



1



EMC

## Electro Magnetische Compatibiliteit



***Gij zult niet storen.  
Gij zult niet gestoord worden***

Nederlandse radio administratie.

Competente autoriteit voor:

- EMC Richtlijn;
- RED Richtlijn.



© PA3AZX

2

2

Wat is EMC

**EMC raakvlakken:**

- EMV / RADHAZ (Elektro Magnetische Velden);
- Power Quality;
- Intermodulatie (actief / passief);
- Interferentie/storing frequenties;
- Degradatie ontvanger gevoeligheid;
- Man Made Noise;
- Verkleinen RF-verzorgingsgebied;
- Enz.

**Wat is EMC?**  
 EMC staat voor Elektromagnetische Compatibiliteit. Elk elektronisch apparaat/machine op de markt moet EMC-conform zijn, wat betekent dat het moet voldoen aan de EMC-voorschriften en -normen voor het beoogde gebruik van het product.

Welke EMC-voorschriften en -normen voor welk product gelden, wordt bepaald door het land waar het product wordt verkocht (bijv. EU of VS enz.).

© PA3AZX 3

3

EMC-richtlijn

EMC richtlijn (oud) 2004/108/EG  
 EMC richtlijn (nieuw) 2014/30/EU.

De EMC-richtlijn en de RED-richtlijn zijn de Europese richtlijnen die de basis vormen voor de handel in elektronische apparatuur.  
 In Nederland is de Telecommunicatiewet de belangrijkste wetgeving.

*CE staat voor Conformité Européenne (Frans voor 'in overeenstemming met Europese regelgeving') en betekent dat een product voldoet aan de essentiële veiligheids-, gezondheids- en milieueisen van de EU. Het is een verplicht label voor veel producten binnen de Europese Economische Ruimte en geen kwaliteitskeurmerk, maar een conformiteitsverklaring.*

© PA3AZX 4

4

EMC normen

### Wat zijn EMC-normen?

EMC-normen en -standaarden definiëren termen, regels en testmethoden voor EMC. Bovendien specificeren zij grenswaarden en minimale testniveaus voor elektrische en elektromagnetische emissies en immuniteit van elektromechanische en elektronische producten.

© PA3AZX

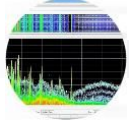
5

Voorbeeld EMC-normen

Implemented Standards	Description
CISPR 16 / EN 55016	Base standard used by EMCview for control and settings of the spectrum analyzers during measurement
CISPR 11 / EN 55011	Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement
CISPR 12 / EN 55012	Vehicles, boats and internal combustion engines - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers
CISPR 13 / EN 55013	Sound and television broadcast receivers and associated equipment -Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement; replaced by CISPR 32
CISPR 14 / EN 55014	Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus
CISPR 15 / EN 55015	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
CISPR 22 / EN 55022	Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement; replaced by CISPR 32
CISPR 25 / EN 55025	Vehicles, boats and internal combustion engines - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers
CISPR 32 / EN 55032	Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Emission requirements
CISPR 36 / EN 55036	Electric and hybrid electric road vehicles - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers below 30 MHz
IEC / EN 61000-6-3	generic EMC emission standard applicable only if no relevant dedicated product EMC standard has been published; residential environments
IEC / EN 61000-6-4	generic EMC emission standard applicable only if no relevant dedicated product EMC standard has been published; industrial environments
IEC / EN 300330	Short Range Devices; Radio equipment in the frequency range 9 kHz - 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz - 30 MHz
IEC / EN 60945	Maritime navigation and radio-communication equipment and systems
EN 15194	Electrically power assisted cycles
MIL-STD-461G	United States Military standard for electromagnetic compatibility
DO-160	Avionics
FCC15 Subpart B	FCC emission limits for two major classes of unintentional radiators
IEC / EN 61000-4-6	Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields; used for immunity feature in EMCview PRO
ISO 11452-4	Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy; used for immunity feature in EMCview PRO
IEC / EN 61000-4-20	Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides; used for Near-field to far-field correlation feature in EMCview

© PA3AZX

6



Essentiële eisen




**ESSENTIËLE EISEN.**

1. Algemene eisen  
 Uitrusting moet, rekening houdende met de **stand van de techniek**, zodanig zijn ontworpen en vervaardigd dat wordt gegarandeerd dat:

a) de opgewekte elektromagnetische **verstoringen** het niveau niet overschrijden waarboven radio- en telecommunicatieapparatuur en andere uitrusting niet meer overeenkomstig hun bestemming kunnen functioneren;

b) zij een zodanig niveau van ongevoeligheid voor de bij **normaal gebruik** te verwachten elektromagnetische verstoringen bezit dat zij zonder **onaanvaardbare verslechtering** van het beoogd gebruik kan functioneren.

2. Specifieke eisen voor vaste installaties  
 Installatie en beoogd gebruik van componenten:  
 Een vaste installatie moet worden geïnstalleerd **volgens goede technologische praktijken** en overeenkomstig de informatie over het beoogde gebruik van de componenten, teneinde aan de essentiële eisen van punt 1 te voldoen.

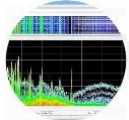




© PA3AZX

7

Subjectief?

7



Vermoeden van overeenstemming



Echter: normen geven slechts het **vermoeden** van overeenstemming met de EMC-richtlijn.

Denk ook aan:

- Beoogd gebruik → type EMC omgeving;
- Interactie met echte scenario's;
- Interactie met andere apparaten.

Deze aspecten worden NIET automatisch meegenomen tijdens de generieke test uit de EMC-richtlijn.

Om te voldoen aan de EMC-richtlijn zijn risico gebaseerde aanvullende test/controles vereist, boven de standaardchecklist.

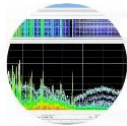
"Conformité Européenne" "China Export"

© PA3AZX

8

Het voldoen aan de 'essentiële eisen' staat boven 'aan het voldoen aan (product)normen'.

8

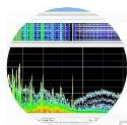


Indien apparaten verschillende configuraties kunnen aannemen, dient de elektromagnetische **compatibiliteitsbeoordeling** te bevestigen of de apparaten aan de essentiële eisen voldoen in de configuraties die door de fabrikant worden voorzien als representatief voor normaal gebruik in de beoogde toepassingen.

In dergelijke gevallen moet het voldoende zijn om een beoordeling uit te voeren op basis van de configuratie die waarschijnlijk de meeste storingen zal veroorzaken en de configuratie die het meest gevoelig is voor storingen.

*Bron: RICHTLIJN 2014/30/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit (herschikking)*

9



Industrial, Scientific, Medical



*Groep 1 is ISM apparatuur*

*Groep 2 is overige apparatuur.*

*Klasse A is industriële omgeving/apparatuur.*

*Klasse B is huishoudelijk apparatuur/woonwijk.*

*Meerdere meting @10 en/of 30 meter richting bron (of vanaf buitenmuur).*

*Ambient noise minimaal 6 dB (beter is 10 dB) onder de limiet.*

10

EMC algemeen  
CM / DM

### RADIATED EMISSIONS

#### DIFFERENTIAL VS COMMON-MODE CURRENTS

$I_{FORWARD}$  and  $I_{RETURN}$   
Are Differential.  
They go in opposite  
directions.

$I_{FORWARD}$  →

$I_{RETURN}$  ←

$I_{CM FORWARD}$  and  $I_{CM FORWARD}$   
Are Common.  
They go in the same  
(common) direction.

$I_{CM FORWARD}$  →

$I_{CM FORWARD}$  →

DIFFERENTIAL

NO CONNECTION

COMMON

PARASITIC CONNECTION

FRESUELECTRONICS.COM

Common-mode storings zijn over het algemeen het grootste probleem in EMC, omdat de route van deze storing moeilijk te ontdekken is

© PA3AZX 11

11

EMC algemeen  
smalband / breedband signalen

Smalband signaal

breedband signaal

		<p><b>CW narrowband</b> E.g.: oscillators and RF</p>
		<p><b>Continuous narrowband</b> E.g. digital or power</p>
		<p><b>Continuous broadband</b> E.g.: power electronics</p>
		<p><b>Discontinuous narrowband</b> E.g.: power electronics</p>
		<p><b>Discontinuous broadband</b> E.g.: ESD and sparks, ON/OFF situations</p>

Als in bijbehorend figuur de totale energie van de waargenomen harmonische binnen de RBW past, wordt deze als smalband beschouwd.

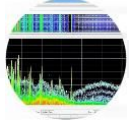
Als de harmonische energie breder is dan de RBW, wordt dit als breedband beschouwd.

Dit lijkt misschien een beetje vreemd dat de smalband/breedband-classificatie afhangt van hoe de meetapparatuur is ingesteld, maar het basisconcept is dat breedbandsignalen breder zijn dan de bandbreedte van de ontvanger.

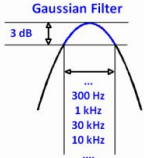
© PA3AZX 12

12

EMC algemeen  
RBW-filters



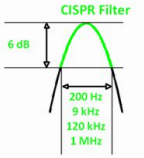
**Gaussian Filter**



3 dB

300 Hz  
1 kHz  
30 kHz  
10 kHz  
....

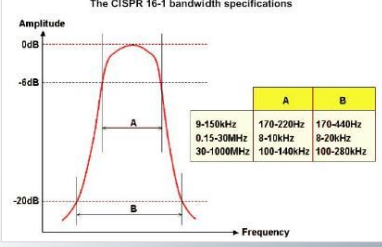
**CISPR Filter**



6 dB

200 Hz  
9 kHz  
120 kHz  
1 MHz

The CISPR 16-1 bandwidth specifications



	A	B
9-150kHz	170-220Hz	170-440Hz
0.15-30MHz	8-10kHz	8-20kHz
30-1000MHz	100-140kHz	100-280kHz

Frequency range	Bandwidth $B_6$	Reference BW
9 kHz to 150 kHz (Band A)	100 Hz to 300 Hz <sup>a</sup>	200 Hz ( $B_6$ )
0,15 MHz to 30 MHz (Band B)	8 kHz to 10 kHz <sup>a</sup>	9 kHz ( $B_6$ )
30 MHz to 1 000 MHz (Bands C and D)	100 kHz to 500 kHz <sup>a</sup>	120 kHz ( $B_6$ )
1 GHz to 18 GHz (Band E)	300 kHz to 2 MHz <sup>a</sup>	1 MHz <sup>b</sup> ( $B_{imp}$ )

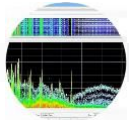
<sup>a</sup> Since the response of a peak measuring receiver to non-overlapping pulses is proportional to its impulse bandwidth, either the actual bandwidth is quoted in the result or the level may be quoted as "in a 1 MHz bandwidth", calculated by dividing the measured value by the impulse bandwidth in MHz (see 3.6). For other types of broadband disturbance, this procedure may introduce an error. Therefore, data measured with the reference bandwidth shall take precedence.

<sup>b</sup> The bandwidth selected shall be defined as the impulse bandwidth of the measuring receiver with a tolerance of  $\pm 10\%$ .

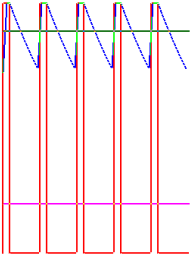
© PA3AZX
13

13

EMC algemeen  
detectoren



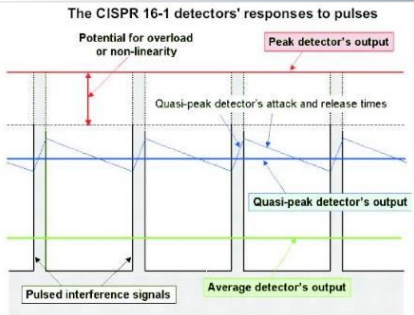
**Peak**



**Quasi-peak**  
(metered value)

**Average**

The CISPR 16-1 detectors' responses to pulses



Pulsed interference signals

Potential for overload or non-linearity

Peak detector's output

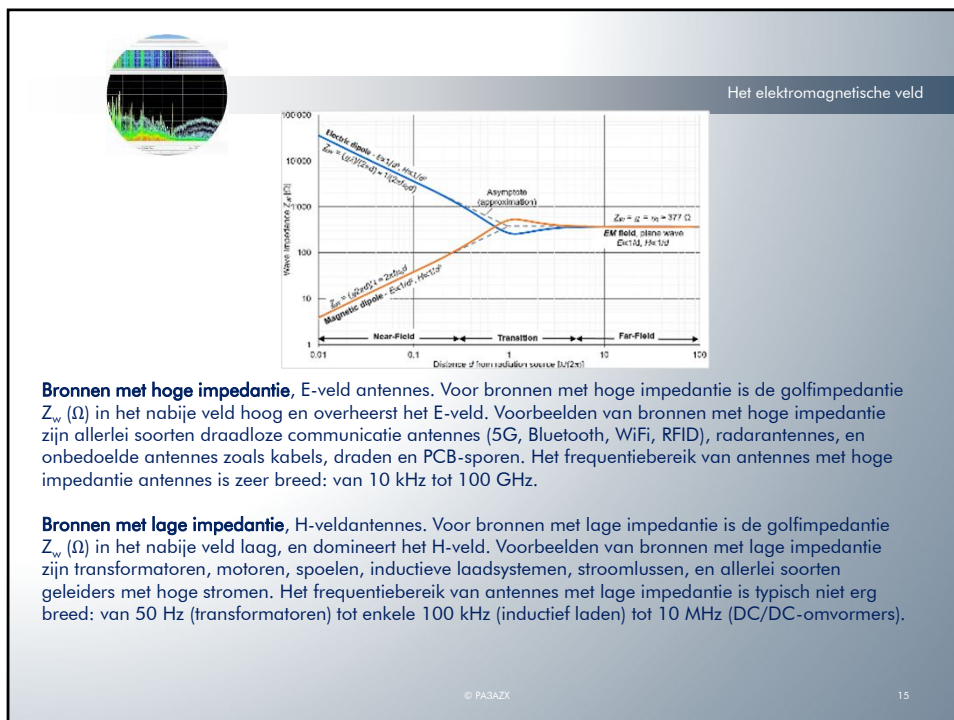
Quasi-peak detector's attack and release times

Quasi-peak detector's output

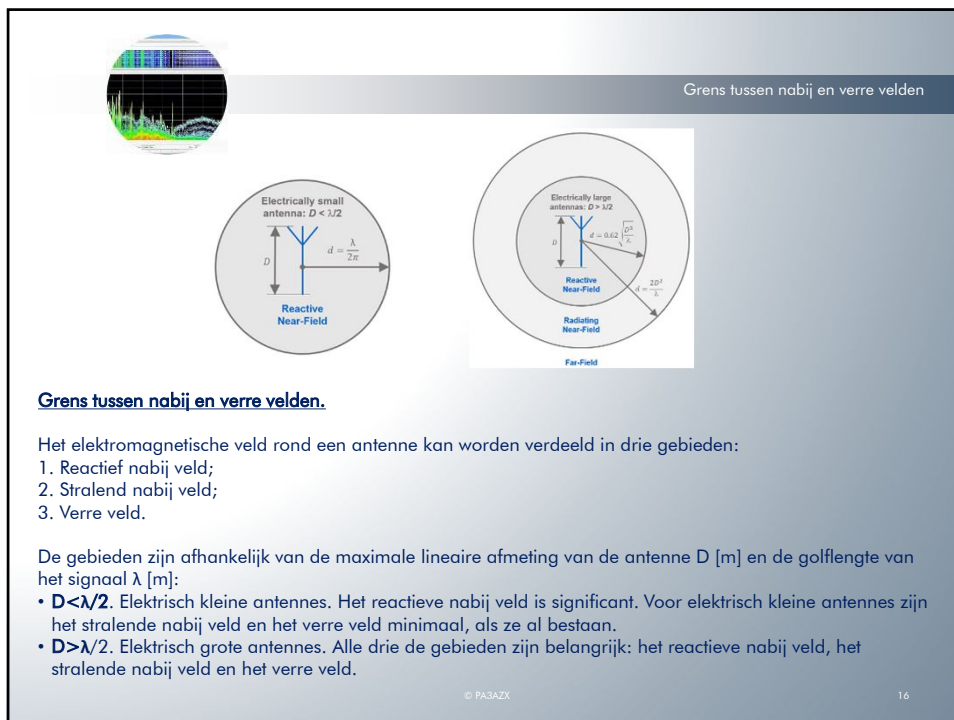
Average detector's output

© PA3AZX
14

14

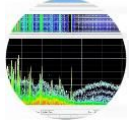


15



16

In-situ meting  
meetonzekerheid



Meetonzekerheid in rapport vermelden.  
 Afhankelijk o.a. van gebruikte apparatuur.  
 Berekenen meetonzekerheid is voor de specialist

CISPR 16-4-2 - Part 4-2:  
Uncertainties, statistics and limit modelling –  
Uncertainty in EMC measurements

**Table 1 – Values of  $U_{CISPR}$**

Measurement		$U_{CISPR}$
Conducted disturbance (mains port)	(9 kHz – 150 kHz)	4,0 dB
	(150 kHz – 30 MHz)	3,6 dB
Disturbance power	(30 MHz – 300 MHz)	4,5 dB
Radiated disturbance (electric field strength on an open area test site or alternative test site)	(30 MHz – 1 000 MHz)	5,2 dB
Other		Under consideration

Zie ook: *ECC Recommendation (17)01 Measurement uncertainty assessment for field measurements*

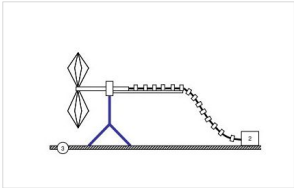
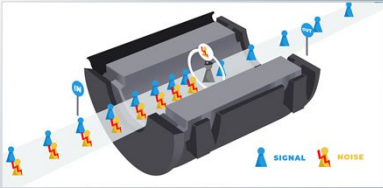
© PA3AZX 17

17

In-situ meting  
coax meetkabel



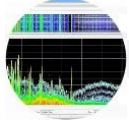
Ferrietkralen worden gebruikt voor RF-ontkoppeling en parasitaire onderdrukking. Wanneer ze over een draad, kabel of coaxkabel worden geplaatst, onderdrukken ze de common-mode-stroom die op de draad of draadbundel of de buitenkant van de coax-afscherming vloeit, maar hebben ze geen invloed op het signaal in de coaxkabel of -draad (differentiële stroom).

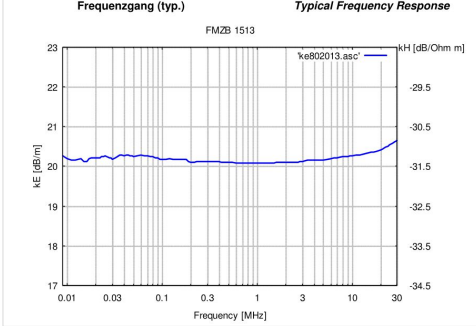
© PA3AZX 18

18

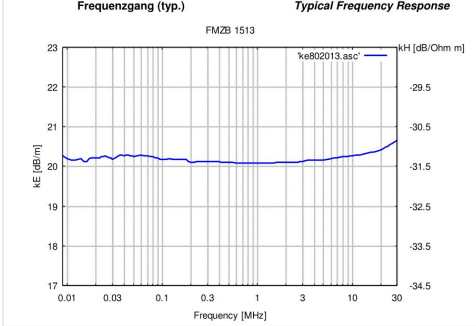
In-situ meting radiated loopantenne <30MHz

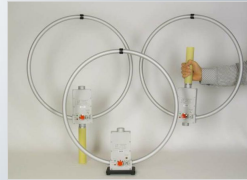


**Frequenzgang (typ.)**



**Typical Frequency Response**





Specifications:	
9 kHz - 30 MHz	Nominal Frequency range:
50 Ω N	Connector: female
20 dB/m	Antenna Factor for fict. E - fieldstrength:
-31.5 dB/Ωm	Antenna Factor for H - fieldstrength:
0.5 m	Loop Diameter:
30-130 dBμV/m	Fieldstrength Measuring Range QP-Detector / 9 kHz IF-Bandwidth:
8-130 dBμV/m	Fieldstrength Measuring Range AV-Detector / 200 Hz IF-Bandwidth:
< +/- 1 dB	Frequency Response:

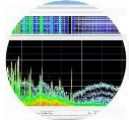
**Antenne opstelling:**


- onderkant loopantenne 1 meter boven de grond

© PA3AZX 19

19

In-situ meting radiated biconical / logper >30MHz





**BC-01**  
Biconical antenna 30 to 200 MHz

**SPECIFICATIONS**

Frequency range: 30 to 200 MHz

Impedance: 50 Ω nominal

Gain: -15 to 2 dB typical

Antenna factor: 8 to 14 dB/m typical

Construction: Aluminium

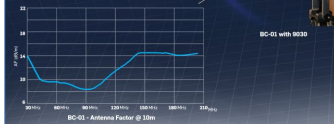
Max input power: 100 W

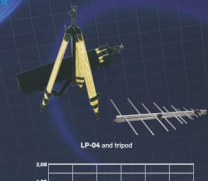
Connector: N female

Dimensions (L x H x W): 52 x 15 x 137 cm

Weight: 1.8 kg

Colour: RAL 7035





**LP-04**  
Log periodic antenna 200 MHz to 6 GHz

**SPECIFICATIONS**

Frequency range: 200 MHz to 6 GHz

Impedance: 50 Ω nominal

Gain: 8 dBi typical

Antenna factor: 12 to 40 dB/m typical

VSWR: < 1.8:1 typical

Construction: Aluminium

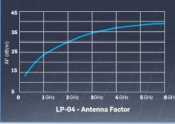
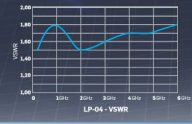
Max input power: 100 W

Connector: N female

Dimensions (L x H x W): 780 x 100 x 750 mm

Weight: 1.1 kg

Colour: RAL 7035

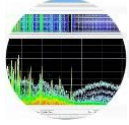



**Antenne opstelling:**

- Hoogte tussen 1 en 4 meter boven de grond (standaard 2 meter boven de grond)
- Zowel horizontale als verticale polarisatie gebruiken.

© PA3AZX 20

20

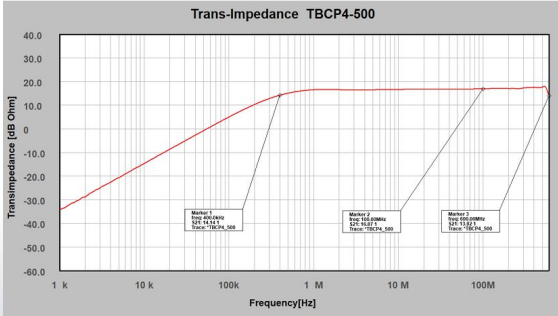


In-situ meting conducted current probe (dBuA)

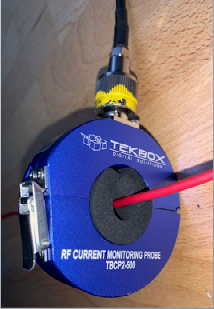
Voorbeeld: RF CURRENT MONITORING PROBE

**Specification**

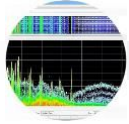
- Characterized frequency range: 1 kHz to 600 MHz
- Aperture diameter: 32 mm
- Outside diameter: 73 mm
- Height: 20 mm
- Weight: 320 g
- Connector type: N female
- Transfer impedance: 16 dBΩ in the flat region, typ.
- 3 dB bandwidth: 400 kHz – 500 MHz, typ.
- Max. primary current (RF): 3 A
- Max. core temperature: 125 °C



© PA3AZX




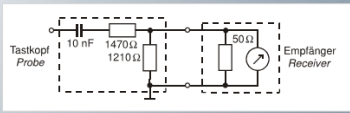
21



In-situ meting conducted voltage probe 1

<b>Specifications:</b>	
1.5 kΩ    4 pF	<i>Input Impedance:</i>
9 kHz - 30 MHz	<i>Frequency Range:</i>
HF: < 30 V	<i>Voltage range:</i>
AC 50 / 60 Hz: < 2.5 kV	<i>Freq. Range w. constant Correction of 30 dB:</i>
DC: < 4.4 kV	
20 kHz - 30 MHz	<i>Accuracy of Voltage Division:</i>
30 kHz-30 MHz +/- 1.0 dB	<i>Input Impedance of Test Receiver:</i>
50 Ω, SWR ≤ 1.1	<i>Internal Coupling Capacitor:</i>
10 nF	

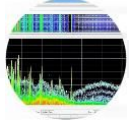




Voordeel is dat de installatie niet uit bedrijf moet, maar dat er gewoon op de *mains* gemeten kan worden als de installatie operationeel is.


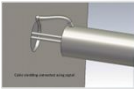
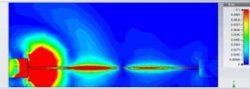
© PA3AZX


22




EMC installaties  
pigtail - kabelmantel

**pigtail**



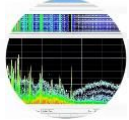
Kabel omvlechting



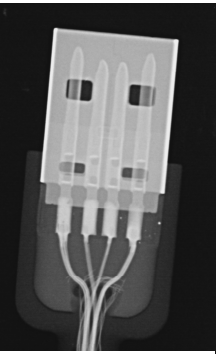

Een pigtail kan ongewenste emissie veroorzaken maar ook óppakken'!  
 Bijvoorbeeld, een 1-inch pigtail-verbinding heeft een impedantie van 12 ohm bij 100 MHz en wordt hoger in frequentie.  
 Dit is vooral problematisch voor HDMI-kabels, omdat de HDMI-werkgroep oorspronkelijk niet de methode voor het afsluiten van de kabelafscherming naar de connector heeft gespecificeerd. Dit is mogelijk later gecorrigeerd in de laatste editie van de standaard.

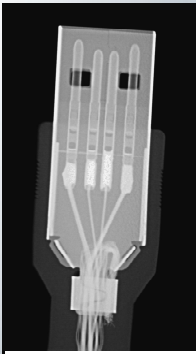

© PA3AZX
23

23



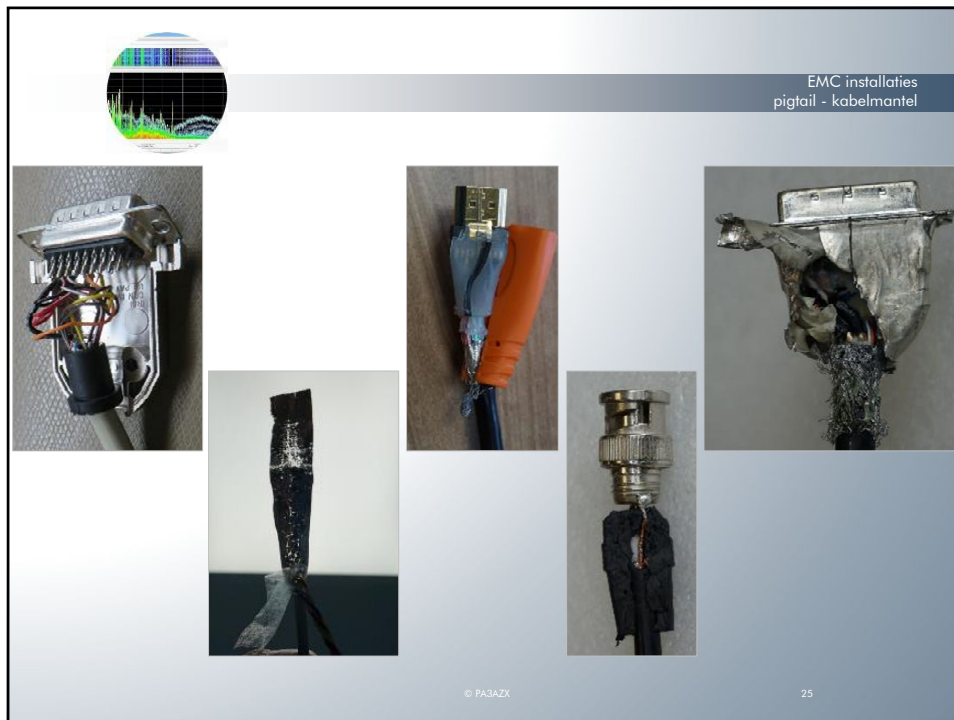
EMC installaties  
pigtail - kabelmantel

Links een USB-connector waarvan de afscherming niet is aangesloten. Rechts is de afscherming d.m.v. een mini piggy tail te zien, zit wel binnen de metalen behuizing.

24



25

EMC installatie  
technische oplossingen

- De installatie volgens de gebruiksaanwijzing van de leverancier installeren (eventueel met additionele filters). *'Read The Fxxxxx Manual'*.
- Afscherming van kabels aan BEIDE zijden aansluiten aan massa.
- Gebruik de juiste wartels die contact maken met massa en afschermen.
- Een veiligheidsaarde is GEEN hoogfrequentearde!
- Ook bij ethernet is het gebruik van een juiste kabel van groot belang. De juiste categorie (5 of 6) en een EMC-afscherming. Met voorkeur de gevlochten ('shielded') EMC-afscherming.
- Zorg dat bij ontwikkeling van een product (printplaat met componenten) of aanschaf, dat de ongewenste emissie minimaal is. Dan is later geen verdere actie nodig, en is de wijze van installatie ook minder kritisch. **Aan de 'voorkant' regelen.**

© PA3AZX

26

26

Kabelnetwerken en EMC

**ECC RECOMMENDATION (05)04**  
**CRITERIA FOR THE ASSESSMENT OF RADIO INTERFERENCES CAUSED BY RADIATED DISTURBANCES FROM WIRE-LINE TELECOMMUNICATION NETWORKS**

**ECC RECOMMENDATION (09)02**  
**SPECIFICATION FOR THE MEASUREMENT OF DISTURBANCE FIELDS FROM TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS AND NETWORKS IN THE FREQUENCY RANGE 9 kHz TO 3 GHz**

**ECC REPORT 24**  
**PLT, DSL, CABLE COMMUNICATIONS (INCLUDING CABLE TV), LANS AND THEIR EFFECT ON RADIO SERVICES**

Trace of the telecommunication line

Height  $h$

Distance  $d$

Loop antenna

Ground level

Figure 1: Drawing the measuring distance  $d$  from the vertical projection of the trace of the telecommunication line to ground level

Frequency $f$ [MHz]	Limit of the interfering electric field strength in dB( $\mu$ V/m) (peak detector) at the location of the victim and at the distance of 3 meter from the source	Measurement Bandwidth
0.009 to 0.15	$40 - 20 \log_{10}(f/\text{MHz})$	200 Hz
0.15 to 1	$40 - 20 \log_{10}(f/\text{MHz})$	9 kHz
Above 1 to 30	$40 - 8.8 \log_{10}(f/\text{MHz})$	9 kHz
Above 30 to 1000	27 (1)	120 kHz
Above 1000 to 3000	40 (2)	1 MHz

© PA3AZX
27

27

EMC en Man Made Noise

A.C. signal current

from signal source

signal conductor

to signal destination

electromagnetic wave 300 000 km/sec

magnetic field

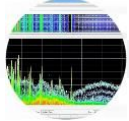
electric field

Als er door een (niet afgeschermd) kabel een hoogfrequent signaal loopt, ontstaat er om de kabel een elektrisch- en magnetisch veld. Omgekeerd: als dezelfde kabel in een hoogfrequent veld geplaatst wordt, zal er in de kabel een stroom gaan lopen.

© PA3AZX
28

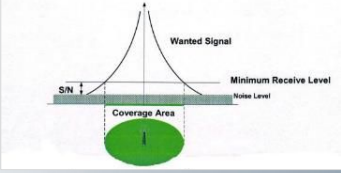
28

signaal / ruisverhouding



De signaal-ruisverhouding SNR [dB] is een kengetal in analoge of digitale signaal-verwerkingstoepassingen. Hoe groter de SNR-waarde, hoe beter. De SNR is gedefinieerd als de verhouding tussen het vermogen van het gewenste signaal en het vermogen van het ongewenste signaal (ruis, interferentie).

waarbij:  
 P-signal = vermogen van het gewenste signaal in [W]  
 P-noise = vermogen van het ongewenste signaal (ruis).



$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}}$$

$$SNR [dB] = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right)$$

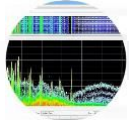
Bedekkingsgebied van een zender.

- Er is van voldoende 'radiodekking' sprake als op een bepaald punt het gewenste signaal ongestoord kan worden ontvangen.
- Dit gewenste signaal moet hoger zijn dan het minimaal gewenste signaal.
- Het minimaal gewenste signaal van een interferentie vrij netwerk wordt gedefinieerd door het ruissignaal en de benodigde signaalruis-verhouding (S/N).

© PA3AZX
29

29

Radiodiensten en ontvanger-parameters





**CISPR/TR 31**  
 Het CIS/H nodigt organisaties en andere instanties uit om informatie over radiodiensten in te voeren in het formaat dat wordt gegeven in CISPR/TR 31, *Database on the characteristics of radio services*.

**Databank:** In deze databank vindt u de database met de kenmerken van voor storingsemissies van elektrische en/of elektronische apparatuur, systemen en installaties.

- Deze database is niet volledig voor alle radiodiensten.
- Deze database moet worden gebruikt/geraadpleegd in combinatie met de ITU-R-aanbevelingen en andere bronnen voor consistentie.
- De informatie in deze databank is nodig voor het bepalen van emissiegrenswaarden en sommige parameters van deze databank zijn niet algemeen beschikbaar in de ITU-R-aanbevelingen.

**ECC Recommendation (24)01 Receiver resilience to transmission on adjacent frequency ranges**  
 Deze aanbeveling biedt een kader voor voortdurende verbetering van de bestendigheid van ontvangers in het spectrumdomein voor een breed scala en categorie ontvangers om het betrouwbaar functioneren van ontvangers te vergemakkelijken in een spectrum dat in de loop van de tijd dichter bezet zal raken . De methodologie in deze aanbeveling is bedoeld voor toepassing op alle frequentiebanden in het radiospectrum . Voorbeeldwaarden voor de bestendigheid van ontvangers en aanbevolen niveaus voor specifieke radiofrequentie bereiken zijn opgenomen in de afzonderlijke bijlagen .

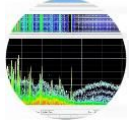



© PA3AZX
30

30



Man Made noise




Deel uit samenvatting onderzoek Koos:

De uitkomst van deze experimenten is dat de hypothese, dat injectie van storingspanningen met bronvermogens afgeleid van de generieke CISPR-limieten voor de netspannings-aansluiting, de toename van de man-made ruis zou verklaren, niet houdbaar is.

Een redelijke conclusie zou zijn dat de toename van de ruisniveau's wordt veroorzaakt door de afstraling vanaf andere netwerken zoals DC-kabels, telecom lijnen, en/of andere bedradingen.

De oorzaak van deze hogere stralingsniveaus zijn waarschijnlijk gelegen in de hogere limietwaarden voor deze poorten en de ernstige tekortkomingen in de testmethoden, welke niet in overeenstemming zijn met het praktische gebruik van de geteste apparatuur.

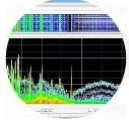
Een andere verdenking van het veroorzaken van verhoogde ruisniveau's wordt gevormd door beperkingen in de handhaving van de EMC regelgeving, waardoor teveel illegale apparatuur circuleert op de Europese markt.

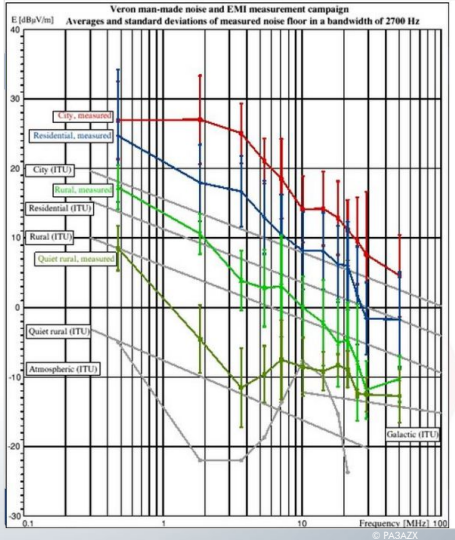


*Koos Fockens (PA0KDF) promoveerde op 20 oktober 2023 aan de Universiteit Twente op het gebied van elektromagnetische ruis. Zijn proefschrift, getiteld 'Cumulation of Man-Made Radio Noise: A Quest for Causes of the Increase of Radio Noise in Residential Areas', richt zich op de toename van storingen in de ether door elektrische apparaten.*

33

Radiozendateur  
Man Made Noise





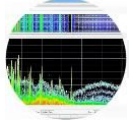
Toename Man Made Noise ruisniveau

De grijze lijnen zijn de meetresultaten die in de jaren '60-70 zijn uitgevoerd.

De gekleurde lijnen zijn de meetresultaat van de ruismetcampagne o.l.v. Koos Fockens.

Ook in het VHF en UHF gebied is de MMN toegenomen .

34



Stoorbronnen

Oorzaken:

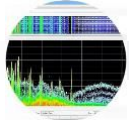
- Verdichting groot aantal Switch-Mode Power Supply.
- Tot wel 50 stuks in eigen huis.
- Power Line Communication (PLC).
- Defect raken laders van o.a. scooter, elektrische fiets, laptop, enz.
- Led verlichting (voornamelijk eigen import uit China).
- Vermogens elektronica o.a. van PV-systemen.

Zorgen voor de toekomst:

- Wireless Power Transfer (WPT).
- In woonwijken maar ook onder wegen in de stad om b.v. elektrische bussen op te laden.

© PA3AZX 44


35



'Misbruik' van het lichtnet

Diverse moderne apparaten zoals schakelende voedingen, frequentieomvormers, PV-omvormers, thuisbatterij-omvormers, ledverlichting, enz. veroorzaken harmonische. Deze harmonische verspreiden zich via het lichtnet en worden vervolgens via de ether uitgestraald.

Daarbij komt dat er systemen zijn ontwikkeld die het lichtnet als transportmedium gebruiken, terwijl het daar oorspronkelijk niet voor bedoeld is. Voorbeelden hiervan zijn powerline communicatie (PLC) en vergelijkbare technologieën. Deze toepassingen kunnen het radiospectrum verder vervuilen en de ontvangst van zwakke radiosignalen ernstig bemoeilijken.

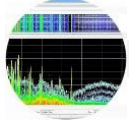


*Het lichtnet als riool?*

*50 Hz tot de 40<sup>e</sup> noemen we harmonische, daarboven spreken we over super-harmonische (2 kHz en 150 kHz), hier zijn Power Quality limieten voor. Vanaf 150 kHz zijn er EMC-limieten van toepassing.*

© PA3AZX 46

36

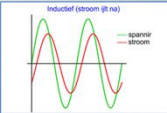
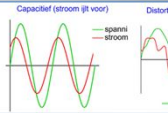
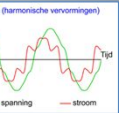

Power Quality

**Power Quality; de spannings- en stroomkwaliteit**  
 Vervuilde elektriciteit kan tot grote problemen en hoge kosten leiden.

**Normering.** In de EN50160 is vastgelegd aan welke eisen netkwaliteit dient te voldoen die door de energieleverancier geleverd wordt in openbare laag-, midden- en hoogspanningsnetwerken.

**Langzame spanningsvariaties:** netspanning (230 volt) tussen 207 en 253 volt (= +/- 10%).  
**Total Harmonic Distortion:** tot de 25 (40) harmonische, eis is < 8% t.o.v. de 50 Hz.  
**Spanningsdips:** kortstondige daling van de spanning van minimaal 10%.  
**Blindvermogen:** I en U zijn dan niet in fase.  
**Power factor:** verhouding tussen werkelijk (actief) vermogen en schijnbaar (totaal) vermogen.

THDu	Interpretatie
> 8%	Niet acceptabel
6-8%	Hoog Risico
4-6%	Verhoogd risico op uitval
0-4%	Algemeen geaccepteerd

© PA3AZX

37


Voorbeeld 'schone' gloeilamp

Vrms **239.24** V

Irms **176.00** mA


P 42.100 W PF 0.9989

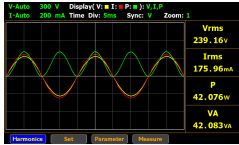

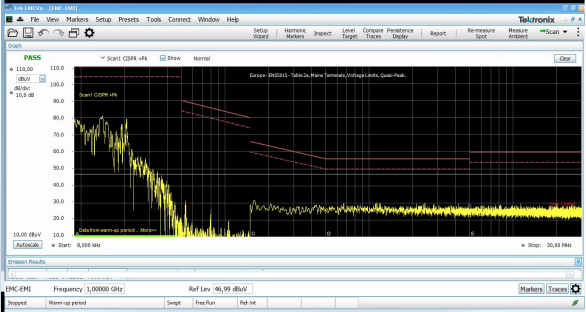
VA 42.105 VA VAR -717.42 mvar

VHz 50.005 Hz IHz 50.005 Hz

THDV 1.86 % THDI 1.35 %

$$\text{Power Factor (PF)} = \frac{\text{schijnbaar vermogen (VA)}}{\text{actief vermogen (P)}}$$

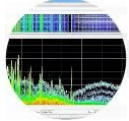




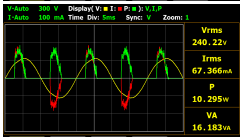
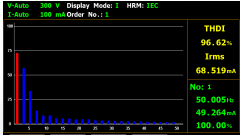
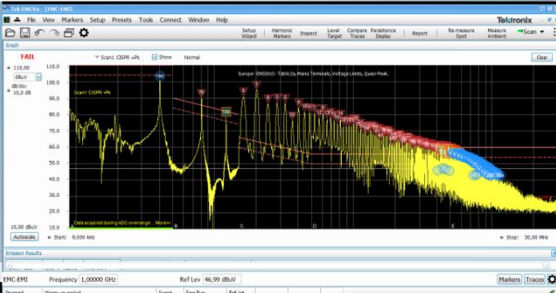
© PA3AZX

38

Voorbeeld foute lamp

$$\text{Power Factor (PF)} = \frac{\text{schijnbaar vermogen (VA)}}{\text{actief vermogen (P)}}$$

© PA3AZX

39

Oplossing




De sleutel tot het beheersbaar houden van netvervuiling ligt bij een goed en doordacht ontwerp van elektrische en elektronische producten.

Alleen door adequate regelgeving én strikte handhaving kan worden gegarandeerd dat producenten en gebruikers zich houden aan normen die storingen tot een minimum beperken.

Hoe makkelijk is het om buiten de EU niet CE gemarkeerde 'troep' te kopen.

*Onvoldoende capaciteit om te controleren/monitoren bij de overheid (maar ook bij de douane), speelt hier ook een belangrijke rol.*

© PA3AZX

40



ASTRON - LOFAR

ASTRON TELESCOPES ASTRONOMY RESEARCH & INNOVATION NEWS & EVENTS EDUCATION ABOUT

KLEINE WINDMOLENS WINDTURBINES ZONNEPARKLEN BESCHERMINGSZONES

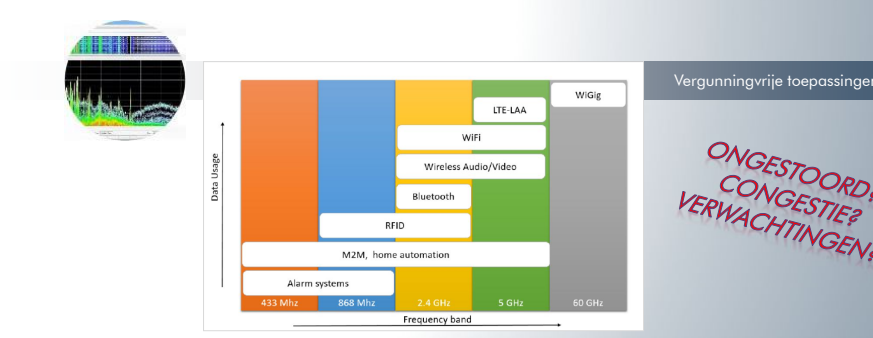
Zwaardenere' EMC-eisen, opgenomen in Provinciale Omgevingsverordening 2018 - Beschermingszone radioastronomie

Zoomen naar adres ...

<https://www.astron.nl/beschermingszones/>

© PA3AZX 41

41



Vergunningvrije toepassingen

ONGESTOORD?  
CONGESTIE?  
VERWACHTINGEN?

[ERC Recommendation 70-03](#)

De term "Short Range Device" (SRD) is bedoeld voor radioapparatuur met een geringe kans om storing te veroorzaken. Het gebruik van SRD's valt doorgaans onder algemene / niet-exclusieve vergunningen, op een **niet beschermde** en **niet storingsbasis**. SRD toepassingen worden niet beschouwd als een "radiocommunicatiedienst" zoals gedefinieerd in de ITU Radioreglementen in Artikel 1.

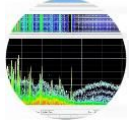
*Vergunningvrije toepassingen mogen zowel zakelijk als privé worden gebruikt. Ook commerciële dienstverlening aan derden is toegestaan!!* ?

*Vrijgestelde toepassingen delen de toegewezen frequentiebanden in de meeste gevallen met andere gebruikers. Belemmeringen in het gebruik, veroorzaakt door andere legale toepassingen, moet de gebruiker accepteren.*

© PA3AZX 42

42

Regeling storingsmeldingen



Begripsomschrijving Artikel 1b; **storing**: elektromagnetische storing, ondervonden in uitrusting of radioapparaten als gevolg van het gebruik van uitrusting of radioapparaten;

Artikel 3, 1 Een storingsmelding wordt niet in behandeling genomen indien:

Artikel 4, 1 Indien de storingsmelding in behandeling wordt genomen, wordt nagegaan op welke frequenties of frequentiebanden de storing optreedt en wordt een onderzoek aan de uitrusting die of het radioapparaat dat storing ondervindt of de uitrusting die of het radioapparaat dat storing veroorzaakt of aan beide uitrustingen of radioapparaten, ingesteld. Bij dit onderzoek wordt voor zover nodig nagegaan of: .....

Artikel 5  
3 Indien uit het onderzoek blijkt dat de uitrusting die of het radioapparaat dat de storing veroorzaakt niet voldoet aan artikel 4, eerste lid, onder a, b, c, of d, kan de minister de houder van de uitrusting of het radioapparaat waarmee de storing wordt veroorzaakt, aanwijzingen geven maatregelen te nemen die de storing verhelpen. De houder volgt de aanwijzingen op.  
4,d, d. de kosten van de behandeling van de storingsmelding, naar het oordeel van de minister, niet in verhouding staan tot het belang dat degene die de storing ondervindt bij de opheffing van de storing heeft;

<https://wetten.overheid.nl/BWBR0026550/2023-01-01#Paragraaf3>

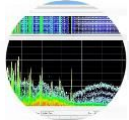
Er zijn uitzonderingen voor klachtbehandeling

Zowel de installatie van de 'stoorder' als de 'klager' moeten aan bepaalde eisen voldoen

Klachtbehandeling is niet vrijblijvend en/of oneindig!

43

Storingsonderzoek





Onderzoek gestoorde installatie:

- is de (eigen)installatie technisch in orde;
- gebruikte antenne-installatie o.k.;
- hoe erg (hoe vaak en hoe lang) is de "storing";
- wat is er gebeurd in de etheromgeving;
- eventuele andere beïnvloedingen.

Zo nodig ook:

- gewenste veldsterkte;
- protectieverhouding;
- wat is de S/N of BER;
- realistisch linkbudget;
- QOS (plaats/tijd).

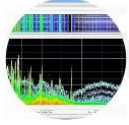



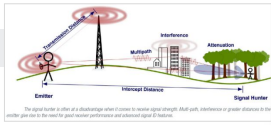
```

graph TD
    Start([Start]) --> Dropped{Dropped or Blocked Call Rate Too High?}
    Dropped -- N --> NoProblem([No Problem])
    Dropped -- Y --> Switch{Switch Rx Noise Floor High?}
    Switch -- N --> BtsProblem([BTS Problem])
    Switch -- Y --> Observe[Observe time-of-day trends]
    Observe --> Troubleshoot[Troubleshoot from Sector Rx Test Port]
    Troubleshoot --> Visible{Visible Interference?}
    Visible -- N --> Extended[Extended Monitoring and/or PC Based Analysis]
    Visible -- Y --> Quick{Quick Signal ID Possible?}
    Quick -- Y --> CallLicense[Call the licensee]
    Quick -- N --> Find[Find the signal]
    Find --> Resolve[Resolve the issue]
    Resolve --> Done([Done])
    
```


© PA3AZX 44

44






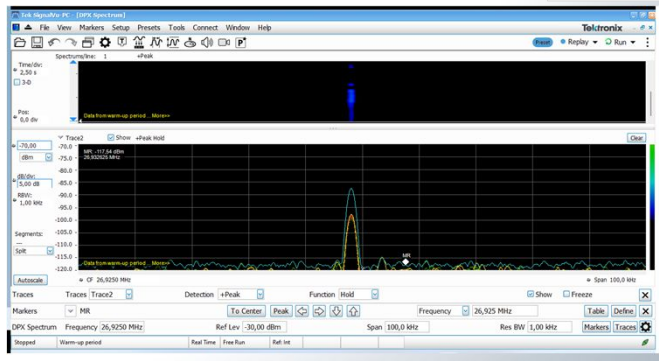


The signal fades in order of a disadvantage when it comes to receive signal strength. First path, interference or greater distance to the center frequency than the receiving antenna performance can overcome signal strength.



Storing "pin-pointen"

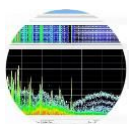



**Interferentie zoeken met Spectrum Analyzer**

- Dubbele trace (1 clear write, 1 max hold);
- Amplitude schaal naar 5, 2 of 1 dB per division;
- Of amplitude schaal naar lineair;
- Niet te snel 'zwaaien' met de meetantenne (statief).

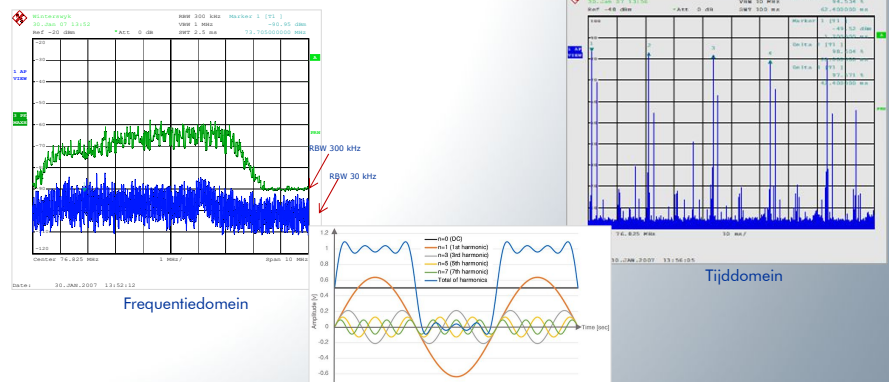
© PA3AZX

45





Pulsachtige storing en RBW



Frequentiedomein

Tijd domein

Bij onderzoek aan zwakke ruisachtige signalen die uit steile pulsen bestaan, ben je geneigd om een smal RBW-filter te gebruiken omdat je dan 'lekker diep kan kijken'. Echter bij een te smal RBW-filter worden de storingen niet altijd goed zichtbaar. De oplossing is een breder RBW-filter inschakelen, wat weer ten koste gaat van de gevoeligheid. Hier zal in de praktijk gewoon e.e.a. uitprobeerend moeten worden wat het beste resultaat geeft.

© PA3AZX

46

In-situ meting  
zeer lokaal storing lokaliseren

## Nearfield probe

**Figure 1 Three constructions for magnetic field probes**

Shield design: Coax shield added to shield top. Coax shield wound on both faces turned.

Typical design: Shield-right, shield-left, shield-bottom.

Shield-right, shield-left, shield-bottom, shield-top.

Shield-right, shield-left, shield-bottom, shield-top, shield-front.

Shield-right, shield-left, shield-bottom, shield-top, shield-front, shield-back.

Shield-right, shield-left, shield-bottom, shield-top, shield-front, shield-back, shield-side.

**Figure 2 An electric field probe, and a pin probe**

Electric field probe: Centre conductor exposed by approximately 10mm, and insulated.

Pin probe: Low-voltage capacitor (e.g. 10nF) with suitable voltage rating, soldered in series with centre conductor. Pin exposed for direct contact.

*Zelfbouw of kopen*

**H-veld sensor**

Principle of Operation: Mutual Induction

Flux Density =  $B = \mu \cdot H$

Coupled Flux =  $\Phi = B \cdot A$

**E-veld sensor**

semi-rigid coax

chip resistor 50  $\Omega$  (sometimes left out)

Instrument 50  $\Omega$

**EMC probe applications: Measurement of radiated emissions**

**EMC probe applications: Immunity testing**

Om zeer lokaal, binnen  $\approx 0,5$  meter, een stoorbron te lokaliseren kan er gebruik gemaakt worden van H-vel of E-veld sensor (near field probe) die vervolgens op de spectrum analyzer of stoorontvanger aangesloten kan worden.

© PA3AZX 47

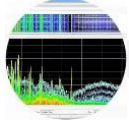
47

Intermodulatie


- **Actieve InterModulatie (I.M.)**
  - Opgewekt in actieve componenten
    - Zendereindtrap die meerdere kanalen versterkt;
    - Overstuurde ontvangeringang.
- **Passieve InterModulatie (PI.M.)**
  - Opgewekt in passieve onderdelen
    - Overspanningsbeveiliging;
    - Connectoren (lage contactdruk, plating, corrosie, vet, vuil);
    - Coaxkabel;
    - Overgangen tussen verschillende geleidende materialen (Rusty bolt effect).

© PA3AZX 48

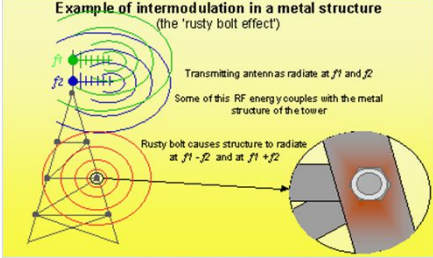
48

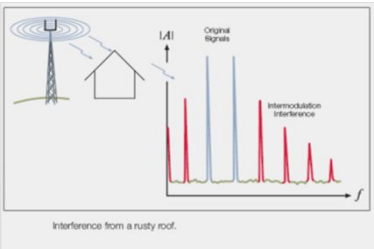


"rusty bolt effect"



**Example of intermodulation in a metal structure (the 'rusty bolt effect')**





Interference from a rusty roof.

**Magnitude of the electrochemical potential difference between different surface metals**

Values in V

	Gold	Silver	Nickel	SUCOPLATE® and commercial alloys of copper	Stainless steel	Chromium	Tin	Aluminium
Gold	0.00	0.15	0.30	0.40	0.50	0.60	0.65	0.75
Silver	0.15	0.00	0.15	0.25	0.35	0.45	0.50	0.60
Nickel	0.30	0.15	0.00	0.10	0.20	0.30	0.35	0.45
SUCOPLATE® and commercial alloys of copper	0.40	0.25	0.10	0.00	0.10	0.20	0.25	0.35
Stainless steel	0.50	0.35	0.20	0.10	0.00	0.10	0.15	0.25
Chromium	0.60	0.45	0.30	0.20	0.10	0.00	0.05	0.15
Tin	0.65	0.50	0.35	0.25	0.15	0.05	0.00	0.10
Aluminium	0.75	0.60	0.45	0.35	0.25	0.15	0.10	0.00

© PASAZX
49

49



EMC algemeen verdieping



Het boek 'Electromagnetic Compatibility Engineering' van Henry W. Ott is DE bijbel voor de EMC engineer.

De recent uitgebrachte EMC boeken van Kenneth Wyatt zijn ook een aanrader,  
Zie ook zijn site: <https://www.emc-seminars.com/index.html>





DE ACADEMIE VAN EMC. Een gratis en onafhankelijke bron van informatie over elektromagnetische compatibiliteit (EMC). Ze zijn er vast van overtuigd dat onderwijs de basis is van welvaart en een vrije samenleving. De Academie van EMC wil daar een bijdrage aan leveren. Hun missie: "Breng gratis onderwijs over elektromagnetische compatibiliteit voor iedereen." <https://www.academyofemc.com/>

PASAZX
50

50

Voorbeeld verstoring:  
vonkvorming a.g.v. hoge veldsterkte!

**Klacht:** modelbesturing vliegtuigjes 'komen niet meer terug'.  
**Onderzoek:** de veldsterkte afkomstig van de middengolfzenders (oud) werden door de nabije windmolens opgepikt, en via het 'aardingssysteem' (sleepcontacten, dus vonken) met een breedbandig spectrum weer uitgezonden.

© PA3AZX

51

Voorbeeld verstoring:  
Afkomstig van cell-enhancer tunnelsysteem (verstoring eigen netwerk)

**Klacht:** Storing C2000 op basisstation in de up-link  
**Onderzoek:** Een cell-enhancer die bijvoorbeeld gebruikt wordt om een tunnel van radiodekking te voorzien en in de up-link (bijvoorbeeld 380 tot 385 MHz) ruis of spurious met een behoorlijk niveau naar buiten uitzendt, kan bij een nabijgelegen BTS storing veroorzaken in de ontvangst.

© PA3AZX

52

Voorbeeld verstoring: Intermodulatieproblemen

**Klacht:** Klacht van de verkeersleiding dat er regelmatig op de frequentie 130.950 MHz een "vreemde" vrouwenstem door de gesprekken heen werd gehoord. Het zou om Transavia gaan die door de gesprekken heen kwam

**Onderzoek:** Bij onderzoek bleek dat er een intermodulatieproduct ontstond in de koppolversterker waar o.a. de ontvanger van de "gestoorde 130.950 MHz" op was aangesloten.

$$118.1 \text{ (tower)} + 131.9 \text{ (Transavia)} - 119.05 \text{ (APP)} = 130.950$$

© PA3AZX 53

53

Voorbeeld verstoring: Intermodulatieproblemen "reverse intermod"

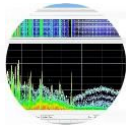
**Klacht:** In vliegtuigen wordt op bepaalde locaties muziek gehoord.

**Onderzoek:** Bij lokale omroep vindt op de eindtrap instraling plaats van een andere nabije sterke omroepzender, met als gevolg intermodulatie (3<sup>e</sup> orde) in de luchtvaartband. Cavity filters in de lokale omroepinstallatie kunnen dit voorkomen.


© PA3AZX 54

54


Voorbeeld verstoring:  
Instraling op open-coax netwerk




### C2000 storing op open coax SPL



Harde RF koppeling met de omgeving





Sterke koppelfactor met open coax

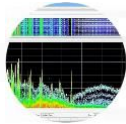
Emissiemeting op 3 meter afstand

**Klacht:** Instraling van stoorsignalen op het netwerk van C2000 op Schiphol (± 13 km open coax om in-doordekking te verkrijgen)  
**Onderzoek:** Monitoren die zeer dicht bij deze coax hangen en waar RF-emissie vanaf komt. Echter monitoren voldoen aan de EMC-limieten. Oplossing desbetreffende monitoren vervangen door betere.

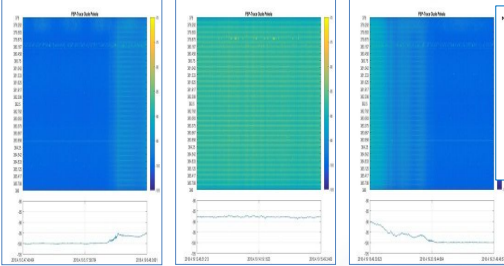
© PA3AZX
55

55

Voorbeeld verstoring:  
PV-installatie



### HF – VHF storing In omgeving



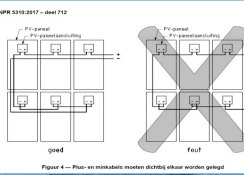
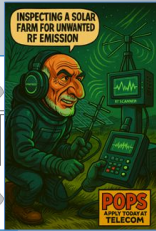





Figure 4 – PV as unintentional receiver (SHR) of RF signals (GHz)





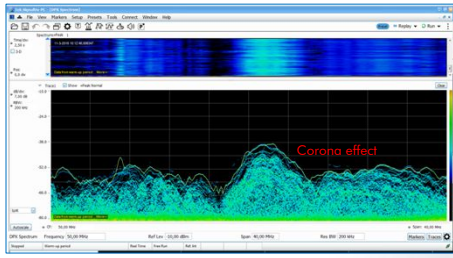



**Klacht:** Storing door PV-installaties in het frequentiespectrum (RZAM, TDAB, C2000, enz.)  
**Onderzoek:** Verkeerde montage (kabels), storende optimizers. Vaak op te lossen met voor en achter optimizers ferrietringen te plaatsen en bedrading te twisten en op de juiste wijze te installeren.

© PA3AZX
56

56

Voorbeeld verstoring:  
Op LOFAR a.g.v. corona

### 50 MHz storing op LOFAR

Corona effect door slechte installatie

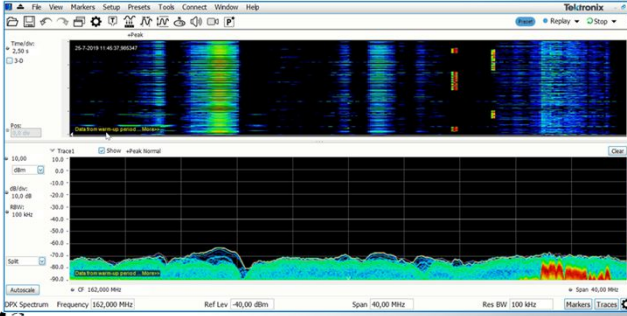
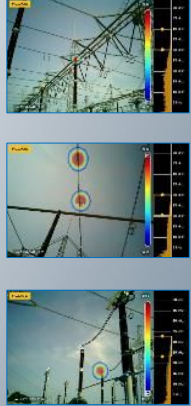
**Klacht:** Storing op 50 MHz op nabijgelegen LOFAR installatie door 380 kV schakelveld.  
**Onderzoek:** Corona in 6 meter lange buis en binnen geleider. Oplossing harde koppeling tussen buis en binnen geleider (kortgesloten).

© PA3AZX 57

57

Voorbeeld verstoring:  
AIS-marifoon a.g.v. corona

### Interferentie marifoonkanaal door corona effect

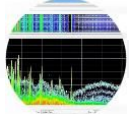
Akoestische camera als hulpmiddel voor lokaliseren stoorbron

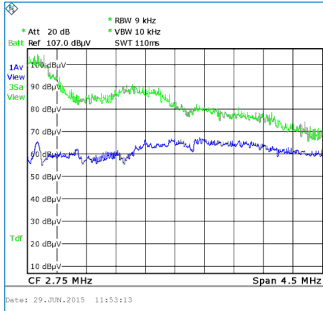
**Klacht:** Storing op marifoonkanalen in Amsterdamrijnkanaal nabij 380 kV schakelveld.  
**Onderzoek:** Corona bij slechte verbindingen op schakelveld. Gedetecteerd met ultrasoon (waarneembaar tussen 30 en 50 kHz) lekdetector welke bij controle van persluchtleidingen wordt toegepast. Hiermee werden de slechte verbindingen die corona veroorzaakte zichtbaar.

© PA3AZX 58

58


Voorbeeld verstoring:  
Frequentieregelaar op xDSL-netwerk





Installatie voorschijft  
soms aanwezig!

xDSL storing door frequentieregelaar

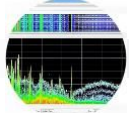


**Klacht:** Storing op vDSL verbinding.  
**Onderzoek:** De frequentieregelaar van de nabij gelegen 'koeien carrousel' was niet volgens voorschrift van de fabrikant geïnstalleerd. Er ontbraken de verplichte filters zoals in de handleiding vermeld stond.



© PA3AZX 59



59

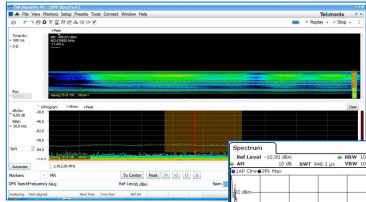
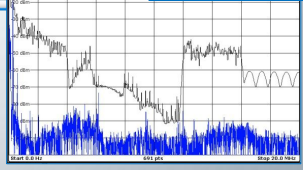
Voorbeeld verstoring:  
Vonkvorming




'telefoon' problemen  
op Vlieland bij harde wind



Onderhoud &  
veroudering!

**Klacht:** Bij harde wind problemen met telefoonverbindingen.  
**Onderzoek:** De antenne van de DGPS ( $\approx 300$  kHz) zender op de vuurtoren 'vonkte'. Met als gevolg dat dit door de antennes (van de mobiele operators) op de vuurtoren opgepikt werd.

© PA3AZX 60

60

Voorbeeld verstoring:  
‘Lekkend’ CAI op 4G-netwerk

### Interferentie door lekkende CAI in LTE up-link

dBµV/0	dBµV/m
0	29
1	32
4	33
6	37
9	32
10	35
11	35
12	34
13	35
14	35
15	34
16	35
17	34
18	35
19	34
20	31
21	31
22	31
23	34
24	34
25	36
26	37
27	31
28	39
29	38
30	37
31	30
32	33
33	33
34	35
35	34
36	34
37	34
38	39
39	40
40	40

**Oorzaken:**

- Verkeerd aangesloten connectoren;
- Niet afgesloten einddozen/kabels;
- Niet afgeschermd componenten;
- ‘Slechte’ (lekkende) coaxkabel;
- ‘Verkeerde’ breedbandversterkers;
- De mantel/afscherming van de coaxkabel is niet aangesloten (pvc-omhulsel kabel niet verwijderd);
- De massa van de coaxkabel in de aansluitdoos in meterkast is niet aangesloten, of de binnenkern zat los gemonteerd (tijdens bouw van de woning zo geïnstalleerd);
- Enz.

Was nog bij de ‘analoge’ CAI voordat DOCSIS protocol toegepast werd.

© PASAZX
61

61

## Bedankt voor uw aandacht

© PASAZX
62

62