

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 1/19

Verzija	Št. obvestila	Avtor	Opis spremembe
001	/	B. Perko P.Kržič, B.Strojin	Prva izdaja
002	/	B.Perko	Dodane zahteve za BCI test, definicija hladilnega telesa
003	/	M. Jankovec	Razni tekstovni popravki, terminski plan
004	/	B.Perko	Definicija dimenzij PCBA in hladilnega telesa, tekstovni popravki
005	/	B.Perko	Dodano opozorilo pri rokovanju s hladilnim telesom.
006	/	M. Jankovec	Dodani pogoji glede upravičenosti do nagrad, popravljen minimalni izkoristek in končna enačba točk, manjši popravki teksta, ureditev dokumenta.
007	/	B.Perko	Sprememba funkcijskih zahtev izdelka, dodane oznake izhodnih kontaktov

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 2/19

Kazalo

1. Uvod	3
2. Načrtovalske zahteve	4
3. Opis projekta.....	8
4. Ocenjevanje.....	9
5. EMC zahteve.....	13

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 3/19

1. Uvod

Namen tega dokumenta je, določiti nalogo, zahteve in pogoje za tekmovalce, ki so se prijavili na delavnico in tekmovanje "Načrtovanje elektronike za EMC 2020".

Delavnica je odprtega tipa in na njej lahko sodelujejo vsi. Tekmovalci, ki so upravičeni do nagrad, so lahko le redno vpisani študentje ali absolventi Fakultete za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani.

Zahteve naloge so, da tekmovalec sam prevzame celotno nalogo in jo izvede samostojno.

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.
- Imunost vezja na vsiljene tokove (BCI test) po standardu ISO 11452-4.
- RE/CE motnje pretvornika ustrezajo zahtevam CISPR
- Zahtevane zaščite v vezju izpolnjujejo svoj namen

Potrebna oprema bo na voljo na FE ali v Hella Saturnus Slovenija d.o.o. po dogovoru.

Časovni okvir dela je februar – maj 2020.

Predviden časovni raspored:

- 6.4. Naročilo materiala Würth elektronik in tiskanih vezij
- 18.5. Oddaja izdelanih končanih projektov.
- 18.5. – 1.6. – Izvedba EMC meritev v Hella Saturnus in SIQ in priprava rezultatov
- 2.6. Razglasitev rezultatov.

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 4/19

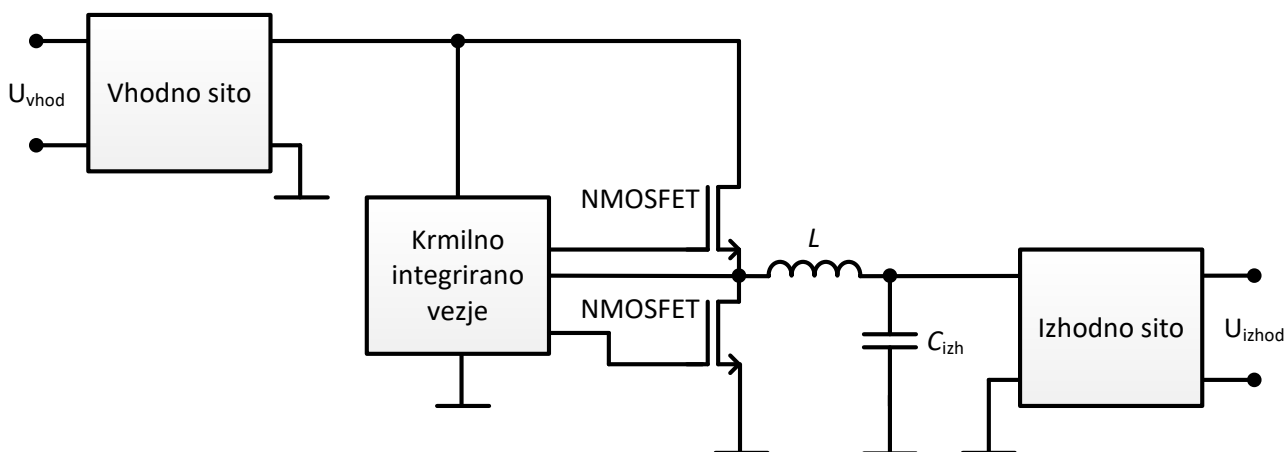
2. Načrtovalske zahteve

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

Električne zahteve

Pretvornik mora izhodnemu bremenu zagotavljati konstanten tok 6 A. Kot breme na izhodu je predviden 1x LED izvor Oscon Boost PM, ki ga pripravi podjetje Hella Saturnus in se ga ne sme spreminjati, vključno z dolžino priključnih žic. Pretvornik mora imeti zaščito proti napačni priključitvi napajalnik sponk, zaščito za prenizko vhodno napetost in zaščito za primer odprtih ali kratko sklenjeni sponk na bremenu.

Pretvornik naj bo v osnovi zasnovan brez faradayeve zaščite stikalnega dela. Meritve se bodo izvedle v dveh konfiguracijah. V prvi bo breme priključeno na pretvornik s priključnimi žicami, v drugi pa se ga bo pritrdilo na ohišje. Breme - LED na hladilnem telesu s priključnimi sponkami bo zagotovilo podjetje Hella Saturnus Slovenija.



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

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Datum 20.02.2020

Stran 5/19

HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana

Id.-Št.

Verzija 007

Lastnost	Vrednost	Opomba
Topologija	DC/DC pretvornik navzdol (Buck)	Integrirano vezje TPS92641
Območje vhodne napetosti za polno delovanje	[8 – 18] V	V tem področju mora pretvornik zagotavljati nazivni izhodni tok
Nazivni izhodni tok	6 A $\pm$ 10%	Pretvornik mora v predpisanem območju delovati v neprekinjenem režimu.
Območje izhodne napetosti	[3 – 4] V	1x LED Osram oslon boost
Vršna vrednost valovitosti izhodne napetosti	0,2 V	Pri osnovni frekvenci
Vršna vrednost valovitosti izhodnega toka	0,2 A	Vse skupaj
Izhodno breme	1 x LED OSOLON® Boost HL	Bremena bo zagotovilo podjetje Hella Saturnus.
Izkoristek pretvornika	>85%	Merjen pri temperaturi okolice 25 °C, vhodni napetosti 13,5 V in izhodnem toku 6 A.
Dolgotrajno delovanje	Pri sobni temperaturi ($T_{amb} = 25\text{ °C}$), temperatura nikjer na vezju ne sme preseči 125 °C	Nobena komponenta ne sme biti preobremenjena pri temperaturi okolice 25 °C. Lega vezja je vodoravna, položena na mizo s hladilnim telesom navzdol. Temperatura se izmeri po 30 minutah delovanja vezja.
Zaščita obrnjene polaritete	-20 V	Vhodna zaščita proti napačni priključitvi napajalnih sponk
Podnapetostna zaščita	$U_{supp} < 6\text{ V}$	Izklop pretvornika, ko je vhodna napetost manjša od 6V
Odprte sponke na bremenu	$U_{iz} > 6\text{ V}$	Zaščita v primeru odprtih sponk na bremenu. Zahtevan izklop stikalnega dela.

Tabela 1: Električne zahteve

Načrtovalski izziv

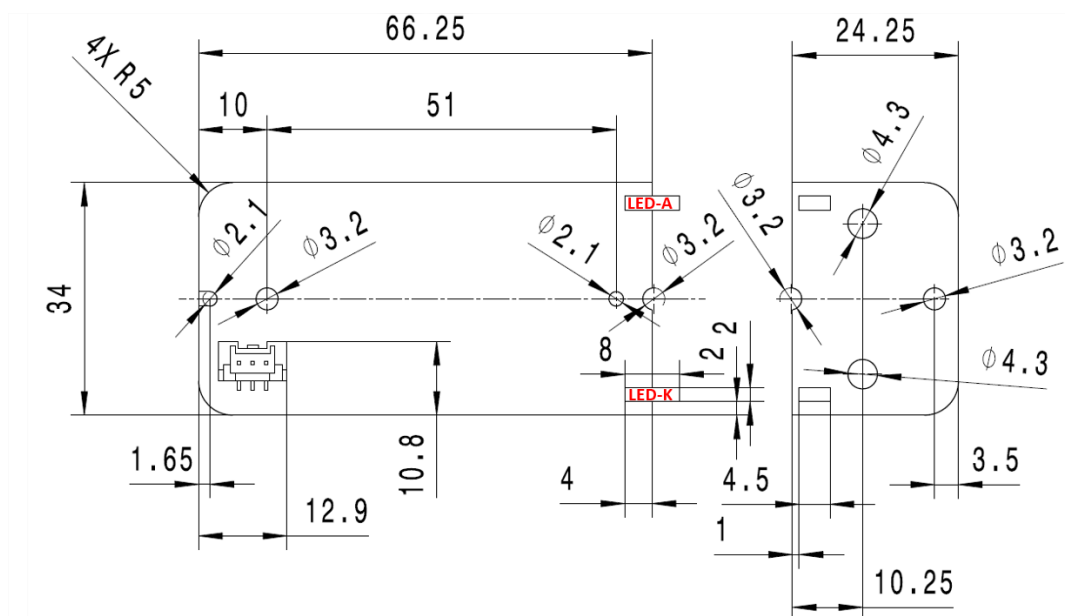
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 6/19

Mehanske zahteve

- **Tiskano vezje:** 4-slojno vezje FR-4, debelina dielektrika 1,6 mm, predpisane oblike in velikosti
- **Vhodne sponke na strani pretvornika:** JST, BM02B-PASS-1-TFT(LF)(SN)
- **Izhodne sponke na strani pretvornika:** AVX, 70-9159 Series, 70-9159-001-402-006
- **Vhodne sponke na strani bremena:** AVX, 70-9159 Series, 70-9159-001-401-006
- Vezje se mora prilegati ohišju, ki ga bo vsakemu sodelujočemu zagotovilo podjetje Hella Saturnus Slovenija
- Na TIV mora biti vsaj na pozicijah izvrtin za pritrdilne vijake, zagotovljena tudi galvanska povezava med glavo vijaka in električno maso vezja (GND)
- Za merjenje CE in RE emisij, brez vezja pritrjenega na hladilno telo, se bo za povezavo z bremenom uporabilo povezovalni kabel dolžine 30cm, na katerem bodo priključne sponke.



Slika 2: Zahtevane dimenzije tiskanega vezja stikalnega napajalnika (levo) in LED bremena (desno)

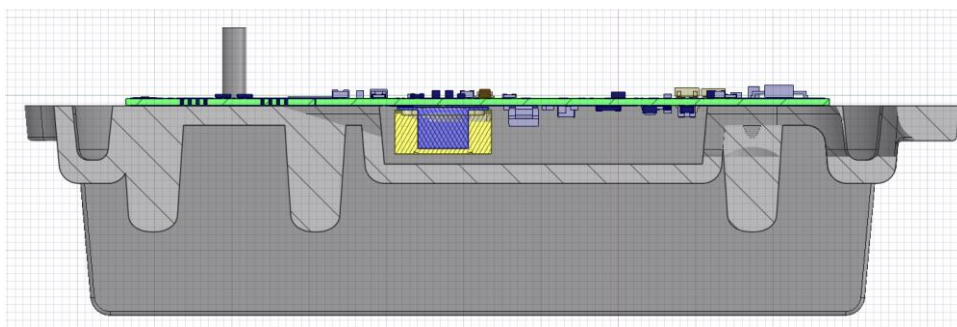
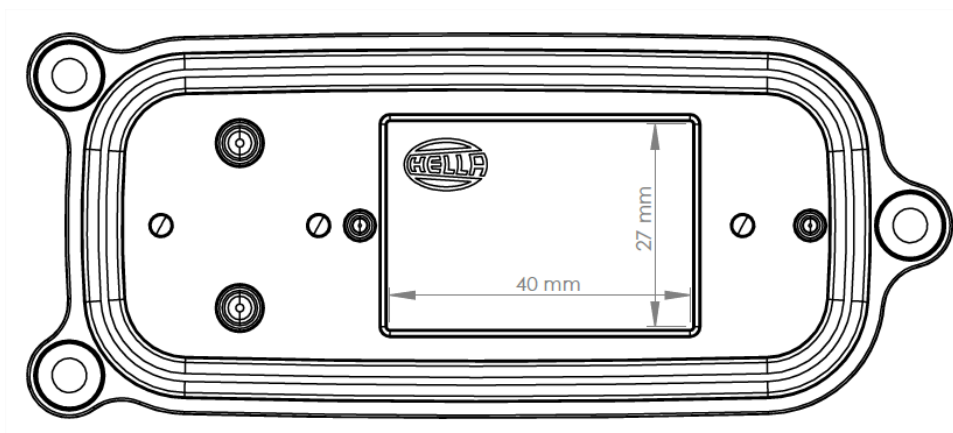
Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 7/19

Načrt hladilnega telesa: (cca. 95x 55mm)



Slika 3: Primer pozicije vezja na hladilnem telesu

Za lažjo vključitev načrta hladilnega telesa v dizajn tiskanine bo na voljo tudi 3D model.

OPOZORILO: Zaradi dokaj velike moči na bremenu, lahko temperatura na hladilniku preseže 70°C, zato bodite pozorni na rokovanje s hladilnikom, da ne pride do opeklin!

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 8/19

3. Načrtovalske zahteve

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.

Tiskano vezje

Vaša naloga je:

- Izrisati 4-stransko 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).
- Povezovalne vezi na vezju morajo biti dimenzijsko ustrezne glede na njihove tokove
- Zagotovite ustrezno površino bakrenih površin pri termično kritičnih komponentah pretvornika
- Tiskano vezje izdelati, sestaviti in preizkusiti.

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 9/19

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. Za vsako neizpolnjevanje posamezne načrtovalske zahteve iz tabele 1, ki ni zajeta v ostalih kriterijih, se odbije 5 točk:

$$T_{zah} = 50 \text{ točk}$$

- za izkoristek. Za točkovanje izkoristka velja enačba:

$$T_{izk} = 5 \cdot (D_{izk}[\%] - 85\%) \text{ točk},$$

pri čemer je $D_{izk}[\%]$ izmerjen izkoristek pretvorbe napetosti v odstotkih

2. Doseganje elektromagnetne združljivosti - emisije

- Prevodne emisije**

pod class 1 limitami $\rightarrow T_{CEclass1} = 0 \text{ točk}$

pod class 2 limitami $\rightarrow T_{CEclass2} = 5 \text{ točk}$

pod class 3 limitami $\rightarrow T_{CEclass3} = 10 \text{ točk}$

pod class 4 limitami $\rightarrow T_{CEclass4} = 20 \text{ točk}$

pod class 5 limitami $\rightarrow T_{CEclass5} = 35 \text{ točk}$

$$T_{CE} = T_{CEclassx} + DT_{CE}$$

Pri čemer je:

T_{CE} skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah,

$T_{CEclassx}$ število točk za dosego skladnosti z razredom prevodnih emisij,

DT_{CE} dodatno število točk med razredi prevodnih emisij.

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 10/19

• Sevalne emisije

pod class 1 limitami $\rightarrow T_{REclass1} = 0$ točk
pod class 2 limitami $\rightarrow T_{REclass2} = 5$ točk
pod class 3 limitami $\rightarrow T_{REclass3} = 10$ točk
pod class 4 limitami $\rightarrow T_{REclass4} = 20$ točk
pod class 5 limitami $\rightarrow T_{REclass5} = 35$ točk

$$T_{RE} = T_{REclassx} + DT_{RE}$$

Pri čemer je

T_{RE} skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po sevalnih emisijah,

$T_{REclassx}$ število točk za dosego skladnosti z razredom sevalnih emisij,

DT_{RE} 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:

$$DT_{xx} = \frac{T_{xxclass(D+1)} - T_{xxclass(D)}}{(L_{class(D)} - L_{class(D+1)})@f_{kritična}} * (L_{class(D)} - L_{izm})@f_{kritična}$$

pri čemer je:

DT_{xx} dodatno število točk med razredi,

$T_{xxclass(D+1)}$ točke za en razred višji od doseženega,

$T_{xxclass(D)}$ 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,

$L_{izm}@f_{kritična}$ 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)

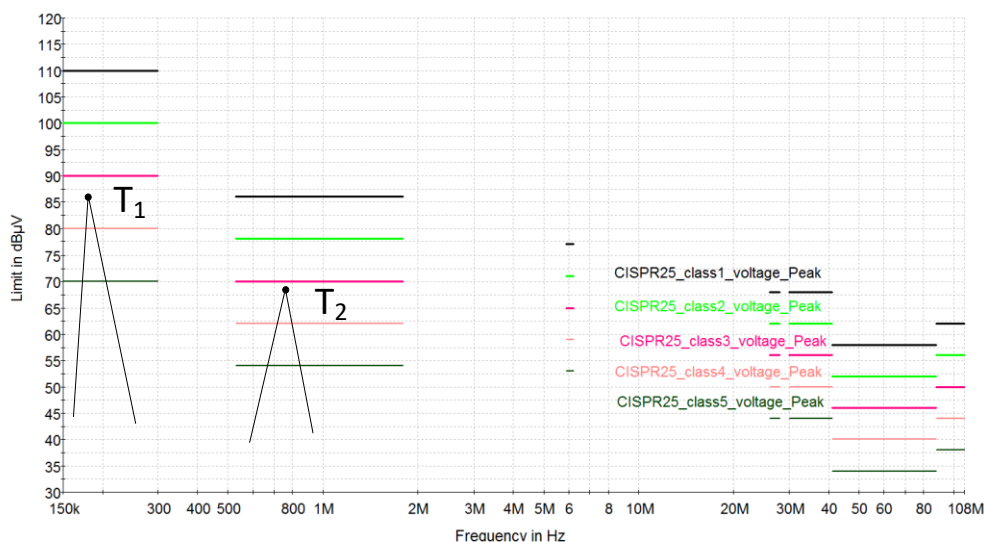
Najbolj kritična frekvenca je 780 kHz v točki T2.

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 11/19



Točkovanje:

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

Dodatno še (class4-class3) :

$$DT_{CE} = \frac{T_{CEclass4} - T_{CEclass3}}{(L_{class3} - L_{class4})@f_{kritična}} * (L_{class3} - L_{izm})@f_{kritična}$$

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

$$DT_{CE} = 1,25 \text{ točke}$$

Skupaj število točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah:

$$T_{CE} = T_{CEclass3} + DT_{CE}$$

$$T_{CE} = 10 \text{ točk} + 1,25 \text{ točk} = 11,25 \text{ točk}$$

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 12/19

- **Imunost na vsiljene tokove (Bulk Current Injection - BCI test)**

Vezje bo preizkušano na imunost za vsiljene tokove po mednarodnem standardu ISO-11452-4 po metodi substitucije. Za doseganje imunosti vezja na vsiljene tokove velja sledeči kriterij:

- Imunost vezja do 60mA: $T_{BCI} = 10$ točk
- Imunost vezja do 100mA: $T_{BCI} = 15$ točk
- Imunost vezja do 200mA: $T_{BCI} = 30$ točk

Za posamezni nivo vsiljenih tokov, mora vezje med vsiljeno motnjo ohraniti nastavljeni izhodni tok 6A z dovoljeno toleranco 30%.

3. Cena gradnikov

Za ceno izdelka se bo uporabilo cenik iskalnika Octopart. Uporabila se bo cenovna postavka za količino 1000 izdelanih elektronik. V ceno se bo vštelo le induktivne gradnike, kondenzatorje v glavnem tokokrogu in filtri in tranzistorje. Za vsak 1€ v končni ceni izdelka se bo pri ocenjevanju odbilo 5 točk, torej:

$$T_{cena} = 5 \cdot \text{št.€}$$

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.

$$T = T_{zah} + T_{izk} + T_{CE_{odprto}} + T_{CE_{zaprto}} + T_{RE_{odprto}} + T_{RE_{zaprto}} + T_{BCI} - T_{cena}$$

Načrtovalski izziv

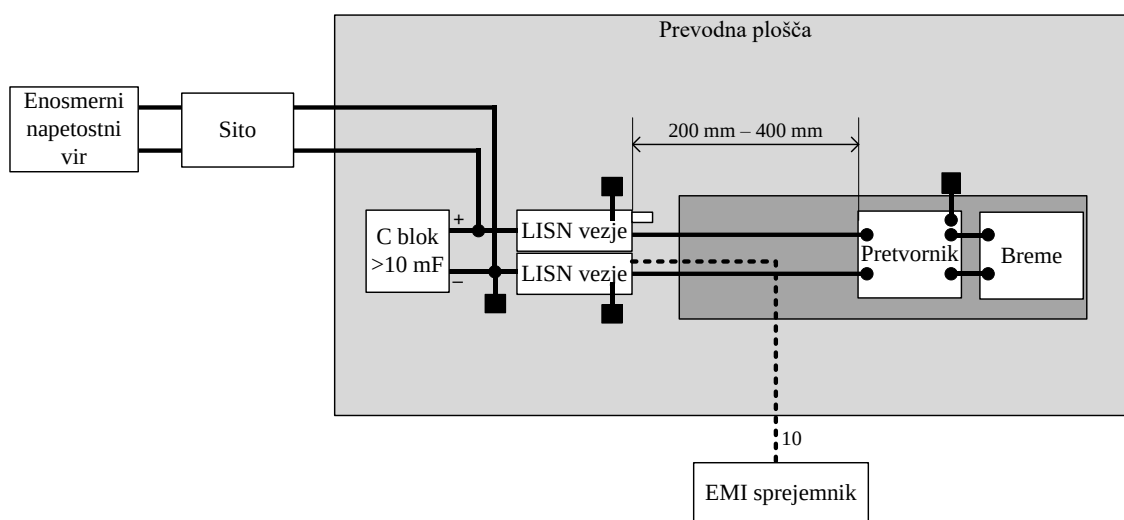
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 13/19

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

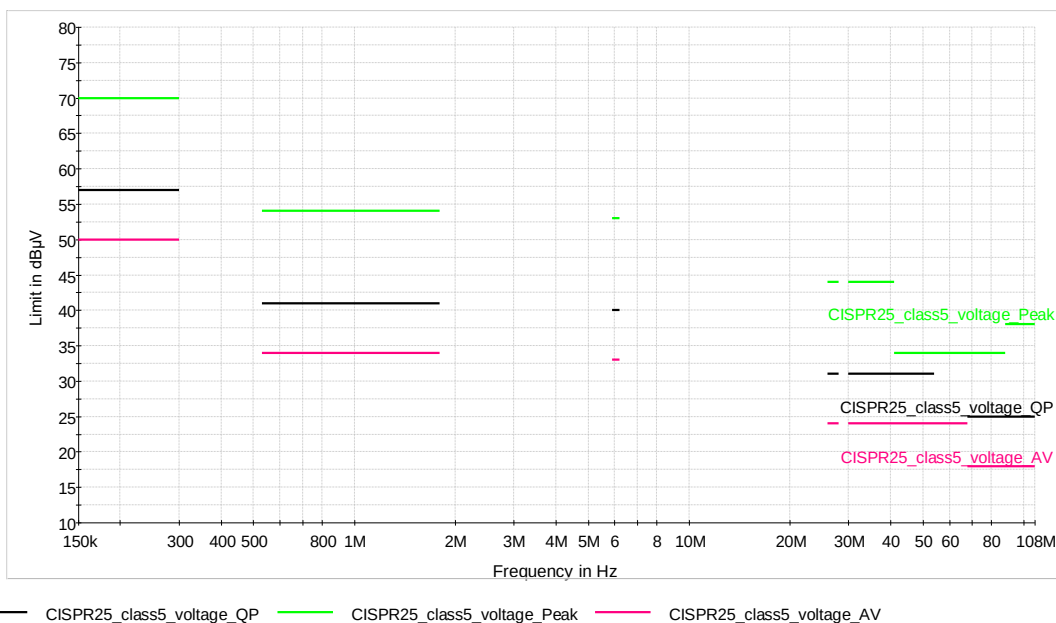
Slika 5 prikazuje graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za prevodne emisije.

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

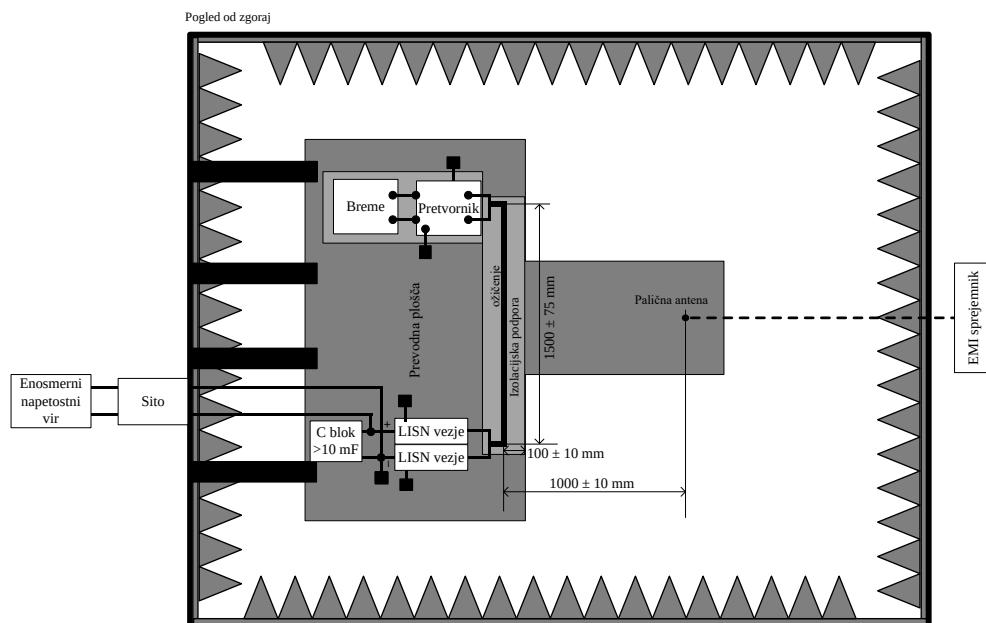
Datum 20.02.2020

Stran 14/19



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

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



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

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

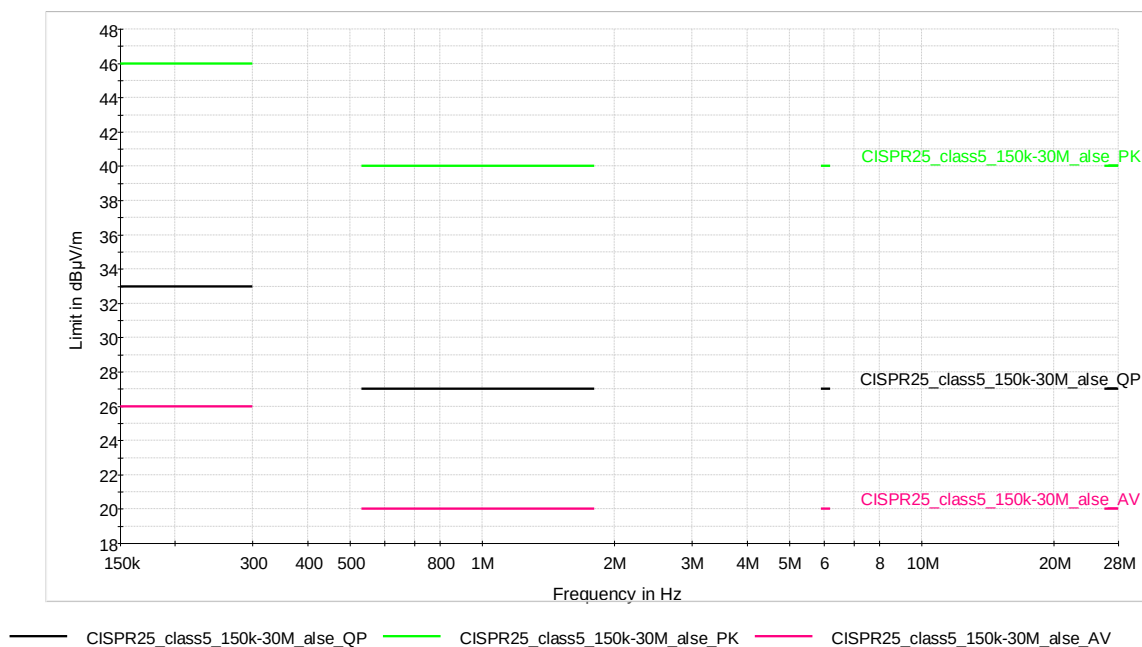
Stran 15/19

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

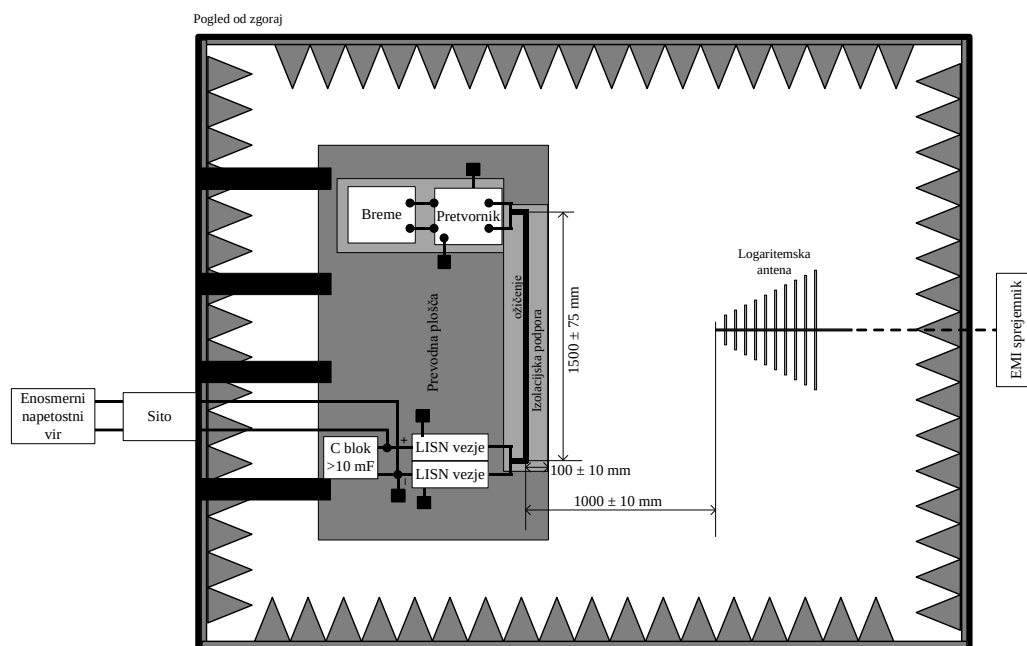
Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 16/19

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 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
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
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

Načrtovalski izziv

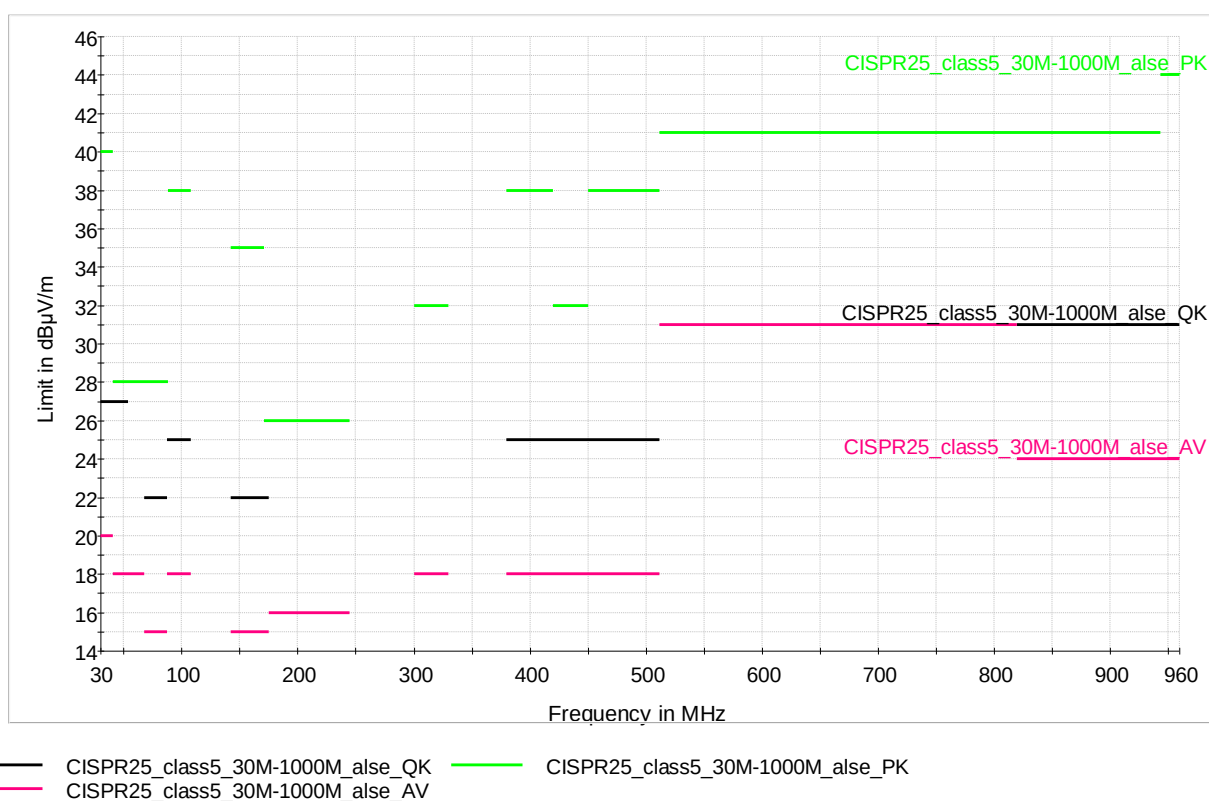
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

Stran 17/19

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

Načrtovalski izziv

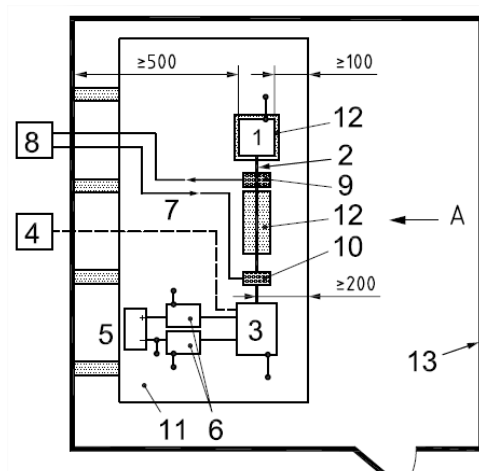
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana
Id.-Št. Verzija 007

Datum 20.02.2020

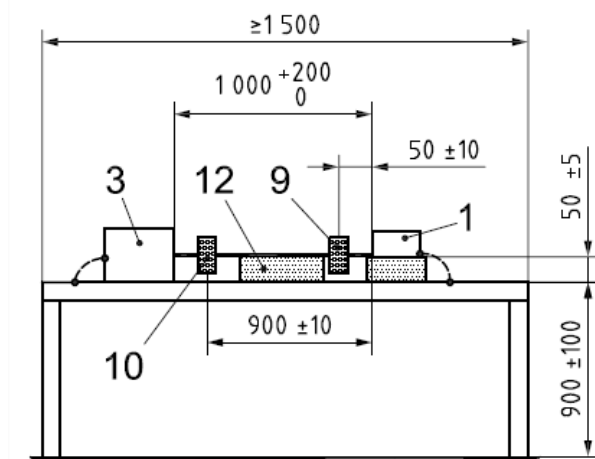
Stran 18/19

Postavitev opreme za BCI test - Metoda substitucije

Injekcijska sonda se postavi na (150 ± 50) mm od priključka DUT. Dodatni testi na $d = (450 \pm 50)$ mm in $d = (750 \pm 50)$ mm. Če se med preskusom uporablja merilna sonda, jo namestite na (50 ± 10) mm od konektorja DUT. Primer preizkusne konfiguracije je prikazan na sliki 10 in 11.



Slika 11: Merilna postavitve (pogled z vrha)



Slika 10: Merilna postavitve (pogled od strani)

1. DUT (povezan z ozemljitvijo, če je določeno v preskusnem načrtu)
2. Kabelski snop
3. Simulator obremenitve (namestitve in ozemljitev po 7.5)
4. Stimulacijski in nadzorni sistem
5. Napajalnik
6. AN - omrežje za stabilizacijo impedance
7. Optična vlakna
8. Visokofrekvenčni generator in ojačevalec signala
9. Tokovna merilna sonda
10. Injekcijska sonda
11. Ozemljitvena ravnina (povezana z zaščiteni sobo)
12. Dielektrična podloga ($\epsilon_r \leq 1,4$)
13. Zaščiteni soba

Načrtovalski izziv

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Datum 20.02.2020

Stran 19/19

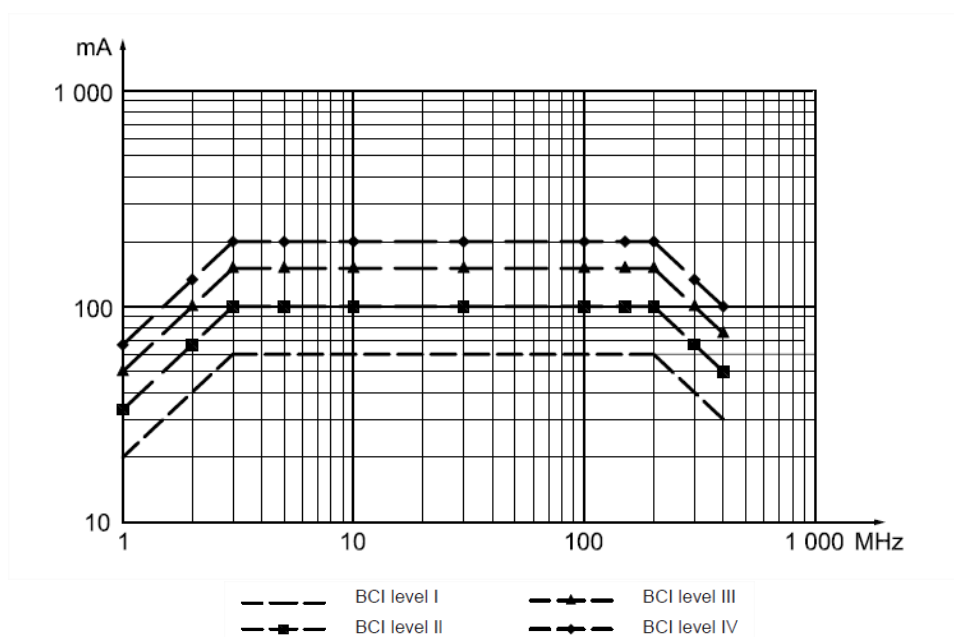
HELLA Saturnus Slovenija d.o.o., Ljubljana

Id.-Št.

Verzija 007

Frekvenčni pas MHz	Testni nivo I mA	Testni nivo II mA	Testni nivo III mA	Testni nivo IV mA	Testni nivo V mA
1 to 3	$60 \times F(\text{MHz}) / 3$	$100 \times F(\text{MHz}) / 3$	$150 \times F(\text{MHz}) / 3$	$200 \times F(\text{MHz}) / 3$	Specific values agreed between the users of this part of ISO 11452
3 to 200	60	100	150	200	
200 to 400	$60 \times 200 / F(\text{MHz})$	$100 \times 200 / F(\text{MHz})$	$150 \times 200 / F(\text{MHz})$	$200 \times 200 / F(\text{MHz})$	

Tabela 5: Primer testnih pogojev za BCI test



Slika 12: Posamezni testni nivoji v frekvenčnem prostoru