

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА КОМПАТИБИЛНОСТ - РАДИО СМЕТЊЕ КОД ОПРЕМЕ ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ

Јелена Динић, ЈКП "Јавно осветљење" Београд

Вукашин Миловановић, ЈКП "Јавно осветљење" Београд

Електромагнетна компатибилност. Електромагнетна компатибилност (ЕМЦ) је област електротехнике чији је предмет истраживања електромагнетни утицај електричних уређаја на човека и његову околину. Масовно коришћење електронских уређаја у домаћинствима и индустрији, допринело је наглom развоју ове области. Такође, електрификацијом и експлоатацијом електричне енергије у различите намене, јављају се различити електромагнетни утицаји уређаја на човека и његову околину.

Електромагнетни утицаји се посматрају двојачко, и то као :

- Утицаји електромагнетног поља на живе организме,
- Утицаји електромагнетног поља на електричне уређаје.

Електромагнетна компатибилност подразумева :

- Одређивање максималног нивоа сметњи који неки уређаји стварају у току свог рада, а који неће реметити човекову околину,
- Одређивање способности уређаја да поднесу електромагнетне сметње без сметњи у раду, или оштећења.

Из наведеног, следи да изучавање електромагнетне компатибилности подразумева испитивање сметњи и ограничавање нивоа електромагнетних поља код емитера сметњи са једне, односно проучавање осетљивости објеката на које електромагнетна поља делују, са друге стране.

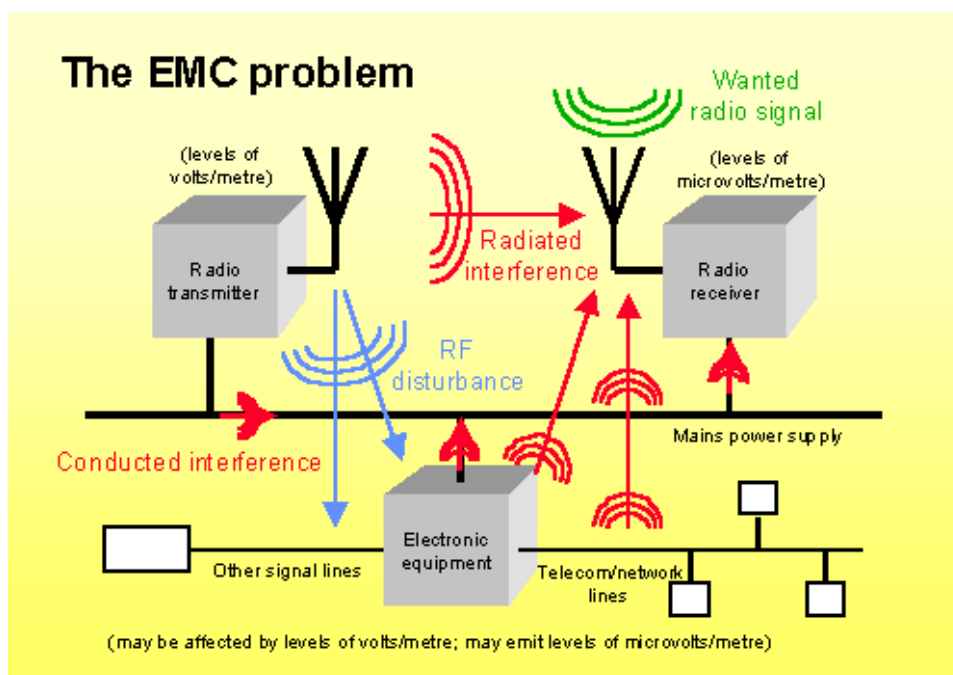
Масовним коришћењем апарата као што су мобилни телефони, solid state релеји, итд. електромагнетно загађење је у свакодневном порасту.

Дефинисана су одређена ограничења у погледу емитовања сметњи, а код потрошача се постављају захтеви у погледу подношења сметњи. Поменути захтеви и ограничења су прописани законском регулативом у већини земаља.

Када су у питању високофреквентна електромагнетна поља, сметње се могу класификовати као:

- ✓ Радиционе сметње
- ✓ Кондукционе сметње.

Поједина опрема и уређаји за осветљење представљају емитере радио сигнала који могу ометати рад и изазвати сметње. Стандардом *SRPS EN 55015:2014* су дефинисане границе и методе мерења карактеристика радио сметњи код електричних светиљки и сличних уређаја, што је између осталог, тема рада. Кроз рад ће бити анализирани различити типови извора светлости, уз посебан осврт на ЛЕД опрему.



Слика бр.1 Шематски приказ проблема електромагнетне компатибилности

Да би се утврдило да ли извесни уређај задовољава одређене стандарде, неопходно је спровести тестирања. Постоје две категорије тестирања, и то тестирање емисија и тестирање осетљивости.

Стандардизација у области електромагнетне компатибилности. Директиве. CISPR. Стандарди.

До раних 1980-их Западна Немачка и САД су као прве земље препознале озбиљност проблема и настојале су да уведу прописе којима се ограничавају емисије сметњи, насталих како од производа коришћених у комерцијалне сврхе, тако и од индустријских производа. Такође, *Међународни Специјални комитет за радио сметње (CISPR)*, првобитно основан 1934.г са циљем да се фокусира на методе испитивања, почео је са издавањем препорука и стандарда у овој области. Већина других развијених земаља издаје националне стандарде на основу препорука CISPR .

Стандарди које објављује CISPR, за комерцијалну примену, су:

- CISPR 11: Industrial, scientific and medical equipment- Radio frequency disturbance characteristics-Limits and methods measurements
- CISPR 12: Vehicles, boats and internal combustion engines-Radio disturbance characteristics-Limits and methods measurements for the protection of offboard receivers
- CISPR 13: Sound and television broadcast receivers and associated equipment-Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement
- CISPR 14-1 Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission
- CISPR 14-2 Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 2: Immunity – Product family standard
- **CISPR 15 Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment**
- CISPR 20 Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement
- CISPR 22 Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement
- CISPR 24 Information technology equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement
- CISPR 25 Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of onboard receivers.

Одлучујући корак ка минимизирању „загађења“ ваздуха услед емитовања радио таласа, је направила Европска заједница, 1989.г објављивањем Директиве 89/336 / ЕЕС. Ова Директива захтева усклађивање услова електромагнетне компатибилности широм заједнице. Заједница захтева од држава чланица да уведу локалне законе ради спровођења одговарајућих прописа.

Како би се са поузданошћу обезбедила примена Директива, Европски комитет за електротехничку стандардизацију (CELENEC) доноси бројне стандарде у овој области.

Стандарди су класификовани као:

- Међународни (ISO, IEC, CISPR),
- Регионални (EN),
- Национални.

Важно је напоменути да се међународни стандарди објављују у складу са комерцијално договореним принципима које прописује Светска трговинска организација, са циљем да се обезбеди транспарентност, отвореност, непристрасност и консензус, ефективност и релевантност, кохерентност.

Регионални стандарди су развијени да обезбеде непристрасност на пољу трговине, увоза и извоза у релевантном окружењу.

Базични, општи стандарди из области електромагнетне компатибилности су стандарди из групе **EN 61000-3** и **EN 61000-4**. Поменути су дефинисане граничне вредности и начини мерења вредности специфичних за проблеме електромагнетне компатибилности.

Стандарди ЕМЦ специјализовани за различите уређаје, су :

- ✓ EN 55014 Limits and methods of measurements of radio disturbance characteristics of household electrical appliances, portable tools, and similar electrical apparatus (CISPR 14),
- ✓ EN 55015 Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment (CISPR 15),
- ✓ EN 55104 Electromagnetic compatibility – immunity requirements for household appliances, tools and similar apparatus (CISPR 14-2).

Границе радио сметњи код опреме за осветљење. Примена стандарда SRPS EN 55015:2014.

Стандард SRPS EN 55015 уређује област емисије (зрачења и провођења) радиофреквенцијских сметњи које потичу од:

- ❖ свих уређаја за осветљење са примарном функцијом генерисања и/или развођења светла, предвиђених за осветљавање и прикључивање на нисконапонску електричну мрежу или за рад помоћу батерија;
- ❖ светлећих делова уређаја са више функција, где је једна од примарних функција осветљавање;
- ❖ независних додатних уређаја који се користе искључиво са уређајима за осветљење;
- ❖ апарата са ултраљубичастим и инфрацрвеним зрачењем;
- ❖ неонских рекламних знакова;
- ❖ уличног/рефлекторског осветљења предвиђеног за примену у спољним условима;
- ❖ осветљења у средствима транспорта (уграђеног у аутобусе и возове).

Из предмета и подручја примене овог стандарда изузимају се:

- ❖ уређаји за осветљење који раде у ISM фреквенцијским опсезима (како су дефинисани у Резолуцији 63 (1979) Радио прописа ИТУ*);
- ❖ уређаји за осветљење на авионима и аеродромима;
- ❖ уређаји за које су захтеви за електромагнетску компатибилност у опсегу радиофреквенција изричито формулисани у другим IEC или CISPR стандардима.

Обухваћен је фреквенцијски опсег од 9 kHz до 400 GHz.

Примењују се различите методе и врсте мерења, у зависности од типа извора светлости.

Напон сметњи. Дефинисане су граничне вредности за напон сметњи на мрежним прикључцима, прикључцима за оптерећење и управљачким прикључцима. Нумерички су сваке од ових група описане табеларно:

Фреквенцијски опсег	Границе dB (μ V) ^{a)}	
	Квазивршне вредности	Средње вредности
од 9 kHz до 50 kHz	110	—
од 50 kHz до 150 kHz	од 90 до 80 ^{b)}	—

од 150 kHz до 0,5 MHz	од 66 до 56 ^{б)}	од 56 до 46 ^{б)}
од 0,5 MHz до 5 MHz	56 ^{в)}	46 ^{в)}
од 5 MHz до 30 MHz	60	50

а) На прелазној фреквенцији примењује се нижа граница.

б) Граница линеарно опада са логаритмом фреквенције у опсезима од 50 kHz до 150 kHz и од 150 kHz до 0,5 MHz.

в) За сијалице и светилке без електрода, у фреквенцијском опсегу од 2,51 MHz до 3,0 MHz граница износи 73 dB (μV) за квазивршне вредности и 63 dB (μV) за средње вредности.

Табела 1а — Границе за напон сметњи на **мрежним прикључцима**

Фреквенцијски опсег MHz	Границе dB(μV) ^{а)}	
	Квазивршне вредности	Средње вредности
од 0,15 до 0,50	80	70
од 0,50 до 30	74	64

а) На прелазној фреквенцији примењује се нижа граница.

Табела 1б — Границе за напон сметњи на **прикључцима оптерећења**

Фреквенцијски опсег MHz	Границе dB(μV)	
	Квазивршне вредности	Средње вредности
од 0,15 до 0,50	од 84 до 74	од 74 до 64
од 0,50 до 30	74	64

1 Границе линеарно опадају са логаритмом фреквенције у опсегу од 0,15 MHz до 0,5 MHz.

2 Границе за напон сметњи засноване су на коришћењу са несиметричном еквивалентном мрежом (AAN^{***}) која представља заједничку (несиметричну) импедансу од 150 Ω на управљачком прикључку.

Табела 1в — Границе за напон сметњи на **управљачким прикључцима**

Електромагнетске сметње зрачења. Електромагнетске сметње зрачења су дефинисане кроз различите параметре, у зависности од фреквенцијског опсега, и то у фреквенцијском опсегу од 9 kHz до 30 MHz, мерене

преко струје индуковане у рам антенама пречника 2 m, 3 m или 4 m постављеним око уређаја за осветљење. Границе за мерење рам-антенaм пречника 2 m примењују се на уређаје чија дужина не прелази 1,6 m; границе за мерење рам-антенaм пречника 3 m примењују се на уређаје који имају дужину између 1,6 m и 2,6 m; границе за мерење рам-антенaм пречника 4 m примењују се на уређаје који имају дужину између 2,6 m и 3,6 m.

Фреквенцијски опсег	Границе за мерење рам-антенама пречника		
	dB(μA) ^a		
	2 m	3 m	4 m
од 9 kHz до 70 kHz	88	81	75
од 70 kHz до 150 kHz	од 88 до 58 ^b	од 81 до 51 ^b	од 75 до 45 ^b
од 150 kHz до 3,0 MHz	од 58 до 22 ^b	од 51 до 15 ^b	од 45 до 9 ^b
од 3,0 MHz до 30 MHz	22	од 15 до 16 ^a	од 9 до 12 ^a

а) На прелазној фреквенцији примењује се нижа граница.

б) Опада линеарно са логаритмом фреквенције. За сијалице и светилке без електрода, у фреквенцијском опсегу од 2,2 MHz до 3,0 MHz граница износи 58 dB (μA) за мерење рам-антенaм пречника 2 m, 51 dB (μA) за мерење рам-антенaм пречника 3 m, и 45 dB (μA) за мерење рам-антенaм пречника 4 m.

в) Расте линеарно са логаритмом фреквенције.

Табела 2а — Границе за сметње зрачења у фреквенцијском опсегу од 9 kHz до 30 MHz

Фреквенцијски опсег (MHz)	Квазивршне границе dB(μV/m) ^{*)}
од 30 до 230	30
од 230 до 300	37

*) На прелазној фреквенцији примењује се нижа граница.

Табела 2б — Границе за сметње зрачења у фреквенцијском опсегу од 30 MHz до 300 MHz при растојању мерења од 10 m

Тумачење CISPR граница за радио-сметње. Значење CISPR границе.

CISPR граница представља границу која се препоручује националним овлашћеним телима да је уграде у националне стандарде, одговарајуће законске прописе и званичне спецификације. Такође се препоручује да и међународне организације користе ове границе.

Значење граница за апарате који су добили одобрење типа мора бити такво да је на статистичкој основи најмање 80 % апарата из серијске производње у складу са границама са поверењем од најмање 80 %.

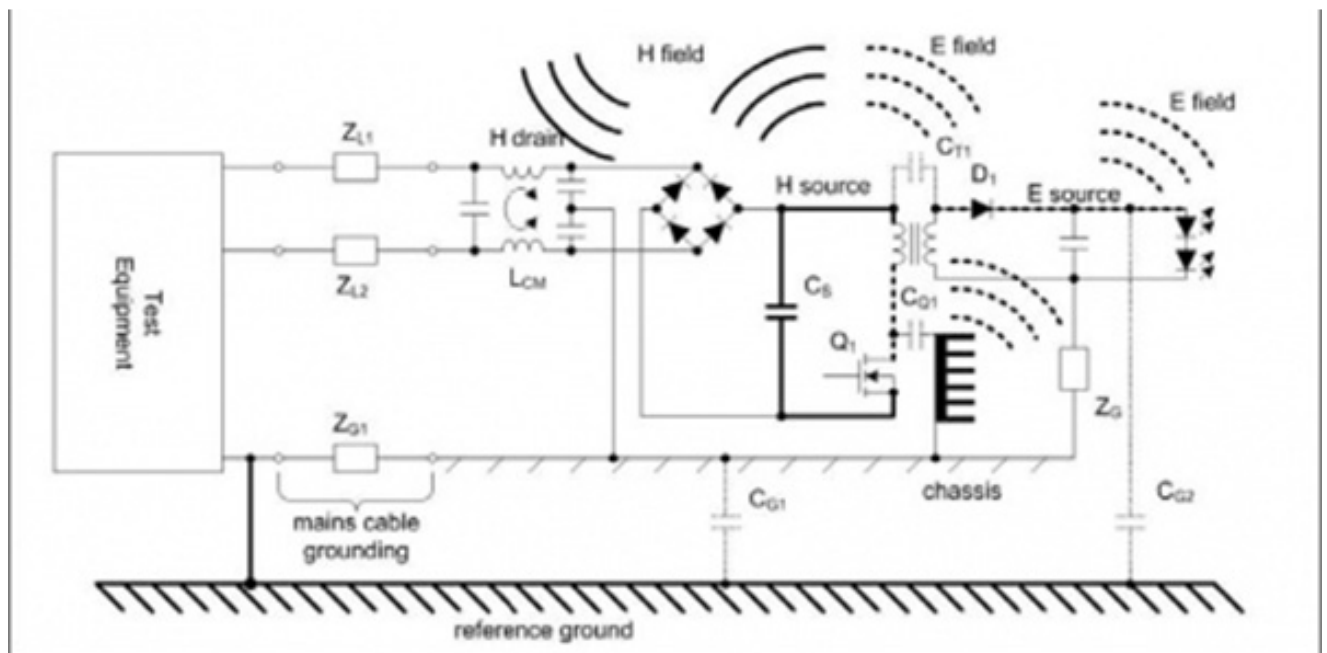
Испитивања се морају обавити:

- а) на узорку типа одређеног апарата, применом статистичке методе вредновања
- б) или, ради поједностављења, само на једном примерку апарата

Повремено је неопходно обавити накнадна испитивања на примерцима апарата који су узети из текуће производње на бази случајног узорка, нарочито у случају наведеном под б).

Истраживања и тестирање производа.

ЛЕД драјвери. Типичан пример електричног кола драјвера ЛЕД светилке са припадајућим компонентама је дата на сл.бр.2. Овако анализирано коло је пример са високом радио-емисијом, тј. сметњама. Једно од конструктивно могућих решења је да се заштити цело кућиште.

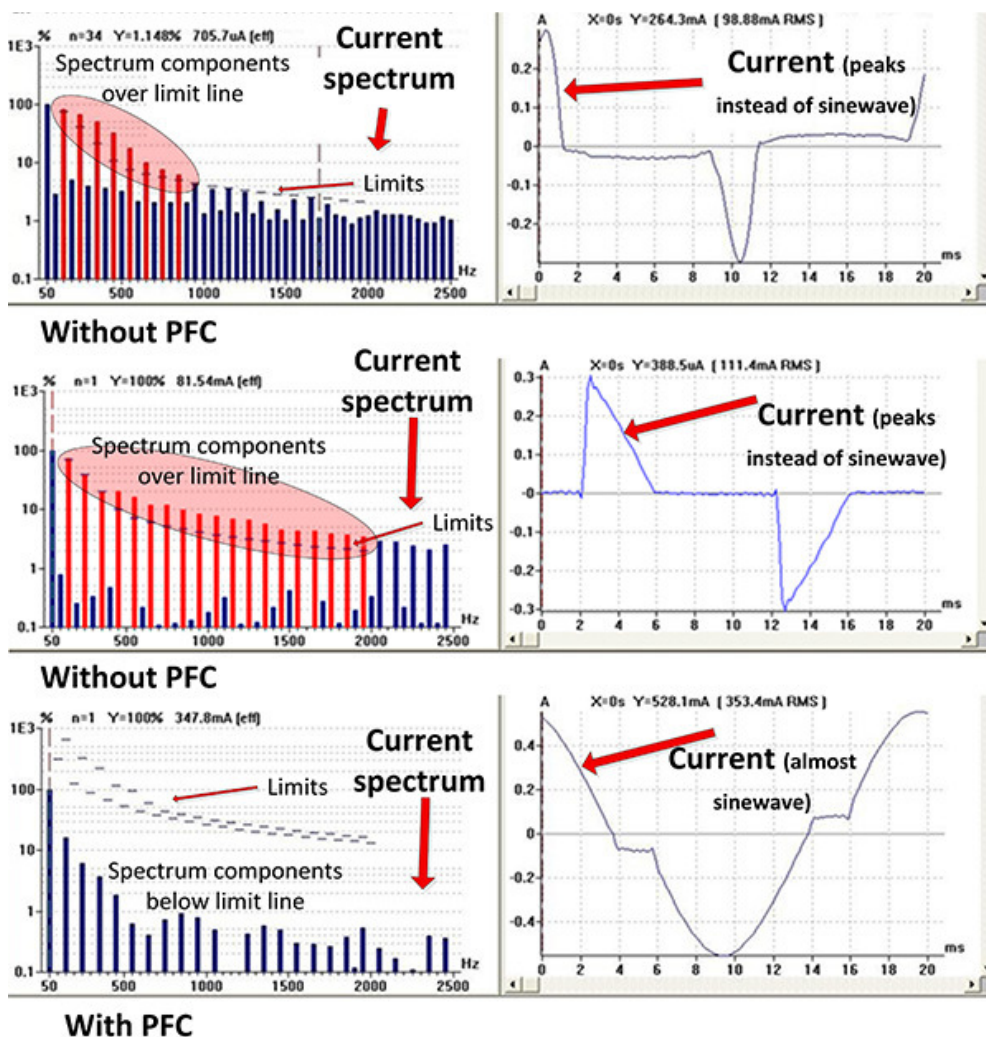


Слика бр.2 Класичан пример АС/ДС драјвера. H поље је резултат „цурења“ поља у примарном секундарном подручју кола. E поље је резултат високе компоненте dV/dt на проводним површинама и високо фреквентних валовитости у кабловима

Висока заштита кућишта утиче на повећавање паразитске капацитивности између кућишта и референтне земље за свако мерење из области ЕМЦ. У овом случају, филтер се додаје не би ли се смањила кондукциона емисија АС улаза. Слично резоновање се примењује на DC излазу. Основни проблем код примене ЛЕД осветљења је велика брзина укључивања кола, којом се на тај начин остварује тренутно велики спектар напона и радио-таласа на АС улазу и DC излазу. Правилна заштита и филтрирање могу ублажити

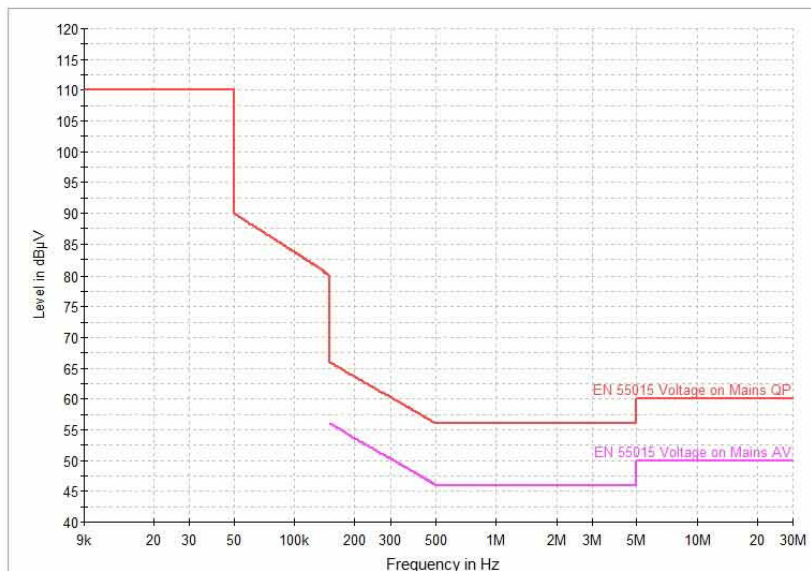
радијационе и кондукционе сметње. Предупређивање кондукционих и радијационих сметњи је свакако боља опција, употребом нових компоненти, којима се остварује „меко“ пребацавање струје. На тај начин се умањују домино-струје, тј. спречава се ширење сметњи у високо-фреквентном опсегу правилним избором елемената кола.

Исправљач фактора снаге (Power Factor Controller=PFC) је најчешћи блок у савременим електронским AC/DC колима. PFC је одговоран за емисију виших хармоника у колима. Ово је један од обавезних ЕМЦ тестова, дефинисаних EN 61000-3-2. Према EN 61000-3-2 PFC је обавезан уколико ЛЕД светиљка ради на напонском нивоу вишем од 25V. На слици бр.3 дати су резултати емисије за ЛЕД светиљке са и без PFC. У случају корекције напајања струја којом се напаја ЛЕД светиљка је приближна синусоидалном таласу, док без PFC струја достиже пикове.

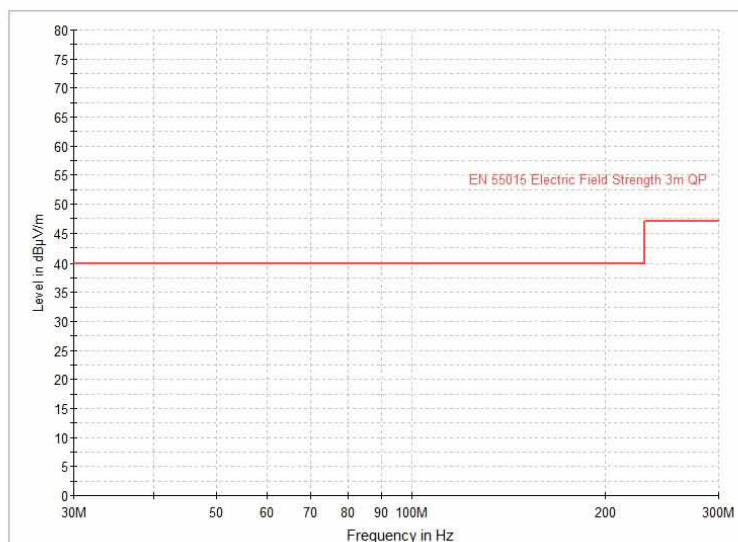


Слика бр. 3 Спектар струје са и без PFC

Кондукционе емисије таласа у ЛЕД светиљци потичу од драјвера и шире се преко каблова. Кондукционе сметње код опреме за осветљење, па и ЛЕД светиљке су ограничене стандардом EN 55015 или CISPR 15. Емисију радио таласа треба мерити на свим кабловима који су повезани са помоћном опремом-мрежним напајањем, контролерима итд.

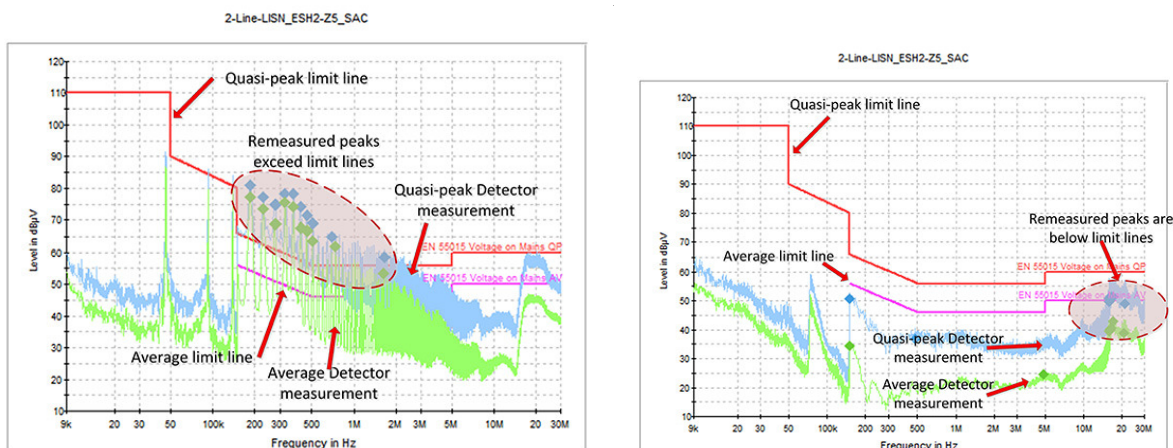


Слика бр.4 Дозвољене кондукционе сметње према стандарду EN 55015 на главним прикључцима



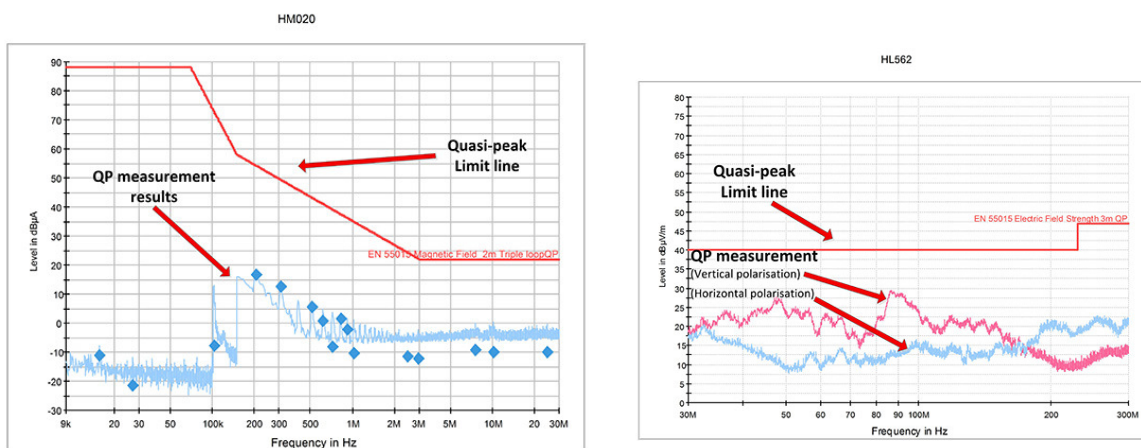
Слика бр.5 Дозвољене радијационе сметње према стандарду EN 55015

Прекомерне емисије радио сметњи су ограничене филтерима. На сликама бр. 6 представљени су примери у случају када су присутне прекомерне кондукционе радио сметње, дефинисане стандардом EN 55015. Спроведена мерења емисије врше се двојачко: мерењем квазипика (QP) и просечне вредности (AV). Стога, постоје две граничне линије на графику. Квазипик мерење би требало да буде испод QP граничне линије, док обрачуната просечна вредност треба да буде испод AV граничне линије. Квазипик граница се приказује на графику са почетном вредношћу на „x“ оси у 9kHz и мерења треба да се врше са почетком у 9 kHz, док просечна мерења треба започети на 150 kHz.



Слика бр.6 Примери у случају када су присутне прекомерне кондукционе радио сметње

На сликама бр. 7 представљени су примери у случају када су присутне прекомерне радионе сметње.



Слика бр.7 Примери у случају када су присутне дозвољене радионе сметње

Тестирање производа

У тексту који следи је илустровано тестирање ЛЕД извора светлости произвођача Philips, извршено у лабораторији DEKRA, Шангај.

Emission tests Result	
Mains conducted disturbance voltage	PASS
Radiated Magnetic Field emission	PASS
Insertion loss	N.A.*
Radiated EM Field emission	PASS
Harmonic current emission	PASS
Limitation of voltage fluctuations (flicker)	PASS
*: The EUT is a LED lamp.	

Immunity tests Result	
Electrostatic Discharges (ESD)	PASS
Radiated EM Field	PASS
Electrical fast transient (EFT)	PASS
Surge transients	PASS
Conducted RF disturbances	PASS
Power supply voltage interruptions & dips	PASS

Product Information

Equipment under test	LED lamp
Trade mark	PHILIPS
Tested Type	9290002165, 9290002206
U nominal	220 - 240 Vac, 50 - 60 Hz
P rated	9,5 W, 11 W
Representative types	9290002162, 9290002163, 9290002158, 9290002159, 9290002160, 9290002169, 9290002170, 9290002166, 9290002167
U nominal	220 - 240 Vac, 50 - 60 Hz
P rated	6 W; 9 W; 9,5 W

Customer Information

Applicant/Manufacturer	Philips (China) Investment Co., Ltd.
Contact person	Mr. Tony Gu
Telephone	+86 21 2412 8636
Telefax	+86 21 5445 1520
Address	No.9, Lane 888, Tian Lin Road
Place	200233, Shanghai City
Country	P. R. China

Test data

Location	Audix Technology (Shanghai) Co., Ltd.
Address	3 F., 34 Bldg., No. 680 Guiping Road, Shanghai City
Date	Nov. 2011 and Feb. 2012
Supervised by	Richie Tang

Environmental conditions

Ambient temperature 15 °C – 35 °C
Relative Humidity air 30% - 60%

Measurement Uncertainty

Conducted Emission Expanded Uncertainty : U = 3.38 dB

Radiated Magnetic Field emission Expanded Uncertainty: U = 3.66 dB

Radiated Emission Expanded Uncertainty (30-200MHz):

U = 4.58 dB (horizontal)

U = 4.70 dB (vertical)

Radiated Emission Expanded Uncertainty (200M-300MHz):

U = 4.84 dB (horizontal)

U = 4.70 dB (vertical)

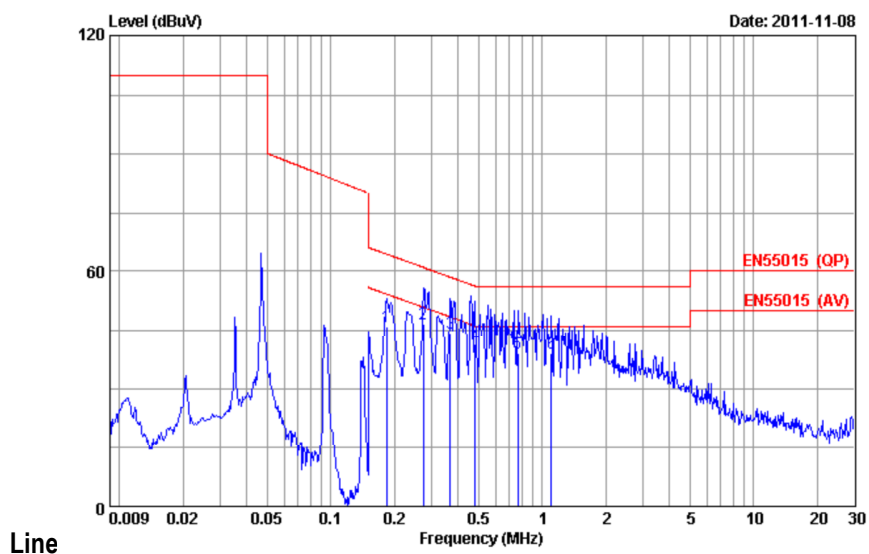
EMISSION TEST RESULTS

Mains conducted disturbance voltage

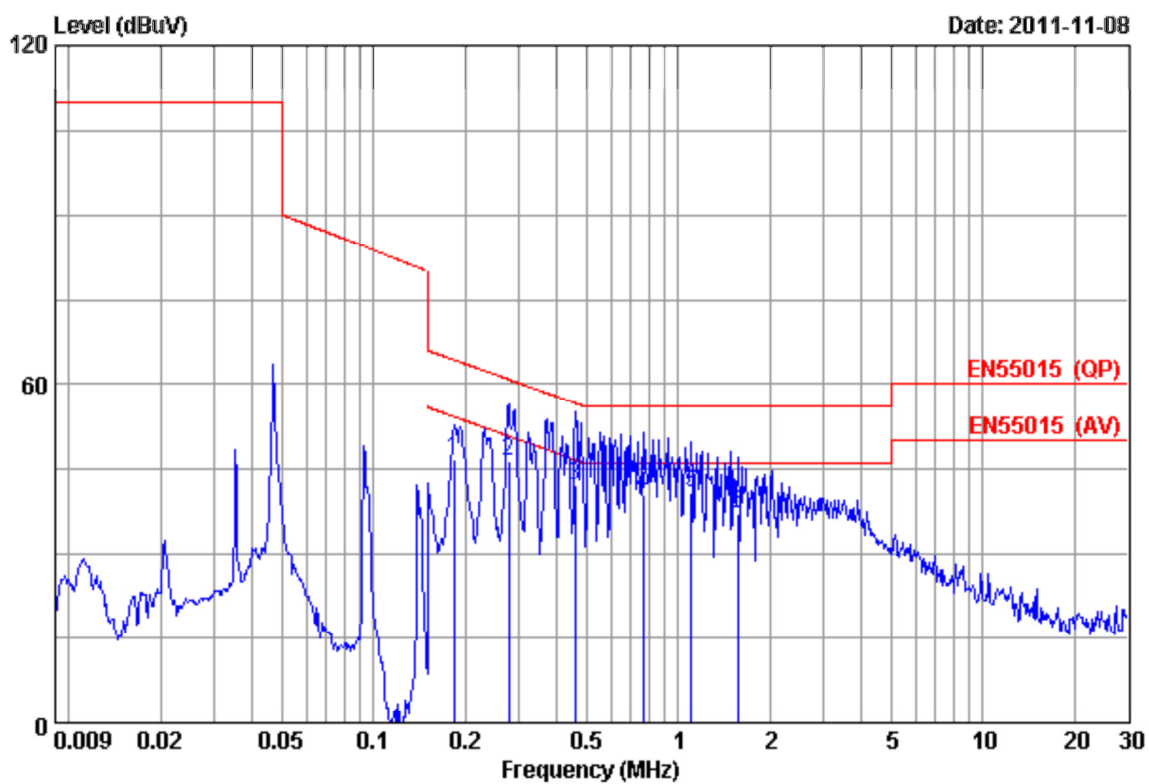
Standard	EN 55015	
Frequency [MHz]	QP [dB(μV)]	AV [dB(μV)]
0,009 – 0,05	110	N/A
0,05 – 0,15	90 – 80 *)	N/A
0,15 – 0,50	66 – 56 *)	56 - 46 *)
0,50 – 5,0	56 46	
5,0 – 30	60 50	

*) Limits decreasing linearly with the logarithm of the frequency

Results for Model 9290002165



Vertical



Frequency [MHz]	QP [dB(μV)]		AV [dB(μV)]	
	Level	Limit	Level	Limit
0,184	46,96	64,30	37,53	54,30
0,274	46,85	61,00	36,81	51,00
0,367	44,31	58,58	35,24	48,58
0,460	42,24	56,69	33,62	46,69
0,767	40,41	56,00	31,35	46,00
1,105	40,90	56,00	30,83	46,00

Conclusion:

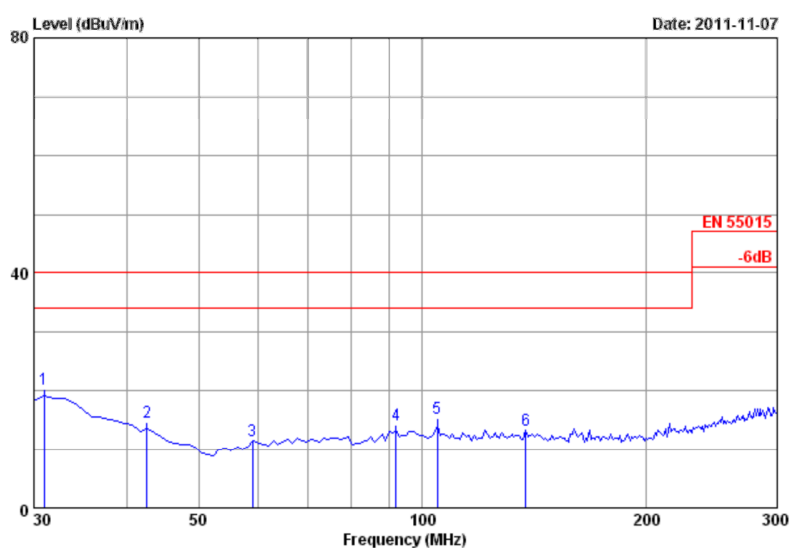
PASS

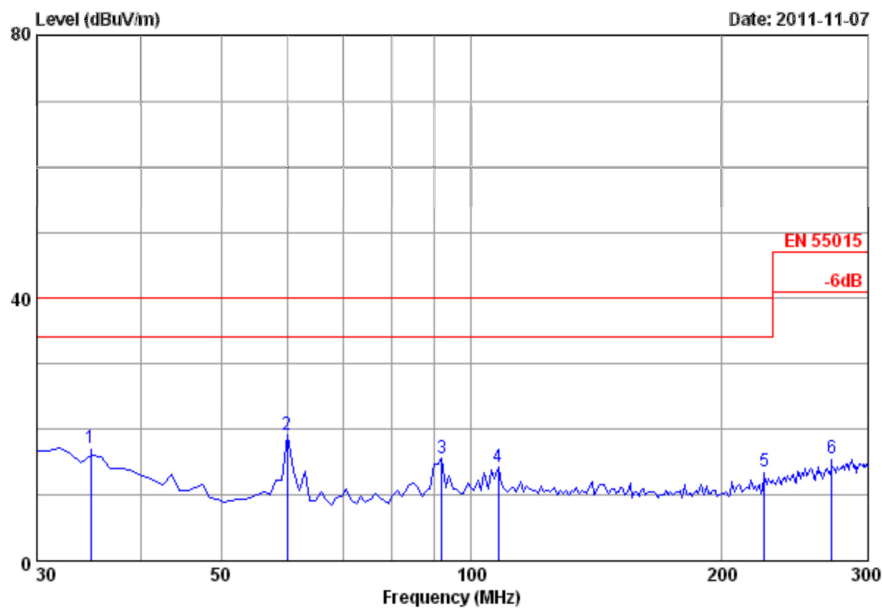
Radiated EM Field emission

Standard	EN 55015
Measuring distance	3 meters
Frequency [MHz]	QP [dB(μV/m)]
30 – 230	40
230 – 300	47
Port	Enclosure
Mode	On mode

Results for Model 9290002165

Horizontal





Polarity	Frequency [MHz]	QP [dB(μV/m)] @ 3m	
		Level	Limit
H	30,97	22,31	40,00
V	60,07	20,12	40,00

Conclusion:

PASS

CISPR 15 Тумачење о процени заменских LED сијалица врло малих напона

Повод за измене и допуне постојећег стандарда EN 55015 је састанак комитета CISPR у Сеулу 2011. IARU је известио да бројни LED светлосни производи изазивају сметње у аматерском радио пријему.

Поред тог усменог извештаја, IARU је поднео јануара 2012. детаљан писани извештај који је прослеђен као CISPR/F/565/INF. Главни извори сметњи су неки типови LED сијалица (ELV) врло малих напона (нпр. од 12 V) за које тренутни CISPR 15 захтеви нису јасни. Захтевано је хитно додатно појашњење стандарда.

У одговору је руководство комитета CISPR F објавило документ CISPR/F/568/INF којим је утврђен акциони план за решавање овог проблема у кратком року.

Питање : *Како се захтеви стандарда CISPR 15 примењују на заменске ELV LED сијалице?*

Тумачење: *Када се процењују заменске ELV LED сијалице у односу на захтеве из стандарда CISPR 15, мора се применити следећа процедура.*

Сматра се да ELV LED сијалице без активних прекидачких електронских компонената испуњавају захтеве стандарда CISPR 15 без испитивања.

Сви остали типови заменских ELV LED сијалица се морају испитати заједно са торусним трансформатором намотаним за 50 или 60 Hz. Коришћење оваквог трансформатора се сматра најгорим могућим случајем и мора се користити осим када је упутству произвођача јасно назначено да је сијалица неодговарајућа за коришћење са оваквим трансформатором. У овом случају мерења се морају извршити у комбинацији са електронским трансформатором типично усклађеним за халогене сијалице.

Комбинација трансформатора и ELV LED сијалице мора да задовољи границе за напон сметњи на мрежним прикључцима из табеле 1а и границе за сметње зрачења из табела 2а и 2б.

Америчка национална асоцијација радио аматера је упутила допис федералним надлежним комисијама и инфомационим бироима са циљем да се испита производ Lumatek LK-1000. Како се наводи, овај електронски баласт има масовну примену, а асоцијација апелује да се заустави његов маркетинг и малопродаја. О доступности овог уређаја говори податак и да се може наћи на глобално познатом сајту за продају, Amazon. Наиме, електронски баласт који се може користити код светилки са металхалогеним изворима светлости, као и натријум високог притиска, емитује радио сметње које угрожавају рад радио аматера. Овај производ је тестиран у лабораторији ARRL's, а резултати указују на чињеницу да емитује сметње у фреквенцијском опсегу 1,8-30 MHz. Мерењем је утврђено да квазипик сметње износи 106dB μ V при фреквенцији 6,4 MHz, што знатно премашује дозвољену вредност. Асоцијација поставља питање зашто на самом уређају није наведено да може изазвати сметње? На овај начин, асоцијација радио аматера је званично уперила прстом на производ, и одговорне, у циљу да заштити „радио-етар“.



Слика бр.8 Електронски баласт Lumatek LK-1000

Прогресиван технолошки развој електричних уређаја, па и опреме за осветљење, намеће питање у којој мери је безбедна њихова експлоатација. Електромагнетна компатибилност поставља бројне недоумице, неминовно утиче на повећање укупних трошкова производње, дизајн и компоненте комплексних производа.

Литература:

- SRPS EN 55015:2014 -Границе и методе мерења карактеристика радио-сметњи код електричних светилки и сличних уређаја
- [www.lighting.philips.com_pwc_li_main_shared_led_portal_pdf_LEDbulb-EMC Test report for LED lamp: Dekra](http://www.lighting.philips.com_pwc_li_main_shared_led_portal_pdf_LEDbulb-EMC_Test_report_for_LED_lamp_Dekra)
- EMC Standards for appliances
- <http://www.rfemcdevelopment.eu/en/emc-emi-standards/en-55015>
- John_Hirvela_CISPR_32
- <http://www.rfemcdevelopment.eu/en/emc-basics/led-emc>
- www.arrl.org_files_media_News_Complaint