



Datum

2017-10-12

Varför valde HM Power fulleffektbrytare för transformatorfacket i Smart Ring?

- **Fulleffektbrytare är ingen kompromissapparat**

Innan lastfrånskiljaren utvecklades på 1960-talet fanns i praktiken bara en lösning för att skydda distributionstransformatoren, lösa säkringar. Effektbrytaren var på den tiden en mycket dyr monstros apparat som krävde underhåll med täta intervall och var därför inget alternativ. Säkringslastfrånskiljaren kom därför som en välkommen lösning och den har tjänat marknaden väl under många år. Säkringen är bra på att lösa höga kortslutningsströmmar och slagstiftet trippar lastfrånskiljaren 3-fasigt. Säkringen har däremot ett brytosäkerhetsområde (I3) under vilken säkringen inte fungerar säkert och inte heller smälter och aktiverar slagstiftet. I området ovanför det brytosäkra området har själva lastfrånskiljaren en stor betydelse i att "avlasta" säkringen och ta hand om brytförloppet. Därför ställs också speciella krav på lastfrånskiljaren när den ska jobba ihop med säkringar, IEC publikation 420.

Till skillnad från säkringslastfrånskiljaren klarar en fulleffektbrytare att lösa även låga felströmmar utan problem, kan trippas från alla möjliga externa vakter, kan slås till mot kortslutning, kan i framtiden förses med bakeffektskydd, frekvenskydd eller vad som nu kan komma med tanke på Smarta Nät. Fulleffektbrytaren klarar alla förekommande felströmmar som kan finnas i nätet.

Definition lastfrånskiljare:

- Klarar lastström 50 eller 100ggr
- Kan inte bryta felströmmar
- Kan slås till mot kortslutning 2-3ggr

Definition fulleffektbrytare i Smart Ring:

- Klarar lastström 10.000ggr
- Kan bryta alla förekommande felströmmar
- Kan bryta kortslutning 30ggr
- Kan slutas mot kortslutning 30ggr

- **Klarar 0,1 sek utlösning utan diskussion**

I slutet av 80-talet och i början 90-talet diskuterades utlösningstiderna livligt. Upprinnelsen var en personsäkerhetsincident vid någon industri utefter Norrlandskusten. Ett ljusbågsfel på samlingsskenan på lågspänningssidan stod på länge och orsakade stor skada. Överinspektör Ludvig Wikman, Nedre Norra Distriktet, gjorde en utredning som visade att ställverket inte hade någon effektbrytare på inkommande sidan av lågspänningsställverket utan skyddades enbart av en säkringslastfrånskiljare på uppsidan. Ljusbågsspänningsspanningsfallet i felstället i kombination med den reduktion av felströmmen som ju transformatorn orsakar gav på uppsidan en låg felström där säkringen är mycket långsam eller kom in i det brytosäkra området varför utlösningstiden blev lång. Personen blev svårt bränd. Elsäkerhetsverket såg allvarligt på händelsen och införde förtydligande krav i föreskrifterna att ett fel på samlingsskenan på lågspänningsställverk ska lösas ut på < 0,1 sekund.

Det här ställde till det för nätbolagen. Allmän praxis var ju för nätstationer att använda just den lösning som Elsäkerhetsverket inte accepterade. Elverkens Tekniska Råd, tätt knutet till nätstationstillverkaren ELEF, jobbade intensivt för en lösning där den tidigare lösningen på något sätt skulle kunna accepteras. (ELEF och NEBB, senare ABB Skien, hade under den tiden ett djupt samarbete vilket också resulterade i speciella ELEF- varianter av lastfrånskiljare/ säkringslastfrånskiljare)

Starka önskemål ställdes mot ABB Skien i Norge att ta fram en 63A-säkring med modifierad smältkurva för att klara de vanliga 800kVA stationerna. Det löstes med att erbjuda en 50A-säkring, men som kallades 63A-säkring med Sverige-karakteristik. ABB rekommenderade emellertid inte den lösningen. (Jag var på den tiden anställd hos ABB och hade ansvaret för just den frågan)

Elverkens Tekniska Råd hade räknat med maximal kortslutningseffekt och samtidigt uppenbarligen helt enkelt räknat baklänges och definierat ljusbågsspänningsspanningsfallet i felstället på lågspänningssidan precis sådant så att "50A-säkringen" skulle klara att smälta på 0,1 sekunder. ABB's lågspännings- och provningsexperter hade emellertid en annan uppfattning om ljusbågsspänningsspanningsfallets storlek. Elverkens Tekniska Råd antog uppenbarligen inget eller mycket litet ljusbågsspänningsspanningsfall samtidigt som man bortsåg från att 2-fas och 1-fas fel skulle kunna förekomma i lågspänningsställverket.

ABB rekommenderade följande för nyanläggningar:

- Nyttja RMU-ställverket Safering med transformatorbrytare och reläskydd och ställ skyddet så att det klarar 0,1 sekunderskravet.
- Extra kort tid med ett så kallade 0,1 sekunders skydd som reducerar tiden till ca: 0,06 sekunder. Ett enkelt strömskydd på lågspänningssidan som löser ut Saferings transformatorbrytare momentant, men bara om fel uppkommer när någon person exponerade sig framför ställverket.
- Kombinera alternativt med ljusbågsvakt på lågspänningssidan som likaledes momentant löser Saferings transformatorbrytare.
- Alternativt förse lågspänningsställverket med effektbrytare på inkommande.

Av ovanstående skäl marknadsfördes och såldes under den tiden enbart transformatorbrytarvarianten av Safering i Sverige. ABB såg ingen marknad för säkringsvarianten.

För gamla anläggningar med traditionella lastfrånskiljare kunde Sverige-säkringen förbättra selektiviteten.

HM Power's uppfattning är att inget har ändrats sedan tidigare och för att ge driftpersonalen ett fullgott personskydd och för att säkert uppfylla säkerhetsföreskrifterna krävs effektbrytare med reläskydd gärna i kombination med ett skydd på inkommande sidan av lågspänningsställverket som löser ut Smart Rings fulleffektbrytare alternativt en ljusbågsvakt i lågspännings-ställverket som löser ut Smart Rings fulleffektbrytare.

- **Fulleffektbrytare kan lösas ut utan begränsningar**

Fulleffektbrytaren i Smart Ring klarar alla förekommande felströmmar i ett distributionsnät. Den klarar till exempel att sluta och bryta 20kA kortslutningsström 30ggr! Med andra ord kan den lösas ut av alla tänkbara vakter. (ljusbågs-, tryck-, gas-, temp- överlastvakter mm) Den kan kombineras med traditionella reläskydd, bakeffektskydd, frekvensskydd och så vidare.

- **Ingen begränsning till 800kVA transformator**

Under 70-talet startades leveranser av fabriksmonterade nätstationer. De vanligaste standardstationerna blev 1x800kVA och 2x800kVA. Skälet var att det inte gick att få selektivitet uppåt mot fördelningsstationen med säkringar till större transformatorer. Med effektbrytare och reläskydd finns normalt inte den begränsningen utan transformatorstorlek kan optimeras gentemot nätet utan begränsningar.

- **Kan mata radiellt till andra transformatorer längre bort, både kabel eller friledning.**

Säkringslastfrånskiljare används normalt inte till radiella utmatningar från en nätstation till en understation. En orsak är att man vill kunna skilja bort vid jordfel och kortslutning och då krävs reläskydd. De kan inte lösa ut lastfrånskiljaren eftersom den inte klarar att bryta felsströmmar. Fulleffektbrytaren klarar däremot alla förekommande felströmmar i ett distributionsnät.

- **Förberedd för Smarta Nät med lokal elproduktion**

Vid diskussioner om Smarta Nät förutses omfattande lokal produktion hos vanliga nätkunder. Skulle det bli omfattande matas inte bara felström vid fel på 12kV-nätet uppifrån utan också nerifrån. Nätbolaget måste alltså också isolera bort felet nerifrån. Används fulleffektbrytare i transformatorfacket finns ett naturligt ställe att bryta bort felet. Det klarar inte en säkringslastfrånskiljare.

Vid omfattande lokal elproduktion kan det också bli aktuellt med olika kopplingsbilder dag och natt, vinter som sommar. Nätet måste bli dynamiskt och vi tror att en grund för det är att ha kopplingsapparater som tål att kopplas med.

- **Flexibilitet, transformatorfacket kan enkelt byggas om till linjefack ute i fält.**

Genom att ta bort strömtransformatorer, reläskydd och utlösningsspole erhålls ett linjefack. Kan göras ute i fält.

- **Flexibilitet, ett linjefack kan enkelt byggas om till transformatorfack ute i fält.**

Genom att komplettera med strömtransformatorer, reläskydd och utlösningsspole erhålls ett transformatorfack. Kan göras ute i fält.

- **Gör det möjligt att bygga ett ställverk med samma dimensioner som ett SF6 ställverk men utan SF6 gas (eller andra trycksatta ställverklösningar)**

SF6 gas har två funktioner i ett RMU ställverk. En är att hjälpa till att bryta ljusbågen i lastfrånskiljarna. Den andra är att ge god isolationshållfasthet vilket ger ställverket små dimensioner. Används i stället vacuumbrytare sker brytningen inuti vacuumflaskan varför någon gas inte behövs för det ändamålet. I och med att vacuumflaskan är liten klaras isolationsavstånd utan SF6 gas.

- **Nackdelar med säkringar som diskuteras:**

- **Säkringsförluster**

En så kallad ABB Sverige-säkring har 45W förlust vid märklaster. Om vi antar att lasten är i snitt 60 %, att ställverket används i 40år, att nätbolaget betalar 0,46 SEK/kWh för förlustel, att nätbolaget har en kalkylränta på i snitt 3,0 % över tiden så kostar förlusterna i nuvärde ca: 7.500SEK för ett transformatorfack.

Sedan tillkommer förstas själva kostnaden för säkringar. (reläskydd inkluderas normalt i grundpriset när det gäller brytarställverk)

Vi har antagit att kontaktförluster är lika för lastfrånskiljare och effektbrytare.

Kontaktförluster för säkringarna har utelämnats. En del i Energimarknadsinspektionens incitamentsdel består av att elnätbolagen ständigt förväntas reducera förlusterna i sitt nät. Det är ett EU-krav som de måste föra vidare mot nätbolagen. När transformatorer gjorts effektivare ligger det nära till hands att angripa säkringarna eftersom alternativet att byta kablar förmodligen blir mycket dyrbart.

- **Magnetiseringsströmstöt**

När Sverige-säkringen väljs minskas marginalerna så att magnetiseringsströmstöten kan skada säkringen vid tillslag. Säkringen kan alltså förstöras redan då stationen tas i drift första gången utan att någon känner till det. Ändrar då sin utlösningsskarakteristik och kan lättare utsättas för varmgång, speciellt i RMU-ställverk.

- **Varmgång**

När man väljer Sverige-säkringen väljs helt enkelt en säkring med lägre märkdata. Säkringars smältkurva kan ändras genom att exempelvis säkringen någon gång varit utsatt för överström, men inte hunnit lösa ut. Risker är större när "50A-säkringar" nyttjas i stället för 63A-säkringar, speciellt i RMU-ställverk. Då värms sanden runt silvertråden upp och glasas, vilket gör att kylförmågan av tråden försämras för säkringens resterande livstid. Utlösningsskurvan ändras och vid ett oturligt händelseförlopp sker en säkringsexplosion med risk för haveri av hela ställverket.

- **Ingen överlastförmåga för transformatorn**

En Sverige-säkring (egentligen 50A) för 800kVA, speciellt om säkringen placeras i en RMU, innebär att transformatorn kan belastas med märklaster. Transformatorns överbelastningsförmåga med 40 % kan inte nyttjas utan att riskera varmgång av säkringen. Lågspänningsställverk i stationerna dimensioneras normalt för överlast, 1600A till ingen nytta.

Många ser att el- och elhybridbilar kommer att användas frekvent i framtiden. Då kommer många områden (affärscentra, kontor, flerfamiljshus mm) att behöva rejäla effekter för laddning under vissa tider. Sannolikheten att nätstationernas maxkapacitet nyttjas ökar markant.

- **Säkringar åldras**

Silvertråden i säkringar förgasas, åldras, över tid. Det innebär att dess selektivitet ändras och att den måste bytas ut. Förutom säkringskostnaden kan det innebära ett oplanerat avbrott och i alla fall ett planerat avbrott.

- **Säkringar kräver hög kompetens av personalen som driftsätter och sköter stationerna**

Som vi tidigare noterat är utrymmet för användande av säkringar mycket smalt. Exempelvis måste man vara säker på att stationen inte kan utsättas för felströmmar i det brytosäkra området, och detta även vid olika driftlägen.

- **Funktionbegränsningar**

Back-up säkringar, eller delområdessäkringar kallas säkringarna som används ihop med lastfrånskiljare. Att de har begränsningar är beskrivet tidigare. Exempelvis att felströmmen inte får hamna i det brytosäkra området där funktionen är mycket osäker. De är mycket snabba vid höga kortslutningsströmmar. I den här applikationen kan de förekomma vid fel på högspänningsgenomföringarna på transformatorn eller vid fel direkt under locket. Frekvensen av den sortens fel är enligt en fransk CIRED-rapport 1 %.

Fel i lindningar som varvtalskortslutning eller andra fel står för 60 % av felen. Här blir felströmmarna låga och här har säkringslastfrånskiljaren klara begränsningar.

20 % av felen anses förekomma på lågspänningssidan och där riskerar felströmmen blir ännu lägre. Säkringslastfrånskiljaren klarar i de flesta situationer inte föreskriftskraven.

- **Klarar inte 2-fas jordfel**

Om ett jordfel inträffar efter säkringen och spänningshöjningen på de friska faserna leder till ett jordfel i en av dem i nätet före säkringen, kan säkringen utsättas för huvudspänning. Enligt IEC typprovas de för 87 % av huvudspänningen. Säkringens prestanda riskeras alltså att överskridas.

- **Arbetsmiljörisker och risker för tredje person**

Säkringarnas brister innebär naturligtvis risker, exempelvis i att inte uppfylla Elsäkerhetsföreskrifterna.

Olycksfall finns tyvärr, exempelvis en gasdimma-explosion i Norge. Säkringen löste inte felet utan det utvecklades så att transformatorlocket släppte, luft kom in i tanken och orsakade en ljusbåge som tillsammans med oljedimma orsakade en våldsam explosion.

Ett svenskt fall finns där varmgång i en Sverige-säkring bröt ner isolermaterialet i ett säkringsrör så att SF6 gas kom in i röret. När personalen skulle byta säkringarna och efter frånslag och arbetsjordning öppnade locken på rören läckte SF6 gasen ut och luft kom in. Isolationsförmågan minskade och det blev ett ljusbågsöverslag. Säkringarna

kastades ut med stor kraft. Personalen hade som rutin att inte stå framför säkringarna varför de undvek skador.

- **Nackdelar med reläskydd och effektbrytare som diskuterats:**

Upplevs mer komplicerade än säkringar. Här håller vi delvis med. Det ska inte behövas reläskyddsexperter på plats för att spännings-sätta en vanlig nätstation. Riktigt dåliga manualer till reläskydden har bidragit starkt. Vi ser dock att det enkelt kan åtgärdas med enkla ”lathundar” för de vanligaste varianterna. Kabelmontören kan enkelt, genom att kontrollera transformatorstorlek och strömtransformatoromsättning, ställa in reläskyddet på rätt kurva.

Hur länge håller elektroniken? Elektronik nyttjas idag till alla möjliga ändamål och vi är helt beroende av den också i mycket viktiga tillämpningar. Vi vet att den kan göras mycket tålig och tillförlitlig. Vi vet också att det finns exempel på motsatsen. Vi är övertygade att framöver krävs omfattande elektronik och krav på kortare avbrott och Smarta Nät driver fram utvecklingen. Valet står, enligt vår uppfattning, inte längre i att välja bort elektronik utan att välja rätt elektronik som håller. Vi har till exempel valt SEG´s reläskydd. De introducerade sina reläskydd på slutet av 80-talet och har därmed erhållit stora drifterfarenheter. Utifrån dessa har konstruktionsförbättringar succesivt skett. Bland annat finns inte längre elektrolytkondensatorer eller ingångstransformatorer. Vidare används nästan uteslutande SMD teknik. (maskinmonterade komponenter på kretskort). Idag är felfrekvensen mycket låg.

- **Reläskydd måste provas men säkringar behöver inte provas?**

En säkringslastfrånskiljare (säkringen tar hand om en del felströmmar medan lastfrånskiljaren tar hand om andra samt frånskiljer bort 3-fasigt), precis som en effektbrytare med tillhörande reläskydd, är ur föreskriftens mening en felbortkopplingsanordning och anläggningsägaren har att säkerställa att den fungerar. Det tillgodoses normalt genom rutinprovning. Ett brev från Elsäkerhetsverket 1990 tydliggör detta.

Här sägs emellertid ofta att säkringen ju inte kan provas och därför varken kan eller behöver säkring/ säkringslastfrånskiljare rutinprovas. Samtidigt tillämpas ofta generella regler inom nätbolaget att reläskydd ska provas regelbundet. Dessa regler avser normalt fördelningsstationer och andra viktiga stationer som ju alltid har reläskydd. Här finns alltså en kraftig obalans.

Säkringar kan provas. I kärnkraftverk i USA till exempel testas de med hjälp av resistansmätning och röntgenundersökningar

Lastfrånskiljare kan också provas och det bör också ske enligt tillverkarens rekommendationer, eftersom den utgör en viktig del i felbortkopplingsfunktionen. Speciella utlösningssklockor finns för kontroll att slagstiftet i respektive fas verkligen löser ut lastfrånskiljaren. Test av säkringslastfrånskiljare är tidsödande och innebär att matningen till transformatorn måste brytas.

Reläskydd i Smart Ring tillsammans med hela utlösningsskedjan kan testas utan att brytaren trippas. Metoden accepteras av Elsäkerhetsverket *inget att erinra mot föreslagen metod*.... Metoden redovisas i separat dokument Periodisk kontroll av felbortkopplingsanordning i Smart Ring.

- **Reservskydd**

Säkerhetsprincipen n-1 fordrar att ett nästa reläskyddssteg selektivt tar hand om felet om den primära felbortkopplingsanordningen misslyckats. Här ser vi ingen skillnad om felbortkopplingsanordningen består av strömtransformatorer, reläskydd och effektbrytare eller av en delområdessäkring kombinerad med lastfrånskiljare. Både säkring och lastfrånskiljare kan fela. Elsäkerhetsverket har klargjort att lastfrånskiljaren ska betraktas som del av felbortkopplingsanordning.

Om ställverket är försett med fulleffektbrytare i linjefacken kan ett reservskydd användas som om det ordinarie transformatorskyddet misslyckas tar hand om felet och löser ut linjeeffektbrytarna.

Ovanstående sammanställning ger en förklaring till varför HM Power valt fulleffektbrytare i stället för säkringslastfrånskiljare. Det har alltid varit önskvärt men har först nu blivit tekniskt ekonomiskt möjligt och vi ser dessutom att det är nödvändigt med tanke på framtida krav för ett ställverk som är tänkt att vara i bruk under de närmaste 40 åren.

HM Power AB

Lars Hjort