

Transformatorers beteende vid fasavbrott i matande spänning

ANTON CHRISTENSSON

Lunds tekniska högskola
anton.christensson@gmail.com

ERIK LINGÄRDE

Lunds tekniska högskola
erik@lingarde.se

17 juni 2014

I. INLEDNING

Den 30 maj 2013 under revisionsperioden inträffade en händelse i Forsmarks kärnkraftverk som dragit uppmärksamhet till seriefel på transformatorers primärsida. Sveriges elsystem är uppbyggt med tre faser och alla dessa faser måste vara spänningssatta korrekt för att den inkopplade lasten ska matas symmetriskt. Det som utlöste felet var att en brytare felaktigt löste ut och bröt två av de tre inkommande faserna till verket. Den tredje fasen lyckades dock via transformatorerna och den inkopplade lasten i systemet spänningssätta de två urkopplade faserna bakvägen till en sådan grad att de automatiska systemen inte detekterade bortfallet och därmed startade aldrig reservkraftsdieslarna automatiskt. Att något hänt märktes på att belysningen blev svagare i kontrollrummet och att det kom kraftiga missljud från motorerna som driver kylvattpumparna till reaktorn.

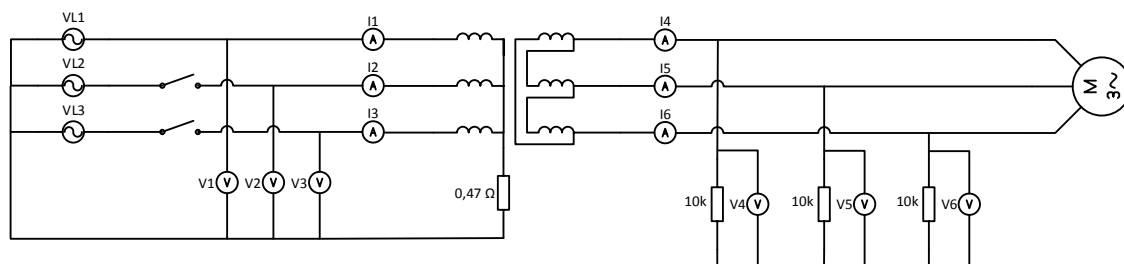
Händelsen har lett till att Strålsäkerhetsmyndigheten gått ut och krävt av alla svenska kärnkraftverk att göra utredningar på motsvarande felfall och för Oskarshamnsverkets del har det inneburit att man låtit utföra simuleringar på feltypen. Det finns dock behov av att komplettera dessa simuleringar med faktiska mätningar, men att göra sådana direkt i kraftverket är svårt av flera olika anledningar. Därför har det här examensarbetet tillkommit som går ut på att i experimentellt i

laboratoriemiljö undersöka effekterna av när en respektive två av de tre faserna kopplas ur på en transformators primärsida när transformatorn har en järnkärna som är utformad på olika sätt, har olika kopplingsart och på sekundärsidan är lastad med olika typer av lastobjekt.

II. METOD

För att kunna göra laboratoriemätningar på transformatorkopplingar som motsvarar de som finns i Oskarshamns kärnkraftverk specificerades och köptes tre typer av trefastransformatorer in. Diverse mätningar (bl.a. plusföljds- och nollföljdsimpedans) utfördes på transformatorerna för att kunna jämföra deras egenskaper mot de fullstora transformatorerna som sitter i kraftverket. Därefter kunde de huvudsakliga mätningarna inledas, vilka för varje transformatorkonfiguration inkluderade mätningar av spänningar och strömmar för alla tre faser på transformatorernas primär- och sekundärsida. Exempel på en av mätupställningarna med asynkronmotorlast kan ses i figur 1.

Datinsamling gjordes med hjälp av *Labview*, och databehandling gjordes i *Matlab*. För att på enkelt sätt kunna studera vilka fenomen som uppträder då en eller två matande faser kopplats bort plottades fasspänningar och fasströmmar som visardiagram, där spänningarna och strömmarna presenteras som vektorer. För att studera osymmetrier i trefas-



Figur 1: Mätupställning för konfigurationen 1-Yd-1re med asynkronmotorlast.

system kan man med fördel använda sig av så kallade sekvensstorheter, men dessa utelämnas i denna sammanfattning.

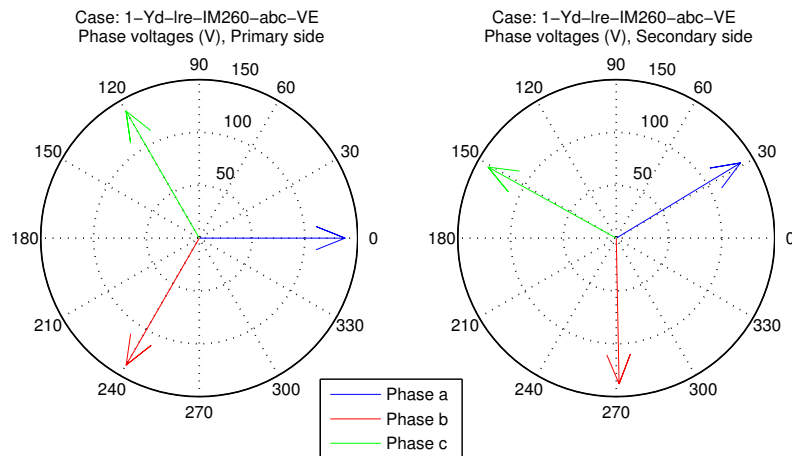
III. RESULTAT

Bortkoppling av en eller två matande faser på transformatorns primärsida gav som förväntat olika resultat beroende på vilken transformatorkonfiguration som användes. Ett intressant resultat var för fallet där tre Y/D-kopplade enfastransformatörer med asynkronmotorlast endast matades med en fas på primärsidan. Som kan ses i figur 3 spänningssätts de bortkopplade faserna på både primär- och sekundärsidan, och symmetrin mellan faserna är relativt god. För jämförelse kan motsvarande uppkoppling med alla matande faser inkopplade ses i figur 2. Det är värt att notera att denna spänningssättning endast fås med asynkronmotorlast, och som jämförelse kan motsvarande koppling fast med rent resistiv last ses i figur 4 där spänningarna är tydligt osymmetriska.

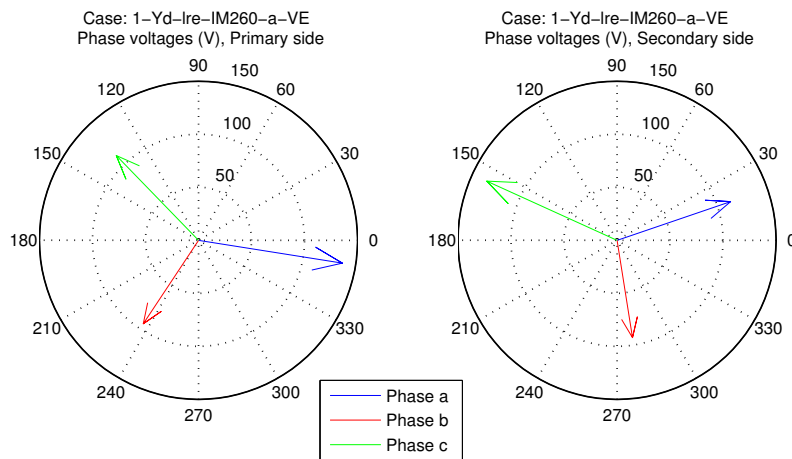
IV. SLUTSATSER

En välfungerande laboriemiljö för undersökning av de aktuella felfallen har åstadkomits. Vad som kan konstateras är bland annat att vissa felfall kan vara mycket svåra att detektera eftersom systemet spänningssätts i princip perfekt. I dessa fall kan felet i princip inte detekteras på transformatorns sekundärsida utan det enda som skvallrar om att något gått fel är att det inte går någon ström i de brutna faserna på primärsidan. Vidare har det visat sig att asynkronmotorn bidrar oväntat mycket till spänningshållningen, i en del fall kunde den återskapa i princip ett symmetriskt trefasförhållande mellan spänningarna när endast en matande fas var inkopplad till systemet. Det bör här noteras att detta driftläge innebär en stor påfrestning på motorn.

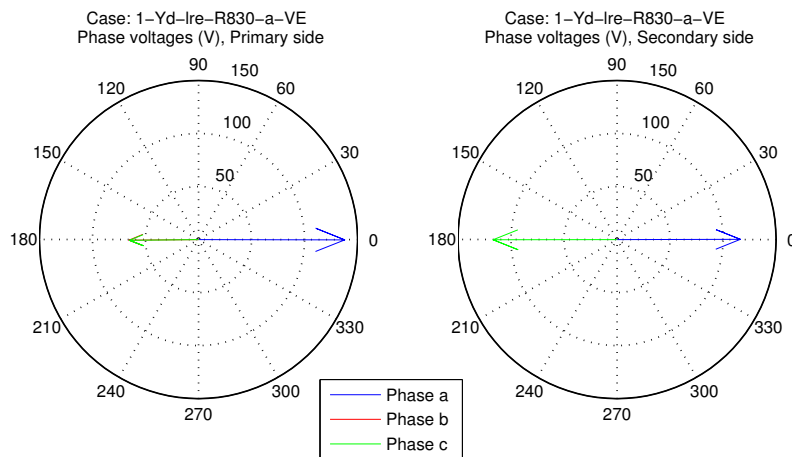
Det generella slutsatsen av examensarbetet är att den här typen av fel innebär nya utmaningar när det gäller utveckling av metoder för automatisk detektering eftersom felet renderar fenomen som dels kan vara svårupptäckta, dels skiljer sig åt mycket beroende på lastsammansättning och liknande.



Figur 2: Spänningar för konfigurationen 1-Yd-Ire med asynkronmotorlast och alla matande faser inkopplade.



Figur 3: Spänningar för konfigurationen 1-Yd-Ire med asynkronmotorlast och två matande faser bortkopplade.



Figur 4: Spänningar för konfigurationen 1-Yd-Ire med rent resistiv last och två matande faser bortkopplade.