

Feilsøkning på Passiv Inter Modulasjons problemer ute i felt

Av Nicholas Cannon, Anritsu, USA

1.0 Innledning

Introduksjon av høy hastighets data overføring på mobile kommunikasjons nett har økt nettverks trafikken til et nivå hvor dette i sterk grad påvirker nettverkets ytelse.

Det er av allmenn oppfatning at passiv inter modulasjon såkalt PIM er et stort problem innen all trådløs og mobil industri. Denne type tester har vært utført gjennom de siste 15 årene innen OEM industrien. Når en ny mobil installasjon sender med mange nye modulasjons formater, eller en antenne site får nye formater installert sammen med tidligere modulasjons formater, så opplever man svært ofte at ytelsen totalt sett endres drastisk. I verste fall vil dette resultere i tap av antall mobil kanaler og redusert dekning. Dette er grunnen til at PIM tester nå oftere enn tidligere er nødvendig på en felt installasjon.

Hensikten med dette dokumentet er å introdusere feilsøknings metoder som løpende har vært benyttet på et trådløst kommunikasjons system samtidig som dette dokument vil berøre viktig bakgrunns kunnskaper for lettere å forstå passiv inter modulasjon, PIM.

2.0 Hva er PIM?

PIM Er en form for inter modulasjons forstyrrelser som oppstår i komponenter som vi vanligvis betegner som lineære, slik som kabler, kontakter, og antenner. Vi vet av erfaring at lineære komponenter ofte kan generere støy signaler på grunn av den høye RF effekten som benyttes i slike anlegg.

Ute i felten vil PIM tester være et viktig verktøy for å sjekke linearitet og kvalitet på disse komponentene i en base stasjon.

PIM Viser seg oftest som uønskede signaler forårsaket av miksing av 2 eller flere sterke RF signaler i en ikke lineær komponent som kan være løse eller korroderte kontakter eller i objekter nær base stasjonen som er rust belagte. Andre kjente navn på PIM er diode effekt eller rusten skrue effekt.

Denne enkle oppstillingen kan forutsi PIM frekvenser for 2 bærebølger:

NF1 – MF2

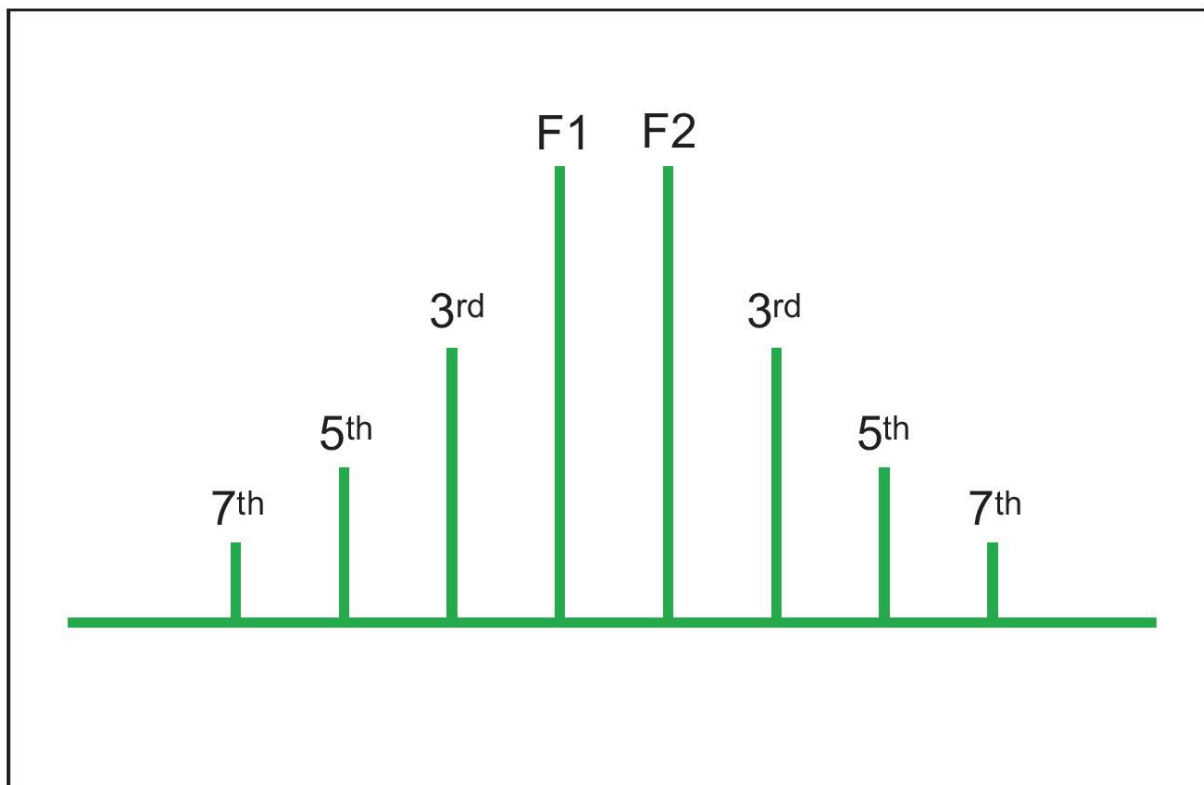
NF2 – MF1

F1 Og F2 er bærebølge frekvenser og konstantene N og M er positive ulike tall. Når vi snakker om PIM produkter så kalles N + M produkt summen, slik at om M er 2 og N er 1 så vil resultatet bli 3, et 3 ordens produkt. Typisk vil 3 ordens produktet være det sterkeste signalet som forårsaker mest skade, fulgt av 5 og 7 ordens produkter som også kan forårsake stor skade. Da PIM amplituden blir mindre med økende orden vil det være slik at disse høyere produktene ikke gir direkte frekvens problemer men de er likevel med på å øke støy gulvet vesentlig.

Når dette økende støy gulvet sendes inn i sender frekvens båndet, Rx båndet, så vil det direkte påvirke ytelsen til basestasjonen. Ofte vil en antenne forsterker ytterligere øke problemene.

En vanlig PIM test vil nesten alltid konsentrere seg om 3 ordens forstyrrelser da disse er de mest forutsigbare. Likevel kan problemer forårsaket av 5 og 7 ordens produkter gi like mye redusert ytelse i en base stasjons installasjon.

(Figur viser bærebølger F1 og F2 med 3 til 7 ordens modulasjons produkter.)

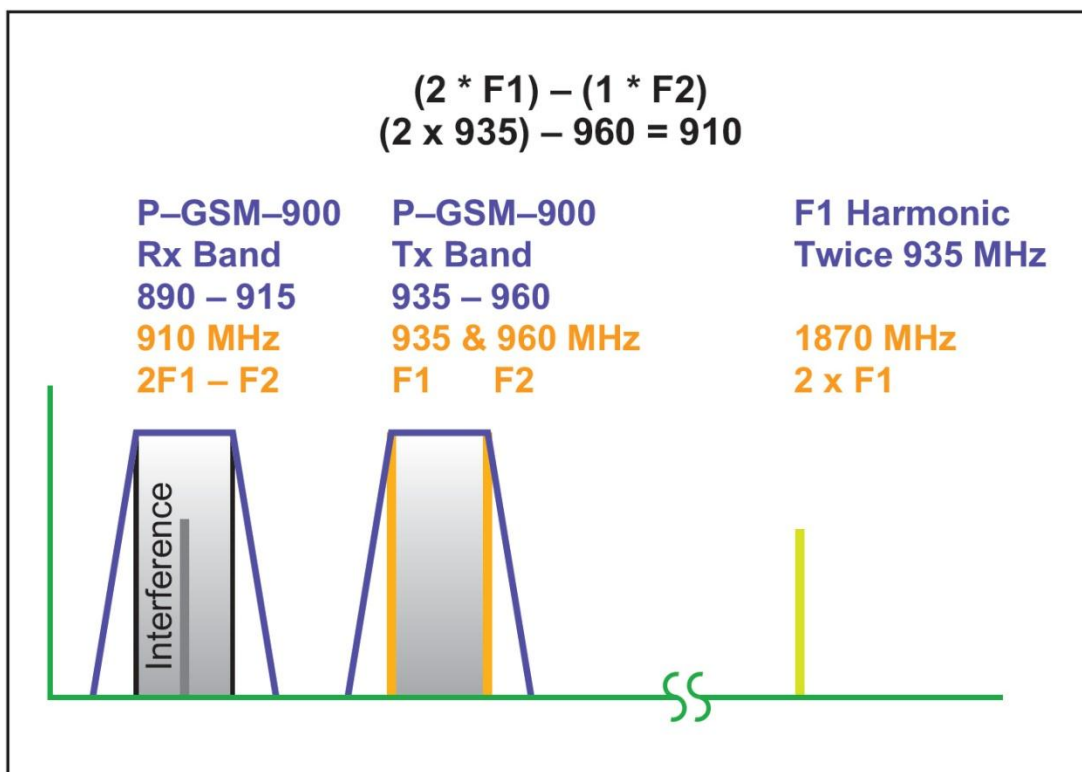


Inter modulasjon IM, fra modulerte signaler

Inter modulasjon fra bærefrekvens signaler (CW) som kan genereres fra en PIM tester viser seg som enkelt frekvens, CW produkter. Når vi fokuserer på PIM skapt av modulerte bærefrekvenser (en type feil vi lett ser på et aktivt signal) er det viktig å være klar over at inter modulasjon generert av modulerte signaler ofte tar mer båndbredde enn de opprinnelige signalene. Hvis for eksempel de opprinnelige signalene er 1MHz brede så vil et tredje ordens produkt ha en 3MHz båndbredde, 5 ordens vil ha 5 MHz båndbredde osv. PIM Produkter kan være svært brede og dekke store frekvens bånd.

Ved dekning av såkalte Spread Spectrum signaler (UMTS. LTE etc) i en basestasjon så vil miksingen av frekvenser (pga alltid en viss ulineariteter i alle transmisjons linjer) av for eksempel en 3 kanal UMTS transmisjon med et 10MHz LTE signal bli en ren katastrofe. I teorien vil disse 2 signalene kunne generere et 3 ordens produkt med en båndbredde på over 30MHz, og da har vi ikke tatt med 5 og 7 ordens produktene som og vil bidra.

(Figuren viser PIM som gir redusert følsomhet på en mottager ved 910MHz)



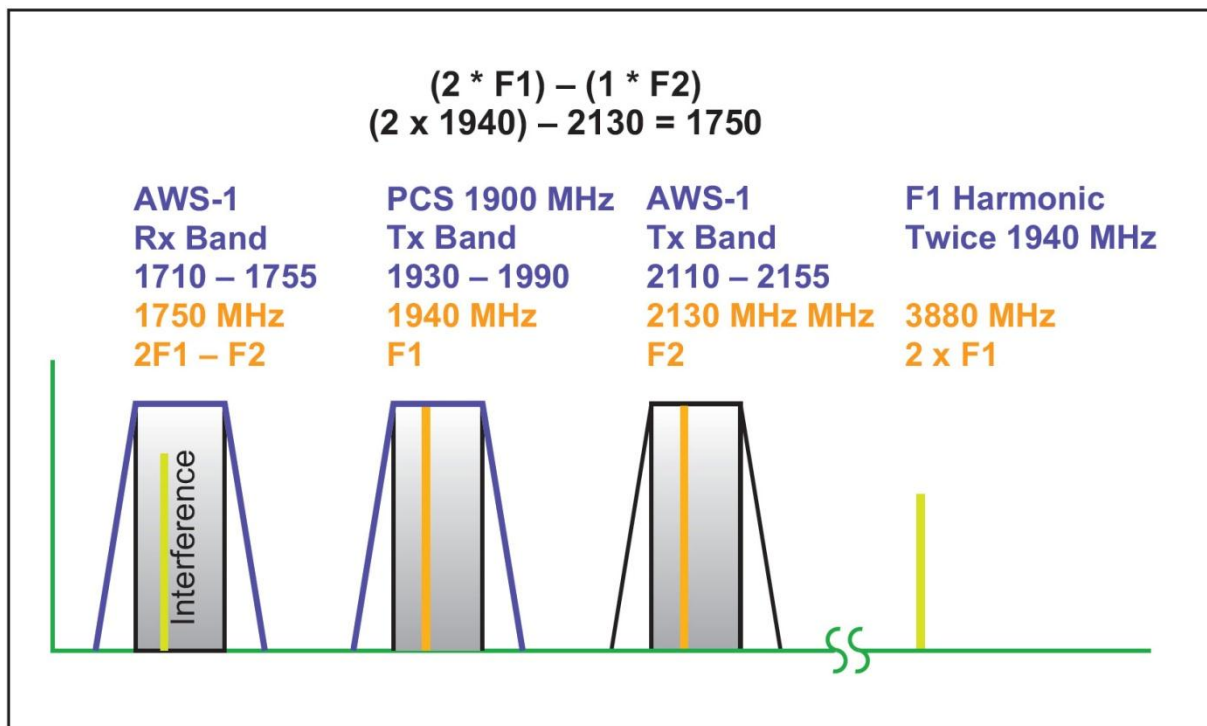
Dette er et interessant eksempel da en signal bredde på opptil 100MHz + støy vil kunne genereres og måles.

PIM Beregning, eksempler

Her viser vi 2 PIM eksempler: Ett fra 850MHz båndet og ett fra 1900MHz båndet.

I det første eksempelet ser vi av figuren at 1750MHz er et av 3 ordens produkter som vil falle inn i AWS-1 base stasjonens mottager bånd. Hvis de viste 1940MHz og 2130MHz bærefrekvensene kildene ligger nær hverandre eller kanskje er montert i samme antenne mast vil ethvert korrosjons punkt eller for eksempel en løs kontakt i installasjonen kunne generere en kraftig 3 ordens passiv inter modulasjon på 1710MHz som igjen vil kunne forårsake lav mottager følsomhet eller blokkering av mottageren. Det er og verdt å nevne at PIM produkter ikke trenger å ligge på uplink kanalene for å gi problemer. De trenger bare å ligge med frekvens innenfor mottagerens inngangsfiler frekvens som ofte kan være et bredbånd filter.

(Figuren viser PIM som gir redusert mottager følsomhet på 1710MHz)



Et PIM eksempel fra det mye brukte 900 MHz båndet tar for seg 2 GSM bærebølger, en på 935MHz og en på 960MHz. I dette tilfellet vil 910MHz 3 ordens produktet ligge i base stasjonens mottager bånd.

Tre eller flere bærebølger

Beregningene og eksemplene hittil har tatt for seg fenomener ved 2 bærebølger. Dette er ofte ikke hele sannheten. Ved en base stasjon må man ta høyde ikke bare for interne bærebølge problematikk men også signaler fra nærliggende sender punkter samtidig. Disse signalene kan finne veien tilbake til sender delen av en nærliggende base stasjon, finne ulineare komponenter, blande seg med andre bærefrekvenser og lage PIM. Disse effektene oppstår raskt hvis flere og ulike modulasjons former benyttes. Dette er ganske åpenbare effekter når man vet at mobil systemer ofte benytter bånd som ligger relativt tett inntil hverandre.

Når 3 eller flere bærebølger er involvert blir beregningene raskt mer kompliserte. Da trenger man et godt verktøy for å finne disse PIM problemene.

3.0 Hvilke problemer finnes?

De problemene man etter hvert vil erfare finnes på en site vil ikke alltid være relatert til PIM eller til for eksempel ulineariteter som mikro bøy og klem på kabler, likevel kan en PIM tester finne problem kilden. Dagens standard på PIM testing benytter seg av 2 definerte bærefrekvenser og en beregnet PIM frekvens som vises på en spektrum analysator eller en enkel mottager.

Den viktigste grunnen til at vi benytter PIM testere for å lete etter mulige feilkilder av ulike slag er at dette i dag er det mest egnede verktøyet. Brukere kan finne mange feilkilder med et standard verktøy.

Et standard PIM test system kan ikke måle S parametre. Dette betyr at en vanlig PIM tester ikke vil avdekke brudd og kortslutninger hvis da ikke disse punktene gir ikke lineare refleksjoner. En retur taps måling som angir feil vil ikke kunne avsløres med et PIM test sett. Det er viktig å være klar over at PIM testing ikke erstatter tradisjonelle måle metoder på et antenne anlegg. Begge test typene er like viktige og erstatter ikke hverandre.

Komponenter i et antenne anlegg vil alltid få redusert ytelse over tid. Alt fra et dårlig mekanisk design til en dårlig installasjon sammen med bidrag som alltid er der, nemlig fukt vil senke ytelsen over tid.

Vi kan enkelt kategorisere de 2 målemetoder som utfyller hverandre, impedans relaterte og linearitets relaterte målinger.

Impedans relaterte målinger

En impedans relatert feil kan lett finnes med en sweep test. Små impedanse variasjoner vil kunne finnes som høye retur taps verdier. En base stasjon vil og vanligvis gi SWR alarmer når retur taps verdiene er høye.

Et antenne kabel strekk som er skadet vil ikke kunne avsløres med en PIM tester da lineariteten antakelig er akseptabel. PIM Testeren vil heller ikke kunne utføre en retur taps måling. Installatøren må gjøre en sweep måling for å finne antennekabel skaden.

Inntil nylig var SWR og sweep målinger den eneste veien å kvalitets teste en antenne og kabel installasjon på en site. I framtida vil nok en kombinasjon av sweep målinger og PIM relaterte målinger bli et krav. Ved stadig økende data hastigheter, mange ulike modulasjons former og svært trange frekvens bånd vil øke muligheten for inter modulasjons problematikk. Begge måle metoder er viktige og man kan si de utfyller hverandre og møter de stadig større utfordringene innen moderne trådløse anlegg vedr. feilsøking og kvalitets kontroll..

Last og linearitets relaterte feilkilder

En feil relatert til belastning er den type feil som oppstår under påtrykk av effekt. En sweep test vil ikke finne slike feil da det signalet som benyttes i feilsøkningen er for svakt.

Et godt eksempel på last relaterte feil er et korrodert bil batteri. Batteriet er ladet, og radioen virker perfekt men batteri terminalen, pluss kontakten blir resistiv under belastning og motoren lar seg ikke rotere og vil neppe starte!

Base stasjoner gir de samme problemene som bil batteriet viser her. En last oppfører seg iblant annerledes ved påtrykk av effekt og gir økt last verdi og igjen refleksjoner.

Trafikk mengden gjennom en site betyr og mye. En lite trafikkert site vil vanligvis ikke ha de samme problemer som en tilnærmet kapasitetsmessig nær overbelastet site.

Hvis vedlikehold og service personell har brukt mye tid og energi på å oppgradere en site og kapasiteten uten spesielt store gevinster er ofte PIM tester veien å gå. Her ligger det ofte mye å hente på kapasitets siden.

Det er også ofte lurt å vurdere komponenters sannsynligheten for feil. Hvor ofte trenger man å bytte en filter modul på en base stasjon? Antakelig svært sjelden. I løpet av de siste årene har det ofte vært vanlig i feil søkningen å bytte komponenter på mistanke uten å ha noe håndfast bevis på at komponenten gir en åpenbar feil. Fra det amerikanske markedet som vi kjenner er det ikke uvanlig at en site har kostet opp mot 100K USD i delebytte uten å gi noe spesiell kapasitets gevinst. Ytelsen er minimalt forbedret. En PIM test burde vært det først skritt å ta.

Ofte er det også vanskelig å vise om en base stasjon reparasjon har vært vellykket. En re-kalibrering på base stasjonen gjort over tid vil gi de statistiske data som gir svaret her.

Et annet område som er viktig å fokusere på er et økende støy gulv på mottager siden. Dette gir klart dårligere kapasitet og en PIM test vil vise at en ekstern interferens kilde ofte er synderen.

En basestasjon kan og bli lurt av støy gulv nivåer. Noen base stasjoner måler støy gulvet over tid, la oss si noen timer eller dager og kommer opp med en målt verdi, la oss si -110dBm. Hvis denne verdien ikke er reel, ikke -110dBm så vil base stasjonen kalibrere seg etter feil premisser og både forsterker verdier og effekt nivåer blir feil!

PIM Testing er ofte komplisert, så det beste rådet er å starte med et lite antall siter og analysere dataene for hver site over tid. Dette vil skaffe service personell denne meget viktige erfaringen.

Husk at et økende støy gulv på flere mottager veier oftest er forårsaket av noe eksternt som forstyrrer antenne systemet.

Hvis en base stasjon fungerer dårlig i tørt vær men samtidig optimalt i fuktig vær kan PIM være årsaken. Inspiser rustne objekter som for eksempel air condition kanaler, tak, metall objekter etc rundt base stasjonen. Dette er veldig vanlige kilder til PIM feil og redusert mottager følsomhet.

4.0 Å finne PIM fenomener i et system

Det er meget vesentlig og benytte de rette termineringene når du gjør en PIM test. Også bruk av gode moment nøkler er viktig for best mulig kvalitet på målingene. Rensing med alkohol på kontakt gjenger og kontakt flater er og viktig. Fett og skitt kan ødelegge for gode målinger.

Videre er det meget viktig å systematisk og metodisk å isolere den defekte forbindelsen eller komponenten.

Dette igjen vil lede til en PIM test på den resterende delen av et anlegg som mistenkes for feil. Til slutt gjøres en PIM test av det komplette antenne og kabelsystemet. Alle kontakter må sjekkes for rett moment, renhet, rust og fukt, dette bør være første bud for all feil søkning på alle antenner og kabel anlegg.

Spesielle hensyn må ofte tas når man gjør PIM testing. Hver eneste gang en kontakt settes sammen og skrus til vil den degraderes litt. Slites litt hver gang. Mange feil oppstår nettopp i letingen etter feil. Av og på, sammensetning og demontering, alt dette sliter på kontakt flater og vil gi muligheter for PIM. Spesielt antennekabler og kontakten på antennen er utsatt. Mange demonteringer her vil lett gi feil i koplingspunktet da dette er et svakt punkt på de fleste antenner.

Videre vil vi få rette søkelyset også på DIN kontakter som 7/16 og forseglingen av disse utendørs. De skades lett hvis ikke forseglingen byttes ved demontering og montering. Husk at kun håndkraft oftest er tilstrekkelig for å gi en god nok kontakt for en enkel test. Ved bruk av rens og momentnøkler samt rett forsegling er en feilkilde eliminert.

Med en gang et system er ren for PIM fenomener er det viktig å inspiseres og montere de rette forseglinger av kontakt punkter. Husk også at dine test kabler ikke skal ha noen forsegling og at de må inspiseres og holdes rene til enhver tid ved montering og test. Selv små metall partikler kan gjøre dine innkoplinger til

et feil kilde punkt. Rens godt med gjerne alkohol og trykkluft, urenheter blir oftest ikke borte av seg selv.

N Type kontakter er ikke anbefalt på innkopling ved PIM tester. Opprinnelig ble ikke N kontakten laget for å fungerer i et multiple bærebølge antenne system med høye effekter. Det er en god kontakt type og har uten tvil fungert optimalt i de fleste installasjoner over mange år. Imidlertid er N kontakten og da spesielt overflaten på indre del av N male kontakte svært lett å ødelegge hvis den trekkes for hardt til. N Kontakten ble opprinnelig designet av Paul Neill på Bell Lab tidlig i 1940 årene og er vanligvis spesifisert kun for å tåle noen hundre watt. Imidlertid kan N kontakter av god kvalitet fungere svært bra i PIM tester men man må være klar over at de er følsomme for høye momenter samt vibrasjoner.

Løse kontakter (mot kabel delen) er antakelig den mest vanlige feilen man finner på en site. Svært ofte er denne feilen å finne på resten av siden hvis det er samme produsent eller samme installatør som har gjort jobben. Finner man en slik feil vil man ofte finne flere tilsvarende.

Den enkleste måten å finne et PIM fenomen eller PIM punkt på en installasjon er å ganske enkelt gå fra punkt til punkt med en low power PIM last. Dette er den viktigste delen av et PIM test sett, nemlig low power lasten. Dette er referanse punktet ditt og svært viktig å behandle pent. Da PIM testing er en test metode for å finne bidrag til inter modulasjon er det viktig at testene også utføres dynamisk, dvs du må bevege på kabler, banke på kontakt punkter og bøye på kabler mens du måler. En god regel er aldri å banke hardere på en kabel enn du ville banket på ei dør. Eller er en god regel å aldri bende en kabel for langt ut til siden, maksimalt 4 cm ut over et stekk på 35 cm. Alle kabel leverandører har en spesifikasjon på dette, nyttig info å lese for hvordan en kabel bør stresses på det maksimale, ikke mer.

Antenner er det vanskeligste objektet å teste. De fleste antenner produsert før 2006 var ikke konstruert med tanke på PIM problematikk og ville antakelig aldri passert en PIM test ut fra dagens krav. Noe å tenke på. Alle nyere antenner møter slike krav og du finner ofte spesifikasjoner på PIM i databladene til antenne produsenten. Da moderne antenner er svært lette og skjøre er det viktig å benytte original emballasje fram til montering stedet. Hvis ikke original

emballasje benyttes under frakt vil antakelig ikke garantien gjelde. Lagt sammen uten emballasje bak i en varebil er altså ikke å anbefale.

Det er anbefalt å teste antennene på bakken før montering i et antennetårn. Både SWR verdier og PIM bør testes. Det er samtidig viktig å være klar over at objekter nær antennen, også under test på bakken vil påvirke målingene.

Antennene bør rettes mot åpen himmel uten noe metall objekt i nærheten. Plasser antennen på en plast stol eller et bord i tre for å minimalisere effekten av eksterne objekter. Alle metall fester samt alt av metall på antennen må festes godt da alle løse bolter og skurver samt braketter vil produsere PIM effekter.

PIM Test sett produserer ut ca 2 ganger 20 watt, og denne effekten transporteres gjennom antennen. Felt effekter er til stede så det er ikke anbefalt å stå fysisk foran antennen. Ide fleste tilfeller vil en antenne kunne rettes mot et metall objekt noe som vil vises som en endring i PIM resultatet. Slik utføres en aktiv test for å se om PIM slår ut. Ofte kan det og være hensiktsmessig å sammenlikne med målinger på en god antenne, en tilsvarende antenne med gode egenskaper på PIM. Målingene gjort på samme sted og retning bør da være like. Dette vil og dekke målinger på den aktuelle plasseringen for å se om omgivelsene innvirker på begge antennene.

Når man tester antenner montert i et antennetårn er kvaliteten på monterings braketter og helt avgjørende. Alle bolter samt feste braketter som er belagt med korrosjon bør byttes. Og samtidig bør alt monteringspersonell klatre ned og fjerne seg fra antenne installasjonen da både verktøy og sikkerhets belter osv kan gi PIM.

5.0 PIM Grenseverdier

Akseptable måleverdier for PIM vil vanligvis settes av eieren av en site. Disse verdier må settes i forhold til hvilke transmisjons teknologier som skal benyttes på en site.

Antenner som ble installert for 10 år siden ble antakelig ikke produsert med tanke på PIM problematikk, så det vil være urealistisk å sette PIM nivået høyere enn -80 dBm/123dBc da svært få eldre installasjoner vil klare noen bedre verdier. Det finnes antakelig heller ingen PIM spesifikasjon på slike anlegg.

Nye antenner og tilhørende antenne komponenter bør ha fabrikkens test resultater lagt ved ved en levering. Ved måling i felt bør disse verdier kunne møtes med god nøyaktighet.

Det er svært viktig å huske at som kunde av en antenne leverandør bør du få eller be om PIM verdier. Det er ikke lett å i ettertid klage på dårlige PIM resultater når spesifisering med hensyn på PIM aldri har blitt gitt.

Typiske retningslinjer for PIM resultater på et antenne system er mellom -150dBc og -170dBc hvis du tester med en 2 ganger 20watt tester. Dette er verdier som tilsvarer et maksimalt PIM nivå på -107dBm. Nyere antenne systemer skal typisk ligge i den lavere enden av skalaen mens eldre anlegg kan ligge på den høyere verdien i denne skalaen.

Et standard oppsett brukt over det meste av verden er et vedtatt godkjent nivå på -97dBm/140dBc. Dette er vanligvis ikke vanskelig å oppnå ute i felt, og med en gang du måler bedre enn -95 dBm/138dBc verdier så vil PIM resultatet forbedres vesentlig. Og målinger ned mot -125dBm/168dBc er ofte vanlige. Med introduksjon av LTE tjenester vil en godkjent verdi på -97dBm/140dBc antakelig ikke være tilstrekkelig og det kan da være lurt å prøve å oppnå mottager følsomhet, vanligvis ned mot -107dBm/150dBc med PIM tester og eliminering av feilkilder.

Hvis en spesifikk antenne sektor har innmontert en effekt forsterker bør PIM testene vurderes annerledes. Hvis en site leverer 50 watt (+47dBm) på sender siden og den godkjente PIM verdien var 97dBm/140dBc ved 2 ganger 20watt (+43dBm) test effekt, og vi antar en linearitets beregning på 2,2Db i PIM verdi for hver 1dB økning av test effekten bør vi finne en godkjent verdi 8.8dB bedre en opprinnelig antatt ved 2,2 ganger 4dB. Dette gir oss videre en godkjent verdi på -105dB som et minimum.

6.0 Oppsummering

Mangel på linearitet kan begrense mottager følsomheten i et mobilt trådløst anlegg. Dette begrenser påliteligheten, data rate, kapasitet i antall kanaler, dekning og ikke minst tapte inntekter på en site. PIM Test er et utmerket verktøy for å klarlegge linaritet og kvaliteten på en site.

PIM Oppstår som et produkt av en eller flere sterke RF signaler blandet sammen i et ikke lineart objekt. Dette ikke lineare objekt eller forbindelsen kan oppstå ikke løse forbindelser, ødelagte eller korroderte konnektorer eller i ødelagte antenner. Korroderte komponenter slik som monterings braketter og bolter er alltid mistenkelige objekter når du mistenker PIM.

Mange felles frekvens kombinasjoner kan produsere PIM i en site på mottager siden. Slike signal kombinasjoner som kommer inn i en sites mottager bånd vil øke støy gulvet, øke bit feil raten og begrense mottager følsomheten. Færre oppnår kontakt og kapasiteten synker drastisk.

All innsats for å unngå PIM bør starte ved første installasjon. Likevel vet vi at nye frekvens bånd, nye modulasjons metoder og høyere hastigheter stadig ettermonteres. Alt dette sammen med generell degradering rent mekanisk over tid gjør PIM testing svært viktig. Vi vet at det er kombinasjoner av frekvenser som gir oss problemer og ikke hver enkelt teknologi hver for seg.

Dess flere teknologier som kombineres dess større problemer med PIM internt i en site.

Rett behandling og vedlikehold av konnektorer er sentralt for å holde PIM verdiene nede. Regelmessig vedlikehold og renhold er en sentral del for å oppnå optimal ytelse. Bruk av riktige tiltrekkings momenter er viktig da konnektorer er spesifisert til en gitt verdi som skal gi minst mulig PIM.

PIM Testing har blitt stadig viktigere når antenne installasjonene begynner å bli eldre, og antall bærebølger på en site stadig øker. Den gang antall teknologier var lite og antall bærebølger svært begrenset var PIM test lite sentralt. Et moderne antennesystem med en mengde teknologi installert på mange nære men ulike frekvenser stiller helt andre krav til PIM test.

Og husk at en site som blir konstruert og montert hvor man tar hensyn til PIM vil koste mindre å vedlikeholde over tid. En site som ble testet for PIM ved ny montering vil gi bedre kapasitet og renere signallering samt enklere feil søkning enn en site hvor PIM ikke ble testet.

