

FFT-baserade mätmottagare ger snabbare EMI-mätningar



Digitaltekniken reducerar tiden för skanning med flera tiopotenser och ger mer information.



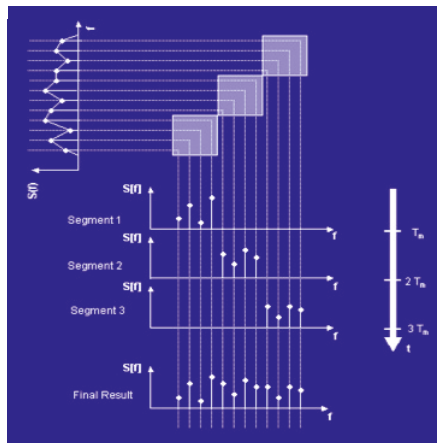
Av Jens Medler, Rohde & Schwarz

Jens Medler började på Rohde & Schwarz 1996. Han är ansvarig för standardiseringsarbete och support av EMI-instrument. Han är medlem av olika kommittéer inom CISPR sedan 1999.

Traditionella EMI-mätmottagare mäter signalen inom mellanfrekvensbandbredden (MF) under den inställda mättiden. Detta leder till en lång skanningstid för det totala frekvensområdet eftersom mättiden per frekvenspunkt måste vara lång för att fånga upp också intermittent emission. FFT-baserade mottagare mäter den utstrålade signalen i frekvenssegment som är mycket bredare än mellanfrekvensbandbredden. Den verkliga mellanfrekvensbandbredden fås via en uppsättning FFT-filter och en uppsättning av detektorer med olika vägning. Denna metod ger följande fördelar:

- Den tid som behövs för att skanna elektromagnetiska emissioner reduceras flera tiopotenser utan att man tappar noggrannhet.
- Det tillåts att man använder längre mättider, till exempel för att fånga intermittenta signaler.
- Det blir möjligt att använda funktioner som spektrogram och spektrum i efterlysningssläge.

I OCH MED PUBLICERINGEN av tillägget Amendment 1 till den 3:e utgåvan av CISPR 16-1-1 i juni 2010 introduceras FFT-baserade mätinstrument för kontrollmätningar avseende EMI-standard. För närvarande använder CISPR 16-1-1 ett "black-box perspektiv" för att definiera kraven på mätutrustning. Det betyder att alla speci-



Sekvens av FFT-skanningar.

fikationer som anges i CISPR 16-1-1 måste uppfyllas av mätutrustningen oavsett hur det är implementerat eller vilken teknik som används.

För att klargöra detta perspektiv har en ny definition av begreppet "mätmottagare" införts som säger: "ett instrument, så som en avstämbart voltmeter, en EMI-mottagare, en spektrumanalysator eller ett FFT-baserat mätinstrument, med eller utan preselektor, som uppfyller relevanta delar av denna standard."

Följaktligen kan ett FFT-baserat mätinstrument som uppfyller kraven i CISPR 16-1-1:2010 och Amendment 1:2010 användas

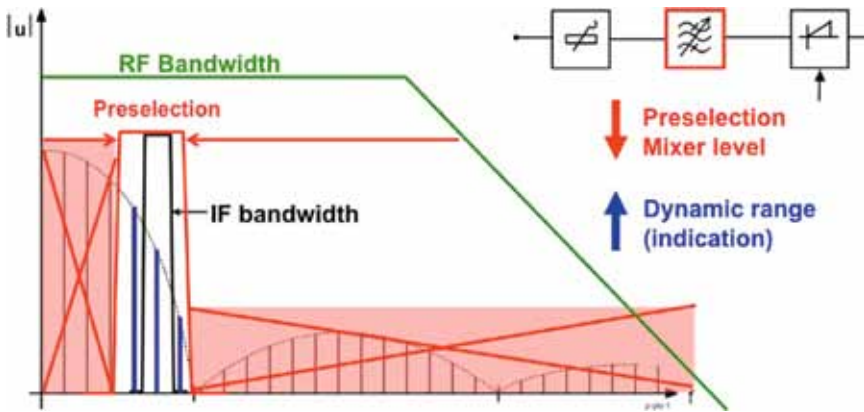
för kontrollmätningar av EMI. Generellt så omfattas följande parametrar: ingångsimpedans, detektorer, bandbredd, överbelastningsfaktor, VSWR, absolut spänningsnoggrannhet för sinusvåg, pulsrespons, sammantagen selektivitet, intermodulationseffekter, mottagarbrus och skärmning.

DESSUTOM MÅSTE DET FFT-baserade mätinstrumentet kontinuerligt samla in data och utvärdera signalen under mätperioden. Detta är nödvändigt för att fånga impulsstörningar och intermittenta signaler. Det utesluter användningen av digitala minnesoscilloskop för EMI kontrollmätningar på grund av den "dödtid" som finns mellan svepen.

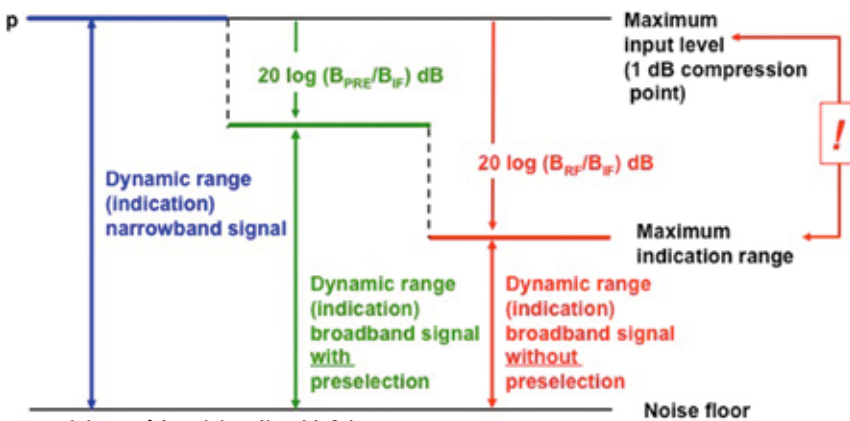
En grundläggande standard träder i kraft med daterade eller odaterade normativa referenser i produktstandarder:

- Om referensen är odaterad, så är det den senaste utgåvan av standarden som gäller.
- Om referensen är daterad, så är det den utpekade utgåvan av standarden som gäller.

DÄRFÖR KAN DEN SOM använder CISPR 13:2006 (ed. 4.2) (mottagare för television och rundradio och till dessa hörande utrustning) som har odaterade referenser till CISPR 16-1-1 och den som använder CISPR 32:2012 (ed. 1.0) (multimediautrustningar)



Principen för preselektion.



Dynamiskt område och bandbreddsfaktor.

som refererar till CISPR 16-1-1:2010 och Amendment 1:2010 omgående använda sig av ett FFT-baserat mätinstrument för EMI kontrollmätningar om instrumentet uppfyller kraven i CISPR 16-1-1:2010 och Amendment 1:2010 (ed 3.1).

Alla andra produktstandarder har daterade referenser och är mer eller mindre frysta när det gäller uppdateringar till 2014, undantaget CISPR 15 (belysningsprodukter) som kommer att uppdateras under 2013. CISPR 22 kommer inte att få några ytterligare tillägg och kommer att ersättas av CISPR 32 under 2017. På grund av detta kommer rent FFT-baserade mätinstrument, under ganska lång tid framöver, inte att kunna användas för kontrollmätningar för att visa överensstämmelse med EMI-standard.

FÖR ATT DRA FÖRDEL av den dramatisk ökade mäteffektiviteten i en FFT-baserad mottagare är det vettigt att använda en EMI-mättagare som kombinerar det traditionella EMI-mottagarkonceptet med FFT-baserad skanning i tidsdomän i ett och samma instrument. Även om produktstandarden ännu inte tillåter FFT-baserade mätningar, så kan metoden användas för kvalificeringsmätningar (förttest) innan man övergår till mätningar med en traditionell analog mottagare vid de frekvenser som anses vara kritiska.

Två olika angreppssätt är möjliga när det

gäller implementationen av FFT-baserade mottagare:

- Oscilloskopvarianten där man digitaliserar RF-signalen direkt med hjälp av en AD-omvandlare med stort dynamiskt område.
- Mottagarvarianten där man har en bredbandig mellanfrekvens och digitaliserar mellanfrekvenssignalen.

BEGRÄNSNINGEN OM MAN använder oscilloskopvarianten är AD-omvandlaren som måste ha en mycket hög upplösning och en hög samplingshastighet för att klara av det dynamiska område som krävs av CISPR 16 och bandbredden. Om man tar hänsyn till att det krävs viss marginal för filtrering så krävs det för en 1 GHz mottagare en AD-omvandlare med 2,5 GHz samplingsfrekvens. För att möta kraven i CISPR 16 krävs minst 14 bitars upplösning. Sådana AD-omvandlare finns ännu inte. Därför måste man använda sig av automatisk inställning av mätområde och olika mjukvarufunktioner för att komma tillräckligt nära den prestanda som krävs.

Ett bättre angreppssätt som garanterar att man når den prestanda som krävs är att kombinera båda varianterna i ett och samma instrument, till exempel direkt AD-omvandling upp till en frekvens av 30 MHz och sedan använda en traditionell mottagare med förslagsvis en mellanfrekvensbandbredd av 30 MHz. På så sätt begränsar man

den bandbredd som skall digitaliseras och man ställer lägre och realiserbara krav på AD-omvandlaren.

DETTA KONCEPT ger följande fördelar:

- Stort dynamiskt område genom begränsad bandbredd och man har tillgång till 16-bitars AD-omvandlare med hög upplösning och stort dynamiskt område.
- Mottagarens övre frekvensgräns begränsas inte av AD-omvandlarens samplingsfrekvens.
- Filtringen av bandbredden och alla detektortyper kan arbeta i realtid, vilket betyder att hela det ledningsbundna eller utstrålade emissionspektrat kan presenteras utan avbrott eller tidsglapp.
- För frekvenser över 30 MHz delas de intressanta frekvensområdena in i segment om vardera exempelvis 25 MHz som mäts sekventiellt.
- Lång maximal uppehållstid genom låg samplingshastighet, till exempel upp till 100 s.
- Tack vare den begränsade bandbredden som används för FFT:n kan ett förvalfilter (preselektor) för RF användas.

SOM EN KONSEKVENNS kombinerar en FFT-baserad EMI-mättagare en filterbank med N parallella filter och den stegade frekvensskanningen med ett steg som motsvarar FFT bredden. För detta ändamål så delas det intressanta frekvensområdet in i flera segment som mäts sekventiellt. Skanningstiden T_{scan} beräknas som:

$$T_{scan} = T_m N_{seg}$$

där
 T_m är mättiden för varje segment
 och
 N_{seg} är antalet segment

MÄTTIDEN T_m MÅSTE VÄLJAS så att den är längre än pulsrepetitionsintervallet för impulsstörningar för att mätningen skall bli korrekt. Om mättiden är för kort missas pulser, vilket kan ge stora fel i mätresultatet. I värsta fall fångar mättagaren inte alls upp störsignalen. Detta är särskilt olyckligt om det är ett brett segment, till exempel 25 MHz eller mer.

Om pulsrepetitionsintervallet inte är känt, behöver man göra flera skanningar med olika mättider och använda sig av funktionen "maximum hold" för att bestämma spektrats amplitudkurva. För impulssignaler med låg repetitions-hastighet krävs många (exempelvis 10 till 50) skanningar för att fylla upp amplitudkurvan för den bredbandiga komponenten. Den korrekta mättiden kan också bestämmas genom att man ökar tiden tills skillnaden mellan "maximum hold" och "clear/write" presentation är mindre än förslagsvis 2 dB.

Generellt måste EMI-mottagaren vara

försedd med preselektor för att uppnå tillräckligt dynamiskt område för kvasitoppmätningar av pulssignaler med låg pulsrepetitionsfrekvens och särskilt för att skydda ingångskretsarna i instrumentet från att överstyras eller skadas när man mäter svaga störningar när det samtidigt finns med signaler med hög amplitud eller starka bredbandiga signaler som har en bandbredd som är större än instrumentets mätbandbredd.

ETT FÖRVALSFILTER av denna typ skall ha minst 30 dB dämpning vid den frekvens där signalen med hög amplitud uppträder. En uppsättning olika filter krävs för att täcka frekvensområdet 9 kHz till 6 GHz.

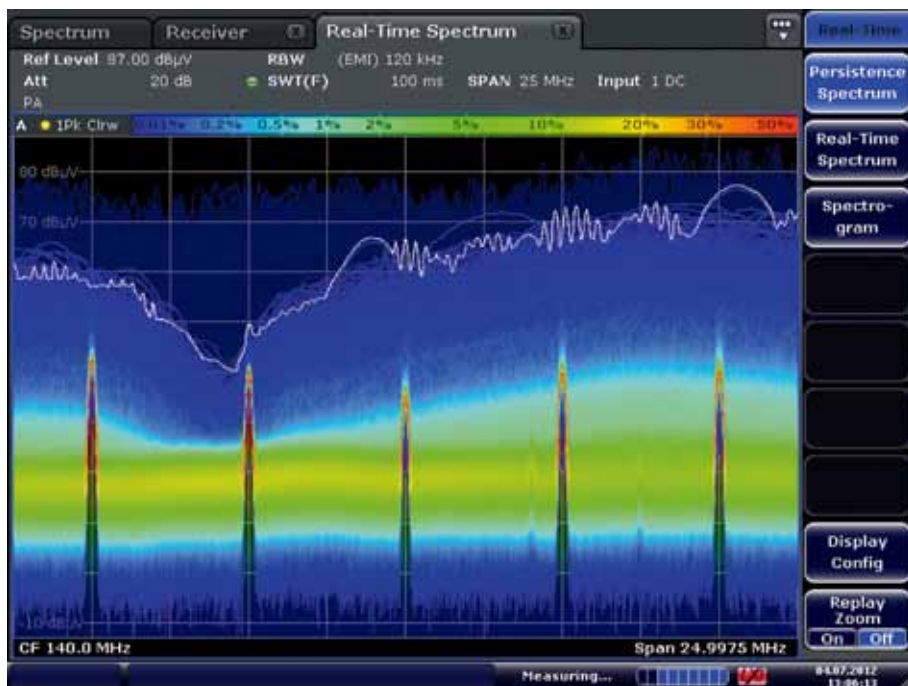
Det dynamiska områdets nedre gräns ges av den uppvisade brusnivån vid den önskade upplösningsbandbredden, till exempel 120 kHz enligt CISPR för området 30 MHz till 1000 MHz. Den övre gränsen ges av 1 dB kompressionspunkten för första blandaren. Detta maximala dynamiska område kan endast användas för att mäta en CW-signal (continuous-wave) som per definition är smalbandig. Om man mäter på en signal med hög nivå som är bredbandig kommer det att bli mycket höga nivåer av distorsionsprodukter på grund av olinjäriteter i blandaren.

SOM EN FÖLJD AV DETTA minskar det intermodulationsfria insignalområdet (maximala indikationsområdet) med bandbreddsfaktorn.

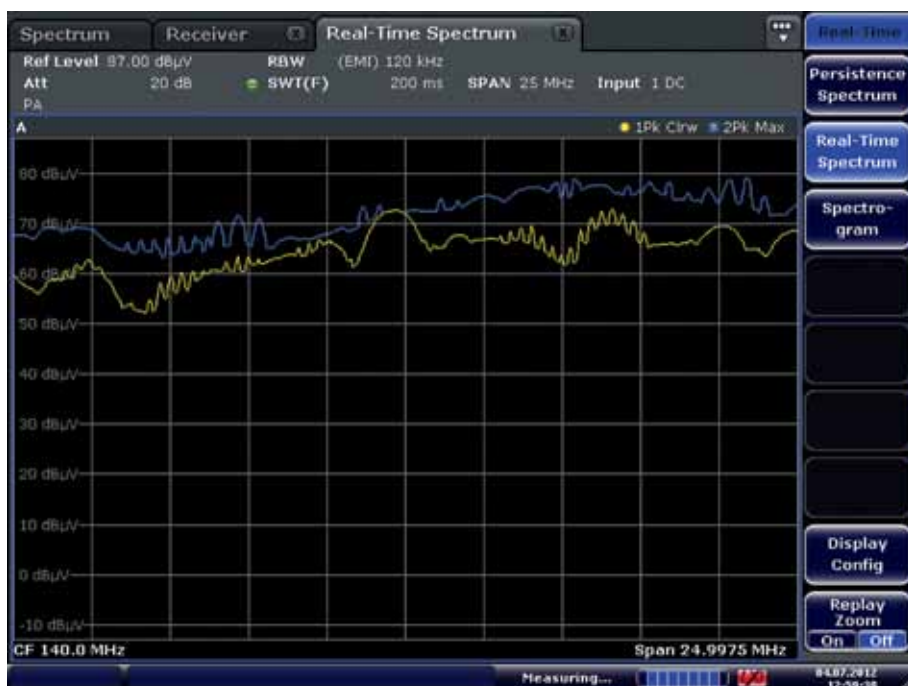
Exempel: bandbreddsfaktorn utan preselektion är ungefär 26 dB när man har en filterbandbredd i MF:en $BIF = 50$ MHz och man antar att bandbredden hos den bredbandiga signalen är lika stor som analysatorns RF-bandbredd $BRF = 1$ GHz. Bandbreddsfaktorn blir då ungefär 6 dB om man använder ett förvalsfiler med en bandbredd $BPRE = 100$ MHz, vilket resulterar i att det maximala visningsområdet är 20 dB högre än det är utan preselektor.

Rohde & Schwarz har introducerat en ny generation av FFT-baserade EMI-mätmotagare för störningsmätningar enligt CISPR 16 kallade ESR. Dess FFT-baserade skanning i tidsdomän kan göra mätningar upp till 6000 gånger snabbare än vad som är möjligt med den traditionella metoden.

FREKVENSSKANING I CISPR banden med användning av toppdetektor kan göras på några få millisekunder och även med kvasitopp- eller medelvärdesdetektor kan det göras på några få sekunder. Detta gör förtester med toppdetektor överflödiga. Den höga mätastigheten är speciellt användbar för mätningar på utrustning som bara kan köras under en kort tid, till exempel startmotorn på en bil. En del av tidsvinsten kan användas för att välja längre mättider för att tillförlitligt detektera smalbandiga



ESR i efterlysningsläge.



ESR i realtidsspektrumläge. Den gula kurvan representerar aktuellt spektrum, den blå "Max Hold".

intermittenta signaler eller enskilda pulser. I efterlysningsläge presenterar ESR det uppmätta spektrat utan glapp i ett diagram.

Färgen hos varje pixel indikerar hur ofta en specifik amplitud inträffar vid en specifik frekvens. Ofta förekommande signaler kan exempelvis indikeras med rött, medan sporadiskt förekommande kan indikeras med blått. Om en signal inte längre uppträder på en viss frekvens med en viss amplitud så försvinner motsvarande pixel efter en efterlysningstid som bestäms av använda-

ren. Detta gör det möjligt att skilja mellan pulsade störningar som bara uppträder under korta perioder och kontinuerliga störningar. Dessutom kan olika pulsade störningar särskiljas från varandra.

DET VISADE STÖRNINGSSPEKTRAT i figuren orsakas av en elektrisk motor med dålig EMI-undertryckning. En andra pulsad störning syns tydligt, medan den inte kan identifieras i konventionellt analysatorläge eftersom den döljs av den bredbandiga störningen. ■