

Bedre kortslutningsvern i fordelingsnett og sub-transmisjonsnett

Det kan oppnås betydelige forbedringer i følsomhet, funksjonalitet og selektivitet for vern i bynett, maskenett og lang/korte linjekombinasjoner hvis de tradisjonelle langs-differensialvern erstattes av enkle impedansvern med kommunikasjon.



Lars Bache Nielsen har sin bakgrunn i Statskraftverkene og 26 års erfaring med relevern, vedlikehold og e-verksdrift. Han har ledet flere utviklingsprosjekter og er nå produktansvarlig for kurs og relevern ved Jacobsen elektro.

Norske fordelingsnett var opprinnelig oppbygd som radialnett med enkle overstrømvern, men med mange stasjoner i serie ble utløsetidene ofte uakseptabelt lange. Flere fordelingsnett ble senere ombygd til maskenett som ikke kunne beskyttes selektivt med overstrømvern. 66kV-132 kV systemene hadde normalt impedansvern ten kommunikasjon, men ved korte linjer eller ugunstige kombinasjoner av lang/kort linje ble det vanskelig å oppnå tilfredsstillende selektivitet. Enhetsvern ble derfor tatt i bruk, noe som forbedret selektiviteten og reduserte utkoplings-tidene dramatisk fordi disse vernene er ubetinget selektive og kun kople ut ved feil i vernesonen.

Enhetsvern

Enhetsvern for kraftledninger består oftest av et målesystem i hver ende av ledningen med en signalforbindelse mellom de to målesystemene. Herunder sammenlignes egenskapene ved de to vanligste løsningene.

Langs-differensialvern oppfattes ofte som enkle og pålitelige, men de har flere svakheter. I de tradisjonelle modellene blir de målte strømmene omformet og løpende overført på kobberkabler mellom stasjonene. Det er klare grenser for lengden på de anleggsdeler som kan beskyttes, og forskjeller i jordpotensiale mellom stasjonene kan gi betydelige problemer for vernene. Releenes følsomhet er forskjellig avhengig av hvilke faser som har feil, og funksjonsnivåene er delvis for høye. Noen av disse problemene er løst med numeriske vern som kommuniserer via fiberkabel eller nettverk, men flere grunnleggende problemer er fortsatt til stede.

Et slikt problem gjelder feil på hjelpekanalen (fiber-kabelen), som enten gir uønsket utkopling eller funksjonssvikt avhengig av prinsipiell oppbygging av vernet. Det må derfor alltid finnes et lokalt vern som reserve.

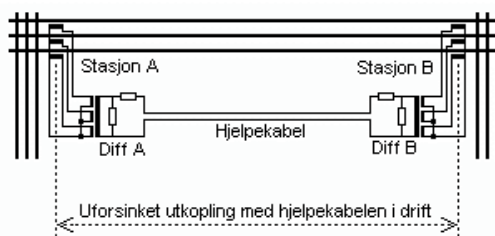


Fig. 1 Tradisjonelt langs-differensialvern

Underimpedansvern (distansevern) måler lokale strømmer og spenninger, og beregner impedansen (distanse) til feilstedet. Dette prinsippet har flere svakheter som f.eks. feilmåling ved sideinnmating og lysbuemotstand, og et impedansvern har derfor ikke absolutt rekkevidde. Når impedansvern skal fungere som enhetsvern monteres det ett vern i hver ledningssende. Hvis disse to releer "ser" en feil i retning mot hverandre så må feilen befinne seg på ledningen mellom vernene og den koples ut uten ytterligere forsinkelse. Det trenges en kortvarig kommunikasjon mellom vernene når feil oppstår, men hvis kommunikasjonen svikter vil vernene fortsatt fungere som normale impedansvern. Utløsetidene blir da lengere og selektiviteten kan forringes.



Med hjelpekanalen ute av drift koples det ut etter 1. sonetid eller 2. sonetid

Fig. 2 Impedansvern (distansevern) med hjelpekanal.

Typiske egenskaper	Tradisjonelt langs-differensialvern	Numerisk langs-differensialvern	Impedansvern med hjelpekanal-samarbeide
Utløsenivå hovedvern	0.2–1.7 * I _n	0.1–2.0 * I _n	0.1 * I _n
Målesystem	Strømmåling	Strømmåling	Strøm/spenningsmåling
Doble jordfeil i isolert eller spolejordet nett	To linjer utkoples	To linjer utkoples	En linje utkoples (faseprioritering)
Reservevern type	Overstrømvern	Overstrømvern	Impedansvern
Utløsenivå reservevern	I > 1.2 * I _n (max last) t > 1-3.5 s	I > 1.2 * I _n (max last) t > 1-3.5 s	Z < 0.1 * I _n Z < 0-0.6 s (2.sone)
Hjelpekanal medium	Egen kopperkabel	Fiber/nett. Båndbredde	Pulsoverføring (kontakt)
Hjelpekanal aktivitet	Alltid aktiv	Alltid aktiv	Normalt aktiv bare ved restart
Hjelpekanal lengde	Max jordpotensiale på 5kV (15kV)	Ubegrenset	Ubegrenset
Testing	Personale i begge stasjoner ved full test	Personale i begge stasjoner ved full test	Personale bare i en stasjon av gangen

Fig. 3 Egenskaper ved langs-differensialvern

Sammenligning

Tidligere ble differensialvern ofte foretrukket som enhetsvern på 11-132 kV linjer. Det kan skyldes at impedansvern var kompliserte i bruk og kostbare i anskaffelse mens langsdifferensialvernene var enklere og rimeligere. I figur 3 sammenlignes noen typiske egenskaper ved dagens enhetsvern.

Foreldet

Det tradisjonelle langs-differensialvern med kopperkabel mellom stasjonene har flere uheldige egenskaper. Funksjonsnivåene er lite tilfredsstillende, test/vedlikehold er forholdsvis krevende og hjelpekabelen er ofte upraktisk å vedlikeholde. Denne løsningen kan betraktes som teknisk foreldet, men der hvor den allerede er installert kan den fortsatt gjøre god nytte.

Dårlig reserve

Numeriske langs-differensialvern beskytter kun enheten mellom strømtransformatorene, og bare hvis kommunikasjonen er intakt. Innebygde overstrømvern er ofte eneste beskyttelse ved samleskinnefeil, og eneste reservevern for både langs-differensialvernet og andre vern i nærheten. Strømvernene må imidlertid ha startgrenser høyere enn max laststrøm, og forsinkes med til dels meget lange tider i et håpløst forsøk på å oppnå selektivitet. Det bør vekke til ettertanke at enhetsvern anskaffes bl.a. fordi strømvern anses som totalt utilfredsstillende i slike nett.

Brukbar reserve

Impedansvern som enhetsvern beskytter anleggsdelen mellom releene uten forsinkelse. Ved svikt i kommunikasjonen vil impedansvernene beskytte de samme anleggsdelene med en begrenset økning i utløsetidene, men fortsatt med noe selektivitet. Reservebeskyttelsen av komponenter utenfor den primære vernesonen er brukbar selv om en svekket selektivitet må påregnes. Impedansvernet er ikke perfekt som reservevern, men trolig det beste som kan oppnås uten total dublering av alle vern og brytere i nettet.

Følsomhet

Erfaring viser at differensialvern har tendens til å være ustabile. Det skyldes i høy grad måleprinsippet som gjør at de fleste avvik fører til utkopling – ikke til stabilitet, og forholdet blir mer utpreget når følsomheten økes. Hvis et langs-differensialvern skal stilles på maksimal følsomhet må strømtransformatorene i begge ender av ledningen ha tilnærmet like egenskaper, og det er ikke alltid tilfellet. Derfor må laveste funksjonsnivå for langs-differensialvern ofte begrenses til 30-120% av merkestrøm for ledningen.

Impedansvern har et annet måleprinsipp som i årtier har vært stabilt ved 10-20% av merkestrøm. Der hvor kortslutningsstrømmene tidvis er lave, og hvor det er kritisk å beholde anleggsdelen i drift vil impedansvernet derfor være den klart beste løsningen.

Kommunikasjon

Differensialvernene må løpende overføre måleverdier mellom ledningsendene og sammenligne dem i sann tid. Det stilles derfor strenge krav til sambandet -

- Båndbredde / overføringskapasitet
- Tilgjengelighet / opptid
- Synkronisering av overførte data
- Kontroll med transmisjonstider

Disse forhold kan selvsagt håndteres, men det krever utstyr og kompetanse. Det kan også være nødvendig å sette spesielle tilleggsparemetre i releet for å oppnå korrekt kommunikasjon.

Impedansvernene kommuniserer ikke kontinuerlig, men sender en kort puls til andre ledningsenden når det har oppstått en feil innenfor verneområdet. Konsekvensene ved forsinkelser i overføringen er ubetydelig, selv ved tider på opp mot 50ms. Impedansvernets krav til kommunikasjon er derfor dramatisk enklere å oppfylle, og åpenbart rimeligere å oppnå i både anskaffelse og bruk.

Krav til måling

Differensialvernene må ha strømtransformatorer i begge ledningsender, og trefase måling er en fordel selv om tofase måling til nød kan brukes. Impedansvern bør måle strømmen i alle tre faser og dessuten må de ha en trefase spenningsmåling, noe som er et problem i enkelte stasjoner. En felles spenningstransformator tilkopleet på samleskinnen kan gjerne brukes, men oppgradering til impedansvern i anlegg uten spenningstransformatorer er litt mere omfattende.

Doble jordfeil

Ved doble jordfeil i spolejordet eller isolert nett ønsker man noen ganger å drive nettet videre etter å ha kopleet ut bare den ene av linjene med feil. Dermed begrenses tiden med de store kortslutningsstrømmene, og man unngår likevel utkopleing av mere enn en linje samtidig. De fleste impedansreleer har en egen funksjon som kalles faseselektering som gjør dette mulig. Ved doble jordfeil med langs-differensialvern som beskyttelse vil begge ledninger bli utkopleet uforsinket og samtidig.

Vedlikehold

Full testing av langs-differensialvern forutsetter personale og testutstyr i begge ender. Det betyr merkostnader til utstyr og ubekvem organisering av arbeidet. Utsiktet kopling i en strømkrets gir utkopleing fordi det oppstår avvik mellom de målte strømmene i begge ledningsender. Problemet begrenses med en strøm-forrigling som hindrer utkopleingen, men da er differensialvernets praktiske følsomhet begrenset til minst $1.2 \cdot I_{laststrøm}$.

Impedansreleer med for eksempel Permissive Overreach hjelpekanal-samarbeide (POR) testes lett av en ingeniør som først gjør jobben i den ene stasjon, og deretter i den andre. Det begrenser risikoen for uønskede funksjoner ved testing, reduserer behovet for kvalifisert personale, og reduserer behovet for koordinering av arbeidsoppgavene. Utkopleing av en spenningskrets kan føre til utsiktet utkopleing av impedansvernet. Problemet kan begrenses med overvåking av sikringene for spenningskretsen.

Valg uten kval

Prisforskjellen mellom det rette impedansvern og et moderne langs-differensialvern er i dag ubetydelig. Et langs-differensialvern er helt avhengig av en enhet i hver stasjon og den mellomliggende kommunikasjon. Erfaring og alminnelig sunn fornuft tilsier at lokale funksjoner er enklere å betjene, vedlikeholde og forstå, enn funksjoner som forutsetter løpende informasjon fra en annen plass. I dag finnes det impedansvern som sammenlignet med langs-differensialvern er lettere å håndtere, har høyere følsomhet, gir langt bedre reserve og stiller svært beskjedne krav til kommunikasjon.

Det synes derfor innlysende at impedansvern kombinert med enkel kommunikasjon er et bedre valg enn langs-differensialvern som linjevern i maskenett, bynett og nett med parallelle eller lange/korte linjer.

**Mer informasjon om relevern og Jacobsen elektro på
www.jacobsen-elektro.com**