

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 1/15

Id.-Št. Verzija 007

| Verzija | Št. obvestila | Avtor                   | Opis spremembe                                                                                                           |
|---------|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 001     | /             | Dr. Gregor Ergaver      | Prva izdaja                                                                                                              |
| 002     | /             | Jernej Sorta            | Pregled in dopolnitev predloga                                                                                           |
| 003     | /             | Dr. Gregor Ergaver      | - Dopolnitev zahtev z valovitostjo izhoda.<br>- Dodani grafi class 5 zahtev za emisije.<br>- Uskladitev časovnega plana. |
| 004     | /             | doc. dr. Marko Jankovec | - dopolnitev logotipov<br>- sprememba priporočenega priključka<br>- popravek napak                                       |
| 005     | /             | doc. dr. Marko Jankovec | - dopolnitev terminskega plana<br>- dopolnitev električnih zahtev<br>- dopolnitev možnosti izdelave TIV                  |
| 006     | /             | Jernej Sorta            | - dopolnitev meril za ocenjevanje<br>- popravek izrazov                                                                  |
| 007     | /             | doc. dr. Marko Jankovec | - dopolnitev meril za ocenjevanje<br>- popravek izrazov                                                                  |
|         |               |                         |                                                                                                                          |
|         |               |                         |                                                                                                                          |
|         |               |                         |                                                                                                                          |

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 2/15

Id.-Št. Verzija 007

### Kazalo

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. Uvod.....                 | 3  |
| 2. Načrtovalske zahteve..... | 4  |
| 3. Opis projekta.....        | 7  |
| 4. Ocenjevanje .....         | 8  |
| 5. EMC zahteve .....         | 11 |

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 3/15

Id.-Št. Verzija 007

### 1. Uvod

Namen te listine je določiti nalogo za tekmovalce, ki so se prijavi na delavnico in tekmovanje "Načrtovanje elektronike za EMC 2018".

Zahteve naloge so, da tekmovalec sam prevzame celotno nalogo in jo izvede s čim manj podpore.

Poseben poudarek naloge je na:

- Izbiri ustreznih elektronskih gradnikov in izračunu njihovih vrednosti.
- Analizi vezja in dopolnitvi osnovne sheme z vsemi potrebnimi gradniki.
- Načrtovanju tiskanega vezja na osnovi zahtev.
- Naročilu materiala in izdelavi tiskanega vezja.
- Preizkušanju vezja in izvedbi izboljšav.

Potrebna oprema bo na voljo na FE ali v MAHLE Letriki d.o.o. po dogovoru.

Časovni okvir dela je marec – avgust 2018.

Predviden časovni razpored:

- 21.5. Naročilo materiala Würth elektronik in tiskanih vezij
- 20.8. Oddaja izdelanih končanih projektov.
- 24.9. Razglasitev rezultatov.

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 4/15

Id.-Št.

Verzija 007

### 2. Načrtovalske zahteve

Cilj je razviti, izdelati in preizkusiti močnostni stikalni pretvornik navzdol z naslednjimi zahtevami:

#### Električne zahteve

Prevodne povezave tiskanega vezja morajo biti galvansko ločene od hladila. Kapacitivne povezave med hladilom in prevodnimi deli tiskanega vezja so dovoljene.

Tabela 1: Električne zahteve

| Lastnost                                     | Vrednost                                                                 | Opomba                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topologija                                   | DC/DC pretvornik navzdol                                                 | Krmilno vezje LM5117-Q1                                                                                                                            |
| Območje vhodne napetosti                     | 36 V – 60 V                                                              |                                                                                                                                                    |
| Območje nastavljene izhodne napetosti        | 14 V $\pm$ 0,7V                                                          |                                                                                                                                                    |
| Vršna vrednost valovitosti izhodne napetosti | 0,2 V                                                                    | Pri osnovni frekvenci                                                                                                                              |
| Vršna vrednost valovitosti izhodne napetosti | 0,5 V                                                                    | Vse skupaj                                                                                                                                         |
| Območje izhodnega toka                       | [1,4 – 7] A                                                              | Pretvornik mora v predpisanem območju delovati v neprekinjenem režimu.                                                                             |
| Izhodno breme                                | Upornost 2 Ohm – 7 A (cca. 100W)<br>Upornost 10 Ohm – 1.4A (cca. 20W)    | Bremena pripravi MAHLE.                                                                                                                            |
| Izkoristek pretvornika                       | Večji od 75%                                                             | Merjen pri 48V vhodni napetosti in pri maksimalnem izhodnem toku 7A.                                                                               |
| Dolgotrajno delovanje                        | Največji dovoljeni temperaturi $T_s$ in $T_j$ glede na podatke komponent | Nobena komponenta ne sme biti preobremenjena pri temperaturi okolice 25 °C. Lega vezja je vodoravna, položena na mizo s hladilnim telesom navzdol. |

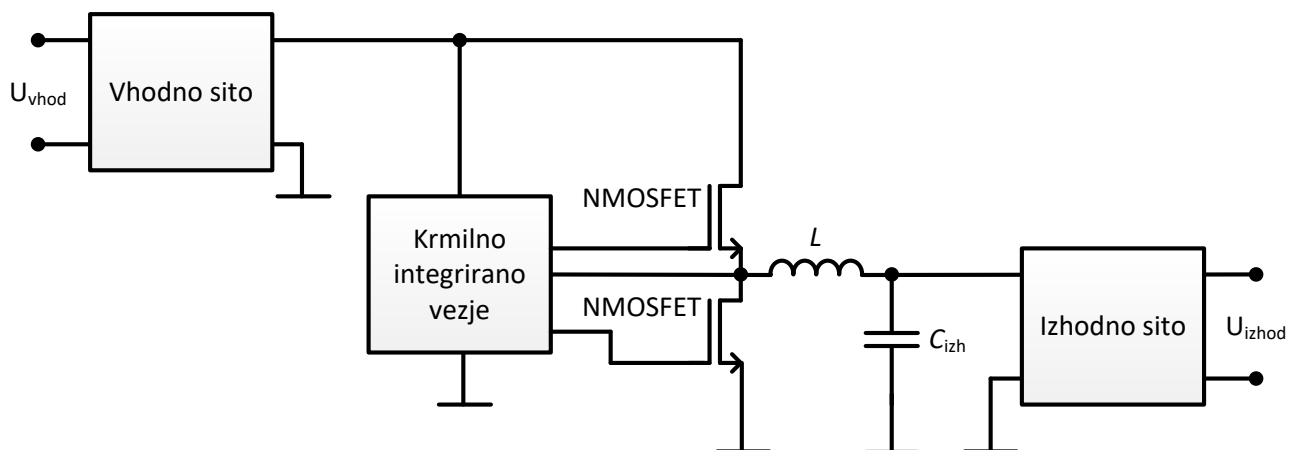
## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

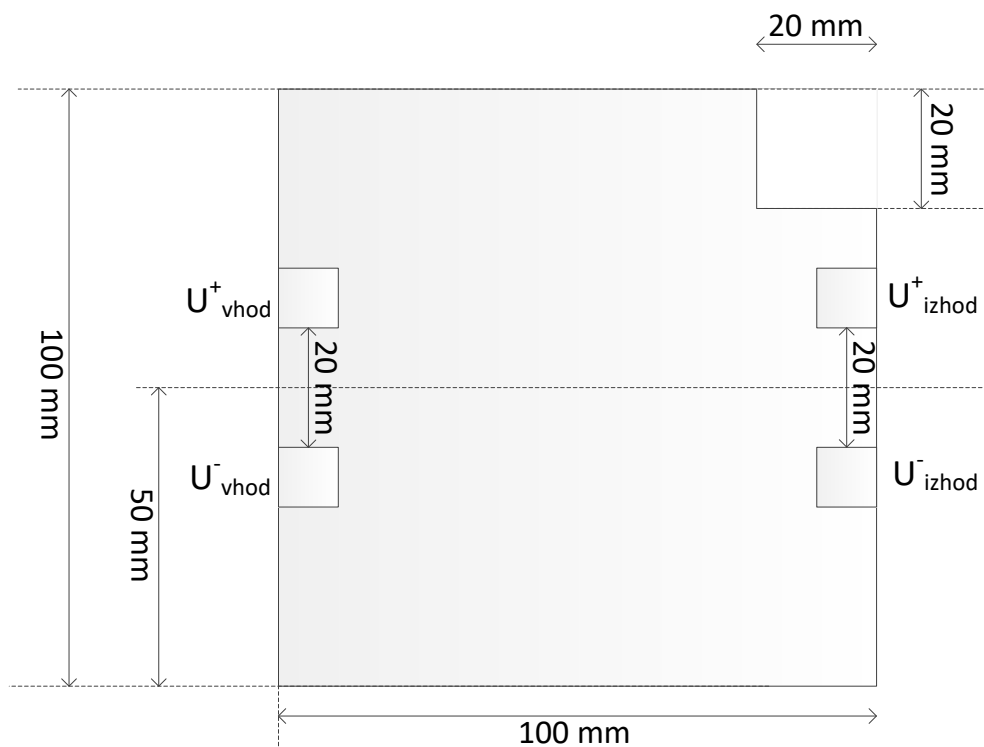
Stran 5/15

Id.-Št. Verzija 007



Slika 1: Osnovna shema pretvornika navzdol s krmilnim integriranim vezjem in zunanji stikali

## Mehanske zahteve



Slika 2: Mehanske zahteve za tiskano vezje

## Načrtovalski izziv

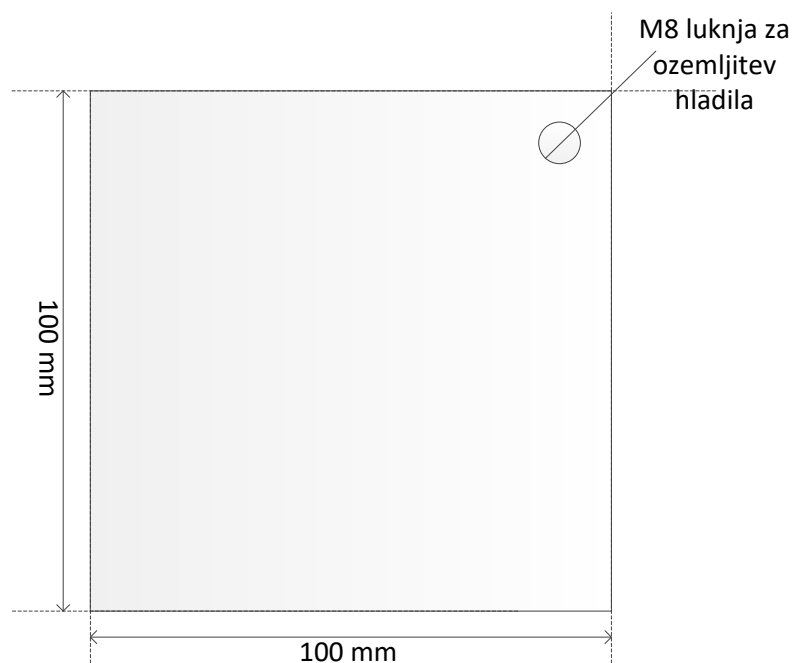
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 6/15

Id.-Št.

Verzija 007



Slika 3: Mehanske zahteve hladila

- **Tiskano vezje:** dvoslojno vezje FR-4 1.6 mm debelina dielektrika, velikosti do 100 x 100 mm
- **Hladilo:** (100x100x32)mm <http://si.farnell.com/h-s-marston/890sp-01000-a-100/heat-sink-100mm/dp/4105977>
- **Vhodne sponke in izhodne sponke:** [http://katalog.we-online.com/en/em/WP-PLUG\\_DIRECT\\_PLUG#vs\\_t1:1](http://katalog.we-online.com/en/em/WP-PLUG_DIRECT_PLUG#vs_t1:1)
- Paziti pri montaži tiskanega vezja na hladilo (kratki stiki). Hladilo galvansko ločeno od tiskanega vezja.

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 7/15

Id.-Št. Verzija 007

### 3. Opis projekta

#### 3.1 Shema

Vezje sestoji iz ene tiskanine, ki vključuje vhodne in izhodne priključke ter vezje močnostnega stikalnega napajalnika.

#### Podana so naslednja izhodišča:

- Načrtovalske zahteve.
- Topologija.
- Predlagan nabor gradnikov (integrirano vezje, hladilo, vhodni in izhodni priključki).
- Altium knjižnice s potrebnimi gradniki in osnovno shemo bomo zgradili na tečaju Osnov Altiuma in delili z vsemi udeleženci delavnice.

#### Določiti je potrebno:

- Osnovno shemo glede na priporočila proizvajalca integriranega vezja.
- Parametre stikalnega pretvornika glede na načrtovalske zahteve.
- Vrednosti in vrste gradnikov, npr. iz kataloga Würth elektronik glede na načrtovalske zahteve in dane zahteve po elektromagnetni združljivosti.

#### 3.2 Tiskano vezje

#### Vaša naloga je:

- Načrtati dvostransko tiskano vezje FR-4, debeline 1.6 mm z upoštevanjem izmer tiskanega vezja, podanih na sliki 2.
- Pri načrtovanju vezja je treba predvsem paziti na elektromagnetne lastnosti vezja (poudarek na prevodnih in sevalnih emisijah).
- Tiskano vezje izdelati, sestaviti in preizkusiti.

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 8/15

Id.-Št. Verzija 007

### 4. Ocenjevanje

Ocenjevali bomo vezja, ki bodo oddana do navedenega roka za oddajo. Poleg vezja je potrebno oddati popolno dokumentacijo in sicer: Shemo in načrt tiskanega vezja z oznakami elementov (datoteke altium ali pdf) in seznam elementov (BOM), ki za vsak element vsebuje oznako, naziv in kodo proizvajalca ter dobavitelja in ceno za 1000 izdelanih elektronik.

Ocenjevalna merila bodo obsegala:

#### 1. Doseganje danih načrtovalskih zahtev:

- za načrtovalske zahteve, če so vse zahteve izpolnjene:

$$T_{zah} = 10 \text{ točk}$$

- za izkoristek. Za točkovanje izkoristka velja enačba:

$$T_{izk} = (D_{izk}[\%] - 75\%) \text{ točk}$$

Pri čemer je:

$D_{izk}[\%]$  ... izmerjen izkoristek pretvorbe napetosti v odstotkih

#### 2. Doseganje elektromagnetne združljivosti - emisije

- Prevodne emisije**

pod class 1 limitami →  $TCE_{class1} = 0$  točk  
pod class 2 limitami →  $TCE_{class2} = 5$  točk  
pod class 3 limitami →  $TCE_{class3} = 10$  točk  
pod class 4 limitami →  $TCE_{class4} = 20$  točk  
pod class 5 limitami →  $TCE_{class5} = 35$  točk

$$TCE = TCE_{classx} + DCE_{točke}$$

Pri čemer je:

$TCE$  ... skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah

$TCE_{classx}$  ... število točk za dosego skladnosti z razredom prevodnih emisij

$DCE_{točke}$  ... dodatno število točk med razredi prevodnih emisij

- Sevalne emisije**

pod class 1 limitami →  $TRE_{class1} = 0$  točk  
pod class 2 limitami →  $TRE_{class2} = 5$  točk  
pod class 3 limitami →  $TRE_{class3} = 10$  točk  
pod class 4 limitami →  $TRE_{class4} = 20$  točk  
pod class 5 limitami →  $TRE_{class5} = 35$  točk



## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 9/15

Id.-Št. Verzija 007

$$TRE = TRE_{classx} + DRE_{točke}$$

Pri čemer je:

$TRE$  ... skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po sevalnih emisijah

$TRE_{classx}$  ... število točk za doseg skladnosti z razredom sevalnih emisij

$DRE_{točke}$  ... dodatno število točk med razredi sevalnih emisij

**Med razredoma se število točk enakomerno porazdeli linearno z razmerjem med enim in drugim razredom in razliko med višjo mejo in nivojem emisije pri najbolj kritični frekvenci.**

**Enačba za izračun dodatnih točk:**

$$Dxx_{točke} = \frac{Txx_{class}(D+1) - Txx_{class}(D)}{(L_{class}(D) - L_{class}(D+1))@f_{kritična}} * (L_{class}(D) - Lizm)@f_{kritična}$$

pri čemer je:

$Dxx_{točke}$  ... dodatno število točk med razredi

$Txx_{class}(D+1)$  ... točke za en razred višji od doseženega

$Txx_{class}(D)$  ... točke za doseženi razred

$L_{class}(D)@f_{kritična}$  ... meja doseženega razreda pri kritični frekvenci

$L_{class}(D+1)@f_{kritična}$  ... meja za en razred višja od doseženega razreda pri kritični frekvenci

$Lizm@f_{kritična}$  ... izmerjeni nivo pri kritični frekvenci

**Najbolj kritična motnja je pri tisti frekvenci (kritični frekvenci), kjer je nivo emisij najbližje nižjemu razredu mej.**

**Primer točkovanja prevodnih emisij:**

T1(f=180 kHz, nivo 86 dBuV, 4 dBuV pod class 3 mejo)

T2(f=780 kHz, nivo 69 dBuV, 1 dBuV pod class 3 mejo)

Najbolj kritična frekvenca je 780 kHz v točki T2.

## Načrtovalski izziv

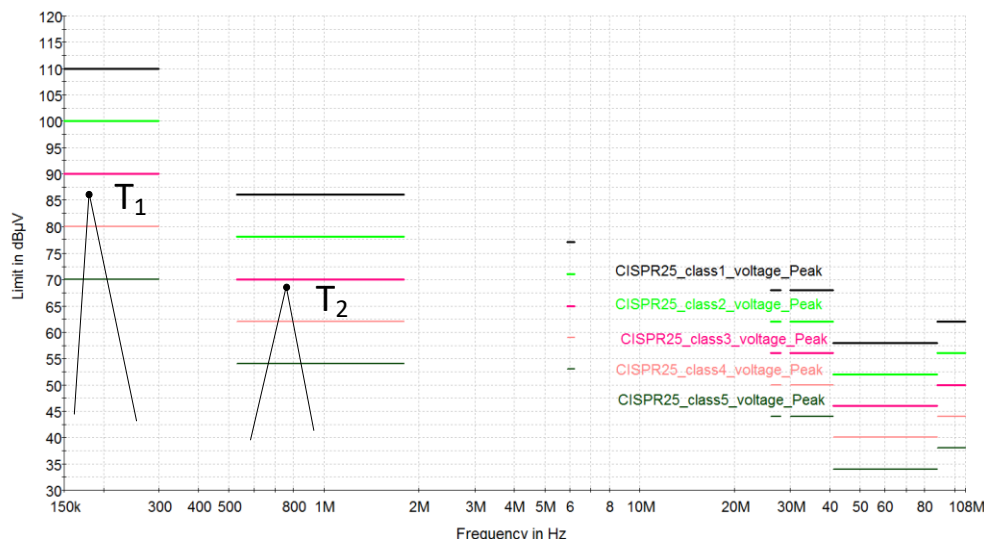
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 10/15

Id.-Št.

Verzija 007



Točkovanje:

Presega class 4 emisije, dosega class 3 emisije torej **10 točk**.

Dodatno še (class4-class3) :

$$DCEtočke = \frac{TCE_{class4} - TCE_{class3}}{(L_{class3} - L_{class4})@f_{kritična}} * (L_{class3} - L_{izm})@f_{kritična}$$

$$DCEtočke = \frac{20 \text{ točk} - 10 \text{ točk}}{(70 \text{ dBuV} - 62 \text{ dBuV})@780 \text{ kHz}} * (70 \text{ dBuV} - 69 \text{ dBuV})@780 \text{ kHz}$$

$$DCEtočke = \mathbf{1,25 \text{ točke}}$$

Skupaj število točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah

$$TCE = TCE_{class3} + DCEtočke$$

$$TCE = \mathbf{10 \text{ točk} + 1,25 \text{ točk} = 11,25 \text{ točk}}$$

### 3. Cena gradnikov

Za ceno izdelka se bo uporabilo cenik trgovine Farnell. Če element na Farnellu ni dobavljiv, potem je drugi dobavitelj Mouser, kar označite v seznamu elementov. Uporabila se bo cenovna postavka za količino 1000 izdelanih elektronik. V ceno se bo vštelo le induktivne gradnike, kondenzatorje in tranzistorje. Induktivne gradnike in kondenzatorje izberite iz kataloga Würth elektronik.

Za vsak 1€ v končni ceni izdelka se bo pri ocenjevanju odbilo 2 točki, torej:

$$T_{cena} = 2 * \text{št}_{\text{€}}$$

### 4. Skupno število točk:

Je vsota točk dobljenih iz izpolnitev zahtev projekta, točk zaradi izkoristka pretvornika, točk iz izpolnitev zahtev po elektromagnetni združljivosti izdelka in odbitka točk zaradi cene.

$$T = T_{zah} + T_{izk} + TCE + TRE - T_{cena}$$

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Datum 9.4.2018

Stran 11/15

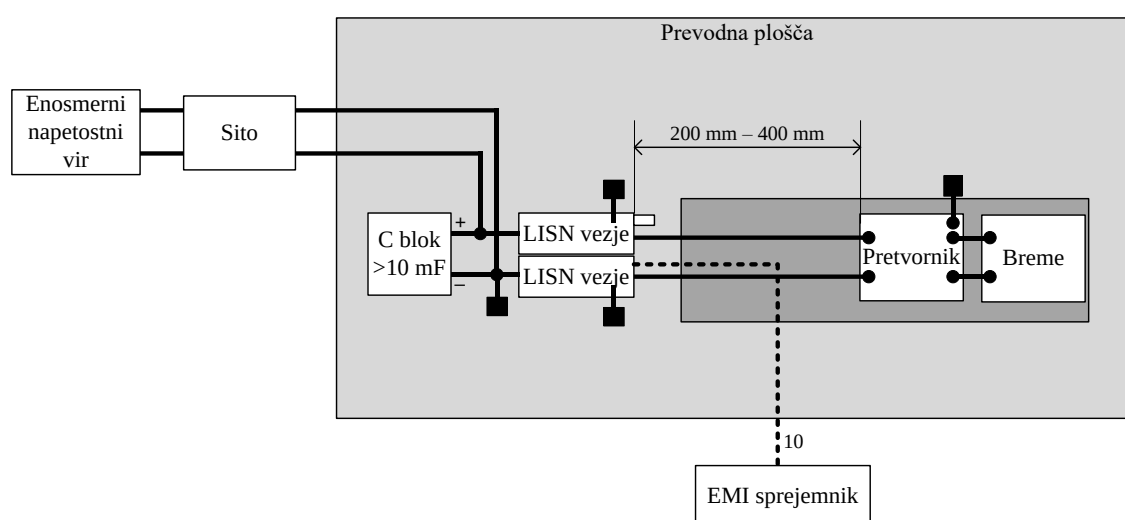
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Id.-Št.

Verzija 007

### 5. EMC zahteve

Močnostni stikalni pretvornik mora zadostiti zahtevam po nizkih prevodnih in sevalnih emisijah skladno s predpisom EN55025:2017. Slika 4 prikazuje pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje prevodnih emisij v frekvenčnem področju 150 kHz – 108 MHz:



Slika 4: Pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje prevodnih emisij

Tabela 2 podaja mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za prevodne emisije.

Tabela 2: Mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za prevodne emisije

| Frekvenčno področje [MHz] | Nivo [dBuV] |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
|---------------------------|-------------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
|                           | Class 5     |    |    | Class 4 |    |    | Class 3 |    |    | Class 2 |    |    | Class 1 |    |    |
|                           | PK          | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV |
| 0,15 – 0,3                | 70          | 57 | 50 | 80      | 67 | 60 | 90      | 77 | 70 | 100     | 87 | 80 | 110     | 97 | 90 |
| 0,53 – 1,8                | 54          | 41 | 34 | 62      | 49 | 42 | 70      | 57 | 50 | 78      | 65 | 58 | 86      | 73 | 66 |
| 5,9 – 6,2                 | 53          | 40 | 33 | 59      | 46 | 39 | 65      | 52 | 45 | 71      | 58 | 51 | 77      | 64 | 57 |
| 76 – 108                  | 38          | 25 | 18 | 44      | 31 | 24 | 50      | 37 | 30 | 56      | 43 | 36 | 62      | 49 | 42 |
| 41 – 88                   | 34          | -  | 24 | 40      | -  | 30 | 46      | -  | 36 | 52      | -  | 42 | 58      | -  | 48 |
| 26 – 28                   | 44          | 31 | 24 | 50      | 37 | 30 | 56      | 43 | 36 | 62      | 49 | 42 | 68      | 55 | 48 |
| 30 – 54                   | 44          | 31 | 24 | 50      | 37 | 30 | 56      | 43 | 36 | 62      | 49 | 42 | 68      | 55 | 48 |
| 68 – 87                   | 38          | 25 | 18 | 44      | 31 | 24 | 50      | 37 | 30 | 56      | 43 | 36 | 62      | 49 | 42 |

Slika 5 prikazuje graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za prevodne emisije.

## Načrtovalski izziv

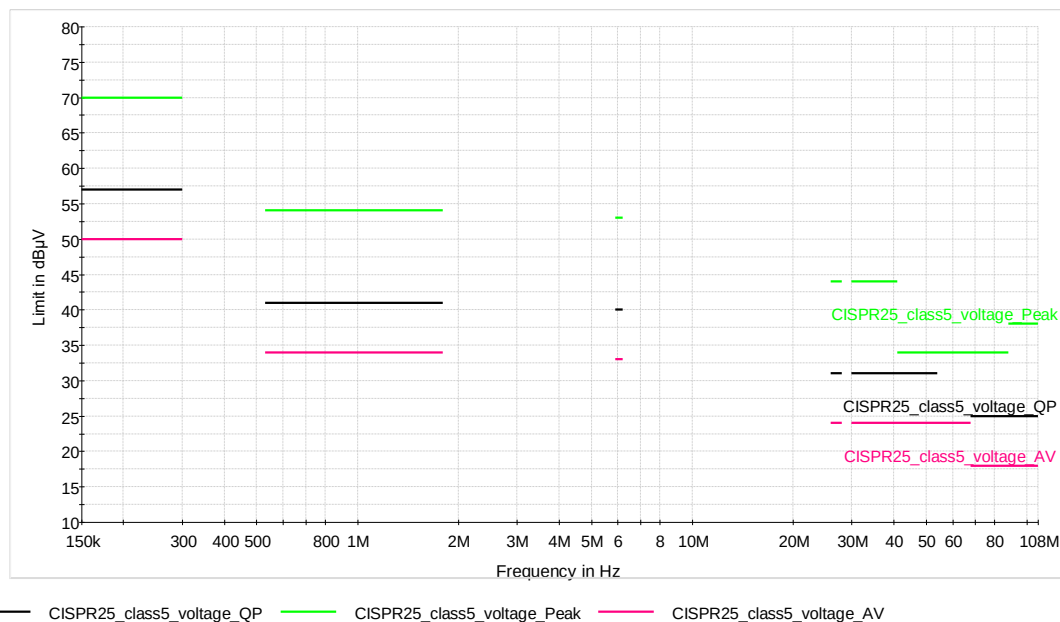
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 12/15

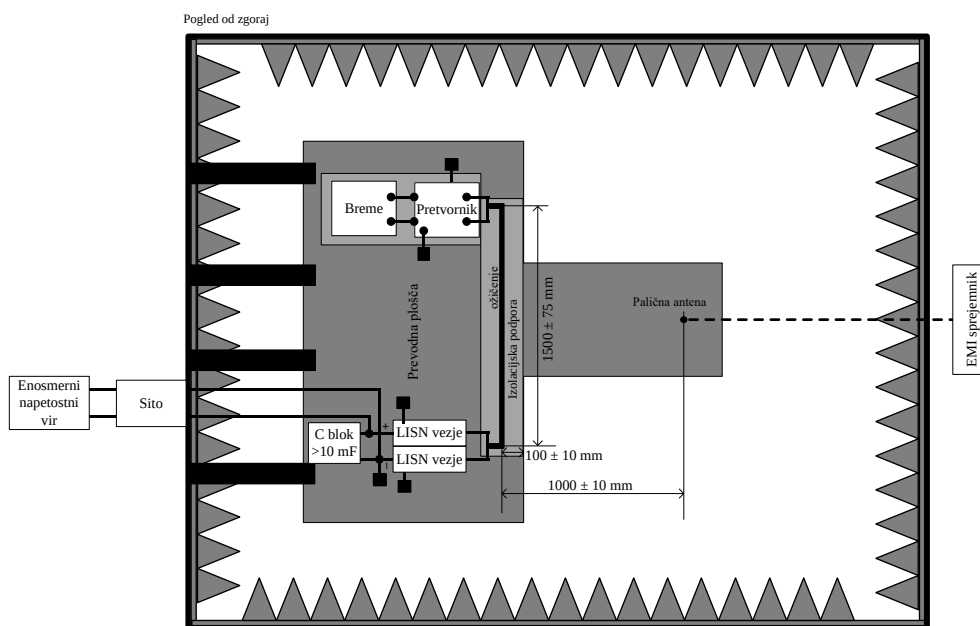
Id.-Št.

Verzija 007



Slika 5: Graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za prevodne emisije

Slika 6 prikazuje pogled z vrha na merilno postavitvev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz:



Slika 6: Pogled z vrha na merilno postavitvev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

Stran 13/15

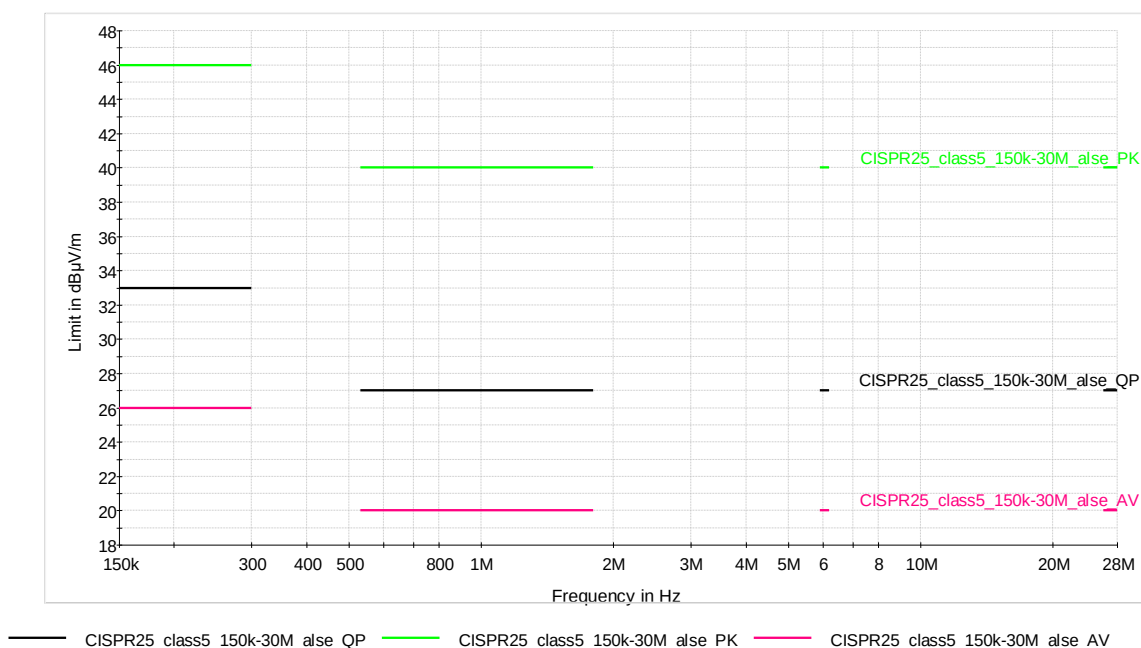
Id.-Št. Verzija 007

Tabela 3 podaja mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz:

**Tabela 3: Mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz**

| Frekvenčno področje [MHz] | Nivo [dBuV/m] |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
|---------------------------|---------------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
|                           | Class 5       |    |    | Class 4 |    |    | Class 3 |    |    | Class 2 |    |    | Class 1 |    |    |
|                           | PK            | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV |
| 0,15 – 0,3                | 46            | 33 | 26 | 56      | 43 | 36 | 66      | 53 | 46 | 76      | 63 | 56 | 86      | 73 | 66 |
| 0,53 – 1,8                | 40            | 27 | 20 | 48      | 35 | 28 | 56      | 43 | 36 | 64      | 51 | 44 | 72      | 59 | 52 |
| 5,9 – 6,2                 | 40            | 27 | 20 | 46      | 33 | 26 | 52      | 39 | 32 | 58      | 45 | 38 | 64      | 51 | 44 |
| 26 – 28                   | 40            | 27 | 20 | 46      | 33 | 26 | 52      | 39 | 32 | 58      | 45 | 38 | 64      | 51 | 44 |

Slika 7 prikazuje graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz.



**Slika 7: Graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz**

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

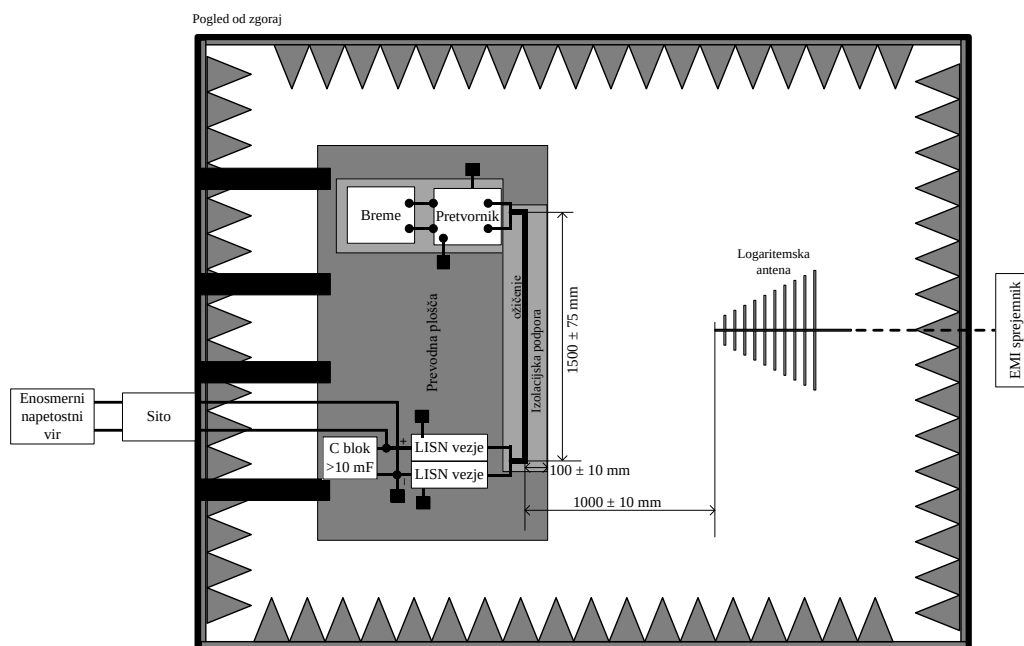
Datum 9.4.2018

Stran 14/15

Id.-Št.

Verzija 007

Slika 8 prikazuje pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz:



Slika 8: Pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz

Tabela 4 podaja mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz:

Tabela 4: Meje vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz

| Frekvenčno<br>področje<br>[MHz] | Nivo [dBuV/m] |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
|---------------------------------|---------------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
|                                 | Class 5       |    |    | Class 4 |    |    | Class 3 |    |    | Class 2 |    |    | Class 1 |    |    |
|                                 | PK            | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV | PK      | QP | AV |
| 76 – 108                        | 38            | 25 | 18 | 44      | 31 | 24 | 50      | 37 | 30 | 56      | 43 | 36 | 62      | 49 | 42 |
| 41 – 88                         | 28            | -  | 18 | 34      | -  | 24 | 40      | -  | 30 | 46      | -  | 36 | 52      | -  | 42 |
| 174 – 230                       | 32            | -  | 22 | 38      | -  | 28 | 44      | -  | 34 | 50      | -  | 40 | 56      | -  | 46 |
| 171 – 245                       | 26            | -  | 16 | 32      | -  | 22 | 38      | -  | 28 | 44      | -  | 34 | 50      | -  | 40 |
| 468 – 944                       | 41            | -  | 31 | 47      | -  | 37 | 53      | -  | 43 | 59      | -  | 49 | 65      | -  | 55 |
| 470 – 770                       | 45            | -  | 35 | 51      | -  | 41 | 57      | -  | 47 | 63      | -  | 53 | 69      | -  | 59 |
| 30 – 54                         | 40            | 27 | 20 | 46      | 33 | 26 | 52      | 39 | 32 | 58      | 45 | 38 | 64      | 51 | 44 |
| 68 – 87                         | 35            | 22 | 15 | 41      | 28 | 21 | 47      | 34 | 27 | 53      | 40 | 33 | 59      | 46 | 39 |
| 142 – 175                       | 35            | 22 | 15 | 41      | 28 | 21 | 47      | 34 | 27 | 53      | 40 | 33 | 59      | 46 | 39 |

## Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
MAHLE Letrika d.o.o., Šempeter pri Gorici

Datum 9.4.2018

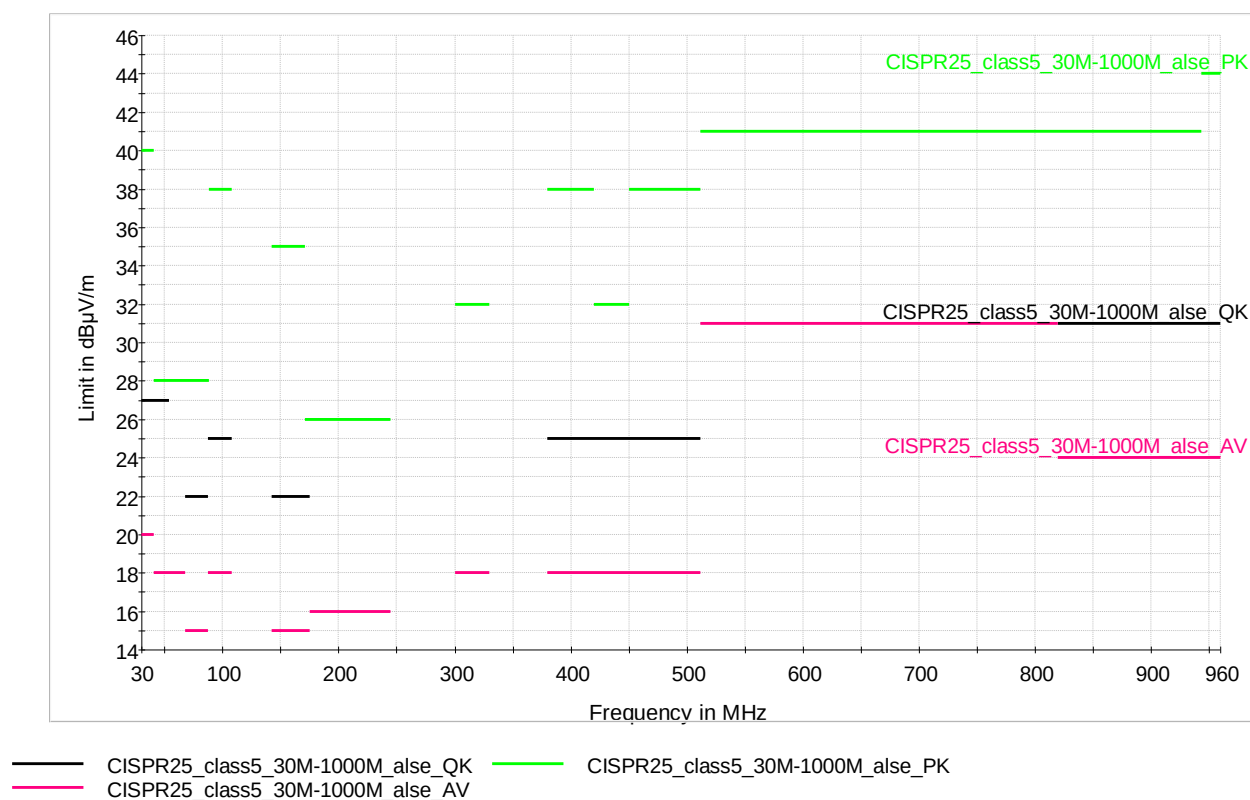
Stran 15/15

Id.-Št.

Verzija 007

|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 380 – 512 | 38 | 25 | 18 | 44 | 31 | 24 | 50 | 37 | 30 | 56 | 43 | 36 | 62 | 49 | 42 |
| 300 – 330 | 32 | -  | 18 | 38 | -  | 24 | 44 | -  | 30 | 50 | -  | 36 | 56 | -  | 42 |
| 420 – 450 | 32 | -  | 18 | 38 | -  | 24 | 44 | -  | 30 | 50 | -  | 36 | 56 | -  | 42 |
| 820 – 960 | 44 | 31 | 24 | 50 | 37 | 30 | 56 | 43 | 36 | 62 | 49 | 42 | 68 | 55 | 48 |
| 860 – 895 | 44 | -  | 24 | 50 | -  | 30 | 56 | -  | 36 | 62 | -  | 42 | 68 | -  | 48 |
| 925 – 960 | 44 | -  | 24 | 50 | -  | 30 | 56 | -  | 36 | 62 | -  | 42 | 68 | -  | 48 |

Slika 9 prikazuje graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz.



Slika 9: Graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz – 1000 MHz