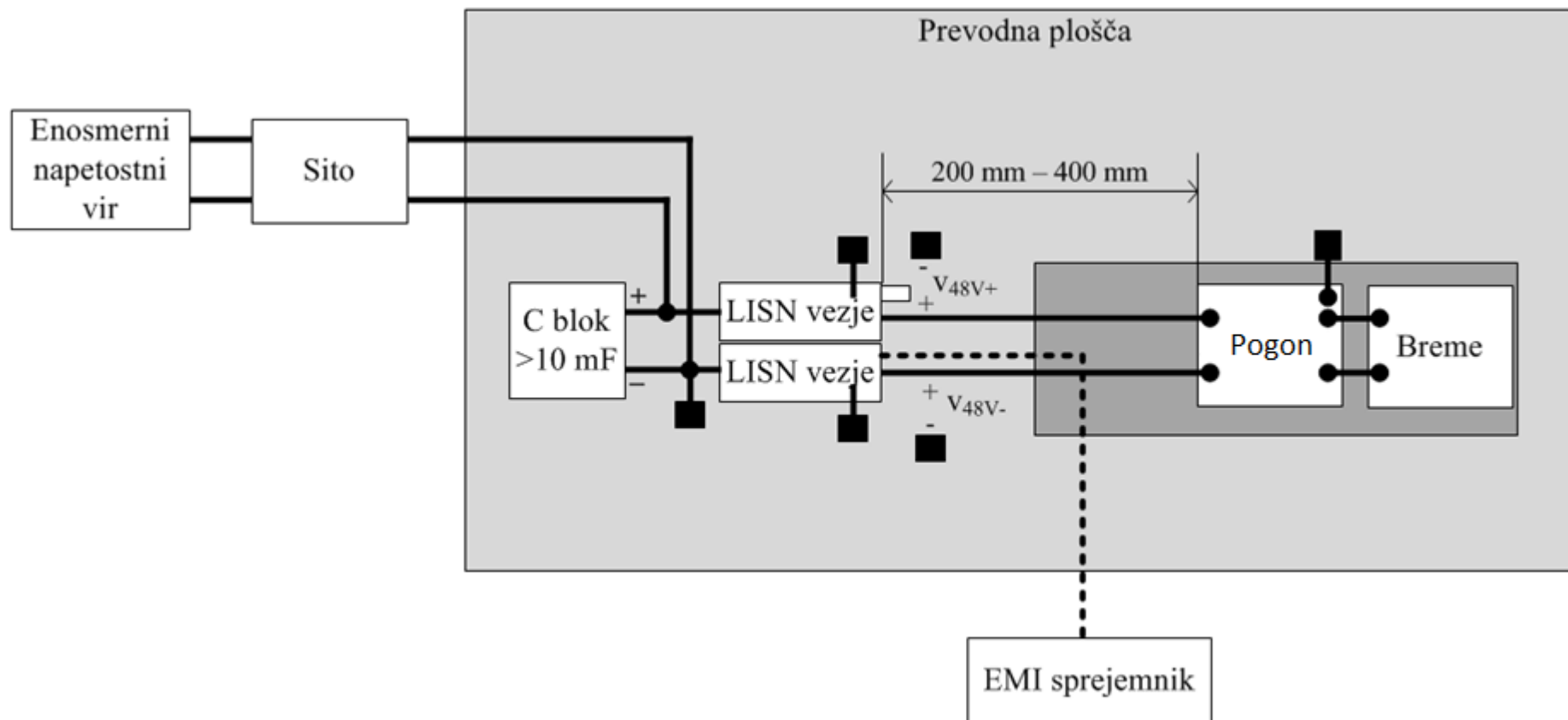
Prevodne emisije – napetost napajalnih vodnikov



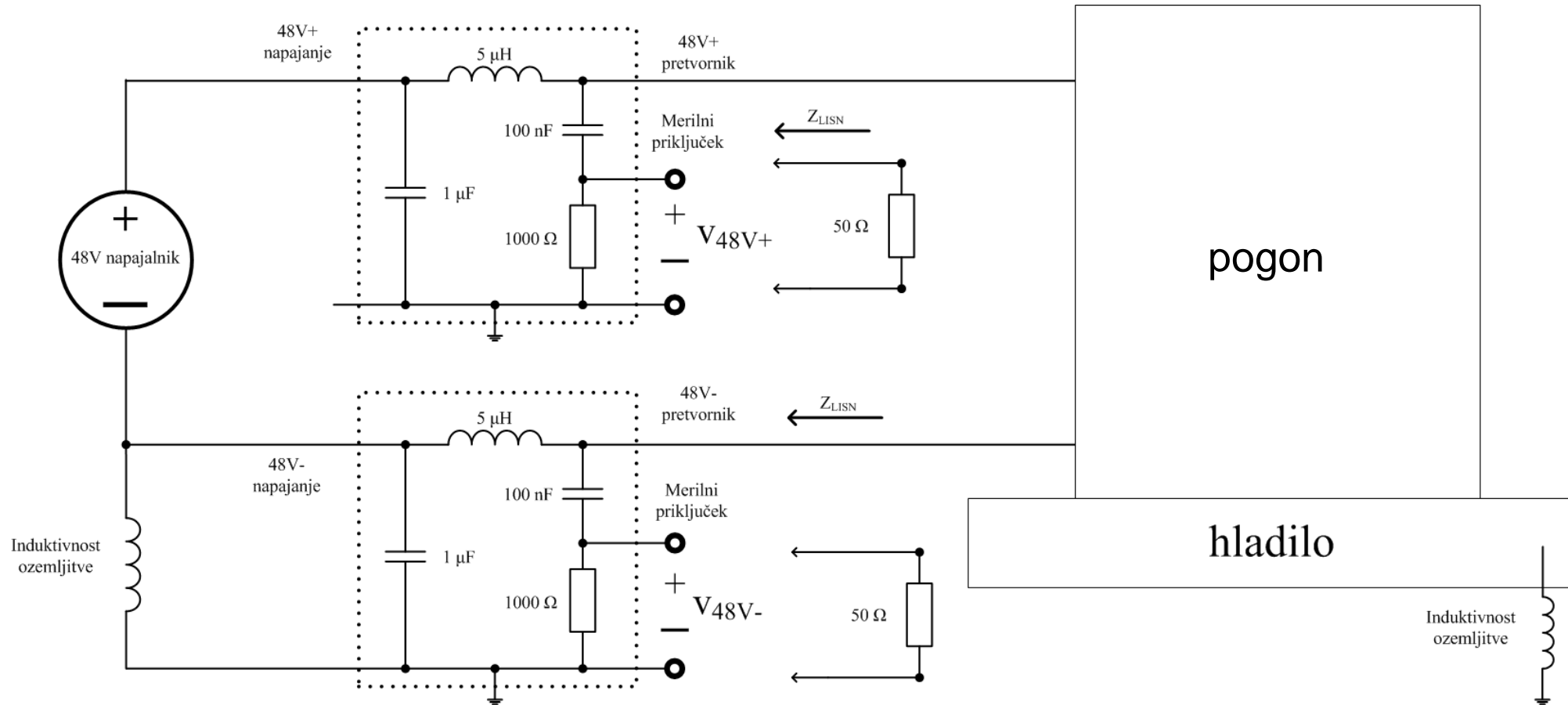
Sevalne emisije – napetost na anteni



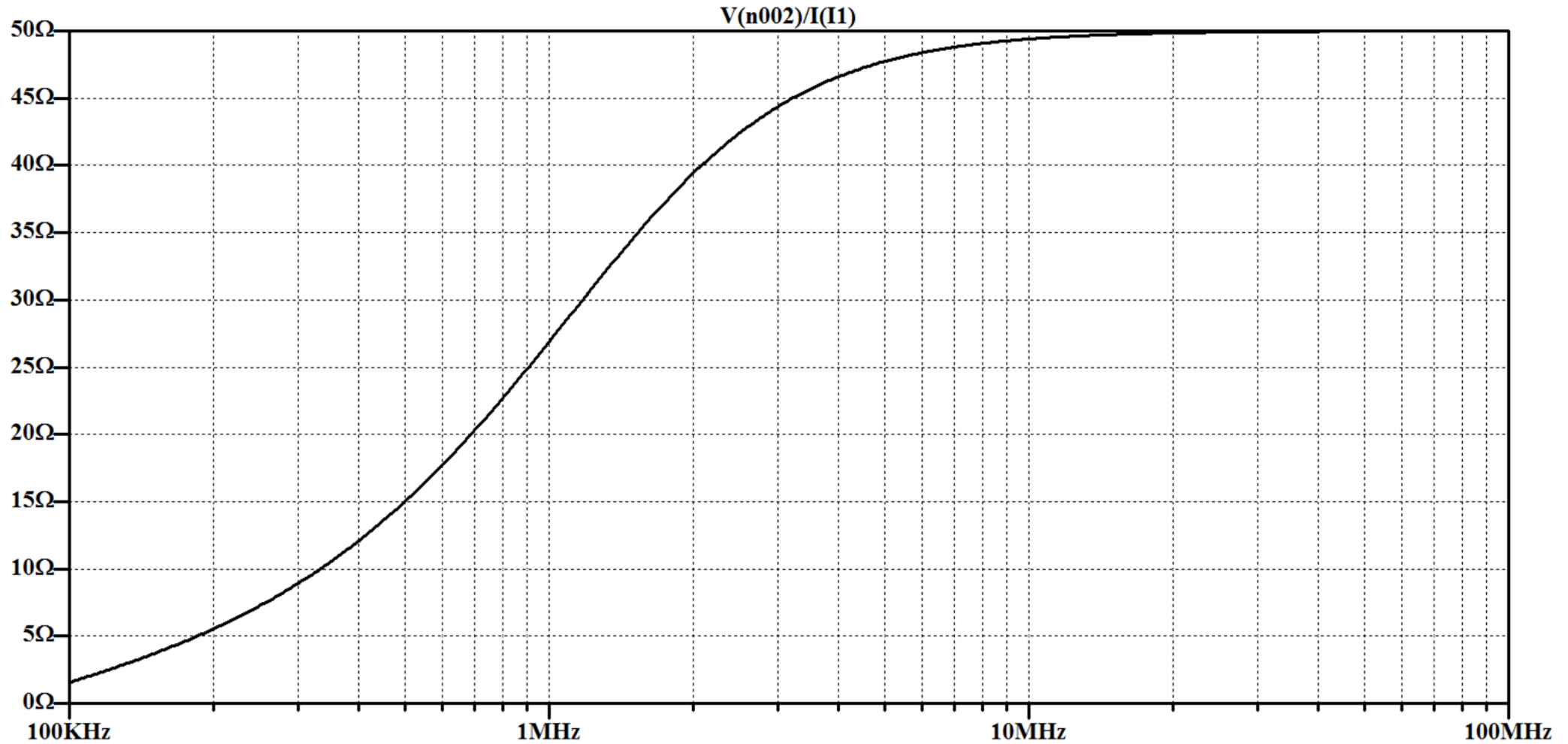
Prevodne emisije / merilna postavitve



Prevodne emisije / Model merilne postavitve



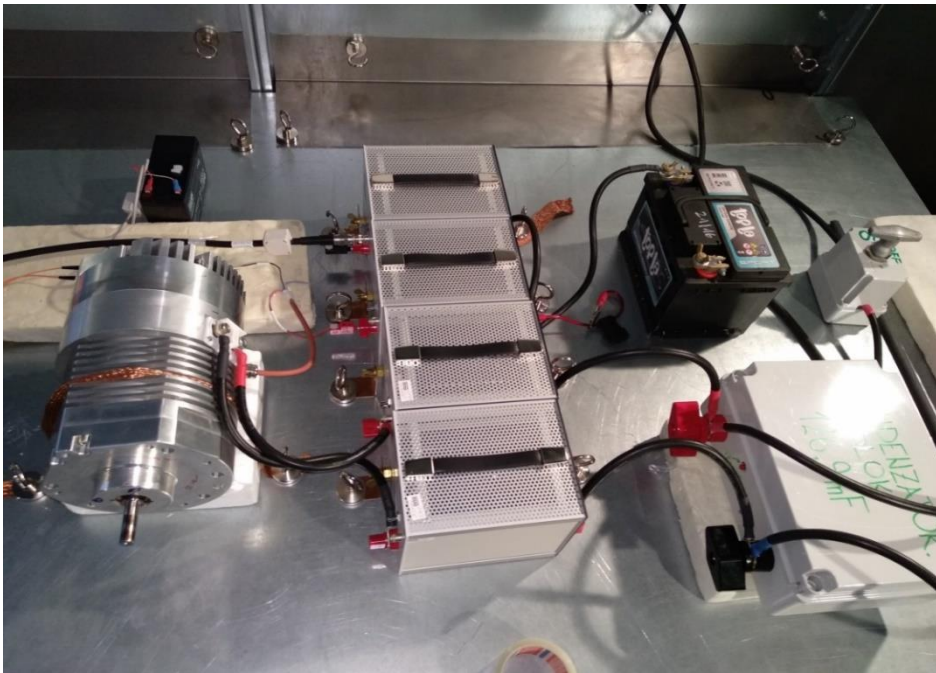
Impedanca idealnega LISN vezja / definirano v standardu



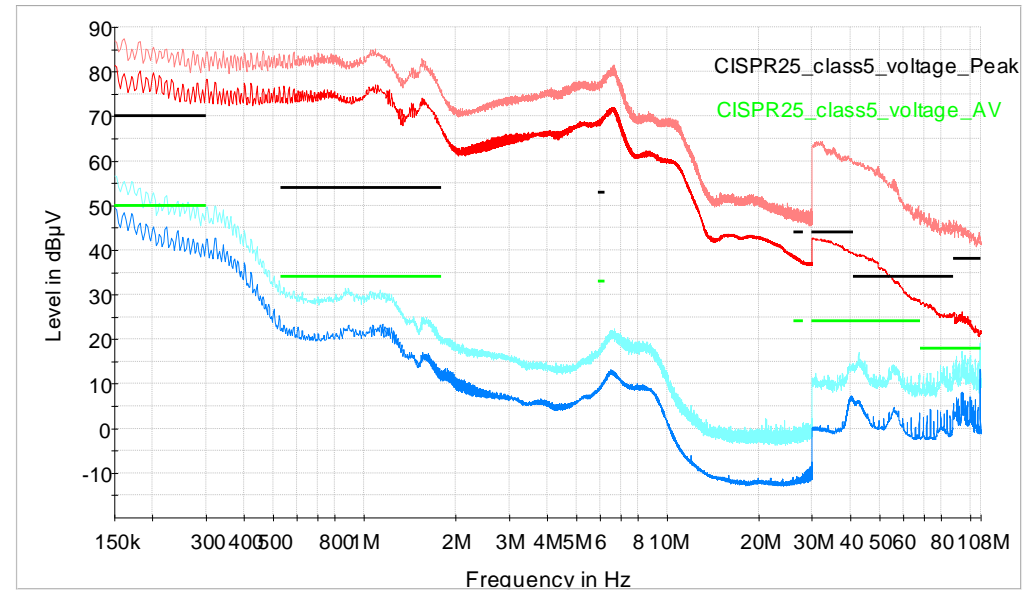
Cilj in primer meritev

Cilj

- Doseči CISPR25 razred 5 mej prevodnih in sevalnih emisij
 - Ključne so simulacije zato da imamo podlago za načrtovanje filtra že v sami fazi razvoja izdelka



Primer meritev po CISPR 25



- | | |
|--|--|
| — AVG_MAXH +48V no filter | — PK+_MAXH +48V no filter |
| — PK+_MAXH +48V Final filtering solution nr. 6 | — AVG_MAXH +48V Final filtering solution nr. 6 |
| — CISPR25_class5_voltage_Peak | — CISPR25_class5_voltage_AV |

- Rdeča barva – meritev brez filtra
- Modra barva – meritev s filtrom

Prevodne motnje integriranega elektromotorskega pogona

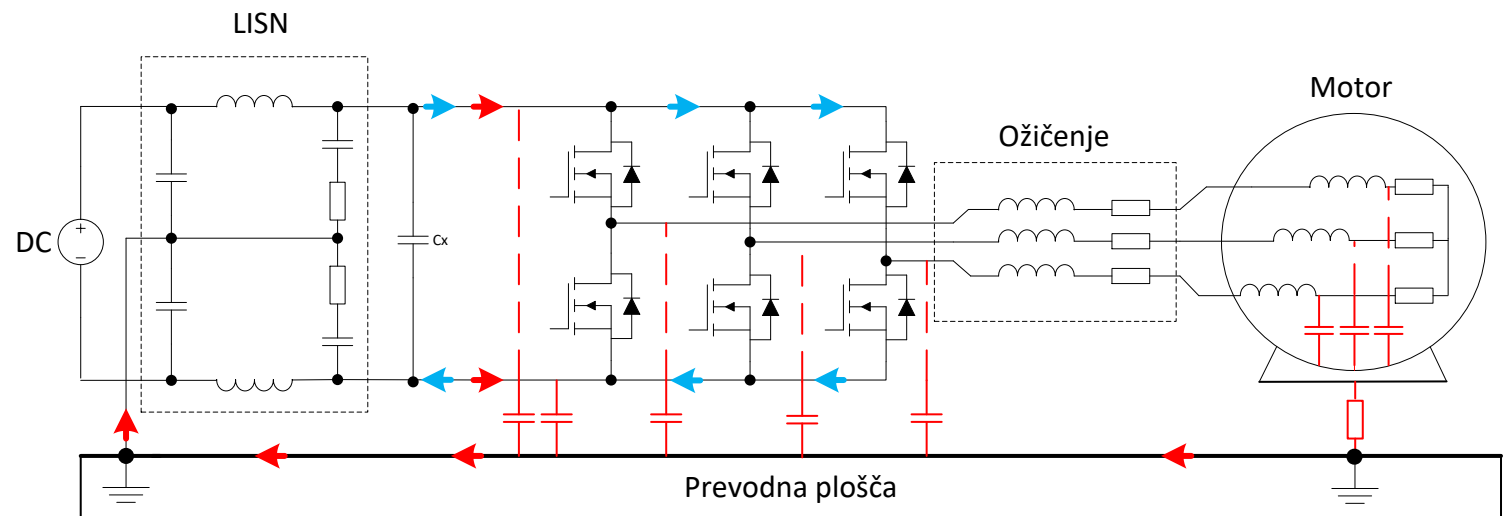
Delitev

○ Protifazne motnje

- Glavni vir **velik di/dt**
- Velika tokovna nihanja med močnostnimi pol-mostiči in baterijo

○ Sofazne motnje

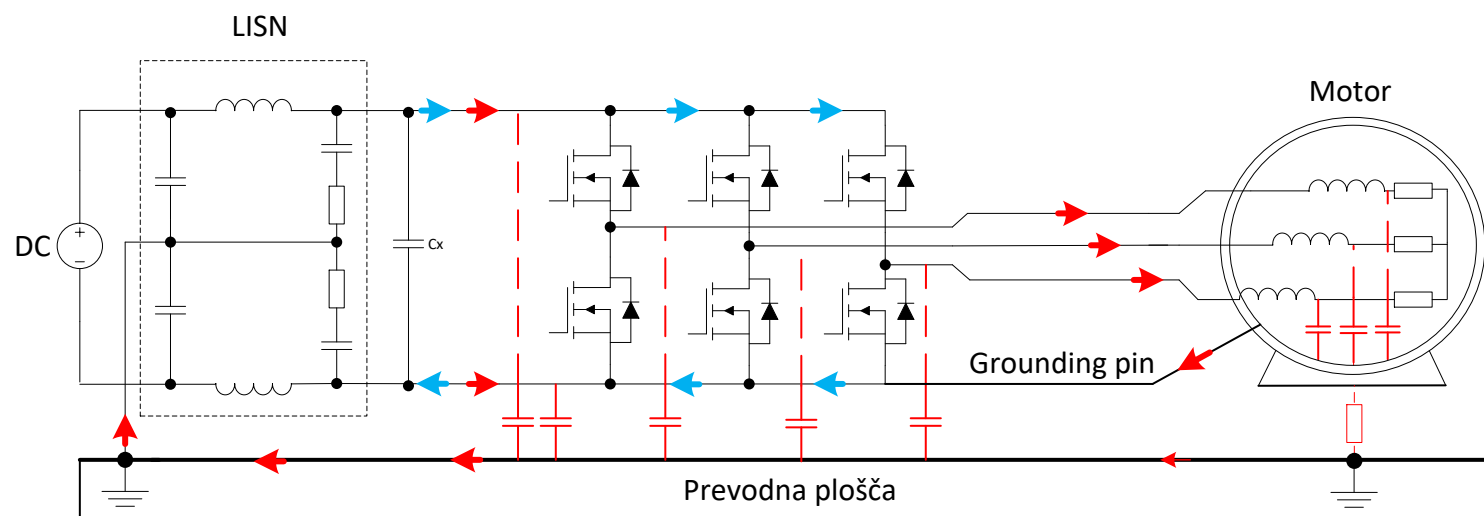
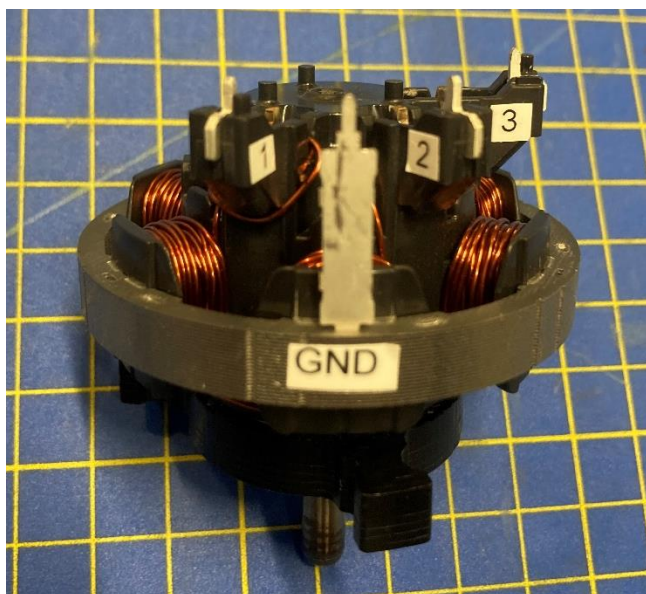
- Glavni vir **velik du/dt**
- Parazitna kapacitivnost statorskega navitja in močnostne stopnje



Prevodne motnje integriranega elektromotorskega pogona

Testni pogon

- Grouding statorja



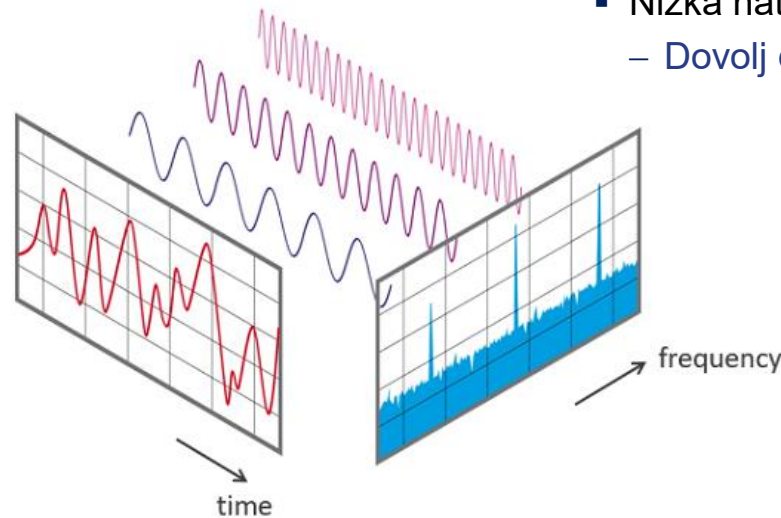
Simulacije / časovni in frekvenčni prostor

Časovna analiza

- Težave s konvergenco
 - Kompleksni modeli
- Dolgotrajna (tudi več ur)
- Potrebno aplicirati FFT
 - Modeliranje EMI sprejemnika je možno
- Velika natančnost

Frekvenčna analiza

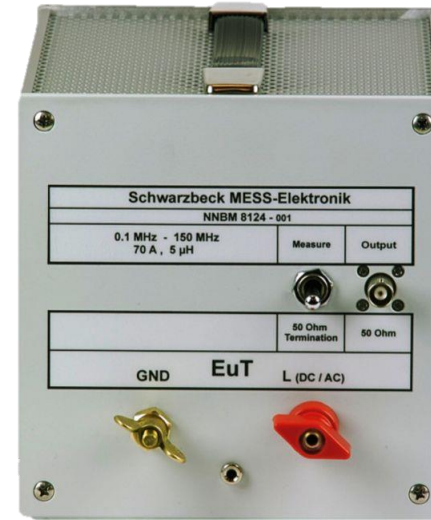
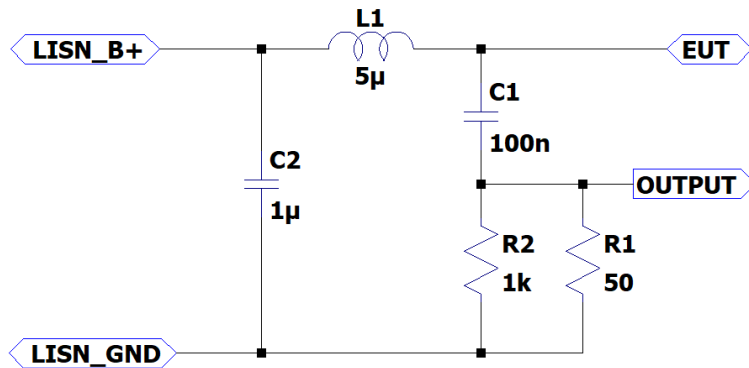
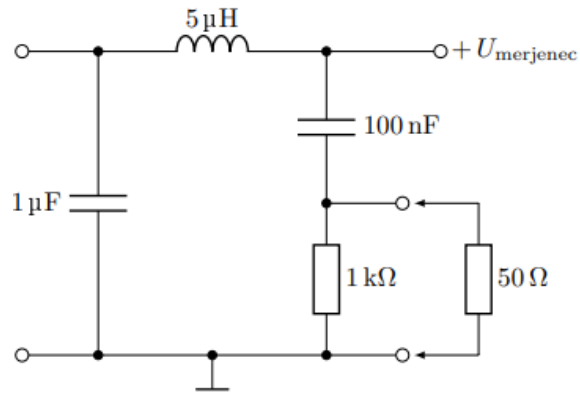
- Ni težav s konvergenco
 - Samo linearni modeli
- Hipna
- Rezultat sta spekter in faza
 - Modeliranje EMI sprejemnika ni možno
- Nizka natančnost
 - Dovolj dobra ocena spektra za naše potrebe



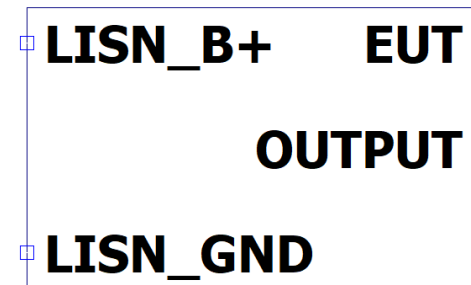
.ac dec 150K 100 108Meg

Simulacije / Modeliranje / Merilni setup

LISN



LISN



Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

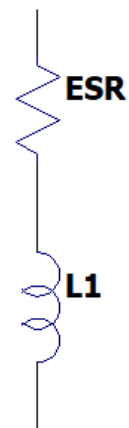
Izzivi pri načrtovanju

- Parazitne lastnosti pasivnih gradnikov – zmanjšujejo učinkovitost filtrov – manjše dušenje
 - VF nadomestna vezja:

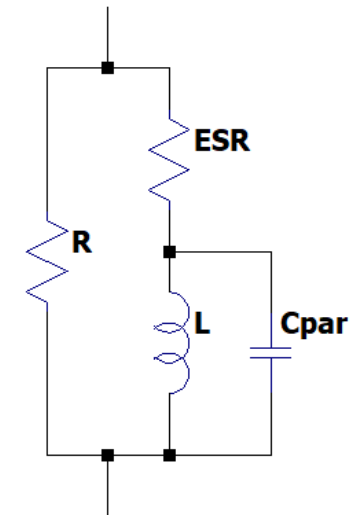
kondenzator



upor



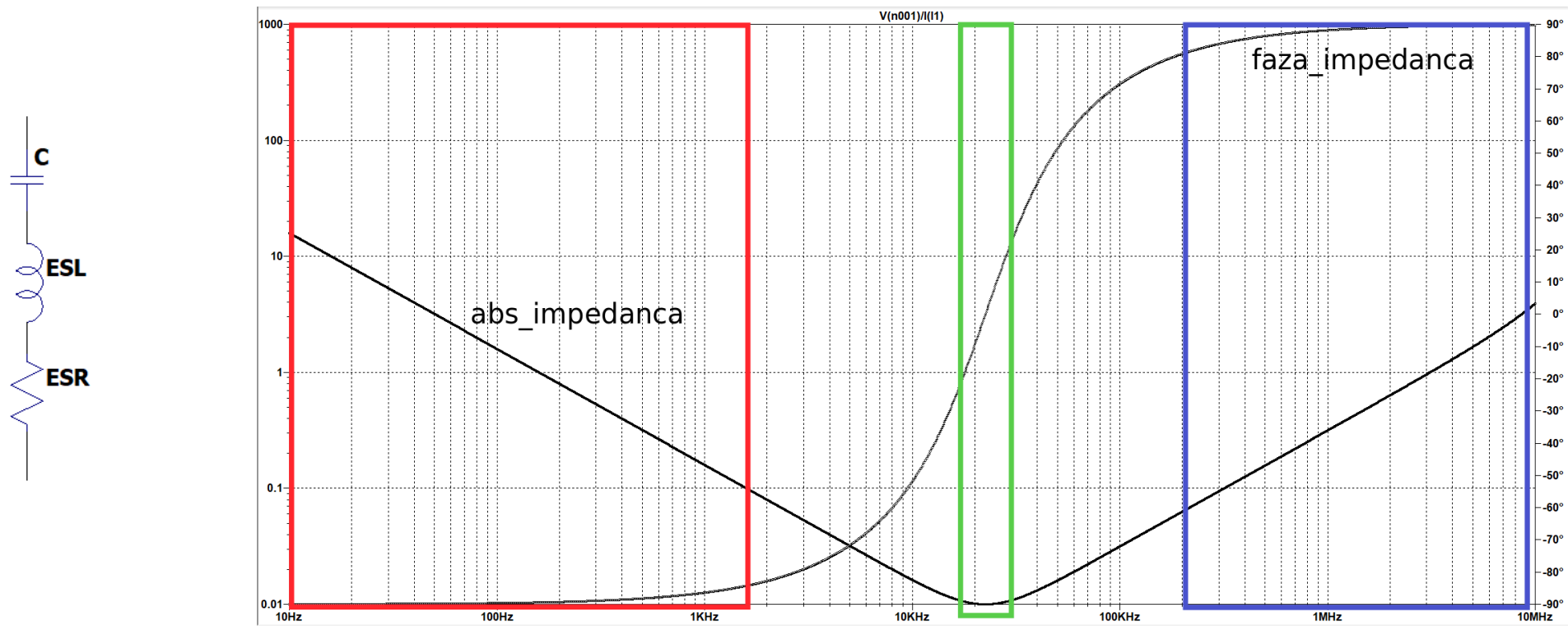
dušilka



Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Izzivi pri načrtovanju

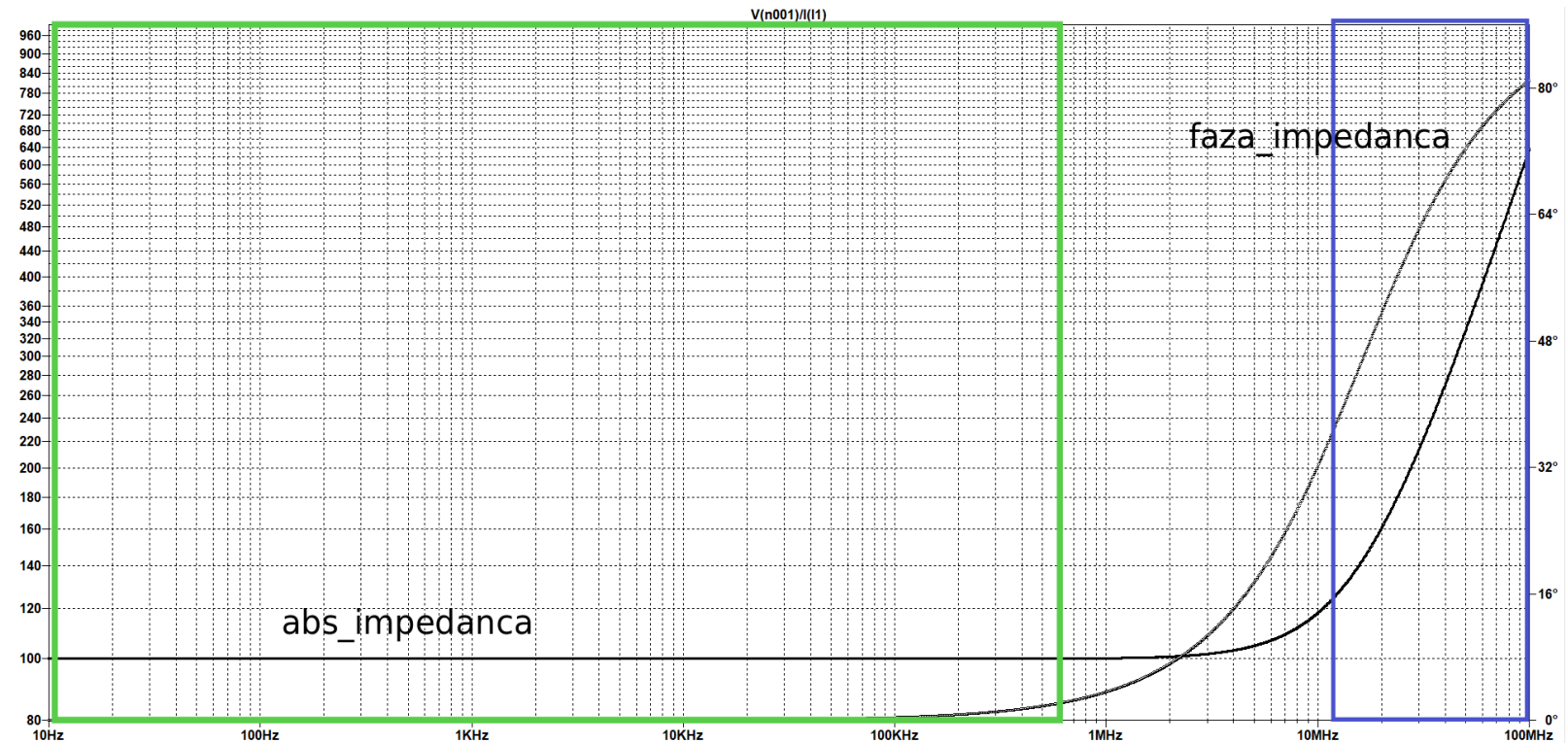
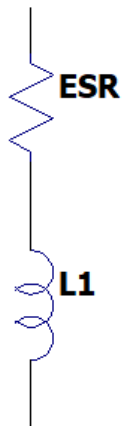
- Parazitne lastnosti pasivnih gradnikov | Primer impedance kondenzatorja ($C=1\text{ mF}$, $ESR=10\text{ m}\Omega$, $ESL=40\text{ nH}$)



Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Izzivi pri načrtovanju

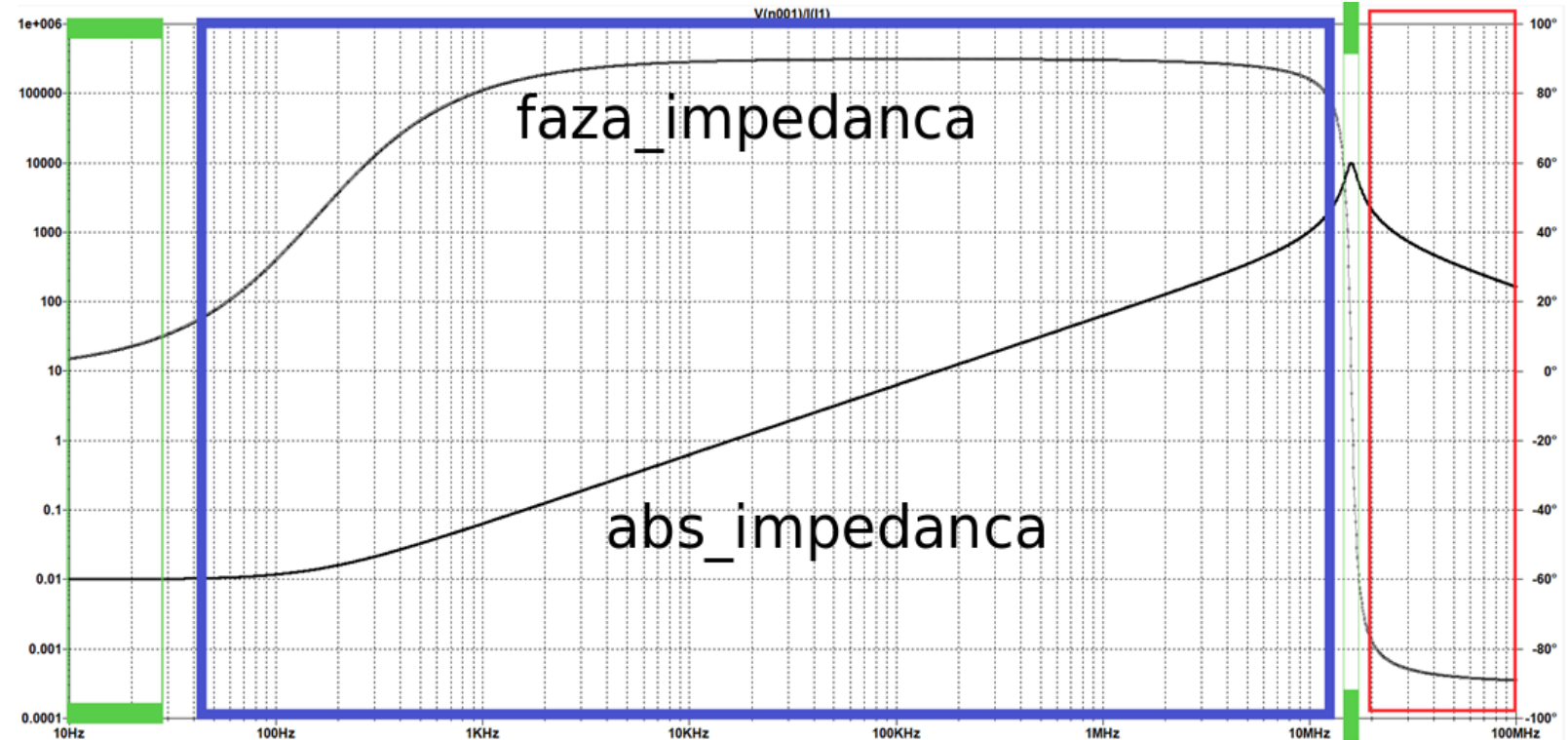
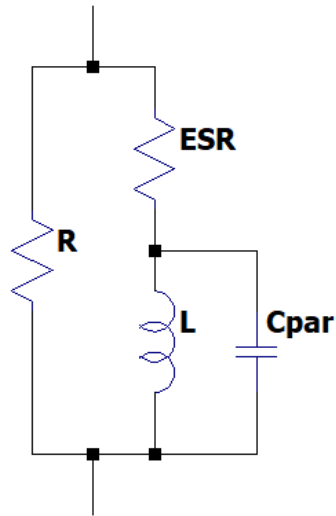
- Parazitne lastnosti pasivnih gradnikov | Primer impedance upora ($R=100\Omega$, $ESL=1\mu H$)



Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Izzivi pri načrtovanju

- Parazitne lastnosti pasivnih gradnikov | Primer impedance dušilke ($L=10\ \mu\text{H}$, $\text{ESR}=10\ \text{m}\Omega$, $C_{\text{par}}=10\ \text{pF}$)



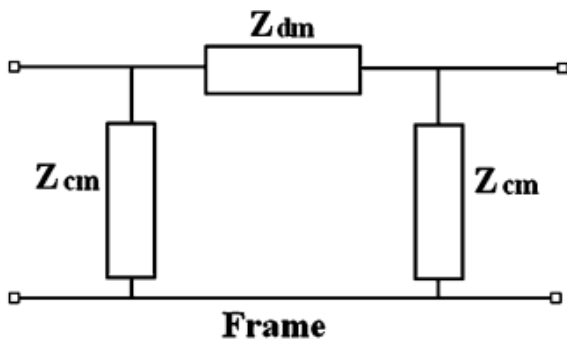
Simulacije / Modeliranje / Stroj

Impedanca CM in DM

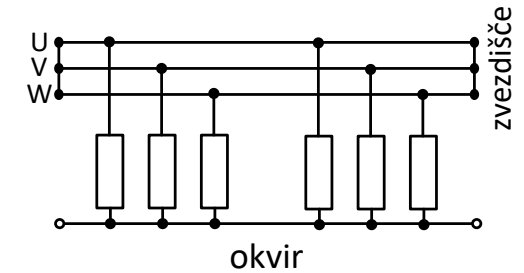
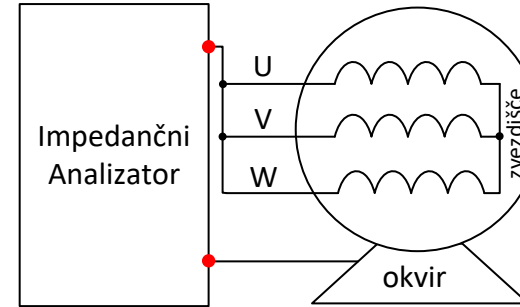
- Parazitne vrednosti lahko pridobimo na dva načina
 - FEM analiza (kompleksna)
 - Z meritvijo (impedančni analizator)

Model ene faze

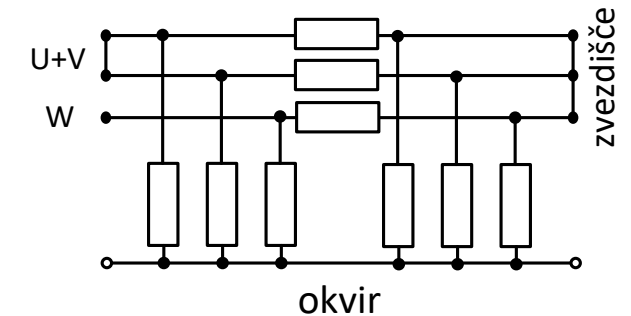
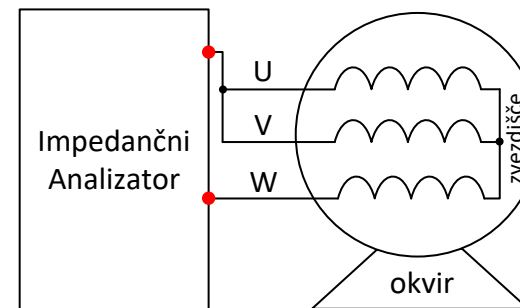
- Odvisen od vezave in želene kompleksnosti!



Model CM



Model DM



Simulacije / Modeliranje / Stroj / Kako do parametrov

Sofazna meritev, rezultati in nadomestni model

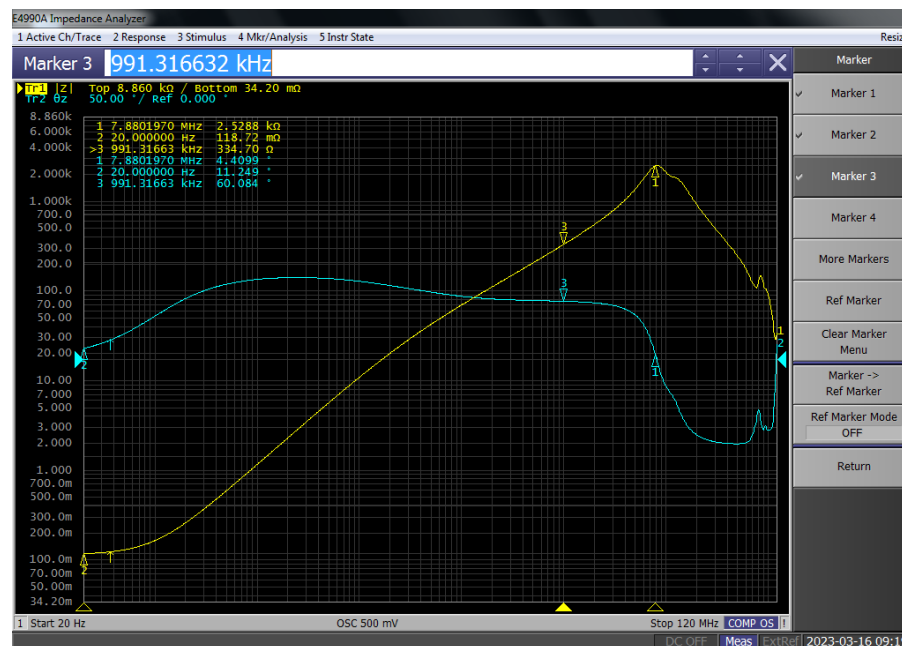


Nadomestni model

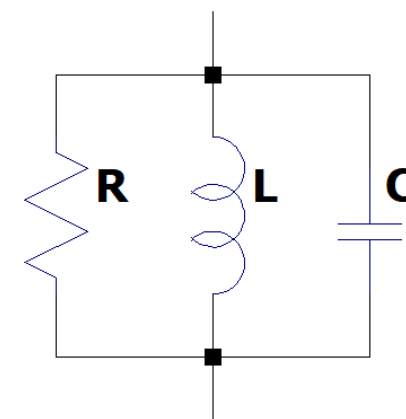


Simulacije / Modeliranje / Stroj / Kako do parametrov

Protifazna meritev, rezultati in nadomestni model



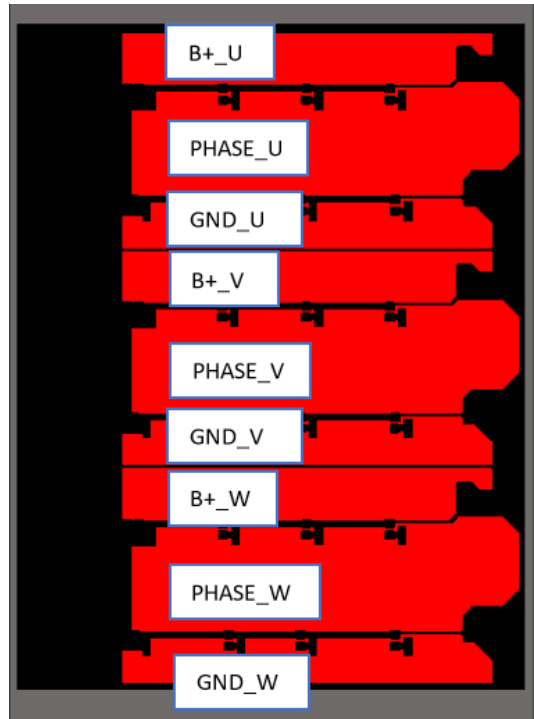
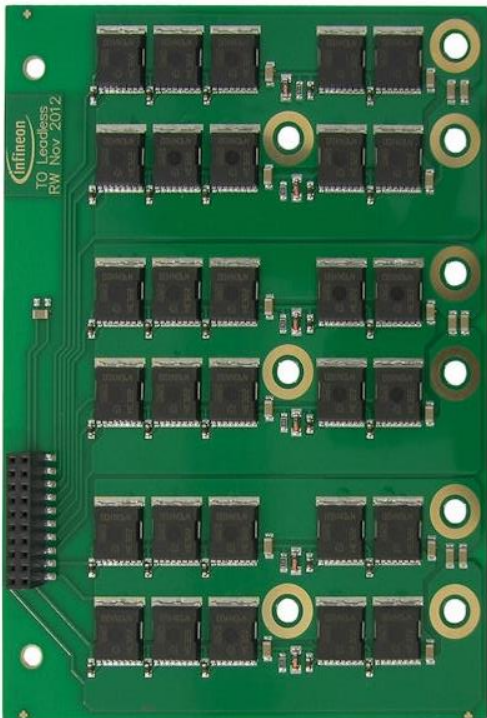
Nadomestni model



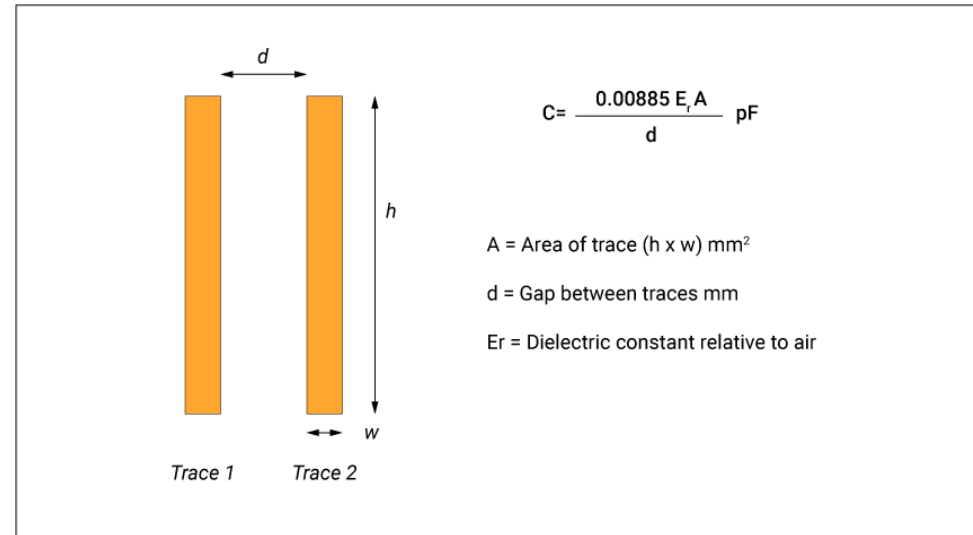
Simulacije / Modeliranje / Močnostna stopnja

Modeliranje močnostne stopnje

- Parazitne vrednosti lahko pridobimo na dva načina
 - S podatki iz podatkovnega lista
 - Z ekstrakcijo iz geometrije (npr. Ansys Q3D extractor)
 - Z meritvijo (impedančni analizator)



Izračun parazitne kapacitivnosti otokov proti IMS in meritve

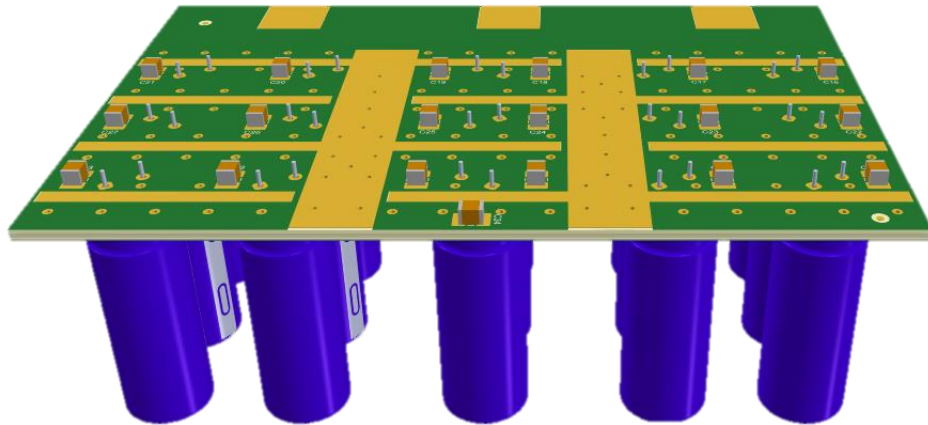


Otok	Izračun C	Meritev C
PHASE_U PHASE_V PHASE_W	993 pF	978 pF
GND_U GND_V GND_W	398 pF	411 pF
B+_U B+_V B+_W	465 pF	475 pF

Simulacije / Modeliranje / DC link

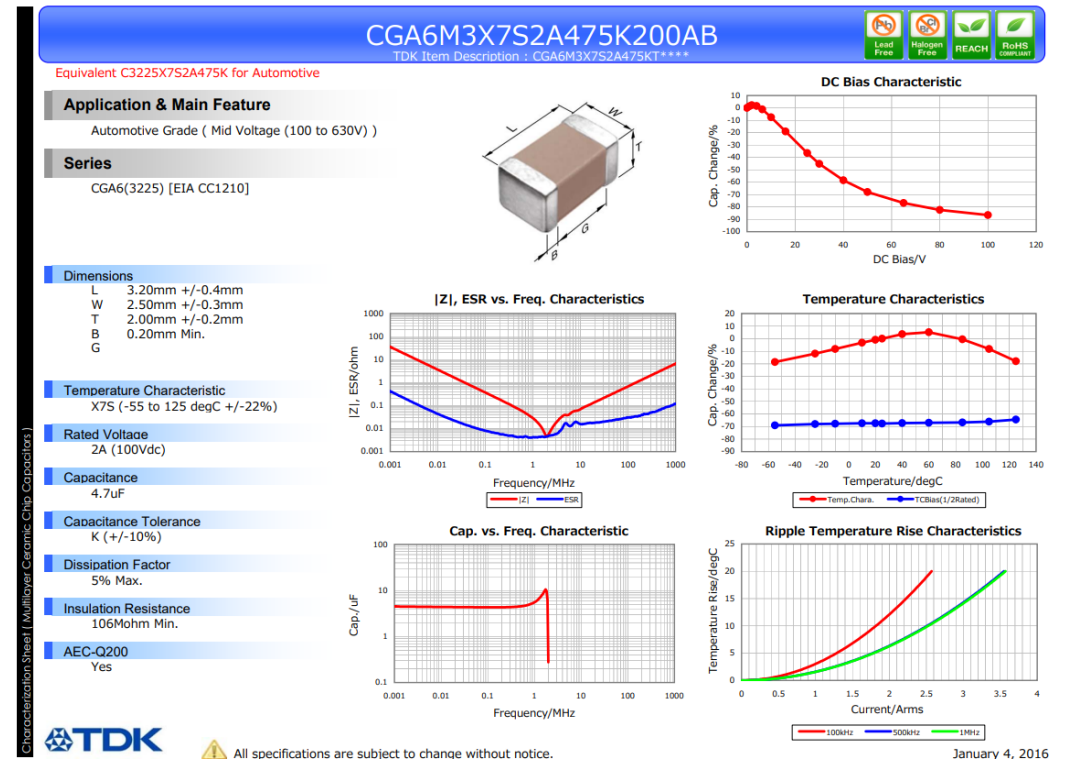
Modeliranje kondenzatorskega bloka

- Parazitne vrednosti lahko pridobimo na tri načine
 - Podatkovni list
 - Z ekstrakcijo iz geometrije (npr. Ansys Q3D extractor)
 - Z meritvijo (impedančni analizator)



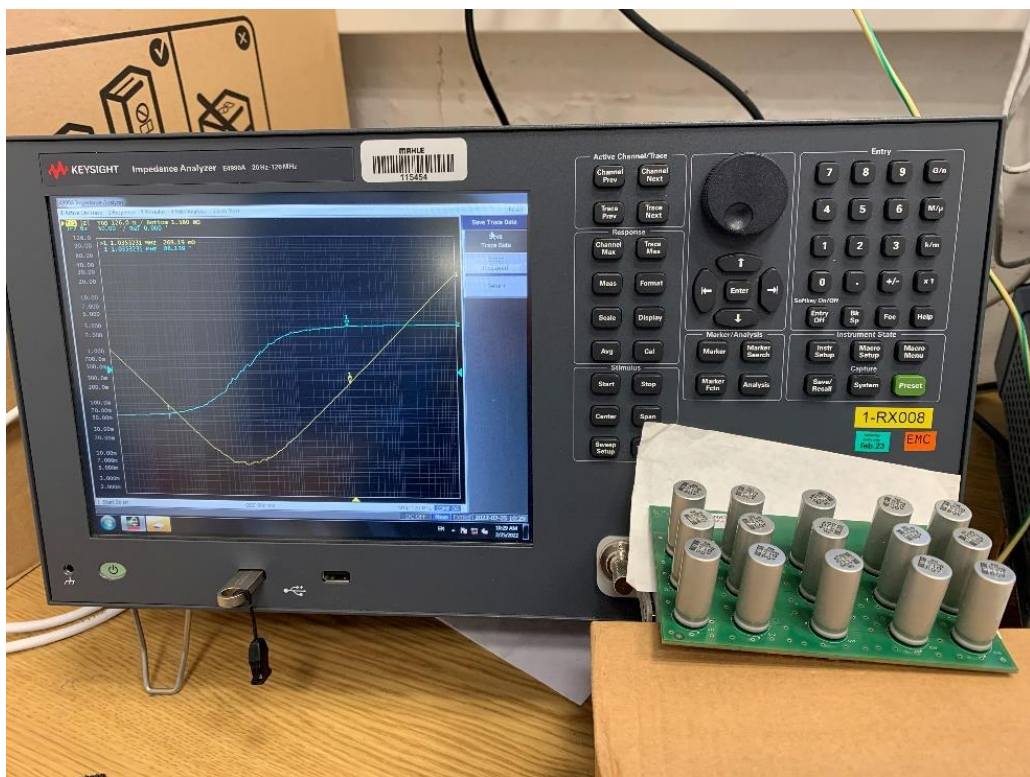
Posebnosti keramike

- Sprememba kapacitivnosti v odvisnosti od DC bias napetosti
 - Pri 48V samo 68% max kapacitivnosti

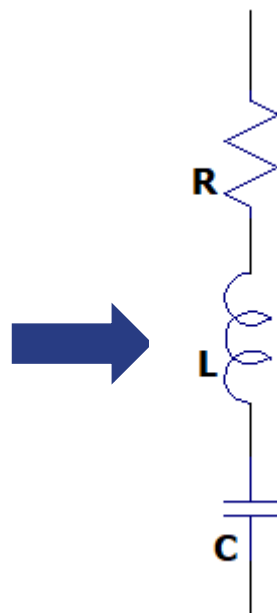


Simulacije / Modeliranje / DC link

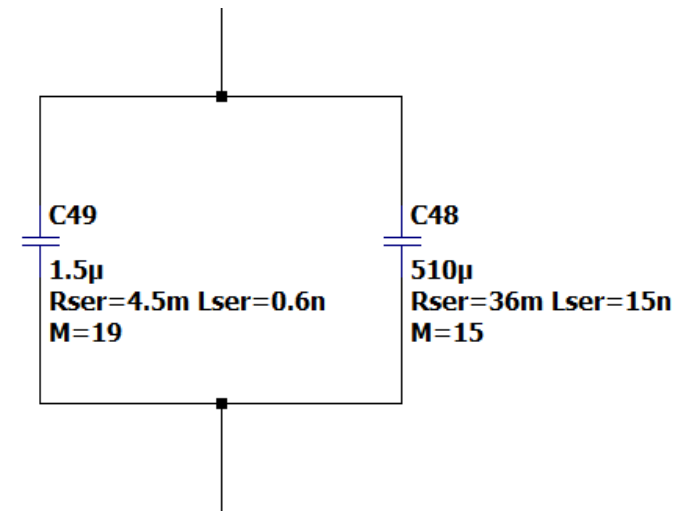
Meritev impedance in nadomestni model 1



RLC model

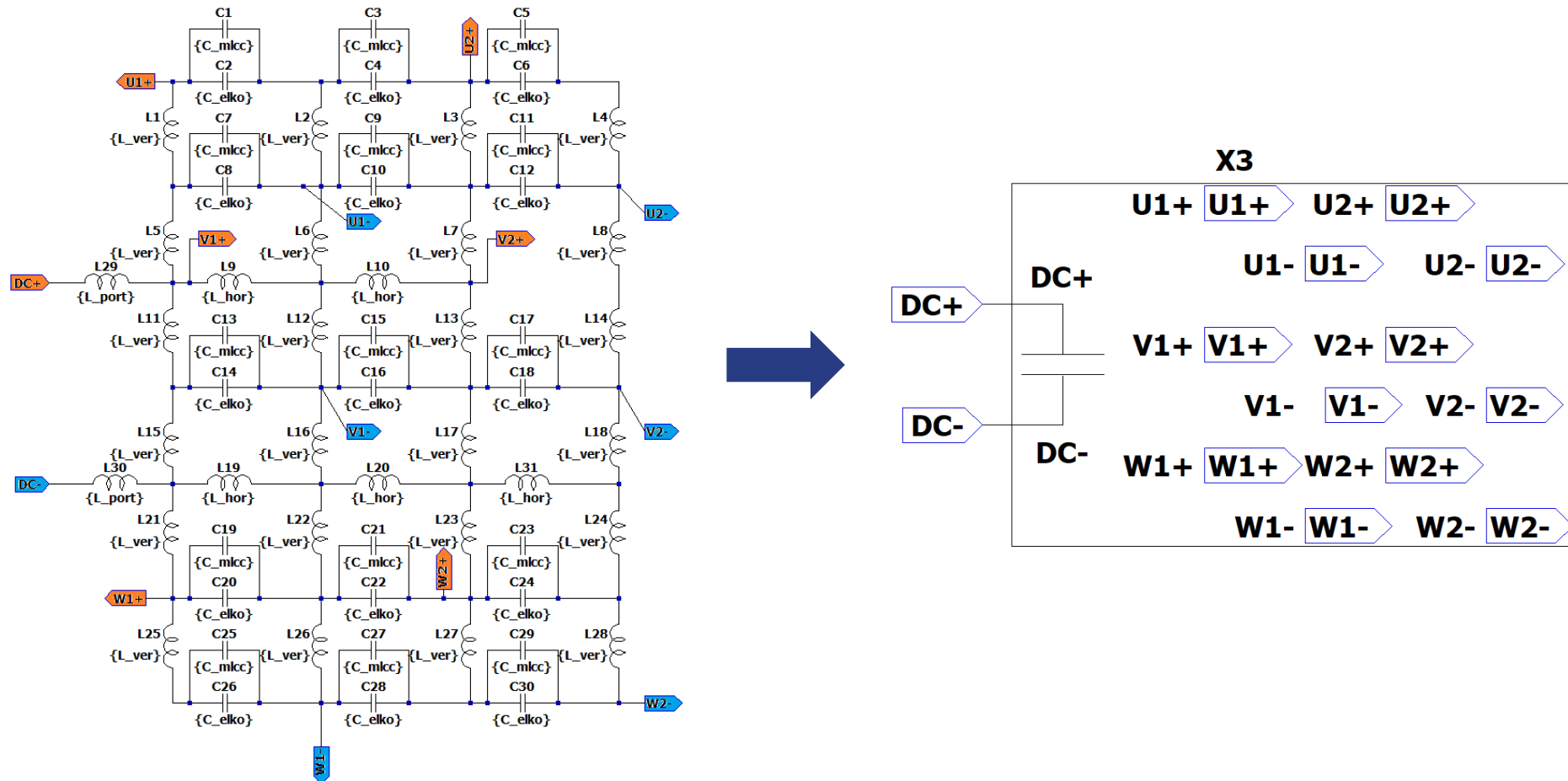


Model brez parazitov PCB



Simulacije / Modeliranje / DC link

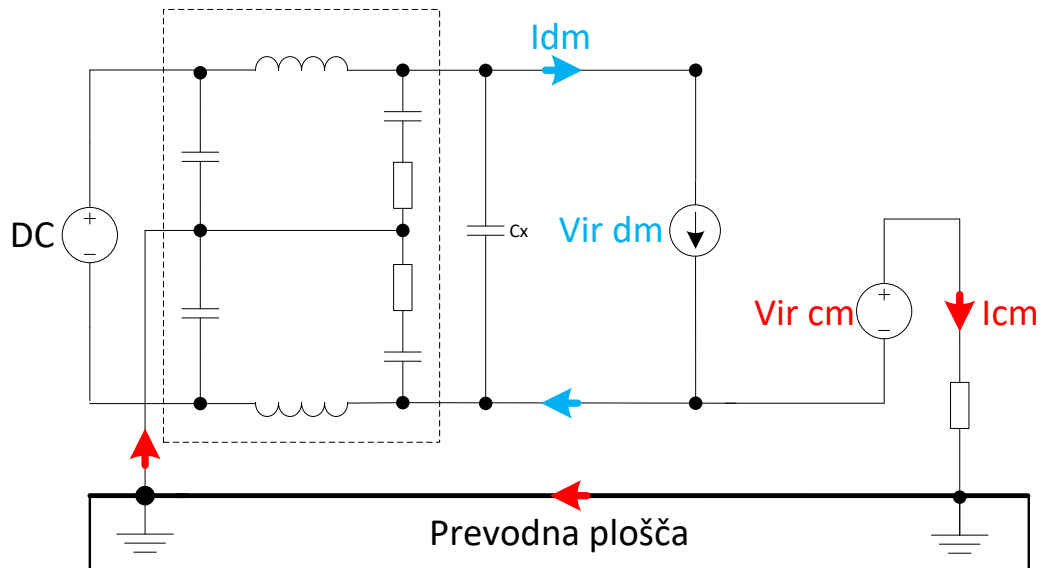
Nadomestni model 2



Simulacije / Modeliranje / Viri

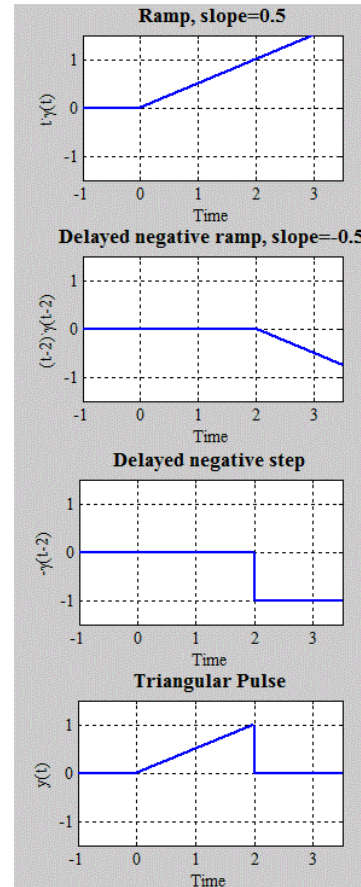
LT Spice / AC analiza

- ~~Kompleksni modeli tranzistorjev odpadejo~~
- Protifazne motnje | di/dt
 - Modeliramo s tokovnim virom
- Sofazne motnje | du/dt
 - Modeliramo z napetostnim virom



Laplaceova transformacija

- V Spice okolju se za opis obnašanja vira poslužujemo Laplace transformo

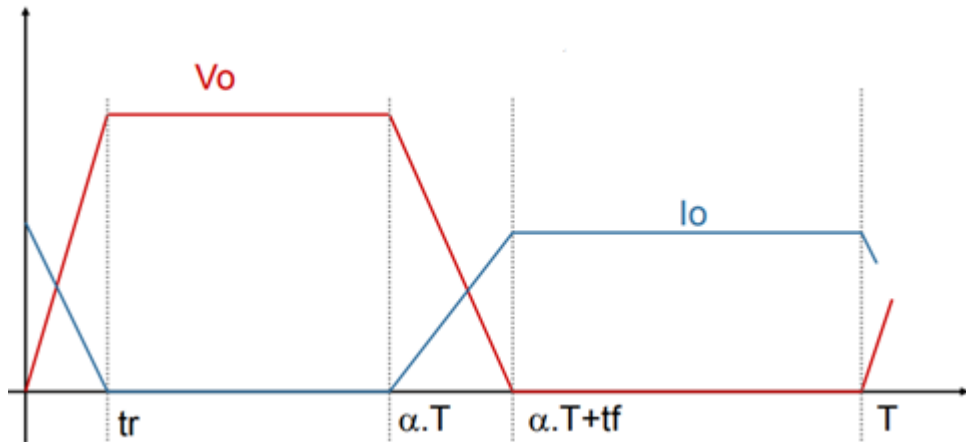


$$\begin{aligned}
 0.5 \cdot t \cdot \gamma(t) &\xrightarrow{\mathcal{L}} 0.5 \cdot \frac{1}{s^2} \\
 &+ \\
 -0.5 \cdot (t-2) \cdot \gamma(t-2) &\xrightarrow{\mathcal{L}} -0.5 \cdot e^{-2s} \frac{1}{s^2} \\
 &+ \\
 -\gamma(t-2) &\xrightarrow{\mathcal{L}} -e^{-2s} \frac{1}{s} \\
 &= \\
 \gamma(t) &\xrightarrow{\mathcal{L}} Y(s) \\
 Y(s) &= 0.5 \cdot \frac{1}{s^2} - 0.5 \cdot e^{-2s} \frac{1}{s^2} - e^{-2s} \frac{1}{s}
 \end{aligned}$$

Simulacije / Modeliranje / Viri

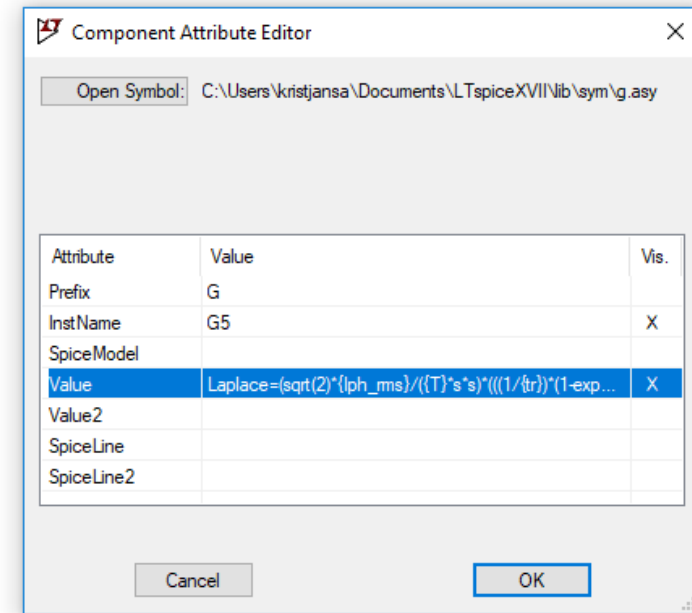
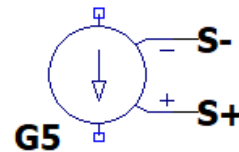
LT Spice / AC analiza / Delavnica

- **Dvižni čas in čas padanja**
 - Po navadi v rangu od 250 ns do 400 ns
- **Frekvenca PWM**
- Mrtvi čas med preklopom High side / Low side za te namene zanemarimo
- Zanemarimo tudi duty cycle, vrednost toka določimo kot peak



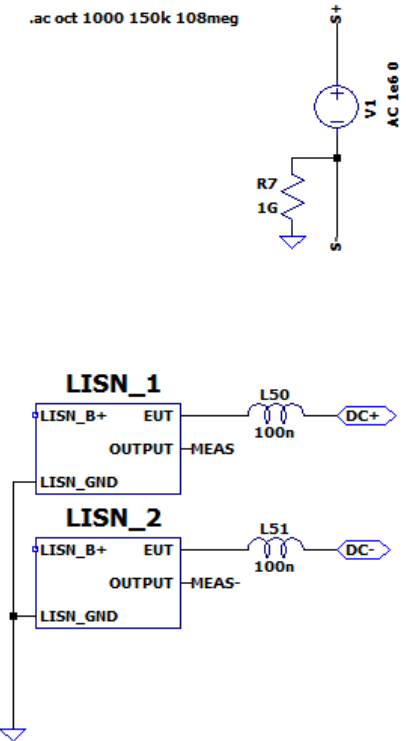
LT Spice priprava virov

- V Spice okolju se za opis obnašanja vira poslužujemo Laplace transformacije
- Nastavitev tokovnega vira

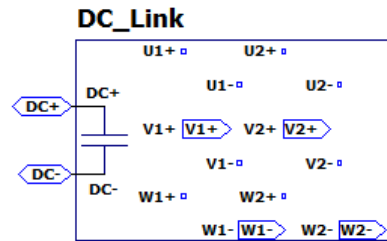


Celostni model (frekvenčni prostor)

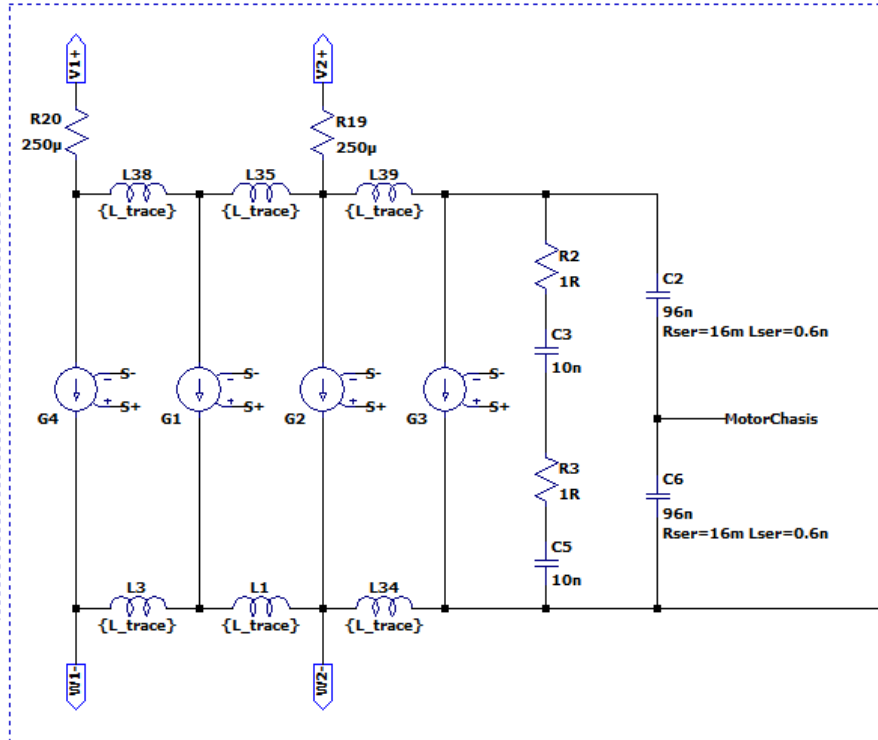
AC model brez filtra



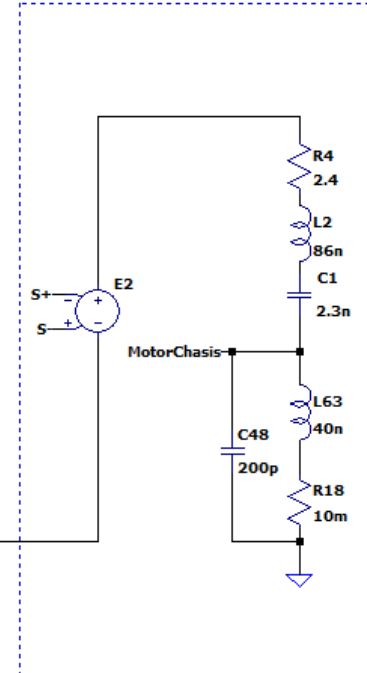
Filter



PWR Stage [Phase V]

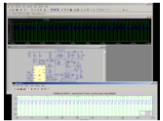


Motor parasitics [Phase - MotorChassis]



Izris in primerjava spektra v Matlabu

Izvoz LT Spice rezultatov v Matlab | Octave



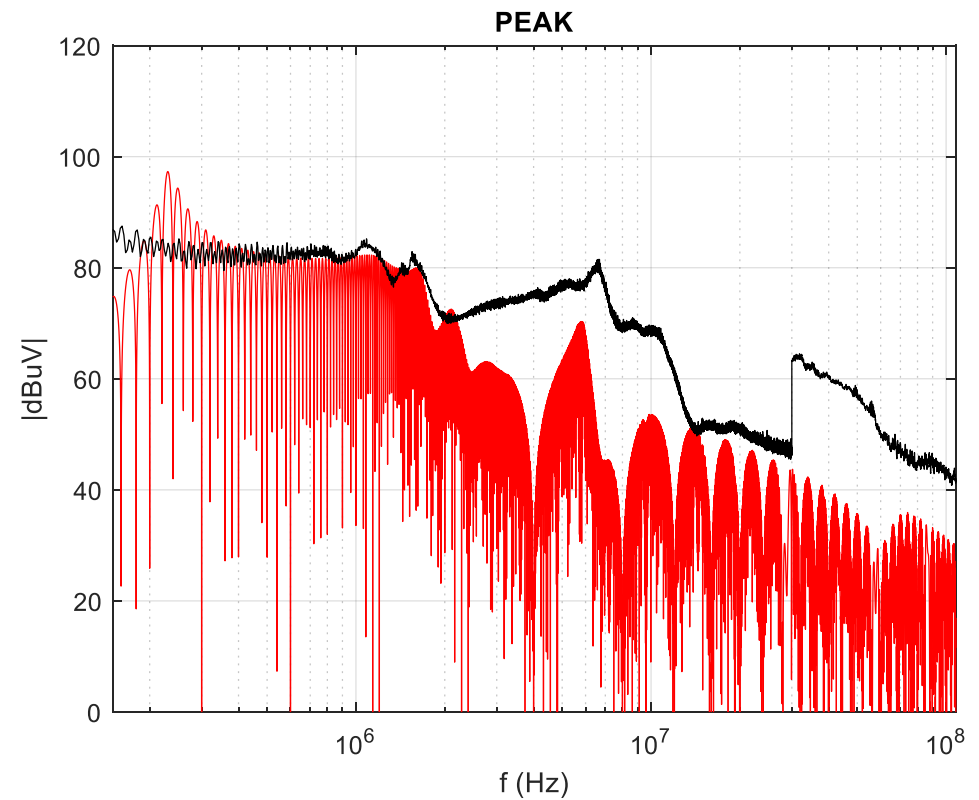
Fast Import of Compressed Binary .RAW Files Created with LTspice Circuit Simulator

Version 1.3.0.0 (8.24 KB) by Paul Wagner

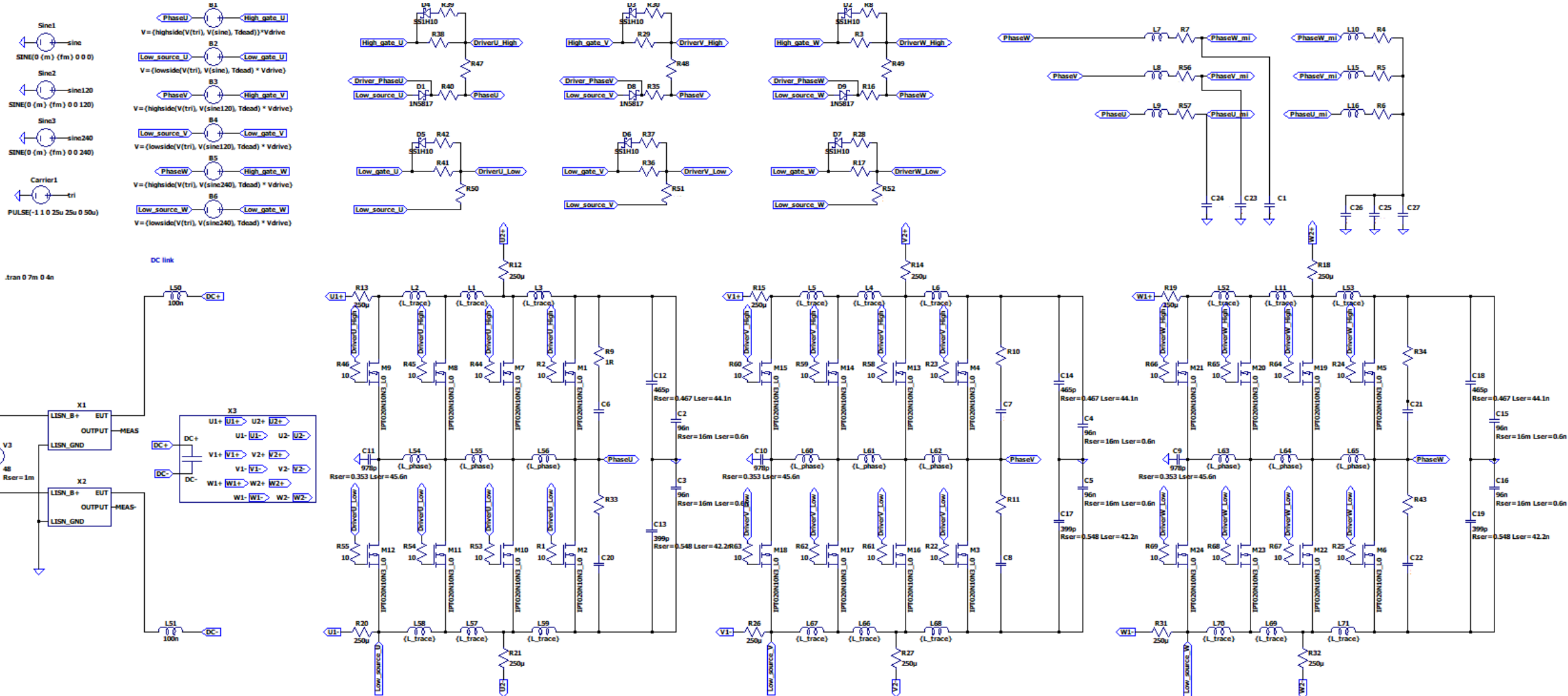
Loads .raw simulation files created with LTspice (a free circuit simulation tool).



Primerjava meritev (črna) / simulacija (rdeča)

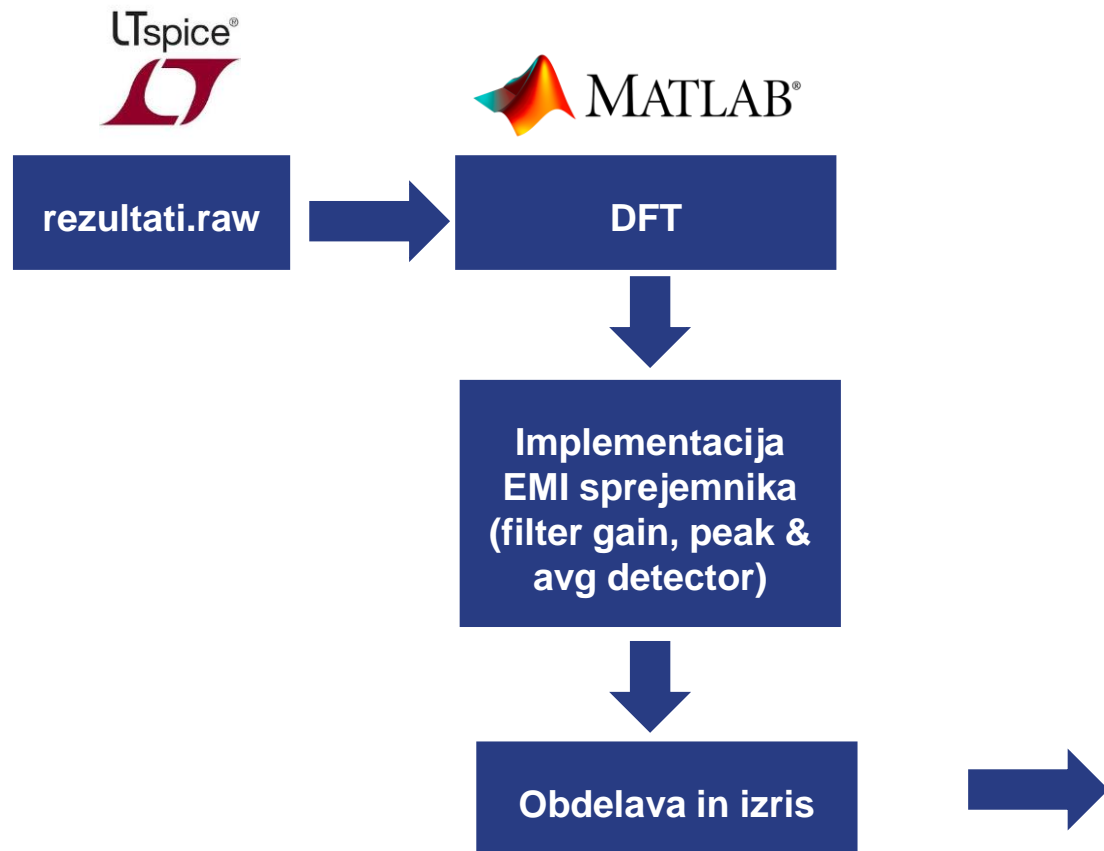


Celostni model (časovni prostor)

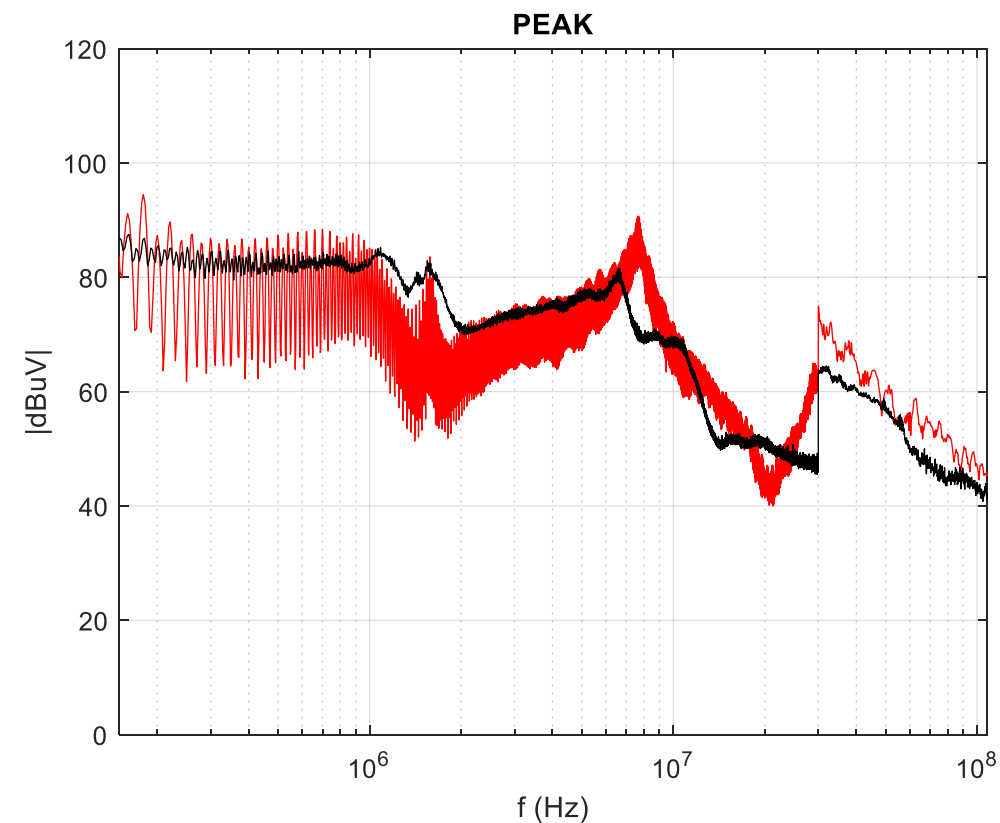


Izris in primerjava spektra v Matlabu

Izvoz LT Spice rezultatov v Matlab | Octave

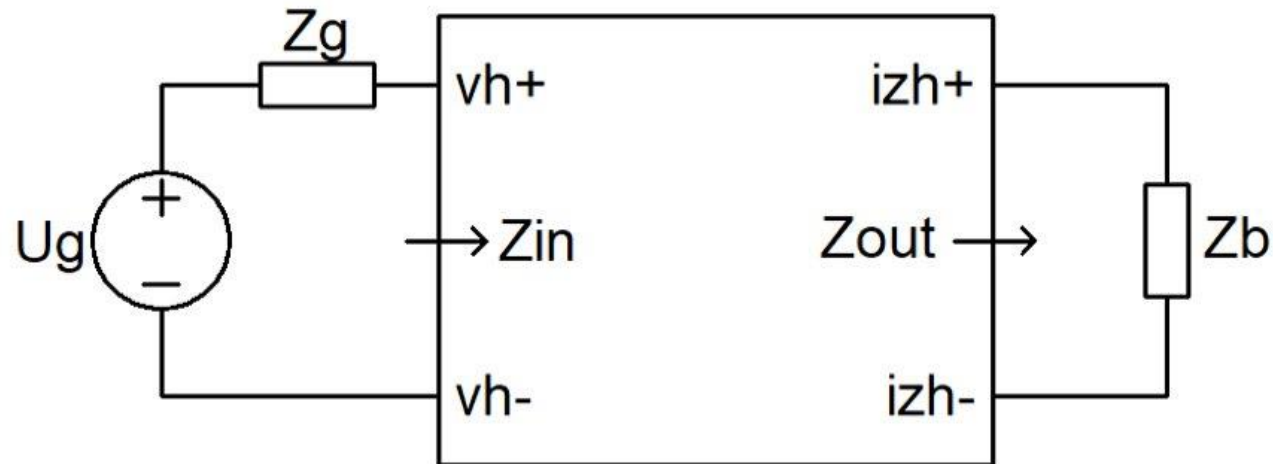


Primerjava meritev (črna) / simulacija (rdeča)



Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Vstavitevno dušenje – insertion loss



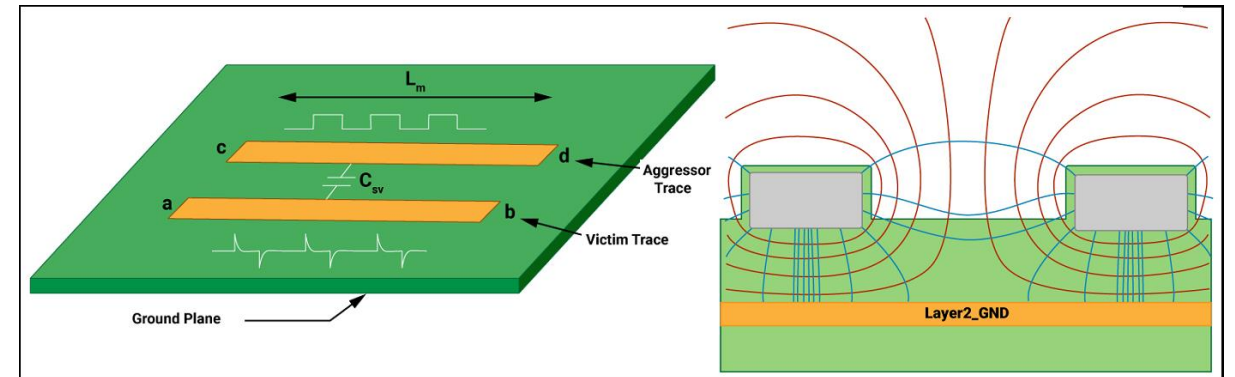
Definicija dušenja filtra:

- $A = 20 \log_{10} \left| \frac{v_{izh, brez filtra}}{v_{izh, s filtrom}} \right|$
- Cilj je A -> preko vseh meja (čim več dB)

Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

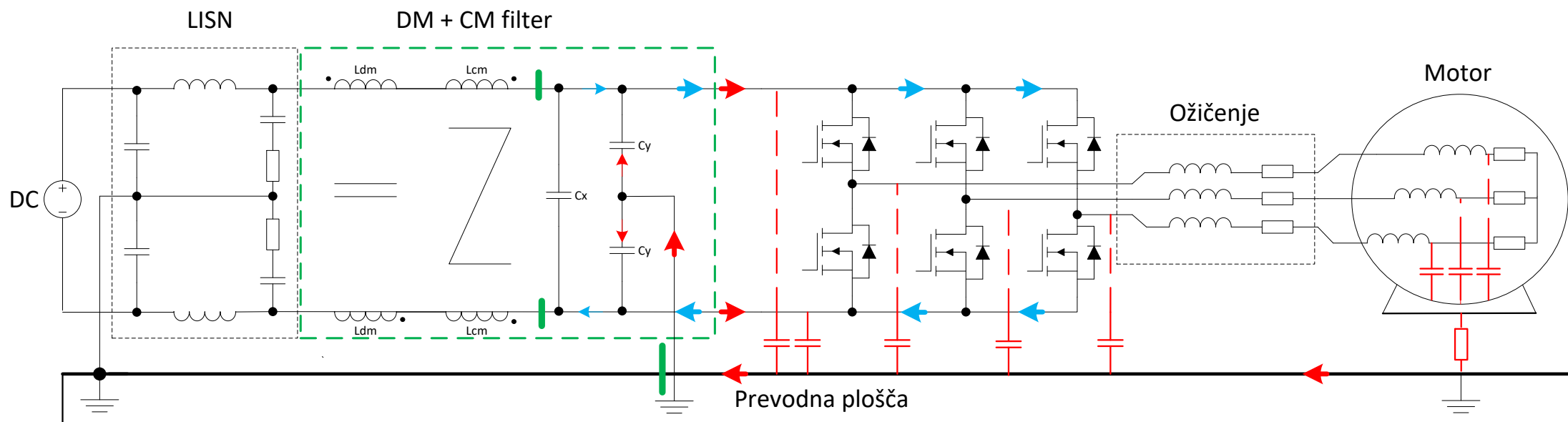
Postopek gradnje sofaznega in protifaznega filtra

- Nasičenje gradnikov filtra (v katerih maksimalnih delovnih točkah bo deloval U_{\max} in I_{\max})
- Tehnologija izdelave (kako bo izdelano) – 5 kos ali 5 Mkos
- Parazitne lastnosti pasivnih gradnikov
- **Layout tiskanine**
- **Omejevanje (zmanjšanje) presluhov**
 - Prevodni
 - Kapacitivni (električni)
 - Induktivni (magnetni)
 - Sevalni (elektromagnetni)



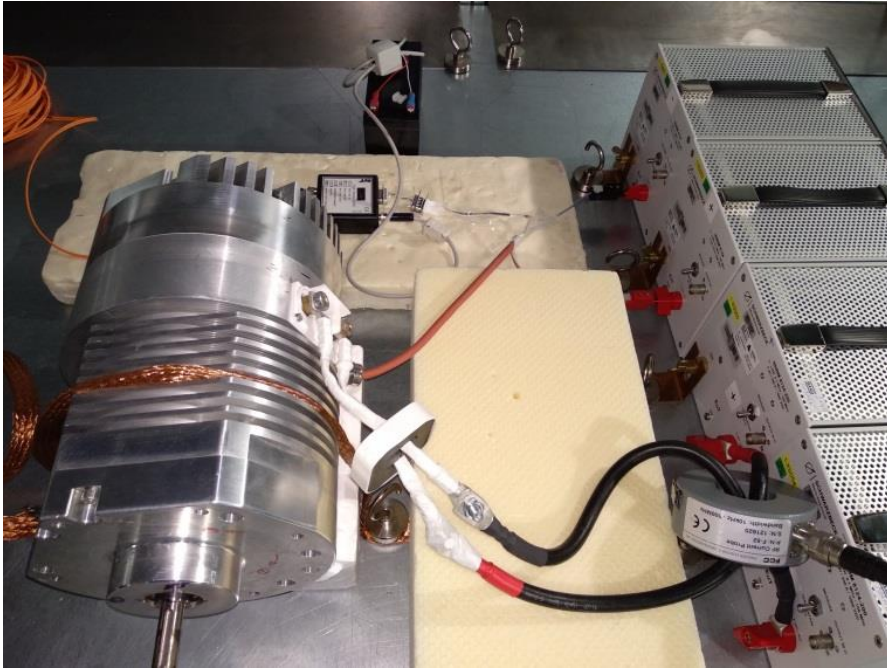
Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Filter 2. reda

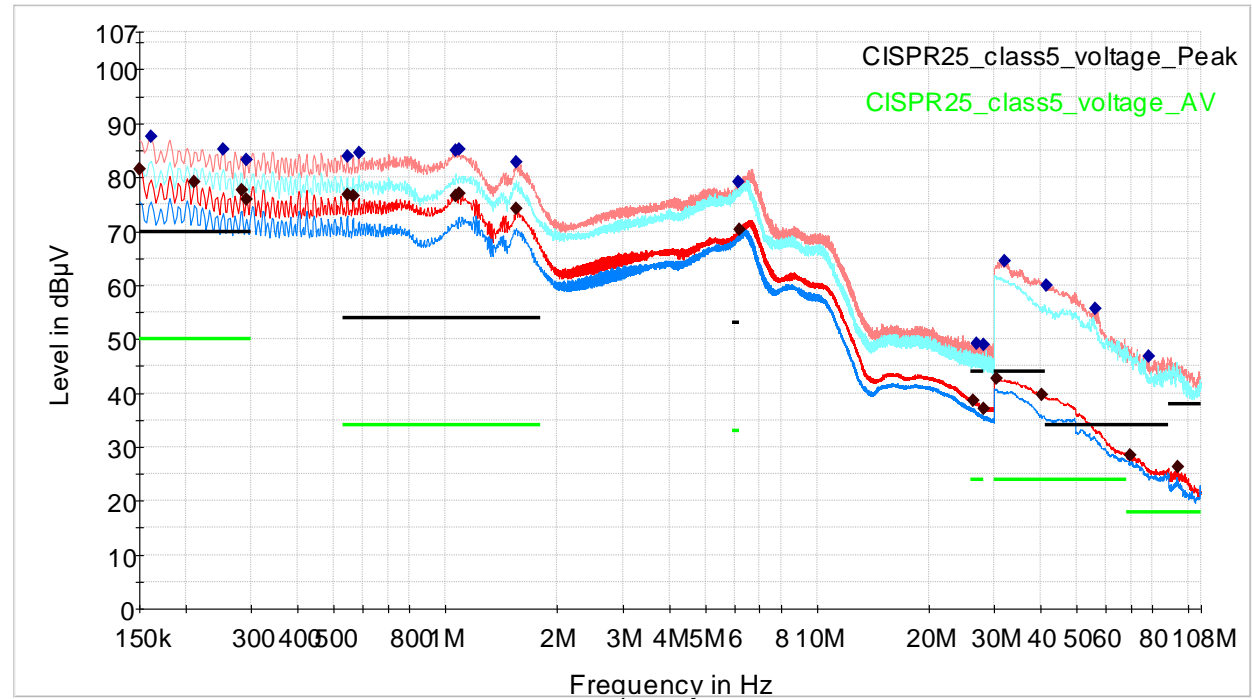


Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Kaskadna izgradnja filtra - poizkusi



CLASS5



- AVG_MAXH no filter
- PK+_MAXH +E-core N92-1mm
- CISPR25_class5_voltage_Peak
- ◆ Final_Result PK+
- Preview Result 1-PK+ no filter
- AVG_MAXH +E-core N92-1mm
- CISPR25_class5_voltage_AV
- ◆ Final_Result AVG

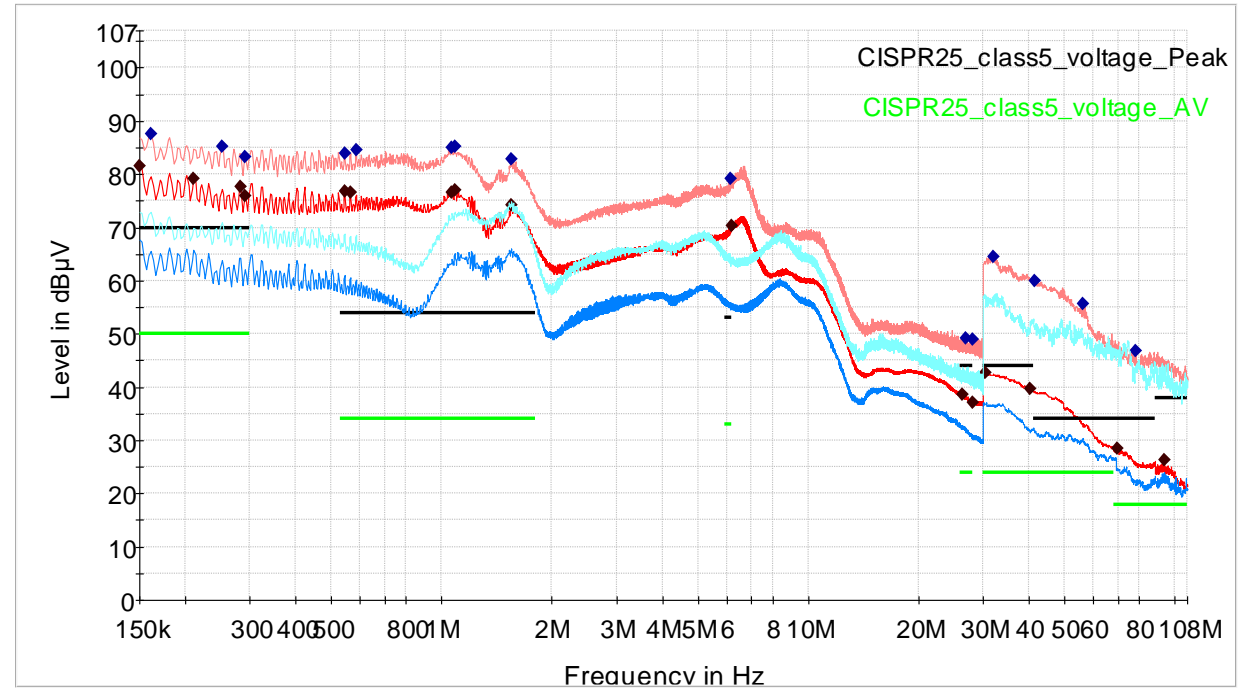
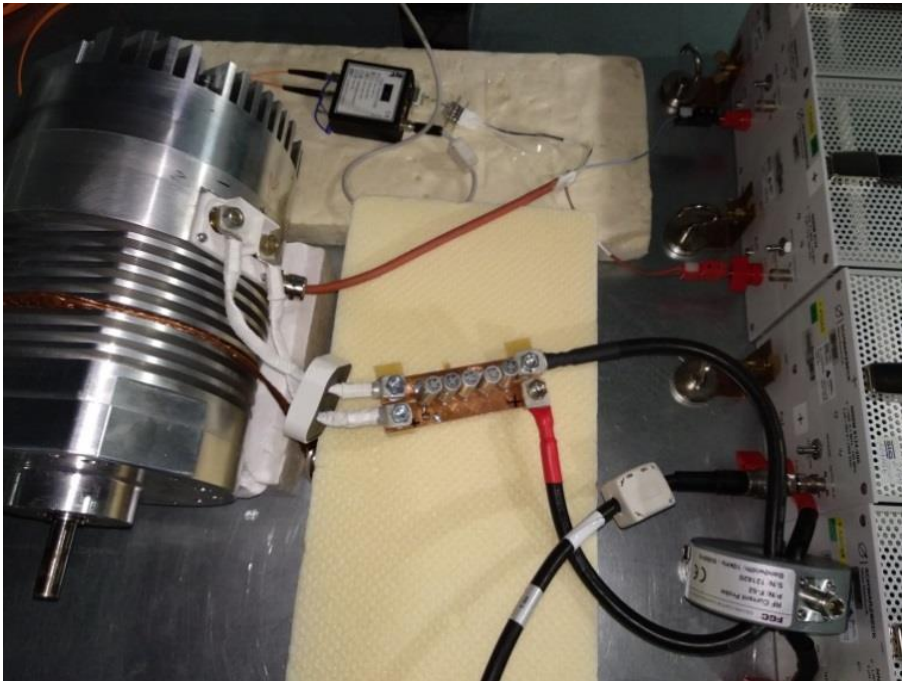
■ Red color – measurement without filter

■ Blue color - improvement

Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

CLASS5

Kaskadna izgradnja filtra - poizkusi

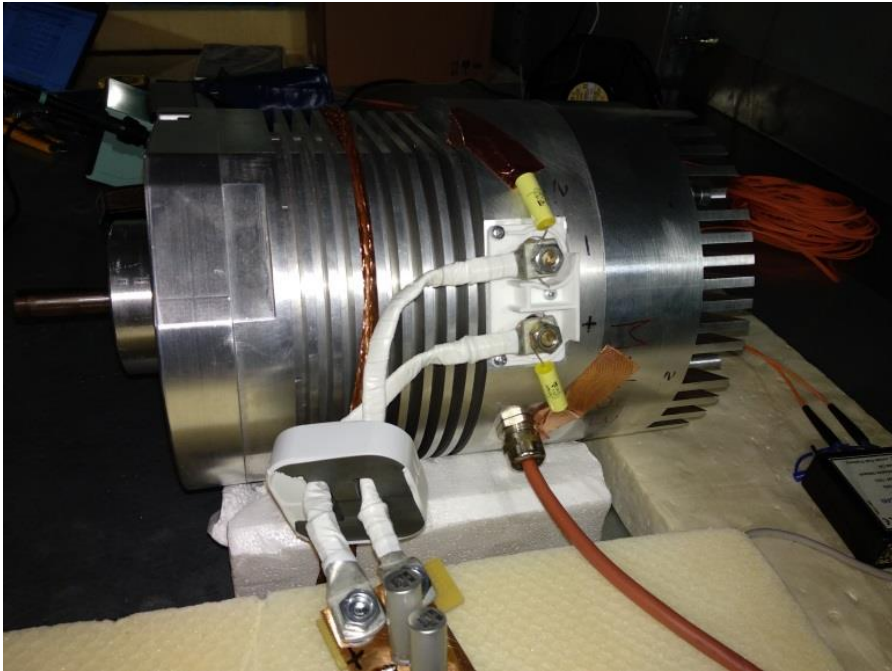


- AVG_MAXH no filter
- CISPR25_class5_voltage_Peak
- ◆ Final_Result PK+
- PK+_MAXH +Capacitor block
- Preview Result 1-PK+ no filter
- CISPR25_class5_voltage_AV
- ◆ Final_Result AVG
- AVG_MAXH +Capacitor block

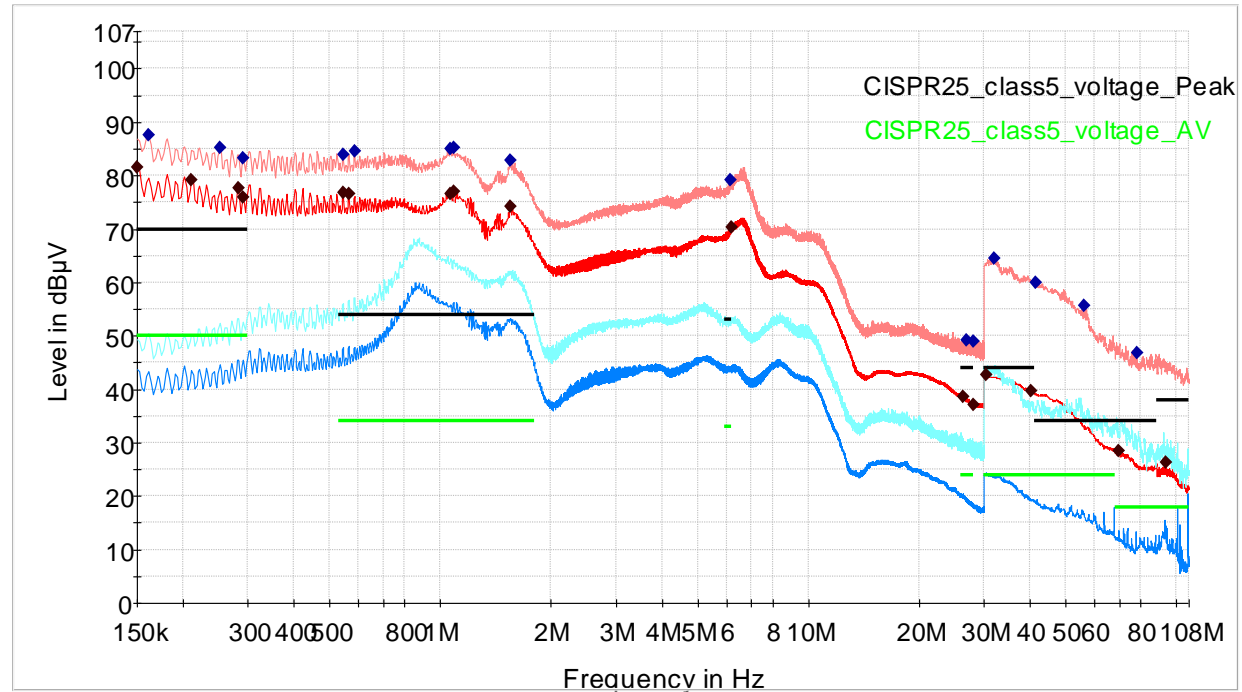
- Red color – measurement without filter
- Blue color - improvement

Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

Kaskadna izgradnja filtra - poizkusi



CLASS5



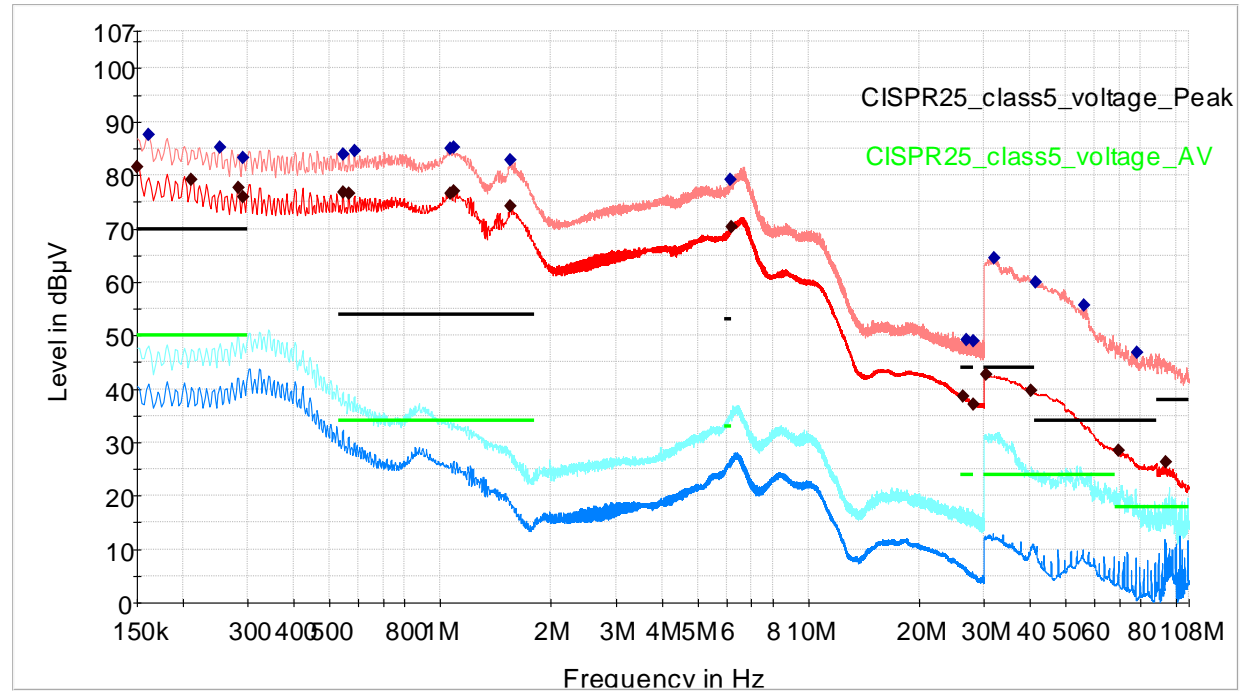
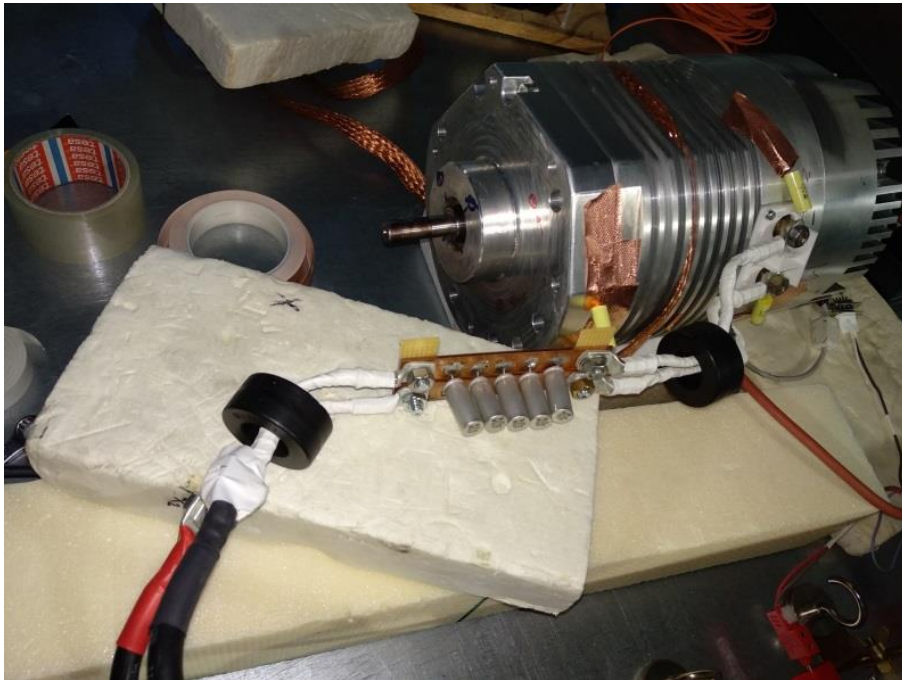
- AVG_MAXH no filter
- PK+_MAXH +Y-cap near power terminals
- CISPR25_class5_voltage_Peak
- ◆ Final_Result PK+
- Preview Result 1-PK+ no filter
- AVG_MAXH +Y-cap near power terminals
- CISPR25_class5_voltage_AV
- ◆ Final_Result AVG

- Red color – measurement without filter
- Blue color - improvement

Gradnja filtrov za zmanjšanje prevodnih emisij

CLASS5

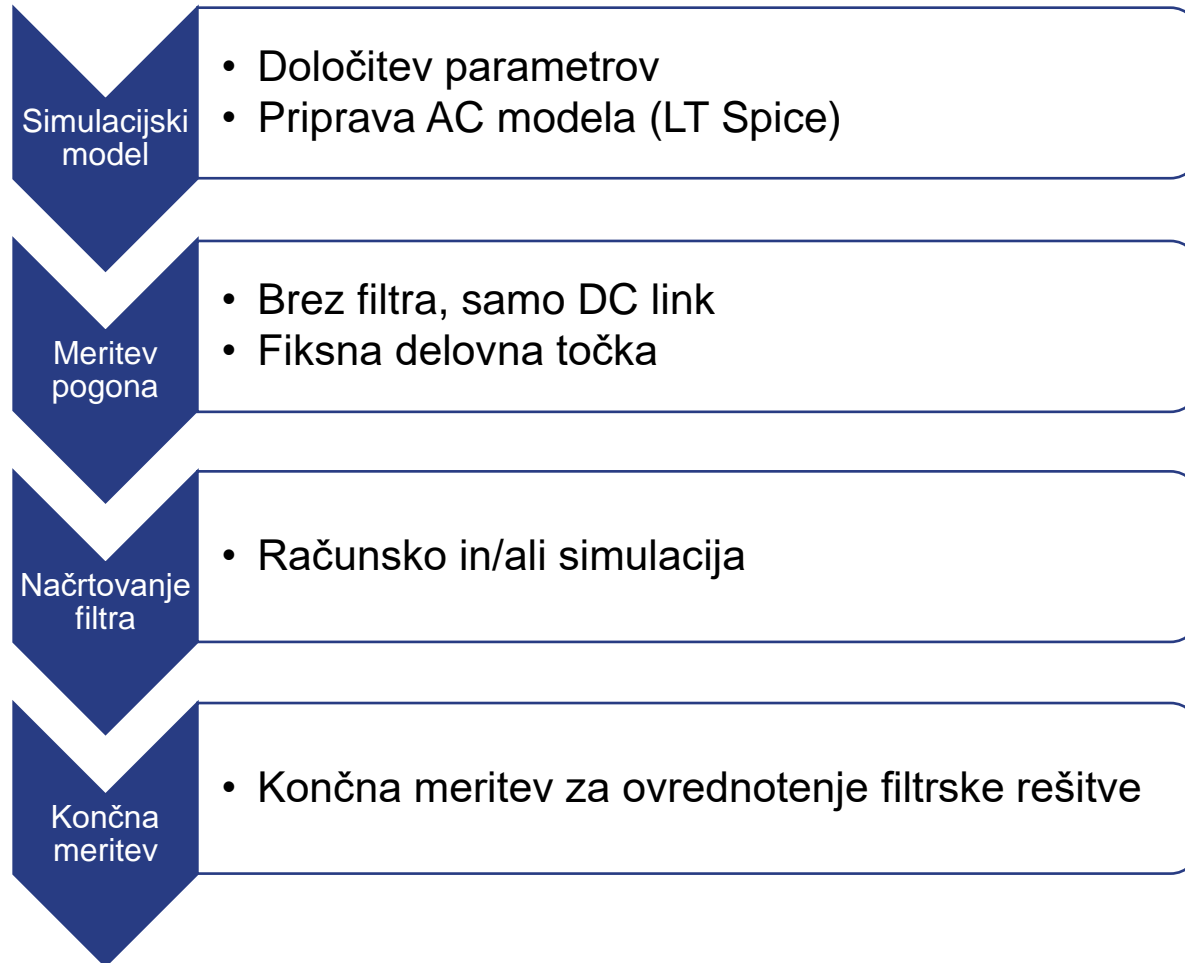
Kaskadna izgradnja filtra - poizkusi



- AVG_MAXH no filter
- PK+_MAXH +Y-caps after E-core
- CISPR25_class5_voltage_Peak
- ◆ Final_Result PK+
- Preview Result 1-PK+ no filter
- AVG_MAXH +Y-caps after E-core
- CISPR25_class5_voltage_AV
- ◆ Final_Result AVG

- Red color – measurement without filter
- Blue color - improvement

Potek dela



Literatura

- Modeliranje motorja: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4773617>
- Laplace transform: [Laplace Transform of Functions \(swarthmore.edu\)](https://www.swarthmore.edu/math/Laplace_Transform_of_Functions)
- LTSpice to MATLAB: <https://de.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/23394-fast-import-of-compressed-binary-raw-files-created-with-ltspice-circuit-simulator>

Srečno pri načrtovanju!



Štipendiranje, praksa, študentsko delo in zaposlovanje

Zakaj postati naš štipendist?

- Štipendije (finančni vidik, opravljanje praktičnega usposabljanja in izobraževanja, mentorstvo pri izdelavi strokovnih nalog, možnost financiranja dodatnih izobraževanj, svetovanje glede osebnega in strokovnega razvoja med šolanjem, posebna srečanja za štipendiste, projektno delo.)
- Praksa (obvezna praksa iz naslova izobraževalnih inštitucij), (druga praksa pa je iz naslova podjetja, če postanete naš štipendist):
 - obvezno praktično usposabljanje
 - 160 ur obvezne prakse na zahtevo podjetja
 - vse prakse so plačljive
 - prakso se lahko opravlja na različnih lokacijah: Šempeter pri Gorici, Ljubljana in Maribor

Kaj še ponujamo?

- Diplomaska naloga predlogi za diplomske/magistrske teme
- Študentsko delo
- Zaposlitev (po koncu študija)
- Mentorji (imajo veliko izkušenj, so dostopni, odprti in radi sodelujejo s študenti)
- Znanje (sodobno opremljeni laboratoriji za raziskave in razvoj, visoko tehnološka oprema in moderni pristopi)
- Globalno okolje dela, možnost razvoja kariere na globalnem nivoju
- Remote, hibridno delo in občasno delo od doma v dogovoru z vodjo, z izpolnjeno kvoto mesečnih del.ur
- Ugodnosti in bonitete za zaposlene v okviru pridobljenega polnega certifikata „Družini prijazno podjetje“
- Športno društvo, topli obroki v naši restavraciji...

Predlogi za diplomske/magistrske teme?

- Primerjava in razvoj modelov za estimacijo DC toka v sistemu inverterja in IPM motorja
- Razvoj algoritma za določanje izgub v kondenzatorskem DC link bloku v odvisnosti od delovne točke sistema (inverter + IPM motor)
- Vzpostavitev sistema za avtomatsko testiranje strojne opreme avtomobilskih pogonskih sistemov (SHILL)
- Razvoj testnih procedur za testiranje strojne opreme krmilnika motorja v okolju Dspace SHILL
- Razvoj gonilnika krmilnika motorja v okolju AutoSAR
- Analiza/modeliranje/izboljšava elektromagnetne združljivosti produkta (generična tema)

Let's keep the future moving
#futuremobility

multicareers We at MAHLE take on the challenge of ensuring the future of mobility every day. Our vision is to make mobility more efficient, more environmentally friendly, more convenient, and more economical.

Do you want to shape the world of the future? Let's keep the future moving and join our team! Apply now at jobs.mahle.com

MAHLE Recruitment | #StrongerTogether #FutureMobility #Sustainability #Innovation

Let's keep the future moving!
Shape mobility around the world.
#StrongerTogether

IRT 3000 SLOVENIA MAGAZINE

Sempeter pri Gorici

In our Research and Development center we are working on exciting new mobility solutions for electrical vehicles.

MAHLE

MAHLE Formula Student team



MAHLE

Dr. Gregor Ergaver

Vodja Področja raziskav in razvoja
elektromagnetne združljivosti

Email: gregor.ergaver@mahle.com

Telefon: +386 41426 277

LinkedIn: Gregor Ergaver

Kristjan Saksida

Vodja razvojnih projektov

Email: kristjan.saksida@mahle.com

Telefon: +386 41 221 031

Tamara Frankovič

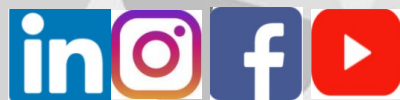
Rekruter MAHLE

Email: tamara.frankovic@mahle.com

Telefon: +386 41 767 932

LinkedIn: Tamara Frankovič

Sledite nam na MAHLE socialnih omrežjih:



Hvala za pozornost!

Vaša vprašanja?

Martin Jug

Štipendiranje, praksa, študentsko delo

Email: martin.a.jug@mahle.com

Telefon: +386 51 321 773

MAHLE