

# Distribuert spolekompensering

Et nyttig element i spolejording av distribusjonsnett.



Roald Waage  
Salgsansvarlig/Sales  
Jacobsen Elektro AS

Elforsyningen legger mer av nettet i kabel. Ulempen er at jordfeilstømmen øker proporsjonalt med kabelens tverrsnitt og lengde.

| Tverrsnitt<br>mm <sup>2</sup> | I <sub>cj</sub> 22 kV<br>A / Km | I <sub>cj</sub> 11 kV<br>A / Km | Q22/Q11<br>kVAr / Km |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 50                            | 2,1                             | 1,4                             | 26,7 / 8,9           |
| 95                            | 2,65                            | 1,85                            | 33,7 / 11,7          |
| 150                           | 3,1                             | 2,15                            | 39,4 / 13,7          |
| 240                           | 3,5                             | 2,55                            | 44,5 / 16,2          |

Tabell 1 Jordstrøm for 3-leder kabel.

Konsekvensen av jordstrømkningen er:

- Spolen som er plassert sentralt blir for liten
  - Økningen kommer i det vesentlige på kun en av avgangene.
  - Ofte ligger 50% av jordstrømmen på en avgang. Disse tilfellene kan gi uheldige konsekvenser for jordfeil retningsvernet.
- Ukompensert drift vil kunne gå ut over evnen til å detektere jordfeil med feilmotstand  $\geq 3000\Omega$ . Uo-spenningen er definisjonen for jordfeil. Denne vil bli redusert i takt med spolens kompenseringsgrad. Normal kompenseringsgrad er +5A.

Avgangens jordstrømsbidrag I<sub>cj</sub> er bestemmende for sentralspolens parallellmotstand. Jo større I<sub>cj</sub> dess større parallellmotstand i Ampere. Enkelt sagt så vil behovet være i størrelsesorden Arctan 10° (vinkel mellom I<sub>o</sub> og -90°) av den største avgangens I<sub>cj</sub>.

| I <sub>cj</sub><br>(A) | Arctan<br>10° | Motstand<br>(A) |
|------------------------|---------------|-----------------|
| 50                     | 0,18          | 9,0             |
| 75                     | 0,18          | 13,5            |
| 100                    | 0,18          | 18,0            |
| 125                    | 0,18          | 22,5            |

Tabell 2 Eksempel på økning av parallellmotstand

Krafttransformatorer med koblingsgruppe YNyn0 kan ofte være en begrensning for å installere større ytelse sentralt. Dette skyldes at magnetfeltet i transformatoren må finne seg vei utenfor jernkjernen. Installert spoleytelse bør derfor begrenses til 20-25% av transformatorens faseytelse.

| Trafoytelse<br>(MVA) | Spoleytelse<br>kVAr | Spolestrøm<br>22kV | Spolestrøm<br>11kV |
|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 10                   | 667-833             | 65                 | 131                |
| 16                   | 1066-1333           | 105                | 210                |
| 20                   | 1333-1666           | 131                | 264                |
| 25                   | 1666-2083           | 164                | 328                |

Tabell 3 Spoleytelse vs. Trafoytelse, koblingsgruppe YNyn0

Retningsbestemt jordfeilvern må ha 3 kriterier oppfylt for å gi utkobling ved jordfeil. Uo (jordfeilsdefinisjonen), I<sub>o</sub> (min. 1,5A primært) samt at I<sub>o</sub> må ligge i vernets utløsesektor (-80° for spolejordet nett). Spolens parallellmotstand hjelper I<sub>o</sub> inn i utløsesektor. Se tabell 2.

Nettets egendemping (wattmetriske bidrag) bestemmes av transformatorens nullfølgeimpedans (hvor X/R = 40 ikke er uvanlig), sentralspolens tap samt jordstrømmens mot-

stand i kabelens jordingsskjerm. Har man gjennomgående jordleder lagt i grøfta sammen med kabelen, vil dennes nullfølgeimpedans avhenge av forlegningsmåte (flat eller trekant) samt jordtrådens avstand fra kabelknippet. Altså øker det wattmetriske tapet med økende avstand til feilstedet. Det er et ønske å holde nettets naturlige demping på et anstendig nivå. Det «normale» er ca. 5% av totalt jordstrømsbidrag.

Hvordan kan så distribuert kompensering bidra til å avhjelpe de tidligere skisserte problemstillinger?

Behov for øket spoleytelse vil kunne plasseres ute på avgangene og ikke sentralt.

Derved har man også unngått utfordringen med å overbelaste krafttransformatorens nullpunkt.

Store jordfeilsbidrag på enkeltavganger reduseres når det settes inn spoleytelse på disse.

Derved reduseres behovet for å øke ytelse på parallellmotstanden hos den sentralt plasserte spolen.

Nettet vil kunne forbli overkompensert og vernets tidligere innstillinger kan beholdes.

Da det nå finnes flere «forsyningspunkter» for spolestrømmen, vil sentralspolen levere mindre strøm og derved vil også det wattmetriske bidraget i systemet reduseres.

Hva inneholder komponenten for distribuert kompensering?

Fordelingstransformator hvor høyspenningsviklingen er ZN-koblet. Derved oppnår man amperevindingsbalanse og spolestrømmen fordeles med 1/3 på hver fase.

I samme oljefylte kasse plasseres spolen, som for et 22 kV nett gjerne er på 10A eller 15A. Det er ingen grunn til å levere spolene med trinning. Finjusteringen mot resonans tar sentralspolen seg av automatisk. Transformator-ytelserne er gjerne 100 eller 200 kVA og koblingsgruppen er gjerne ZNzn0 eller ZNyn11 +(d).

Hvordan bør spolen tilkobles jord?

Spolestrømmen føres til jord via isolert kabel. Jordingen skal være adskilt fra lavspentjord. I praksis betyr dette jordspyd.

Har man gjennomgående jord, kan spolestrømmen kobles til jordtråden utenfor nettstasjonen. Det forutsettes at høy- og lavspentjord er forskriftsmessig adskilt.

Hvor i nettet skal man plassere spolene?

Sentralspolen kan dekke 20-30A jordstrøm på hver avgang. En 160A sentralspole vil passe bra. Parallellmotstanden kan begrenses til 62,5 kW (4,9A) i et 22 kV nett. Distribueringen bør følge prinsippet om at spolene plasseres der det er gode jordingforhold, i knutepunkt hvor spolen dekker kabelens jordstrøm ved overflytting på annen avgang eller bestemt av hvilken problemstilling som skal løses.

Begrensninger i antall distribuerte spoler pr. avgang?

Siden spolene genererer et wattmetrisk bidrag på avgangen, vil enkelte vern kunne lese dette som en jordstrøm i foroverretning. Ved R/X forhold på 2,5%, kan man tillate inntil 4-5x15A spoler pr. avgang.