Oplossen van problemen in het supraharmonische gebied, een paar voorbeelden

We bespraken het afgelopen jaar uitgebreid de supraharmonischen (2 – 150 kHz) in verschillende technische artikels. In het laatste artikel van deze reeks, behandelen we de vraag hoe we supraharmonische problemen concreet kunnen oplossen. We bekijken dit aan de hand van enkele casussen.

Identificeren van problemen

Bij problemen in elektrische netten of met toestellen is het niet altijd duidelijk wat de oorzaak is. Het probleem kan ontstaan door een toestel in het eigen net, maar aangezien supraharmonischen circuleren in het laagspanningsnet kan het ook verderop in de straat ontstaan en zo de geleverde spanningskwaliteit beïnvloeden.

Het aantal gerapporteerde problemen is ruim: communicatieproblemen, foutieve werking van toestellen, foutieve werking van beveiligingen en meters, enz… Compatibiliteitsproblemen kennen echter geen frequentiegrenzen en kunnen door het volledige frequentiegebied veroorzaakt worden. Het eerste punt is bijgevolg aantonen aan de hand van metingen met geschikte meetapparatuur (zie Hoogfrequente power quality en supraharmonischen: meten is weten) of er effectief een ag lem is in het supraharmonisch frequentiegebied. Het tweede punt is het herkennen van het problematisch niveau. Problemen met supraharmonischen ontstaan typisch vanaf 1 V (zie Power line communicatie als oorzaak van problemen in het laagspanningsnet), maar ook lagere supraharmonische spanningen kunnen al een verstoring veroorzaken. Om een dergelijk ag spanningsniveau te kunnen onderscheiden van de 50Hz 230V voedingsspanning is een spectrale meting nodig.

Filters – casus UPS

Voor het oplossen van een power quality of EMC-probleem wordt meestal gedacht aan filters. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen actieve filters, passieve filters en hybride filters.

Een actieve power quality filter (APQF) compenseert harmonischen in het net. Verschillende topologieën zijn mogelijk, maar het basisidee is dat de harmonische stroomcomponent invers geïnjecteerd wordt in het net, zodat de gevraagde netstroom een sinus benadert. Naast het beperken van de harmonische distortie in het net kunnen deze systemen ook het reactief vermogen compenseren en bijgevolg de arbeidsfactor verbeteren, onbalans wegwerken en spanningsvariaties opvangen. Het nadeel is dat de commercieel beschikbare filters zich meestal beperken tot 2 of 2.5 kHz (met uitzonderingen tot 5 kHz). Een eerste reden hiervoor is dat de normering slechts grenzen tot deze waarden oplegt en er bijgevolg weinig commercieel belang is bij een verdere technologische ontwikkeling. Daarnaast is er ook een technologische beperking om naar hogere frequenties uit te wijken. De actieve filters reconstrueren de golfvorm met behulp van PWM (pulse width modulation). Voor een goede reconstructie van de te injecteren golfvorm moet de schakelfrequentie van de actieve filter 10 tot 20 keer hoger liggen dan de hoogste te reconstrueren frequentie. Een 2 kHz filter vraagt bijgevolg een schakelfrequentie van 20 tot 40 kHz, wat tegen de limieten van bijv. IGBTs aanloopt. Om actieve filters te ontwerpen die compenseren tot 150 kHz zijn andere technologieën nodig. De eerste werkende prototypes tot 50 kHz zijn ondertussen ontwikkeld door UGent binnen het cSBO-project Imperfect.

Passieve filters bevatten enkel spoelen, condensatoren en eventueel weerstanden. De filters zijn veel goedkoper dan actieve filters, maar minder veelzijdig. Voor de lage orde harmonischen worden de filters afgestemd op specifieke frequenties, bijv. de 5de harmonische. Als de filters niet goed ontworpen zijn, kunnen passieve filters resoneren met het elektriciteitsysteem, waardoor ze harmonischen kunnen versterken in plaats van ze te verminderen. Gezien de lage frequenties en relatief hoge spanningen zijn de spoelen en condensatoren relatief groot. Een passieve filter is dan ook volumineus en zwaar en wordt ingebouwd in een schakelkast. Voor hoge frequenties (> 150 kHz) worden EMC filters gebruikt. De componenten zijn veel kleiner, mede doordat er met gekoppelde common mode spoelen gewerkt wordt. Dit type filter is niet geschikt voor supraharmonische problemen, omdat supraharmonischen hoofdzakelijk een differential mode probleem betreft. Men is daarom aangewezen op een passieve EMC-filter met een differential mode demping vanaf enkele kHz.

Een specifieke casus in een kantoorgebouw: er waren klachten over een snerpend geluid in de luidsprekers en in de verlichtingsinstallatie. Uiteindelijk werd aangetoond dat twee grote

UPS-systemen, schakelend op 4 kHz, het probleem veroorzaakten. Het gemeten emissieniveau was 122 dBµV (1.26V). In een eerste stap werden de voeding van de UPS en het verlichtingssysteem gescheiden om zo tot een snelle oplossing te komen. In een tweede stap werd de producent van het UPS-systeem aangesproken om te zorgen voor een betere filtering. Ook hier kwam het gebrek aan normering opduiken, waardoor het moeilijk blijft om de producenten te overtuigen om beneden 150 kHz voor voldoende demping te zorgen.

Vermijden van resonanties en oscillaties

Commutatie-oscillaties ontstaan bij industriële netgekoppelde omvormers. Ze worden veroorzaakt door de plotselinge (zeer korte) spanningsdip veroorzaakt door de kortsluiting tijdens stroomovergang (of commutatie) van de ene naar de volgende fase. Deze spanningsdip zorgt ervoor dat het voedingssysteem gaat oscilleren op zijn natuurlijke frequentie, die voornamelijk wordt bepaald door kabelcapaciteiten en de inductantie van de transformator. Typische frequenties van dergelijke oscillaties in het laagspanningsnet bevinden zich van enkele kHz tot meer dan 10 kHz. Naast het veroorzaken van interferentie kunnen oscillaties ook bijv. varistoren overbelasten. Varistoren beschermen toestellen tegen overspanningen, maar zijn thermisch gedimensioneerd op kortstondige transiënten, niet op repetitieve overspanningen. Hierdoor kan een thermische overbelasting optreden. Het beperken van commutatie-oscillaties gebeurt door het toevoegen van lijnreactoren. Hierdoor wordt de spanningsdip beperkt en bijgevolg ook de oscillatie.

Een resonantie is een specifiek geval van oscillatie, waarbij de amplitude van de oscillatie sterk stijgt. In een praktische situatie ontstaat resonantie bij een combinatie van spoelen (bijv. transformator) en condensatoren (bijv. condensatorbatterijen), gecombineerd met een schakelfrequentie van een toestel dat samenvalt met de resonantiefrequentie van de kring. Resonantieproblemen in het supraharmonische gebied komen eerder voor in het lagere frequentiegebied 2 – 9 kHz. Oplossen kan gebeuren door de impedantiepiek of -dal te verschuiven door het toevoegen van een passief component.

Voor grotere industriële installaties is een veelgebruikte manier om storingen te vermijden gebruik maken van een "proper" en een "vuil" net (of busbar). Alle storende apparatuur met een doorgaans hogere immuniteit tegen storingen worden aangesloten op één rail, terwijl gevoelige apparatuur wordt gecombineerd met belastingen met een lage emissie. Waar de mogelijkheid bestaat om dergelijke subsystemen te maken, is dit vaak het goedkoopste alternatief om het systeem zonder interferentie te laten werken.

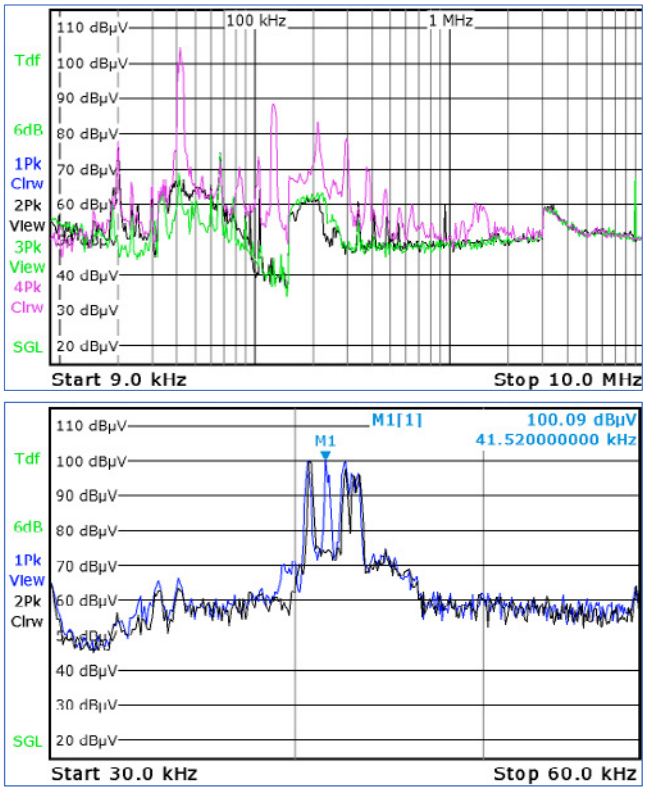
Vervangen van toestellen - casus domotica

Filteren is niet altijd nodig. Een goede identificatie van het probleem kan in vele gevallen leiden tot eenvoudige oplossingen.

Bij een specifieke casus opent een toegangspoort niet meer zodra de buitenverlichting ingeschakeld wordt. Concreet: het automatisch deurslot verliest zijn communicatie met de centrale domoticaunit wanneer de verlichting ingeschakeld wordt.

> "Voor het oplossen van een power quality of EMC-probleem wordt meestal gedacht aan filters."

Figuur 1 toont een spanningsmeting in de schakelkast. De meetprobe (9 kHz – 30 MHz) wordt geplaatst tussen L1 en PE (zwart) en N en PE (groen). Dit is de referentiemeting, waarbij alle toestellen ingeschakeld zijn, met uitzondering van de buitenverlichting. De paarse lijn toont de meting als de buitenverlichting ingeschakeld wordt. Er is een hoge bijkomende emissie te zien te wijten aan de verlichting, met specifieke pieken op 42 kHz en harmonischen. De emissie is bij alle lampen aanwezig en op alle fasen, maar niet alle lampen zorgen voor een probleem. Een oplossing zou het toepassen van een filter kunnen zijn, maar na deze meting is er nog geen zekerheid of het probleem beneden 150 kHz ligt of dat het een standaard EMC-probleem boven 150 kHz betreft.



Figuur 1

Er wordt bij de metingen verder ingezoomd op het gebied rond 42 kHz. Hier valt het op dat niet alle lampen op dezelfde frequentie schakelen. De zwarte lijn toont de emissie (schakelfrequentie) wanneer 4 lampen tegelijkertijd ingeschakeld zijn

die geen storing veroorzaken. De blauwe lijn toont de emissie als een lamp ingeschakeld is die wel een probleem veroorzaakt. Zoals te zien is zit er een klein verschil tussen de schakelfrequenties. Zowel de schakelfrequentie als de veelvouden kunnen een probleem veroorzaken. In dit geval werd er voor gekozen om de lamp te vervangen, door een lamp waarvan de emissie niet op de probleemfrequentie valt. Dit loste het communicatieprobleem op.

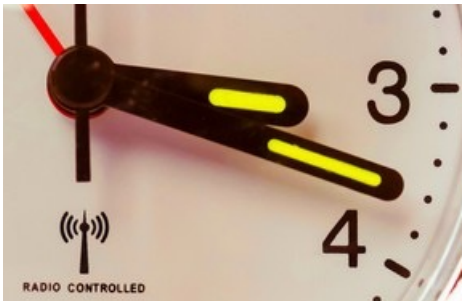
Verwijderen van toestellen - casus digitale meter-PLC

In sommige landen is power line communication (PLC) sterk ingeburgerd, bijv. voor het uitlezen van digitale meters. In Zweden verloren alle 230 digitale meters, aangesloten op hetzelfde onderstation hun communicatie met de dataconcentrator aan het begin van het net. De oorzaak was een AC naar DC spanningsomvormer, die gebruikt werd voor het aansturen van de straatverlichting. Het vervangen van het toestel zorgde voor de oplossing.

PLC-problemen kunnen ook opgelost worden door power line communication filters te gebruiken. Deze filters werken in het supraharmonische gebied en dienen naast het filteren meestal om de impedantie van het net te verhogen, om zo de signaalkwaliteit te verbeteren.

Uitgestraalde emissie – Casus radiogestuurde klokken

Problemen in het supraharmonische gebied beperken zich niet tot problemen via kabels of voedingen. Supraharmonische stromen kunnen ook elektromagnetische velden opwekken en bijgevolg interferentie veroorzaken.



Thuis hebt u er ongetwijfeld ook minstens één staan, een radiogestuurde klok, weerstation of horloge. Ook heel wat industriële systemen werken op basis van dit signaal. Het in amplitude gemoduleerde signaal wordt opgewekt door de langegolf radiozender DCF77. De zendantenne staat in Duitsland en is gekoppeld aan drie atoomklokken. Het zendgebied heeft een straal van ongeveer 2000 km en bestrijkt nagenoeg heel Europa. De tijdsinformatie wordt elke minuut gecodeerd doorgestuurd. De draaggolf heeft een frequentie van 77,5 kHz. Het voordeel van deze lage frequentie is de beperkte demping in gebouwen of reflecties. Echter, aangezien 77,5 kHz pal in het supraharmonische gebied ligt, ontstaan ook hier problemen. Het niet correct werken kan te wijten zijn aan een zwak signaal. De signaalsterkte is weersafhankelijk en bijgevolg tijdsafhankelijk. Het wijzigen van de positie en oriëntatie van het ontvangende toestel kan dus al een probleem oplossen (of veroorzaken). Het signaal kan ook verzinken in de emissie van bijv. een schakelende voeding. De schakelharmonischen en veelvouden kunnen net samenvallen met 77,5 kHz. Door het meten van het spectrum (met bijv. een lusantenne) of door trial-and-error (uittrekken van toestellen) kan nagegaan worden waar het probleem zit. Of misschien heb je nog een langegolf (LW) radio-ontvanger thuis liggen?

> "Als technicus en power quality expert is het momenteel terugvallen op ad hoc gekozen oplossingen."

Besluit

Het oplossen van problemen met supraharmonischen is niet evident wegens het gebrek aan een duidelijke normering. Ook zijn veel problemen te herleiden tot specifieke casussen en een samenloop van omstandigheden. Door de grote toename van vermogenselektronische toestellen zullen het aantal problemen naar alle waarschijnlijkheid alleen maar toenemen. Daarom is het voor de producenten van toestellen en producenten van filters tijd om ook commercieel producten (actieve of hybride filters) binnen het supraharmonische frequentiegebied op de markt te brengen. Als technicus en power quality expert is het momenteel terugvallen op ad hoc gekozen oplossingen. En dan is de basis tot een optimale oplossing een goede meting en inzicht in de oorzaak.



Professor Jos Knockaert is verbonden aan UGent Campus Kortrijk – Onderzoeksgroep Lemcko en is gespecialiseerd in EMC, vermogenselektronica en elektrische machines.