

## 4 Sintese

In hierdie hoofstuk word gefokus op die daarstel van praktiese hulpmiddels om die bestuur en monitering van MEO's as 'n verskynsel moontlik te maak. Uit die literatuurstudie is dit duidelik dat daar min inligting vanuit 'n regulatoriese perspektief bestaan wat spesifiek op MEO's fokus. In Cigré se studiekomitee C2 (Stelselbedryf en -beheer), word daar jaarliks gefokus op die heel grootste internasionale gebeurtenisse wat gelei het tot die ontwrigting van kragstelsels wêreldwyd. Cigré tref egter geen onderskeid tussen gebeurtenisse, hetsy MEO's, bloot die ontwrigting van transmissie-verbindingstrukture of enige ander vorm van ontwrigting nie.

Selfs in Suid-Afrika word bloot die konsep van MEK's amptelik erken in die Kragnetkode wat deur NERSA uitgereik word, terwyl die meer generiese konsep van MEO's nie doelmatig aangespreek word nie. Daar bestaan internasionaal feitlik geen formele riglyne vir die bestuur van MEO's nie. Dit is die oogmerk van hierdie gedeelte om die leemte in hierdie verband te vul.

MEO's skep 'n voortdurende bedreiging wat kan lei tot die belemmering van die tussenverbinde kragnet op 'n skaal wat 'n bedreiging inhou vir nasionale stabiliteit. Daarom móét daar 'n doelgerigte bestuursfokus wees om die bedreiging te beperk.

Die bestuur van 'n komplekse bedreiging soos 'n MEO het noodwendig vele dimensies en kan nie deur afsonderlike belanghebbers of deur enkelvoudige maatreëls ingeperk word nie. Daarom word die bestuursraamwerk uiteengesit in 'n aantal fasette wat elk 'n gedeeltelike bydrae lewer tot die groter doelstelling van die inperking van die MEO-bedreiging. Die volgende raamwerk word op nasionale vlak voorgestel vir die bestuur van MEO's.

- a Die definiëring van rolle en verantwoordelikhede
- b Riglyne vir die ontwerp van kragstasies
- c Riglyne vir die integrasie van kragstasies in die tussenverbinde kragstelsel

- d Operasionele riglyne vir die bedryf van kragstasies
- e Operasionele riglyne vir die netwerk waarin kragstasies geïntegreer is
- f Operasionele riglyne vir die bedryf van die tussenverbinde kragstelsel
- g Die in gebruik neem van 'n standaard klassifikasie wat van maatstawwe gebruik maak
- h Die in gebruik neem van 'n standaard ondersoekraamwerk
- i Die in gebruik neem van aanwysers jeens die inherente bedreiging

In die bestuursraamwerk is die volgende spesifieke teikendoelstellings en prioriteite nagestreef.

- a Die voorkoming van 'n algehele uitdowing van die KPSA.
- b Die beperking in omvang van die ontwrigting wat deur afsonderlike MEO's veroorsaak word.
- c Die beperking in die algemene koers waarteen MEO's voorkom binne die KPSA.
- d Die bespoedigde hervatting van normale dienslewering en bedryf van die tussenverbinde kragnet na aanleiding van 'n MEO.

#### **4.1 Rolle en verantwoordelikhede**

'n Raamwerk vir die bestuur van 'n ingewikkelde bedreiging soos 'n MEO kan nie deur een belanghebbende in isolasie geïmplementeer word nie. Verder, met die geleidelike liberalisering van die elektrisiteitsindustrie kan dit ook nie bloot van nutsmaatskappye verwag word om die verantwoordelikheid vir die effektiewe bestuur daarvan op hulself te neem nie, aangesien ander rolspelers eweneens MEO's kan veroorsaak of vererger. Voorts kan afsonderlike belanghebbende kwalik vanuit hul eie belang daarin slaag om gekoördineerd op te tree, omdat die nodige handeling nie noodwendig tot hul voordeel sal strek nie. Om hierdie redes is dit nodig dat die bestuur van MEO's op hoë vlak gekoördineer word.

Aangesien die voorkoms van MEO's 'n bedreiging inhou vir die totale tussenverbinde kragstelsel, moet dit op só 'n vlak gekoördineer word dat die

nodige gedrag deur al die rolspelers vanuit 'n strategiese perspektief verkry kan word. Die verskillende partye wat by die bestuur van MEO's op 'n direkte of indirekte wyse betrek moet word, word vervolgens getoon.

TABEL XIII: ROLSPELERSROLLE T.O.V. MEO'S

| <b>Rolspeler</b>       | <b>Konteks</b>                                                                                                                            |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nasionale owerhede     | Beleid t.o.v. nasionale noodgereedheidsbeplanning i.t.v. die uitdowing van die tussenverbinde kragnet of groot streke.                    |
|                        | Beleid t.o.v. die magtiging van nasionale reguleerders om MEO-koördinering te verseker.                                                   |
|                        | Ooreenkomste tussen tussenverbinde lande ten einde samewerking, koördinering en die deel van kennis en inligting jeens MEO's te verseker. |
| Nasionale reguleerders | Regulatoriese voorskrifte om MEO-georiënteerde bedreigings te bekamp.                                                                     |
|                        | Genoegsame regulatoriese voorsiening om nasionale restourasie te verseker indien uitdowing sou plaasvind.                                 |
|                        | Finansiële genoegsaamheid om MEO-bekamping geredelik toe te pas en aan voorskrifte te voldoen.                                            |
|                        | Bevestiging dat alle rolspelers aan regulatoriese voorskrifte voldoen.                                                                    |
| Stelseloperateurs      | Monitering van MEO-voorvalle en statistiese ontleding.                                                                                    |
|                        | Voortdurende voorsiening van genoegsame reserwes om waarskynlike tekorte weens MEO's die hoof te bied.                                    |
|                        | Aanbevelings om netwerkwysigings en uitbreidings teweeg te bring, om sodoende groter MEO-immuniteit te bewerkstellig – indien nodig.      |
|                        | Kontraktering vir voldoende ondersteuningsdienste om waarskynlike MEO-voorvalle te oorleef.                                               |
|                        | Onderneem studies om die impakte van MEO's op die tussenverbinde kragnet vas te stel en wysigings aan te beveel indien nodig.             |

|  |                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Versekering dat doelgemaakte beveiliging, wat die aaneengeskakelde uitkringing van MEO's sal stuit, voortdurend die tussenverbinde kragnet beskerm.                                                                                  |
|  | Om wysigings t.o.v. regulatoriese vereistes aan te beveel, wat onthul is deur MEO-voorvalle voortdurend te monitor en ontleed.                                                                                                       |
|  | Om voortdurend risiko's te monitor wat die MEO-blootstellingsprofiel binne die tussenverbinde kragnet kan verander en dit dienooreenkomstig te beperk deur gebeurlikheidsbeplanning.                                                 |
|  | Om te verseker dat MEO's formeel ondersoek word en dat aanbevelings wat op ander partye van toepassing kan wees op sulke partye van toepassing gemaak word. Toesien dat aanbevelings ernstig oorweeg word deur die relevante partye. |
|  | Om die formele ondersoek van MEO's wat meer as een kragstasie geaffekteer het, te koördineer om 'n gekonsolideerde verslag saam te stel.                                                                                             |
|  | Die hou van 'n sentrale nasionale databasis van alle MEK's van grootte 15 dB of minder.                                                                                                                                              |
|  | Om uit die aanbevelings 'n lys van riglyne saam te stel vir leiding met toekomstige ontwikkelings deur verskillende rolspelers.                                                                                                      |
|  | Om dokumente wat deur rolspelers voorgelê word na te gaan vir swakhede m.b.t. MEO-bedreigings.                                                                                                                                       |
|  | Om kragstasies te monitor i.t.v. hul prestasie om MEO's te bekamp m.b.t. die standarde en norme en hul aan te maan indien die prestasie ontoereikend blyk te wees.                                                                   |
|  | Noodrestourasieplanne in stand te hou en periodiek te bevestig deur studies en toetse. Om alle rolspelers se rolle en vereistes gereeld te kommunikeer en indien nodig te kontrakteer.                                               |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Om met die plaaslike kragpoeloperator te skakel om gerapporteerde MEO's se besonderhede binne die gebied van die stelseloperator op deelnemers van toepassing te maak.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                  | Om alle MEO's van grootheid 10 dB of minder aan die plaaslike kragpoeloperator te rapporteer, asook MEO's waaraan meer as een kragstasie deelgeneem het.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                  | Om die totale impak van MEO's te bepaal deur die effek op ander deelnemers as die geaffekteerde kragstasies te bepaal en sodanige inligting as nadelige effekte van die MEO's aan te teken.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Kragontwikkeling | Om kragstasies só te ontwerp en te bou dat hulle grootliks onwrikbaar is m.b.t. MEO-bedreigings. MEO-blootstelling moet 'n spesifieke kriterium wees tydens die ontwerp en inbedryfstellingstoetse moet kwesbare fasette toets om onwrikbaarheid te demonstreer.                                                                                                                                                                                                      |
|                  | Om 'n register te hou van daardie geïdentifiseerde kwesbaarhede wat wel tot MEO's kan lei. Om voorts die stand van sulke kwesbaarhede voortdurend te monitor en gebeurlikheidsplanne te aktiveer indien die blootstelling sou toeneem. Verder moet sulke kwesbare stelsels of toerusting doelbewus spesiale aandag tydens instandhouding, bedryfshandeling en die monitering van fisiese toestand of abnormaliteite ontvang, om sodoende die integriteit te verseker. |
|                  | Om spesifiek alle voorvalle wat tot MEO's kon lei of wel daartoe gelei het, te ondersoek en aan te teken. Om telkens moontlikhede te oorweeg om die toekomstige blootstelling te verminder. Om 'n register van al die voorvalle op datum hou.                                                                                                                                                                                                                         |
|                  | Om alle modifikasies of tussentydse wysigings na te sien met spesifieke betrekking op MEO-blootstelling en indien moontlik die blootstelling tydens ontwerp reeds te                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | minimaliseer.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                        | Om enige betekenisvolle toename in MEO-blootstelling, a.g.v. veranderende omstandighede, aan die stelseloperator te rapporteer.                                                                                                                                                           |
|                                        | Om aanbevelings en riglyne wat van die stelseloperator af gekommunikeer word om MEO-blootstelling te beperk, ernstig te oorweeg vir implementering.                                                                                                                                       |
|                                        | Om alle MEK's van grootheid 15 dB of minder aan die stelseloperator te rapporteer en die ondersoek se relevante inligting te deel.                                                                                                                                                        |
|                                        | Om voortdurend prestasie te monitor van alle ondersteuningsdienste en ander vereistes wat handel oor MEO-blootstelling of noodrestourasie en -reaksie. Om onderprestasie aan die stelseloperator te rapporteer en aksie te neem om prestasie te herstel tot dit aan standarde te voldoen. |
|                                        | Om saam te werk om alle doelgemaakte beveiligingskemas wat deur die stelseloperator vereis word te verwesentlik en funksioneel te hou.                                                                                                                                                    |
| Omslote<br>kragontwikkelaars           | Om gekoördineerd saam te werk met die vereistes van die stelseloperator of plaaslike netwerkdienverskaffers tydens noodtoestande om voortydig te ontkoppel of weer in diens te tree.                                                                                                      |
|                                        | Om noodrestourasieplanne in stand te hou en te koördineer met die stelseloperator of plaaslike netwerkdienverskaffer.                                                                                                                                                                     |
|                                        | Om voortdurend die prestasie van netwerk-ondersteuningsdienste te monitor en korrigerend op te tree wanneer onderprestasie plaasvind.                                                                                                                                                     |
| Transmissienetwerk-<br>dienverskaffers | Om kragnetwerke te ontwerp en te bou wat aan die nodige oortolligheidsvlakke voldoen om nie die aaneengeskakelde uitkringing van MEO-tipe voorvalle in die hand te werk nie.                                                                                                              |

|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                          | Om kragnetwerke so in stand te hou dat die oortolligheidsvlakke waarvoor dit ontwerp is voortdurend beskikbaar te hê.                                                                                                                            |
|                                                                          | Om saam te werk om alle doelgemaakte beveiligingskemas wat deur die stelseloperator vereis word te verwesentlik en funksioneel te hou.                                                                                                           |
|                                                                          | Om die hoogspanningswerwe by kragstasies só te ontwerp, te bou en in stand te hou dat geen enkelfaling aanleiding sou gee tot 'n MEO nie.                                                                                                        |
|                                                                          | Om kragstasies só in die tussenverbinde kragnet te integreer dat geen verlies van 'n kraglyn wat 'n kragstasie met die res van die tussenverbinde kragnet verbind, 'n MEO tot gevolg sal hê nie.                                                 |
|                                                                          | Om aanbevelings en riglyne wat van die stelseloperator af gekommunikeer word om MEO-blootstelling te beperk, ernstig te oorweeg vir implementering.                                                                                              |
| Distribusienetwerk-<br>diensverskaffers<br><br>en<br><br>munisipaliteite | Om, sover moontlik, kragstasies van hoogs betroubare afgeleë toevoere te voorsien om MEO's te bekamp en restourasie te bespoedig.                                                                                                                |
|                                                                          | In samewerking met die stelseloperator, verbruikers van elektriese energie in 'n gekoördineerde wyse tydens noodgevalle (gewoonlik tydens laefrekwensiegebeurtenisse) te ontkoppel om die integriteit van die tussenverbinde kragnet te beskerm. |
|                                                                          | Om noodrestourasieplanne in stand te hou en te koördineer met die stelseloperator.                                                                                                                                                               |
|                                                                          | Om stelsels só in stand te hou dat omslote kragontwikkelaars se vermoë benut kan word tydens noodrestourasie.                                                                                                                                    |
| Groot eindgebruikers                                                     | Om omslote kragontwikkelaars wat binne die eindgebruiker omsluit is gekoördineerd te laat saamwerk met die vereistes van die stelseloperator of plaaslike netwerkdienverskaffers tydens noodtoestande om voortydig te ontkoppel of weer in       |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | diens te tree.                                                                                                                                                                                                                   |
|                                | Om noodrestourasieplanne in stand te hou en te koördineer met die stelseloperateur of plaaslike netwerkdiensverskaffer.                                                                                                          |
|                                | Om eie gebruik, binne eie beperkinge, in te perk of te ontkoppel in belang van die behoud van die tussenverbinde kragnet.                                                                                                        |
| Plaaslike<br>kragpoeloperateur | Die deelstate van die kragpoel noop om inligting van alle MEO's waartydens meer as een kragstasie ontkoppel het of wat 'n grootheid van 10 dB of minder het, te rapporteer en die rekord van sodanige voorvalle sentraal te hou. |
|                                | Uit die ontleding van gerapporteerde voorvalle strategiese maatreëls op deelnemende state toe te pas om totale uitdowing van bv. die hele KSPA te voorkom.                                                                       |

## 4.2 Ontwerp van kragstasies

Aangesien dit juis kragstasies is waaroor die bedreiging van MEO's handel, is dit noodsaaklik om spesifiek daarop te fokus. Tydens die ontwerp van kragstasies moet daar gefokus word op die inherente onwrikbaarheid daarvan om te verseker dat 'n MEO nie geredelik sal plaasvind nie, maar dat die omvang van 'n MEO inherent ingeperk word. Derhalwe moet 'n aantal kernbeginsels toegepas word, waarvoor daar vervolgens riglyne neergelê word.

- a Die faling van geen enkele elektriese, beheer-en- instrumentasie- of beveiligingstelsel mag lei tot die ontkoppeling van meer as een eenheid nie, of produksieverliese op meer as een eenheid nie. Dit sluit foutiewe menslike handeling in.
- b Die eenhede op kragstasies met 'n geïnstalleerde kapasiteit van 2 GW of meer, moet sodanig onafhanklik van mekaar wees dat geen faling, van watter aard ook al, meer as die helfte van die eenhede (of meer as 2 GW – watter kondisie ook al die geringste is) ontkoppel nie, of produksieverliese van meer as die helfte van die vermoë van die kragstasie tot gevolg hê nie. Beide gevalle

mag nie moontlik wees binne 'n periode van 'n uur vanaf die faling nie.

- c Onder normale omstandighede mag geen verlies van 'n enkele elektriese verspreidingsbord (wisselstroom of gelykstroom) in 'n eenheid lei tot 'n algehele klink van die eenheid nie.
- d Die klinking van enige eenheid, hoe omvangryk ook al, mag nie die potensiaal hê om onder normale omstandighede tot die ontwinging van die produksie op 'n ander eenheid te lei nie.
- e Die faling of onbeskikbaarraking van enige enkele substelsel van 'n eenheid mag nie lei tot die klinking van 'n eenheid nie, of 'n produksieverlies van meer as 60% van die eenheid onder normale omstandighede nie.
- f Alle eenhede wat 'n kapasiteit het van 500 MW of meer, moet die eienskap hê van afsondering tydens steurings in die tussenverbinde kragnet wat die grense van onwrikbaarheid of beskadiging van die eenheid oorskry. Afsondering moet gehandhaaf kan word vir onbepaalde periodes en mag nie voortdurende afhanklikheid hê van 'n beperkte hulpbron soos brandolie nie.
- g Eenhede moet só ontwerp wees dat hulle die grense van steurings op die tussenverbinde kragnet wat in die kragnetkode uitgespel is, kan verduur sonder enige afname in die produksie van die eenheid.
- h Eenhede se reaksie tydens abnormale toestande op die tussenverbinde kragnet moet na die volle vereiste wat in die kragnetkode beskryf is, in werking tree.

- i Die beaarding van 'n eenheid moet sodanig wees dat weerlig nie sal lei tot die afname in produksie van enige eenheid nie.
- j Eenhede sal in staat wees om onbepaald stabiel te funksioneer teen 50% van die eenheid se normale vermoë wanneer 'n 50%-beperking vanuit die eenheid se inherente ontwerp dit daartoe dwing, byvoorbeeld die klink van 'n waaiergroep of voerpomp van 'n steenkoolstoomketel.
- k Beheerstelsels en elektriese stelsels wat meer as een eenheid tot voordeel strek, sal meer as twee falings of onbeskikbaarhede moet kan deurstaan voor 'n MEO as gevolg daarvan mag voortvloei.
- l Geen eenheid mag klink as gevolg van 'n gemeenskaplike parameter, sein of afgeleide waarde nie, byvoorbeeld die temperatuur in 'n gemeenskaplike verkoelingstelsel.
- m Wanneer die ononderbroke of onbelemmerde produksie van eenhede afhang van 'n gemeenskaplike druklugstelsel, moet die kompressors vir so 'n stelsel in twee of meer afsonderlike en onafhanklike areas geplaas word en moet beide areas oor noodkompressors beskik wat nie met elektriese energie werk nie.
- n Kragstasies moet toegerus wees met noodkragopwekkers om eenhede onbeskadig te laat afskakel, langdurig te preserveer indien nodig, batterye in stand te hou en ander noodstelsels operasioneel te hou gedurende 'n lang afwesigheid van krag in die plaaslike netwerke.
- o 'n Onafhanklike kragtoevoer vir die gemeenskaplike stelsels van die kragstasie moet voorsien word, wat nie afhanklik is van die hoogspanningswerf wat van die kragstasie af voorsien word nie, sodat noodsaaklike aktiwiteite steeds uitgevoer kan word al is die plaaslike transmissienetwerk nie beskikbaar nie.

### **4.3 Integrasie van kragstasies**

Soos gesien in 3.2.11, word feitlik die helfte van alle MEO's deur die plaaslike netwerk veroorsaak en die meeste as gevolg van transmissie. Om hierdie rede is dit nodig om die wyse van integrasie van die kragstasie by die tussenverbinde kragnet aan te pas dat die ontwrigting beperk word en daarom word die volgende riglyne aan die hand gedoen:

- a Geen twee eenhede van 'n kragstasie mag op dieselfde beveiligingsone in 'n hoogspanningswerf verbind word nie.
- b Daar mag nie meer as een uitgaande voerder aan 'n enkele beveiligingsone in 'n hoogspanningswerf van 'n kragstasie verbind word nie.
- c Vir kragstasies waarvan die eenhede 'n individuele vermoë van 800 MW of meer het, mag dit nie in aangrensende beveiligingsones in 'n hoogspanningswerf van 'n kragstasie invoer nie. Die eenhede moet geskei word deur minstens een sone tussen hulle.
- d Nie meer as 50% van die vermoë van 'n kragstasie mag deur dieselfde roete uit die kragstasie geëvakueer word onder normale omstandighede nie.
- e Vir kragstasies met 'n vermoë van 2 GW of meer mag nie meer as 50% van die vermoë van so 'n kragstasie direk van die hoogspanningswerf van die kragstasie in 'n enkele volgende substasie ingevoer word onder normale omstandighede nie.
- f Die verlies van 'n enkele lyn uit die hoogspanningswerf van 'n kragstasie met 'n vermoë van 1 GW of meer, mag nie tot 'n afname in die gelewerde vermoë van die kragstasie lei nie.

- g Geen enkelfaling van 'n komponent of stelsel wat deel is van die hoogspanningswerf van 'n kragstasie, mag lei tot die ont koppeling van meer as een eenheid nie.
- h Waar gemeenskaplike stelsels in die hoogspanningswerf van 'n kragstasie gebruik word, mag geen twee falings of onbeskikbaarhede lei tot die ont koppeling van meer as 50% van die eenhede van die kragstasie nie. Voorbeelde hiervan sluit in:
  - Stamsonebeveiliging
  - Gelykstroom- of batterygesteunde toevoere
  - Druk lug- of gasstelsels
  - Beheer- en inligtingstelsels
- i Elke aspek van die netwerk wat die krag van 'n kragstasie moet evakueer, moet ten minste aan die (n-1)-kriterium voldoen.

#### ***4.4 Operasionele handeling by kragstasies***

Dit is dikwels nie die onderliggende ontwerp van 'n kragstasie wat lei tot 'n MEO nie, maar operasionele handeling of praktyke wat daartoe aanleiding gee. Daar word dus vervolgens riglyne neergelê wat hierdie aspek aanspreek.

- a Kragstasies moet alle bekende MEO-risiko's dokumenteer, dit aan die stelseloperator deurgee en doelbewus daarop fokus om op 'n dag-tot-dag basis te verseker dat die risiko nie toeneem nie, voorkomend op te tree en gebeurlikheidsplanne opstel.
- b In die uitvoer van handeling op die aanleg van 'n kragstasie, moet die moontlike impak vanuit 'n MEO-perspektief doelbewus oorweeg word en aanpassings gemaak word om 'n MEO-moontlikheid te beperk. Indien 'n handeling 'n wesentlike MEO-risiko inhou, moet die stelseloperator daarvan verwittig word.
- c Wanneer daar afgewyk word van die normale bedryfskonfigurasie of -metode, moet die moontlike impak vanuit 'n MEO-perspektief

doelbewus oorweeg word en aanpassings gemaak word om 'n MEO-moontlikheid te beperk. Indien 'n handeling 'n wesentlike MEO-risiko inhou, moet die stelseloperator ingelig word.

- d Waar daar 'n afname in die vlak van oortolligheid van die aanleg ervaar word, moet die moontlike MEO-impak beoordeel word en indien die MEO-blootstelling toegeneem het, moet maatreëls in plek gestel word om die blootstelling te beperk en die stelseloperator dienoreenkomstig daarvan te verwittig. Voorbeelde sluit in:
  - Rugsteunmotorgedrewe toepassings
  - Datanetwerke en beheerstelselmodules en -instrumente
  - Rugsteunkanale van beheerders
  - Rugsteun- of oortollige beveiligingskemas
- e Vir alle kragstasies met 'n vermoë van 2 GW of meer, moet 'n ervare tegniese persoon aangestel word om op 'n voortdurende basis alle operasionele aspekte van 'n kragstasie te monitor met betrekking tot MEO-blootstelling.
- f Om periodiek die afsonderingsvermoë van elke eenheid te bevestig deur dit te toets.
- g Om die beaardingstelsel van die kragstasie gereeld na te gaan deur inspeksies en toetse om die integriteit daarvan te bevestig.
- h Om te verseker dat noodtoerusting gereeld getoets word om gemoedsrus te verseker. Voorbeelde sluit in:
  - Dieselgenerators
  - Dieselkompressors
  - Dieselbrandweerpompe
  - Gelykstroom-energiestelsels
  - Gelykstroom-motorgedrewe toepassings

- i Stelsels wat energie stoor wat gebruik kan word wanneer die kragstasie dood is, mag nie onder normale omstandighede toegelaat word om tot onder 50% van die ontwerpvlak af te neem nie. Voorbeelde sluit in:
- Diesel
  - Batterye
  - Drukvate
  - Watervlakke in tenks vir brandbestrydingsdoeleindes
- j Wanneer aanlegtoetse beplan word, moet die moontlike MEO-blootstelling doelbewus oorweeg word en indien daar 'n wesentlike risiko bestaan, moet die toets met die stelseloperateur gekoördineer word en gebeurlikheidsplanne in werking gestel word.
- k Waar kragstasies toegerus is vir selfstandige aanskakeling, moet sulke installasies in 'n staat van gereedheid gehou word om te enige tyd tot diens geroep te word. Voorts moet sulke installasies gereeld getoets word om hul diensbaarheid te demonstreer.
- l Om veranderinge aan kragstasies aan te bring wat geblyk het om 'n gebrek of tekortkoming te toon tydens die ondersoek van 'n MEO.
- m Sodra omstandighede voorkom, of mag voorkom, waar tegniese daar nie voldoen word aan die vereistes van die kragnetkode nie, moet daar onmiddellik beplan word om die situasie so spoedig moontlik reg te stel, gebeurlikheidsplanne in plek gestel word en die stelseloperateur moet verwittig word.
- n Alvorens modifikasies, opgraderings of veranderinge aan die konfigurasie op die aanleg van kragstasies uitgevoer word, of dit tydelik of permanent van aard is, moet die impak op die MEO-blootstelling van die kragstasie eers sorgvuldig vasgestel word om te verseker dat daar nie 'n toename in die blootstelling is nie.

Wesentlike veranderinge in MEO-blootstelling moet gedokumenteerd word en onder die stelseloperator se aandag gebring word.

#### **4.5 Operasionele netwerke**

Die handelinge wat op die plaaslike netwerk van 'n kragstasie uitgevoer word, insluitend op die hoogspanningswerf, lei dikwels tot MEO's en dit is nodig om sekere riglyne neer te lê, naamlik:

- a Sodra daar afgewyk word van die normale konfigurasie van die plaaslike netwerk van 'n kragstasie, moet die MEO-blootstelling oorweeg word en enige wesentlike afwyking van die normale blootstelling moet onder die aandag van die kragstasie en die stelseloperator gebring word en gebeurlikheidsplanne moet in plek gestel word.
- b Indien toerusting of stelsels uit diens geneem word, sodat daar nie langer aan die (n-1)-standaard voldoen word nie, moet die stelseloperator en die kragstasieoperator daarvan verwittig word.
- c Alvorens modifikasies, opgraderings of veranderinge aan die konfigurasie op die aanleg van die plaaslike netwerke van kragstasies uitgevoer word, of dit tydelik of permanent van aard is, moet die impak op die MEO-blootstelling van die kragstasie eers sorgvuldig vasgestel word om te verseker dat daar nie 'n toename in die blootstelling is nie. Wesentlike veranderinge in die MEO-blootstelling moet gedokumenteerd word en onder die stelseloperator en die kragstasieoperator se aandag gebring word.
- d Sodra omstandighede voorkom, of mag voorkom, waar daar nie aan die tegniese vereistes van die kragnetkode voldoen word nie, moet daar onmiddellik beplan word om die situasie so spoedig moontlik reg te stel, gebeurlikheidsplanne in plek te stel en die stelseloperator en kragstasieoperator daarvan te verwittig.

- e Die beaardingstelsel van die hoogspanningswerf moet gereeld nagegaan word deur inspeksies en toetse, om die integriteit daarvan te bevestig.

#### **4.6 Operasionele tussenverbinde kragnet**

Omdat die stelseloperator se besluite en toerusting self van tyd-tot-tyd bydra tot die voorkoms van MEO's, is sekere riglyne op die stelseloperator self van toepassing, naamlik:

- a Wanneer die konfigurasie van die tussenverbinde kragnet sodanig verander dat die MEO-blootstelling toeneem, moet die stelseloperator die relevante kragstasieoperateurs daarvan verwittig.
- b Indien die stelseloperator bewus raak van omstandighede van partye wat aan die tussenverbinde kragnet verbind is wat wesentlik die MEO-blootstelling van sekere kragstasies wysig, moet die stelseloperator die potensieel geaffekteerde kragstasieoperateurs daarvan in kennis stel.
- c Sodra daar afgewyk word van die normale konfigurasie van die plaaslike netwerk van 'n kragstasie, moet die MEO-blootstelling beskou word en enige wesentlike afwyking van die normale blootstelling moet onder die aandag van die betrokke kragstasieoperator gebring word en gebeurlikheidsplanne moet daargestel word.
- d Indien die toerusting of stelsels uit diens geneem word sodat daar nie langer aan die (n-1)-kriterium voldoen word nie, moet die kragstasieoperator daarvan verwittig word.
- e Waar doelgemaakte beveiligingskemas geïmplementeer is wat die potensiaal het om 'n MEO te veroorsaak, moet die integriteit van sodanige skemas voortdurend gemonitor word en remediërend opgetree word indien die MEO-blootstelling sou toeneem.

- f Voordat modifikasies, opgraderings of veranderinge aan die netwerk se uitleg en samestelling gemaak word, moet die impak op die MEO-blootstelling eers sorgvuldig vasgestel word om te verseker dat daar nie 'n toename in blootstelling is nie. Wesentlike veranderinge in MEO-blootstelling moet gedokumenteer word en onder die relevante kragstasies se aandag gebring word.

#### **4.7 Monitering en aanwysers**

Ten einde die MEO as 'n fenomeen te bestuur, is dit nodig om 'n aantal sleutelaanwysers te identifiseer wat op 'n voortdurende basis gemonitor behoort te word en waarvolgens aanpassings in die strategieë, besluite en handeling in reaksie daarop gemaak kan word.

Dit is nodig om 'n aanduiding te kry van die gereeldheid waarmee MEO's binne 'n tussenverbinde kragnet voorkom. Vir die aard van die MEO's word die gemiddelde falingstyd gebruik as aanwyser van die koers waarteen MEO's in 'n tussenverbinde kragnet voorkom. Die gemiddelde falingstyd kan op verskeie maniere aangewend word, byvoorbeeld oor 'n vaste vensterperiode, of deur bloot na voorvalle van hoër as 'n gekose grootheid te kyk. Ter illustrasie, is twee waardes van gemiddelde falingstye na aanleiding van die rekords van MEO's in die KPSA bereken. Beide is bereken vir 'n dekadeperiode en beide is bereken vir alle bekende MEO's wat in die gegewe dekade voorgekom het en is as volg:

|              |              |
|--------------|--------------|
| 1991 - 2000: | GFT=96,2 dae |
| 2001 - 2010: | GFT=46,1 dae |

Die toename in die koers waarteen MEO's binne die KPSA voorkom is ooglopend. In die laaste dekade van die twintigste eeu het MEO's gemiddeld teen 'n koers van nagenoeg een elke 3 maande voorgekom, wat toegeneem het tot elke 1½ maande vir die daaropvolgende dekade – 'n toename van meer as 100%. Die doel is egter nie hier om die redes vir hierdie toename te bepaal nie, maar om te toon dat 'n aanwyser van hierdie aard 'n nuttige

waarde is om as waarskuwing te dien of om aandag op 'n nadelige tendens te vestig.

'n Verdere aanwyser wat van nut is, is die gemiddelde omvang van die MEO's. Die gemiddeld is in afdeling 3.2.6 bereken as die gemiddeld van die gammaverspreidingsfunksie met 'n waarde van 1 187,5 MW oor die totale populasie van MEO-voorvalle in die bestaande rekords van die KPSA. Hierdie waarde kan, soos vir die vorige aanwyser, oor 'n meer beperkte venster bereken word, of deur slegs MEO's van groter as 'n sekere waarde in die populasie in te sluit. Soortgelyke waardes kan ook vir ander afgeleide maatstawwe bereken word, byvoorbeeld *grootheid* (4.8.2), *intensiteit* (4.8.4), ensovoorts, wat dan kan dien as aanwyser.

Hoewel vele aanwysers ontwikkel kan word, word grootheid en omvang die betekenisvolste geag en as 'n goeie aanduiding van 'n tussenverbinde kraget se MEO-prestasie oor 'n gegewe tydspanne. Dit moet egter benadruk word dat hierdie aanwysers waardeloos is indien daar nie vertroue bestaan in die volledigheid van die rekord van voorvalle nie.

#### **4.8 Klassifikasie en maatstawwe**

Ten einde MEO's te bestudeer en bestuur is dit nodig om dit te groepeer in kategorieë wat vergelyking en verdere ontleding moontlik maak of vergemaklik. Omdat MEO's grootliks van mekaar verskil, behoort daar onderskeid getref te word tussen voorvalle wat sodanig van mekaar verskil dat geen basis vir vergelyking bestaan nie.

Vir die doel van klassifikasie is 'n aantal fasette, waarvolgens MEO's gegroepeer kan word vir verdere vergelykende ontleding, geïdentifiseer. Die groeperings word in die volgende afdelings behandel.

##### **4.8.1 Karakterisering**

Om MEO's op hoë vlak van mekaar te onderskei, moet sekere karaktereienskappe geïdentifiseer word wat as basis vir die groepering of sortering van voorvalle gebruik kan word. Hierdie eienskappe onderskei

voorvalle van mekaar en is gebaseer op hul inherente meganismes en makrokenmerke. Die volgende lys van karaktertrekke word voorgestel as 'n hoëvlakfilter vir MEO-voorvalle.

- a **Oorsprong van steuring:** Dit is belangrik om te onderskei waar die steuring wat aanleiding gegee het tot die MEO sy oorsprong het, en daar word gewoonlik tussen drie moontlikhede onderskei.
  - Intern tot 'n kragstasie
  - Vanuit die gekoppelde transmissie- of distribusienetwerk
  - Ekstern tot beide die kragstasie en die gekoppelde netwerke
- b **Aantal kragstasies:** Die aantal kragstasies wat aan 'n MEO deelneem is 'n sleutelaanwyser wat direk dui op die omvang van die ontwigting. Hoe meer kragstasies by die voorval betrek is, hoe meer dreigend is die MEO vir die tussenverbinde kragnet.
- c **Golwe:** In 3.2.1 is die konsep van 'n tipe-1- en 'n tipe-2-MEO ingevoer. Vir 'n tipe-2-MEO is die aantal "golwe" 'n belangrike karaktereienskap. Die aantal golwe is die aantal kere wat 'n nuwe toestand (of stand) gedurende 'n MEO daargestel word, wat weer as 'n sneller dien vir die verdere ontwigting van eenhede.
- d **Gemeenskaplikhede:** Die aantal gemeenskaplike stelsels of strukture wat bygedra het om die onderskeie eenhede te ontwig, verskil van een MEO tot die volgende. Dit is egter 'n belangrike karaktereienskap wat ondersoek en aangeteken behoort te word.

#### 4.8.2 Grootheid (G)

In afdeling 3.2.5 word die konsep van die *grootheid* van 'n MEO ontwikkel. Die *grootheid* is 'n kenwaarde, wat die drywingsverlies wat deur die MEO teweeggebring is in verband bring met die totale hoeveelheid drywing wat deur die tussenverbinde kragnet bedien is ten tye van die voorval.

Die *grootheid* self kan as 'n maatstaf gebruik word waarmee daar tussen MEO's onderskei kan word. So byvoorbeeld, is 'n MEO van *grootheid* 20 dB

'n geringe voorval, terwyl 'n *grootheid* van 10 dB 'n uiters groot voorval verteenwoordig wat 'n wesentlike bedreiging vir die stabiliteit van die tussenverbinde kragnet inhou.

Hoewel *grootheid* 'n goeie relatiewe maatstaf is, wat 'n aanduiding is van die graad van die ontwigting, bestaan daar nie 'n sterk korrelasie tussen die *grootheid* en die effek op die netwerf frekwensie nie. Die rede vir die gebrek aan korrelasie spruit uit 'n belangrike tekortkoming van die konsep van die *grootheid* van 'n MEO. Hierdie tekortkoming kan nie die mate van verspreiding in tyd tussen die drywingsverliese op die verskeie eenhede of kragstasies aandui nie. Met ander woorde, hoewel twee verskillende MEO's van presies dieselfde omvang kan plaasvind met presies dieselfde effekte op die tussenverbinde kragnet, kan die effek van die twee voorvalle op die netwerf frekwensie grootliks van mekaar verskil indien die drywingsafname in een geval feitlik oombliklik is terwyl dit vir die ander geval versprei is oor tyd. En dit is juis hierdie verskille in tydsverspreiding wat die konsep van *grootheid* van 'n MEO minder effektief maak as absolute aanwyser van die graad van ontwigting van 'n MEO.

Hoewel MEO-*grootheid* nie die enigste aanwyser vir die graad van ontwigting van 'n MEO is nie, gee dit wel 'n sinvolle vroeë aanduiding van die potensiële gevaar wat die MEO vir die tussenverbinde kragnet inhou. As 'n algemene riglyn kan die volgende waardes gebruik word as aanduiding vir die ontwigtingsgraad van die MEO.

TABEL XIV: MEO-GROOTHEIDSKATEGORIEË

| <b>Grootheid van MEO</b> | <b>Graad van ontwigting</b>                        |
|--------------------------|----------------------------------------------------|
| Groter as 18 dB          | Gering – kwalik merkbaar in tussenverbinde kragnet |
| 18 dB > MEO > 14 dB      | Matig – daadwerklike effek op netwerf frekwensie   |
| 14 dB > MEO > 10 dB      | Beduidend – doelbewuste onmiddellike bestuur       |
| 10 dB > MEO > 6 dB       | Dreigend – affekteer meeste deelnemers op          |

|                 |                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|
|                 | tussenverbinde kragnet                                           |
| Kleiner as 6 dB | Oorweldigend – bedreig die behoud van die tussenverbinde kragnet |

Hoewel die grootheid van 'n MEO gedefinieer is vir die werklike drywingsverlies, kan 'n waarde vir *grootheid* ook bereken word vir die blootgestelde drywing wat in gedrang kon kom en blootgestel kon wees tydens die MEO. Hieruit word 'n aanduiding verkry van die ergste geval tydens die MEO of die totale grootte van die risiko tydens die MEO.

Dit is belangrik om daarop te let dat die konsep van MEO-*grootheid* nie gedefinieer is vir MEO's waarin daar 'n toename in drywing is nie, omdat dit nie vir negatiewe waardes berekenbaar is nie.

#### 4.8.3 Tussenverbinde kragnetontwrigting

'n Meer subjektiewe kriteria waarin die effek van 'n MEO geklassifiseer kan word, is die oorweging van die mate van ontwrigting binne die tussenverbinde kragnet. Dit is nie 'n eenduidige metode nie en persoonlike oordeel maak die uitkoms van die gradering minder eksak, maar dit is 'n metode wat gou na die voorval aangewend kan word om 'n te bepaal hoe dreigend die voorval was. Aanvanklik is 'n driepuntskaal gebruik om die mate van ontwrigting in die kragnet te oorweeg, maar in die studie van 'n groot populasie MEO's is dit ontoereikend en is dit laat vaar ten gunste van 'n sespuntskaal. Die sespuntskaal word vervolgens voorgestel.

TABEL XV: SKAAL VIR MEO-ONTWRIGTING VAN DIE TUSSENVERBINDE KRAGNET

| Skaal | MEO-Effek op tussenverbinde kragnet                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Geen noemenswaardige effek op die tussenverbinde kragnet nie.                                                          |
| 2     | Nadelig, maar geredelik in bedwang gebring sonder nood.                                                                |
| 3     | Beperk deur meestal bloot kragontwikkelingsbronne te benut.                                                            |
| 4     | Beperk deur 'n betekenisvolle gedeelte van noodbronne aan beide die kragontwikkelings- en die aanvraagkant te gebruik. |
| 5     | 'n Tekort wat grens aan die behoud van die tussenverbinde kragnet.                                                     |

|   |                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Onderbreking van gebruikers op 'n beperkte skaal of die skeiding van tussenverbindings tussen beheerareas of buurstate.                                                                                                    |
| 6 | Verlies van groot dele van die tussenverbinde kragnet of die verbrokkeling daarvan met gepaardgaande uitdowing van gebruikers op groot skaal. Met of sonder algehele uitdowing. Aktivering van nood- en rampbestuurplanne. |

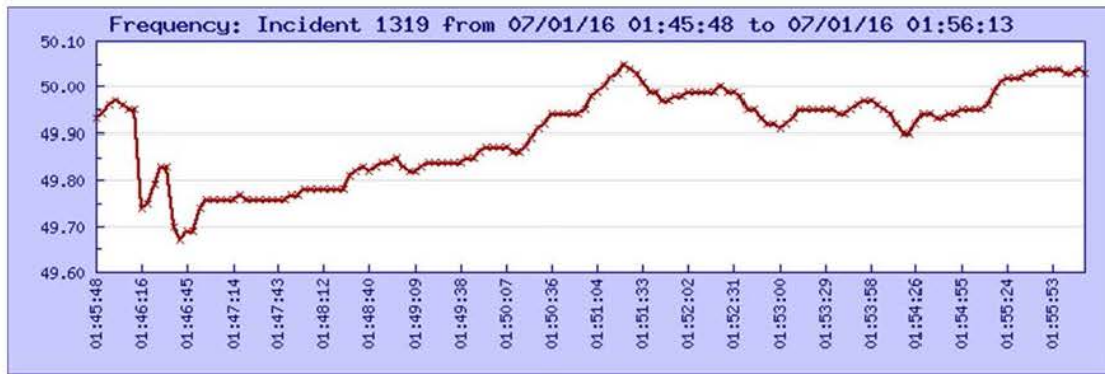
Hierdie metode van klassifikasie hou 'n voordeel in bo die klassifikasie van die MEO aan die hand van die grootheid van die MEO, aangesien dit aangewend kan word vir MEO's waarin daar 'n nettotoename in drywing op die tussenverbinde kragnet was, of waar die aard van die MEO nie met aktiewe drywing te doen gehad het nie, maar met byvoorbeeld blinddrywing.

Daarbenewens kan hierdie metode sonder veel kennis toegepas word met relatief eenvoudige reëls, wat dit uiters geskik maak vir die spoedige besluitneming jeens die eskalاسie van die gebeurtenis na hoër vlakke van bestuur of regering.

#### 4.8.4 Intensiteit (I)

Die hoofrede vir die groot variansie van datapunte in illustrasie 25, is die feit dat die drywingsverlies in sommige MEO's versprei is oor tyd terwyl ander se totale verlies op feitlik dieselfde oomblik plaasvind. Dít speel 'n groot rol in die totale insinking van die netwerkfrequensie, omdat die tussenverbinde kragnet 'n dinamiese stelsel is waarvan verskeie sisteme beheeraksies neem om 'n afname in netwerkfrequensie teë te werk.

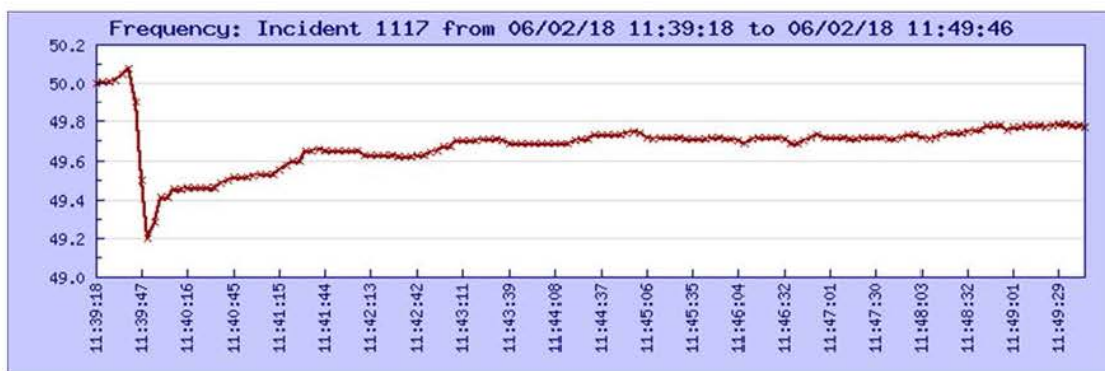
Hierdie stelling word aan die hand van die frekwensiekarakteristieke van twee vergelykbare MEO-voorvalle geïllustreer. Die *grootheide* van beide MEO's is soortgelyk, naamlik ongeveer 12,5 dB, wat beteken dat die grootte van die drywingsverlies relatief tot die totale drywing wat deur die tussenverbinde kragnet hanteer is tydens die MEO ongeveer dieselfde was. Die eerste MEO het 'n *grootheid* van 12,3 dB en die netwerkfrequensie word in die volgende illustrasie getoon.



Illustrasie 64:  $G=12,3$  dB MEO-frekwensiekarakteristiek

Gedurende die MEO geïllustreer hierbo het twee eenhede van die tussenverbinde kragnet ongeveer 30 sekondes na mekaar ontkoppel. Die netwerkfrekwensie het 'n laagtepunt bereik tydens die ontkoppeling van die tweede eenheid met 'n waarde van 49,67 Hz. Die netwerkfrekwensie het na die ontkoppeling van die eerste eenheid afgeneem tot 49,74 Hz, maar weer herstel na 49,84 Hz voor die tweede eenheid ontkoppel het. Hierdie tussentydse herstel in netwerkfrekwensie het dus die waarde van die laagtepunt in netwerkfrekwensie beperk vanweë die herstel van 100 mHz tussen die twee ontkoppelings van die onderskeie eenhede.

Die tweede MEO het 'n *grootheid* van 12,9 dB, wat hierdie voorval op die oog af effens minder omvangryk as die eerste MEO maak. Hierdie frekwensiekarakteristiek word vervolgens getoon.



Illustrasie 65:  $G=12,9$  dB MEO-frekwensiekarakteristiek

In die MEO van illustrasie 65 het die totale drywingsverlies op ongeveer dieselfde tyd plaasgevind. Hoewel die drywingsverlies effens kleiner was

relatief tot die totale drywing wat deur die tussenverbinde kragnet hanteer is in vergelyking met die eerste MEO, is die afname in netwerkfrequensie meer as dubbel, met 'n laagtepunt van 49,21 Hz.

Hierdie verskynsel dat die afname in netwerkfrequensie tydens 'n MEO nie “sterk” korreleer met die *grootheid* van die MEO nie, word oor die hele spektrum van MEO-*grootthede* waargeneem, hoewel dit meer prominent is in voorvalle met 'n *grootheid* van 14 dB of minder. Omdat die drywingsverlies wat met 'n MEO geassosieer word, òf oor 'n periode van tyd verloop òf oombliklik is, moet 'n ander aanwyser as *grootheid* gevind word om die effek op die tussenverbinde kragnet te beskryf. Dit is dit nodig om die konsep van *grootheid* te “normaliseer”, sodat dit die effek van die verspreiding van die drywingsverlies in die tydvlak kan verreken om 'n meer verteenwoordigende aanduiding te verskaf van die effek op die tussenverbode kragnet.

Vervolgens word die konsep van die absolute totaal van die drywingsverlies, wat gebruik word in die berekening van die *grootheid* van 'n MEO, aangepas om die netto-effek van die afname in netwerkfrequensie te oorweeg. Hierdie netto-effek op die netwerkfrequensie word dan herlei na 'n ekwivalente oombliklike drywingsverlies wat daarmee sou korreleer. Dit word dan relatief tot die totale drywing wat deur die tussenverbinde kragnet hanteer is uitgedruk. Met ander woorde, 'n aangepaste waarde van die *grootheid* van die MEO word dus bereken vir die ekwivalente drywingsverlies. Om hierdie aangepaste waarde te onderskei van die voorheen gedefinieerde konsep van *grootheid*, word na die aangepaste *grootheid* (G) verwys as die *intensiteit* (I) van die MEO.

As voorbeeld, word die *intensiteite* van die twee MEO-voorvalle as volg aangepas:

Vir die eerste voorval (getoon in illustrasie 64) is 'n werklike drywingsverlies van 1 450 MW aangeteken, maar daar is 'n tydsverloop van ongeveer 30 sekondes tussen die ontkoppeling van die twee eenhede. 'n *Grootheid* van 12,3 dB is vir hierdie voorval bereken. Wanneer die effek van die 30 sekonde

tydsverloop tussen die twee voorvalle verreken word, word 'n effektiewe drywingsverlies van slegs 627 MW bereken was dan lei tot 'n *intensiteit* van 16 dB.

Die tweede geval wat in illustrasie 65 getoon word, het 'n oombliklike drywingsverlies van 1 300 MW ervaar wat 'n *grootheid* van 12,9 dB opgelewer het. Wanneer dieselfde verrekening as die eerste geval vervolgens op hierdie voorval uitgevoer word, word 'n effektiewe drywingsverlies van 1 156 MW en 'n gevolglike *intensiteit* van 14,1 dB verkry.

In beide gevalle is die aanvanklike afwyking van die netwerfrequentensie vanaf die nominale waarde van 50 Hz in berekening gebring. Wanneer die tussenverbinde kragnet bedryf is teen 'n laer as nominale waarde van die netwerfrequentensie voor 'n MEO plaasvind (soos in die eerste geval), is die laagtepunt in die netwerfrequentensie wat tydens die MEO bereik gaan word ook laer. Die effektiewe waarde van drywingsverlies is dan hoër as wanneer die beginwaarde van netwerfrequentensie nominaal sou wees.

Hoewel die *grootthede* van die onderskeie voorvalle dit nie getoon het nie, het die waardes wat vir die *intensiteite* van die twee voorvalle bereken is duidelik tussen die twee voorvalle onderskei. Die tweede voorval was volgens hierdie berekening veel meer ontwrigtend op die netwerfrequentensie van die tussenverbinde kragnet – omdat dit meer *intens* was.

#### **4.8.5 Dinamiese restitusie (R)**

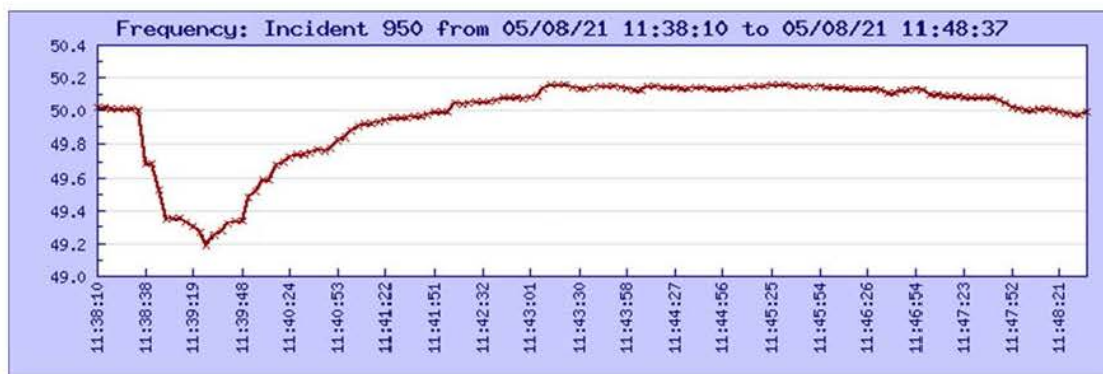
Die vorige MEO-karakteriseringsaanwysers was grootliks gebaseer op die direkte impak wat die MEO gehad het op die tussenverbinde kragnet. 'n Belangrike karaktereienskap van 'n MEO is die vermoë van die tussenverbinde kragnet om terug te keer na 'n normale of onbelemmerde toestand. Waar aanwysers soos grootheid 'n aanduiding is van die onwrikbaarheid van kragstasies teen steurings wat 'n aaneengeskakelde uitkringings effek tot gevolg het, gee dit min inligting in terme van die mate van voorbedagtheid wat ingereken is in die bestuur van die tussenverbinde kragnet.

Een van die betrokke parameters wat so spoedig moontlik na afloop van 'n MEO herstel moet word, is die netwerfrewensie. Die koers waarteen die netwerfrewensie weer na die nominale waarde terug kan keer, is van kardinale belang. Verskeie stelsels is ontwerp om dinamies weerstand te bied teen 'n afname in netwerfrewensie, soos die gedwonge frekwensiereaksie van sinchrone kragontwikkelingseenhede, die laefrekwensielasafwerping van gebruikers, ensovoorts. Ten einde 'n afname in netwerfrewensie effektief teë te werk, moet stelsels effektief ontwerp en in stand gehou word, en moet daar voldoende sodanige stelsels gekontrakteer word deur die stelseloperator. Dus is die *dinamiese restitusie* (R) van die tussenverbinde kragnet teen 'n afname in netwerfrewensie 'n aanduiding van die effektiewe bestuur van die tussenverbinde kragnet.

$$R = \frac{\text{Totale afname in netwerfrewensie (in mHz)}}{\text{Totale tyd tot netwerfrewensie herstel (in minute)}}$$

Die *dinamiese restitusie* van die kragnet is die koers waarteen die netwerfrewensie terugkeer na die nominale waarde (50 Hz in Suid-Afrika) na afloop van 'n MEO en kan gemeet word in die eenheid van mHz/min. Vir die eerste voorbeeld in afdeling 4.8.4 (sien illustrasie 64) word die *dinamiese restitusie* bereken op 69,5 mHz/min. Die tweede voorbeeld in afdeling 4.8.4 (sien illustrasie 65) bevat onvoldoende data vir 'n volledige berekening, aangesien die data nie die volledige herstel tot 50 Hz toon nie. Die data wat egter wel beskikbaar is, bevestig 'n *dinamiese restitusie* van < 80 mHz/min.

Hierdie waarde kan beduidend verskil tussen MEO-voorvalle. Beskou byvoorbeeld die frekwensiekarakteristiek wat in die volgende illustrasie getoon word.



Illustrasie 66:  $G=12,9$  dB MEO-frekwensiekarakteristiek

In hierdie voorbeeld is die *dinamiese restitusie* 242 mHz/min, wat meer as drie keer vinniger is as die *dinamiese restitusie* vir die geval in illustrasie 65.

Hoër waardes van *dinamiese restitusie* is dus van groter voordeel vir die tussenverbinde kragnet as 'n laer waarde omdat dit die tussenverbinde kragnet vinniger laat terugkeer na 'n staat van gereedheid om 'n volgende steuring of ontwrigting te trotseer.

'n Laaste opmerking in verband met *dinamiese restitusie* is dat dit as 'n konvensie positief gemeet word vir 'n afname in netwerkfrekwensie. Dit gebeur egter wel, hoewel selde, dat 'n MEO 'n toename in netwerkfrekwensie tot gevolg het, in welke geval die waarde van die *dinamiese restitusie* negatief sal wees. Die waardes van *dinamiese restitusie* sal bes moontlik verskil tussen die positiewe en negatiewe gevalle, aangesien verskillende dinamiese stelsels van toepassing is in die bestuur van die onderskeie vorme van abnormale netwerkfrekwensies.

#### 4.9 Onderzoekraamwerk vir MEO's

Uit afdeling 3.4 blyk dit dat dit nodig is om 'n gestandaardiseerde benadering te volg by die ondersoek van 'n MEO. Hierdie gedeelte word vervolgens gewy aan 'n raamwerk vir die mees relevante aspekte wat deel behoort te vorm van so 'n ondersoek.

Vanuit 'n ondersoekperspektief kan 'n MEO in drie dele verdeel word, naamlik die omstandighede wat 'n MEO voorafgaan, die voorval self met die

gepaardgaande ontwinging en die afloop en herstel na afloop daarvan. Derhalwe word die raamwerk ook in hierdie drie dele verdeel.

#### 4.9.1 Voorafgaande omstandighede

In enige voorval kan daar omstandighede wees wat 'n impak gehad het op die waarskynlikheid of omvang van die voorval, of wat selfs direk vir die voorval verantwoordelik kon wees. Dit is krities dat hierdie omstandighede geïdentifiseer word en dat die relevansie daarvan duidelik gedemonstreer word. Hier volg 'n aantal spesifieke fokusareas wat ondersoek behoort te word na afloop van 'n MEO.

*Toestand van netwerk* Dit gebeur dikwels dat die omstandighede wat geheers het in die kragstelsel voor 'n MEO plaasvind, 'n direkte verband het op die ontstaan en verloop daarvan. Dit is dus nodig om te bepaal wat die toestand van die tussenverbinde kragnet was direk voor die voorval en die volgende aspekte behoort ondersoek te word.

- **Reserwes:** Wat was die vlak, toeganklikheid en samestelling van die beplande reserwes voor die MEO?
- **Steurings:** Was daar enige skakelwerk, foute of buitengewone weersomstandighede voor die MEO, wat of in die netwerk, of in die aanleg van partye wat daaraan gekoppel is, steurings kon laat ontstaan het?
- **Oorvloedigheid:** Was enige kritiese netwerkkomponente buite bedryf of dele van die netwerk of sy komponente swaar belas?

- **Vlakke:** Wat was die waardes van die relevante spannings, netwerkfrequensie, belasting van relevante lyne of voerders, of die koers waarteen die belasting van die tussenverbinde kragnet besig was om te verander?
- **Beperkings:** Het daar enige beperkings bestaan op die vermoë van die netwerk om steurings te hanteer, of om die stelsel onbelemmerd te bedryf?
- **Werkzaamhede:** Het enige aktiwiteite, soos byvoorbeeld instandhouding plaas gevind ten tye van die MEO? (Ook skofte wat moontlik geruil het).
- **Abnormaliteite:** Was daar enige konfigurasie of toestand wat afgewyk het van die norm of die standaardfilosofie?

### *Kragontwikkeling*

Die toestande wat by die geaffekteerde kragstasies teenwoordig was voor die MEO speel dikwels 'n sleutelrol in die opspoor van die oorsake vir die ontwrigting. Om hierdie rede moet daardie toestande ondersoek word en word van die vernaamstes nou gelys.

- **Marginaliteit:** Beskik die eenhede (of ander stelsels) oor voldoende vermoë om op skielike ontwrigtings te reageer, of was hul eerder naby hul maksimum vermoë belas?

- **Outomasie:** Was alle relevante stelsels se beheerders outomaties geskakel sodat handbeheer nie nodig sou wees nie?
- **Oorvloedigheid:** Was enige kritiese gedupliseerde of rugsteunkomponente buite bedryf of nie beskikbaar nie?
- **Abnormaliteite:** Was daar enige konfigurasie of toestand wat afgewyk het van die norm of die standaardfilosofie?
- **Werkzaamhede:** Het enige aktiwiteite, soos byvoorbeeld instandhouding , spesifieke bedryfshandelinge of die uitvoering van metings of toetse plaasgevind ten tye van die MEO? (Ook skofte wat moontlik geruil het).
- **Defekte:** Was daar enige relevante toerusting of stelsels wat buite werking was of wat nie na behore kon funksioneer nie (of wat buite kalibrasie was)?
- **Steurings:** Is enige aanleg of stelsel aan- of afgeskakel, het dit geklink ten tye van die MEO of was buitengewone weersomstandighede teenwoordig voor die MEO, wat in die aanleg steurings kon laat ontstaan het?

*Algemene faktore*

Sekere faktore is op alle deelnemers van toepassing en moet altyd ondersoek word, ongeag die aard van die voorval.

- **Stabiliteit:** Dit sluit aspekte soos politiese of werkmagonstabiliteit sowel as negatiewe sentiment in. Die uitvloeisel van hierdie faktore is moeilik om presies te definieer, maar is onder meer kwaadwilligheid, sanksies, boikotte, sabotasie en verskeie misdrywe.
- **Voldoening:** Beperkings om gehoor te gee aan statutêre en regulatoriese vereistes of die organisatoriese beleid.
- **Voorsiening:** Ontwrigting in die voorsiening van kritiese benodigdhede wat belangrik is vir volgehoue funksionering.

**4.9.2 Die MEO-voorval self**

'n MEO word gekenmerk deur 'n aantal aspekte wat kan dui op die omvang daarvan of die mate waartoe die voorval die integriteit van die tussenverbinde kragnet bedreig. Dit is belangrik dat hierdie inligting konsekwent versamel word ten einde voorvalle teen mekaar op te weeg vir die doel van ontleding en die bepaling van strategieë in die bestuur van MEO's.

*Tussenverbinde kragnet*

Die eienskappe en aspekte van die tussenverbinde kragnet ten tye van die MEO, wat kan dien as konteks en maatstaf vir kalibrasie in die latere ontleding van die inligting.

- **Totale stelsellas:** Die totale hoeveelheid drywing wat deur die tussenverbinde

kragnet hanteer is gedurende die voorval (in MW of GW).

- **Stelselfrekwensie:** Die frekwensie van die kragstelsel waarbinne die MEO plaasvind, is een van die mees beduidende parameters wat ter sprake kom in die ontleding van 'n MEO. As sodanig moet daar aansienlike aandag daaraan geskenk word en 'n aantal aspekte moet aangeteken word. Dit is noodsaaklik om die totale afname (of toename) in frekwensie te bepaal (in Hz of mHz). Dit is egter ook nodig om die stelselfrekwensie net voor die MEO vas te stel (in Hz). Daar moet nie aangeneem word dat die stelsel se frekwensie nominaal was voor die voorval nie, want dit kan die omvang van die insident dramaties meer of minder ernstig laat voorkom.
- **Drywingsteuring:** Bepaal die totale drywingsteuring wat deur die MEO veroorsaak is. Dit sluit die totale drywing in wat deur kragontwikkeling verloor (of gewen) is (in MW of GW).
- **Reserweprestasie:** Dit is nodig om vas te stel hoe die reserwes presteer het tydens die voorval. Daar moet bepaal word of die reserweprestasie genoegsaam was om die effek van die MEO te stuit en of die reserwes presteer het na verwagting. Die

genoegsaamheid is 'n aanduiding van die voorafbeplanning deur die stelseloperateur om in operasionele tekorte te voorsien. 'n MEO sal dikwels nie die totale reserwe uitput nie, terwyl daar in ander gevalle onvoldoende reserwes beskikbaar is om in die tekorte te voorsien. Spesifieke reserwes (en kragontwikkelingsopsies) wat oorweeg moet word, sluit in:

- Oombliklike reserwe [38]
- Reguleringsreserwe [38]
- Tienminuutreserwe [38]
- Noodreserwes [38]
- Aanvullende reserwes [38]
- Hidropompstaking

Hierdie klasse van reserwes moet beoordeel word aan die hand van hul grootheidshydrae, maar ook met betrekking tot die tydsverloop voor dit beskikbaar raak en die periode waaroor dit benut kan word.

- **Dinamiese stabiliteit:** Die dinamiese stabiliteit van die kragstelsel (of kragstelsels indien skeuring plaasgevind het) is belangrik. 'n Kenmerk van MEO's onder sekere omstandighede is dat ossillasies geïnduseer kan word wat soms onvoldoende demping het en selfs tot resonansie kan lei. Sulke steurings kan tot grootskaalse eskalasie in die omvang van die ontwrigting lei, sodat verdere toerusting se vermoëns oorskry word wat dan buite bedryf gestel word deur beveiliging.

Sodoende word die aaneengeskakelde aard van 'n MEO verder uitgebrei. Spesifieke ossillasies waarvan daar voorbeelde gevind kon word sluit in:

- Frekwensie
- Drywing
- Spanning
- Fasorhoeke

- **Stelselspanning:** Wanneer die roterende aanleg in gebiede deur 'n MEO verwyder word (soos by die uitdowing van 'n kragstasie), is daar 'n geneigdheid dat die plaaslike spanning in duie stort en vlakke vêr onderkant die voorsieningsgehaltestandaarde verswak [66]. Dit is uiters de-stabiliserend, aangesien die meeste intelligente toestelle en installasies nie buite die standarde kan funksioneer nie en gevolglik buite bedryf gestel word. Sodoende, word die aaneengeskakelde aard van 'n MEO verder uitgebrei. In hierdie opname moet die spanning op verskeie spanningsvlakke bepaal word, verskeie substasies weg van die kragstasie(s) waar die MEO plaasgevind het.
- **Verbruikersimpak:** Die omvang van die ontwigting wat die kraggebruikers ervaar, behoort behoorlik aangeteken te word. Dit sluit die volgende aspekte in:
  - Aantal gebruikers wat ontwig is.

- Totale drywingsverbruik wat onderbreek is.
  - Totale energie wat nie gelewer is nie as gevolg van die voorval.
  - Die geografiese verspreiding en impak van die MEO, byvoorbeeld die streke wat geaffekteer is.
  - Demografiese eienskappe wat die onderbreking kenmerk, byvoorbeeld die verhouding tussen huis- en nywerheidsgebruik.
- **Afwerping:** Die prestasie van die stelsels wat spesifiek ten doel het om las af te werp onder tekorttoestande in die tussenverbinde kragnet, moet beoordeel en aangeteken word. Hierdie stelsels kan die volgende insluit:
    - Laefrekwensie-afwerping
    - Laespanningbeveiliging

### *Kragontwikkeling*

Die spesifieke kenmerke, eienskappe en gedrag van kragstasies en ander kragontwikkeling ten tye van en as gevolg van die MEO.

- **Skaal van ontwrigting:** Dit is nodig om presies aan te dui tot watter mate elke geaffekteerde kragstasie ontwrig is. Dit is nodig om die aantal (en bepaalde) eenhede wat fisies ontkoppel het van die tussenverbinde kragnet te bepaal. In hierdie dimensie is daar vyf

moontlikhede wat vir elke eenheid opgeteken moet word, naamlik

- Outomatiese klink.
- Outomatiese afsondering.
- Handklink.
- Onbeoogde klink (ontkoppeling deur 'n stelsel wat nie sodanig ontwerp is nie).
- Afgeleë ontkoppeling (ontkoppeling van alle voerders, sonder om die eenheid se eie stroombrekers te klink).

Aangesien hierdie ontkoppeling van eenhede onder verskillende ontwikkelings-modusse kan geskied, moet dit as sodanig aangeteken word:

- Vanuit aktiewe drywings-ontwikkelingsmodus, met ander woorde wanneer die masjien as 'n generator aangewend is.
- Vanuit reaktiewe ontwikkelingsmodus, met ander woorde wanneer die masjien as 'n sinchrone kapasitor of reaktor aangewend is.
- Vanuit aktiewe drywinggebruiksmodus, met ander woorde wanneer die masjien as 'n motor aangewend is, soos in die geval van 'n hidromasjien wat as pomp aangewend word.

Behalwe die ontkoppeling self, is dit nodig om aan te teken hoeveel (en watter)

eenhede bloot ontwrig was, maar nie ontkoppel het nie. 'n Afname in opgewekte drywing is die mees algemene vorm hiervan, maar ontwrigting sou ook moontlik kon wees vanuit ander modusse as aktiewe drywingsontwikkeling.

Benewens die kragontwikkelingseenhede, moet daar vasgestel word of daar 'n ontwrigting plaasgevind het in die gemeenskaplike aanlegte en prosesse. Hierdie tipe ontwrigting het die potensiaal om ander eenhede te belemmer, of om die vermoë om normale bedryf te hervat aan bande te lê.

Dit is egter van belang om na alle kragontwikkelingsfasette te kyk. Van die mees vername areas sluit die volgende in:

- Groot skaalse kragontwikkeling wat kragtens die kragnetkode as generators gelisensieer is [40].
- Kragontwikkeling wat in distribusie- of munisipale stelsels omslote is.
- Ko-kragontwikkeling wat as deel van nywerhede bestaan en bedryf word.
- Kragontwikkeling in buurstate of binne die KPSA.
- Kragontwikkeling wat selfversendend optree, soos hernubare tegnologieë.

- **Skade:** Die skade wat met MEO's geassosieer word kan op twee maniere tot vergestaltung kom. Ten eerste kan 'n

voorval plaasvind, waartydens skade voortvloei en wat dan aanleiding gee tot die MEO. Die tweede moontlikheid is dat die gebeure wat tydens die MEO voorkom, byvoorbeeld 'n onderbreking in kragtoevoer, skade veroorsaak. Beide gevalle is van belang, maar die onderskeid moet gemaak word tydens die insameling van die inligting en die omvang van die skade moet aangeteken word.

- **Noodgereedheidsprestasie:** Kragstasies is meestal toegerus met die stelsels en funksionaliteit om noodsituasies te hanteer. Dit is uiters belangrik dat hierdie noodstelsels effektief funksioneer. Vir daardie doel moet die prestasie van die noodstelsels ondersoek en aangeteken word. Tipiese voorbeelde van sulke stelsels en funksionaliteite is onder andere:
  - Noodopwekkers
  - Batteryrugsteunkragtoevoere
  - Gelykstroomhulptoerusting
  - Druklogopgaarstelsels
  - Enjinaangedrewe hulptoerusting
  - Onafhanklike stasietoevoere
  - Spesiale beveiligingskemas
  - Afgeleë kernkrag-toevoerskemas
  - Afsondering van eenhede
  - Laefrekwensieklank van laste
  - Laefrekwensie-aanskakeling van opwekkers
  - Selfstandige aanskakeling

- Dataopnemers en steurings-registreerders
- Kommunikasiestelsels
- Noodbeligting
- Noodventilering
- Noodontlasting
- Noodindamming tydens storting

### *Oorkoepelend*

Behalwe om inligting in te win oor die aspekte wat te make het met die verskillende rolspelers en belangegroepes, is dit ook nodig om sekere eienskappe op 'n voorvalwye vlak in te win en weer te gee.

- **Koste:** Die koste wat deur die voorval teweeggebring is, moet bereken en aangeteken word. Hierdie koste hoef nie noodwendig aktuarieel akkuraat te wees nie, aangesien dit bloot as aanwyser gebruik word en as maatstaf om voorvalle met mekaar te vergelyk. Die "rou" koste is dus aanvaarbaar. Wat egter wel van belang is, is dat die wyse waarop kostes beskou, bereken en weergegee word, konsekwent sal geskied. Sekere kostes wat wel verreken behoort te word, is onder andere:
  - Direkte skade aan bates of verliese in voorraad.
  - Kostedifferensiaal tussen die koste in die afwesigheid van die voorval teenoor die koste in die teenwoordigheid van die voorval. Dit word bepaal met die inagneming van die herskedulering van kraglewering

en die vervanging van krag (ook invoere).

- Koste van die totale ongelewerde krag aan gebruikers.
- Koste geassosieer met eise wat ingestel is as gevolg van die voorval, of boetes wat gehef is (kontraktueel of regspligtig).
- Koste wat aangegaan is om die tussenverbinde kragnet te restoureer, wat menslike hulpbronne, heraanskakelkoste, ensovoorts insluit.
- Koste ten opsigte van die omgewing of openbare beeld wat spruit uit die voorval, soos die opruim van stortings of reklameveldtogte.
- Koste aangegaan vir die aankoop van netwerkkondersteuningsdienste, soos afsondering, selfstandige aanskakeling, tienminuutreserwes, ensovoorts.

- **Doelgemaakte beveiliging:** Die prestasie van beveiligingskemas wat doelgemaak is om stelselspesifieke (eerder as komponentspesifieke) bedreigings te bestuur, moet noukeurig geëvalueer word. Sulke stelsels sluit in:

- Laefrekwensie-afwerping.
- Ontkoppeling of inperking van kragontwikkeling.

- **Blaam:** Dit is nodig om vas te stel waar die blaam vir die MEO-voorvalle lê. Daarsonder is dit nie moontlik om noodwendig remediërende aksies van stapel te stuur na 'n MEO nie. Die blaam vir 'n voorval moet is tweeledig:
  - Wie of wat te blameer is vir die ontstaan van die MEO, oftewel wie of wat die sneller vir die voorval was.
  - Wie of wat te blameer is vir die uiteindelijke ontwrigting van die eenheid self.

Hoewel die ontkoppeling dikwels deur stelsels aan die kant van die kragstasie uitgevoer word, is dit dikwels genoodsaak weens 'n netwerkversteuring wat die grense van onwrikbaarheid van die eenheid, wat in die kragnetkode beskryf is, oorskryf het. Die blaam vir elke enkele eenheid wat ontwrig is moet vasgestel word, aangesien die blaam van een eenheid tot die volgende kan verskil.

Dit is verder moontlik dat die blaam nie aan 'n spesifieke regmatige party toegeëien kan word nie. Voorbeelde hiervan sluit in:

- Sabotasie
- Force majeure
- Actus Deo.

Laastens is dit soms onmoontlik om die blaam te bepaal. Gebrekkige inligting

veroorzaak dat die blaam nie bepaal kan word nie.

- **Beveiliging:** Die integriteit, korrektheid en genoegsaamheid van die beveiliging tydens die MEO moet ondersoek word. In hierdie sin moet beveiliging in sy wydste tegniese konteks geïnterpreteer word en dit sluit die volgende in:
  - Tradisionele elektriese beveiliging van alle rolspelers op alle aanlegte en installasies.
  - Prosesbeveiliging wat deur beheerstelsels geïmplementeer is.
  - Menslike handeling wat doelbewus die beveiliging van mens of toerusting ten doel gehad het.
  - Die beperking van normale aksies om te voorkom dat grense oorskry word weens tegniese redes.
  - Die uitsluiting van sekere aksies om onveilige toestande te vermy.
  - Die vergrendeling van stelsels om onveilige aksies te voorkom.

#### *Anatomie van MEO*

As deel van die ontleding van die MEO is dit nodig om sekere minder opvallende eienskappe van die MEO vas te stel en aan te teken.

- **Verdedigingslinies:** Dit is nodig om vas te stel of die maatreëls wat die spesifieke gebeure tydens 'n MEO moes voorkom, genoegsaam was en spesifiek hoe hulle gefaal het. Dis is juis in hierdie opsig wat

baie regstellings gemaak moet word.

Voorbeelde daarvan is:

- Beveiligingstelsels
- Prosedures
- Risiko-analisepraktyke
- Gehaltebestuur en -versekering
- Inspeksie- en toetsprogramme
- Toestandsmonitering
- Alarms en aanlegmonitering
- Inbedryfstellingspraktyke
- Hersiening en oorsig
- Toesig
- Opleiding en simulators
- Toetse en gemoedsruspraktyke
- Instandhouding

- **Gemene delers:** Die bepaling van die hoeveelheid gemeenskaplike faktore wat tot die MEO in sy volle omvang bygedra het, is 'n belangrike aspek wanneer daar na oplossings gesoek word. Nie bloot die aantal nie, maar die identifisering van die presiese gemeenskaplike faktore of stelsels is van groot belang. Tipiese voorbeelde sluit die volgende in:

- Tussenverbinde kragnet
- Hoogspanningswerf
- Stamsonebeveiliging
- Interne retikulasiestelsel
- Gelykstroomstelsel
- Verkoelwaterstelsel
- Beheerstelsel
- Brandbestrydingstelsel
- Beaardingstelsel

- Drukflugstelsel
- Brandoliestelsel
- Ontbrandingsgas
- Steenkool
- Ashantering
- Proseswater
- Kommunikasiestelsel
- Vloeibare brandstofhantering
- Dryf-, aanloopleidings- en sluiskeppe

- **Oorsprong:** Dit is belangrik vir die langtermynontleding van MEO's om die spesifieke toerusting of stelsels waarvandaan die voorval sy ontstaan het, te identifiseer. Dit is soms moontlik om meer as een te identifiseer. Tipiese voorbeelde sluit die volgende in:

- Kraglyn (transmissie of distribusie)
- Netwerkstroombreker
- Netwerkkapasitore
- Derdepartyhandeling of -gedrag
- Instrumentasietransformators
- Netwerkgeleisam
- Beveiliging
- Opwekkingsbeheerder
- Kragstasietransformator
- Netwerkkoppeltransformator
- Spoedreëlaars
- Kompressors of drukflugstelsels
- Verkoelwaterstelsel of -komponente
- Proseswatervoorsiening
- Steenkooltoevoer

- Ashantering
  - Standhoudende kragbronne
  - Beheerstelsels
- **Snellers:** Die spesifieke gebeurtenis wat die gebeure van die MEO van stapel gestuur het, moet vasgestel word. Tipiese voorbeelde sluit onder meer die volgende in:
    - Elektriese foute
    - Menslike foute
    - Menslike aggressie
    - Weerlig
    - Omgewingstemperature (uitsonderlik hoog of laag)
    - Wind, tornado, ensovoorts.
    - Mis, dou, ryp, ensovoorts.
    - Reën, hael, sneeu, ensovoorts.
    - Komponentfaling
    - Ontploffing
    - Ossillasie
    - Vuur
    - Wanfunksionering
    - Onderbreking
    - Toets
    - Oorbelading
    - Vloed
    - Aardbewing
    - Tsunami of getybolwe
    - Versinking
    - Sonuitbarsting

Die gedetailleerdheid en afbraak van die inligting kan aangepas word na gelang van

die doel waarvoor hierdie inligting aangewend word. Statistiese ontleding vereis gewoonlik die inligting op 'n hoër vlak terwyl die vind van oplossings en voorkoming meer besonderhede in die ontleding verg.

- **Voortplanting:** Dit is van uiterste belang om vir alle tipe-2-MEO's (sien 4.2.1) vas te stel hoe elke golf van die MEO voortplant na die volgende golf toe. By elke golf is daar die potensiële moontlikheid om die verdere uitkringing van die MEO te stuit en derhalwe moet die redes vir die voortplanting ondersoek word met die oog op verbeterde voorkoming in die toekoms.
- **Voortdurende verbetering:** In die bestuur van die bedreiging wat MEO's inhou is dit noodsaaklik dat die weerstandigheid van die eenhede en die tussenverbinde kragnet teen MEO's voortdurend uitgebrei en aangepas word. Om hierdie rede is dit nodig dat die ondersoek en ontleding spesifiek aandag daaraan gee. Areas van belang in hierdie verband sluit die volgende in:
  - Beste praktyke
  - Operasionele ervaring en lesse
  - Implementering van MEO-aksies
  - Ag slaan op waarskuwings
  - Studies en simulaties
  - Risiko-analise

- **Begrensing:** Die is belangrik om te weet waarom elke enkele eenheid aan 'n MEO deelgeneem het en wat die eenhede se spesifieke kwesbaarhede was. Dit is egter ewe belangrik om vas te stel waarom ander eenhede nie geraak was deur die MEO nie. Die immuniteit van sekere eenhede verskaf dikwels oplossings vir toekomstige voorvalle.
- **Oorsaak en bydraend:** Die grondoorsaak vir elke MEO moet gevind word en indien prakties moontlik, gekorrigeer word. Dit is egter net so belangrik om al die ander faktore wat meegewerk het om die MEO te laat plaasvind te identifiseer. Daar is dikwels verskeie faktore wat bygedra het tot die voorval en wat die voorval òf kon voorkom òf kon inperk. Dit is belangrik om te ondersoek waarom toekomstige voorvalle nie beperk kan word deur die bydraende faktore te adresseer nie.
- **Repetisie:** 'n Belangrike aspek van 'n MEO is om te bepaal of 'n soortgelyke voorval al voorheen plaasgevind het of nie. Indien dit 'n herhaling is, moet die redes waarom die vorige aanbevelings nie daarin kon slaag om 'n herhaling te voorkom nie, bepaal word.

### 4.9.3 Restourasie en ondersoek

Die volle omvang van 'n MEO kan eers bepaal word wanneer die gebeure van en die tyd wat die restourasie duur by die voorafgaande ingereken word. Eweneens is die afmetings en implikasies wat die ondersoek teweegbring, deel van die MEO en moet dít ook verreken word.

*Tussenverbinde kragnet* Die restourasie van die tussenverbinde kragnet is uit die aard van die saak die hoofokus van die ondersoek en dit moet ondersoek word vir genoegsaamheid.

- **Restourasie:** Die effektiwiteit van die restourasie moet beoordeel word aan die hand van die kriteria wat in die kragnetkode verstrekk word [36] asook die geredelike verwagting wat by belanghebbers bestaan. Verder kan dit ook gemeet word aan die hand van die teoretiese waardes wat in die restourasieplanne vervat is, of wat bepaal is deur toetse en simulaties. Hoewel die totale restourasieprogram beoordeel moet word, moet die rolle van die afsonderlike partye ook bepaal word, onder andere:
  - Kragstasies
  - Ander kragontwikkeling (soos wind-plase)
  - Omslote kragontwikkelaars
  - Transmissienetwerkdienverskaffers
  - Distribusienetwerkdienverskaffers
  - Munisipaliteite
  - Grootmaateindverbruikers
  - Prioriteitgebruikers
  - Ander lede van die KPSA
  - Stelseloperateur

- Tuisgebruikers

- **Koördinerings:** Die stelseloperateur, wat die aksies van ander rolspelers moet koördineer, se effektiwiteit moet ondersoek en beoordeel word. Aspekte wat ondersoek moet word sluit in:

- Implementering van restourasieplanne
- Daarstelling van kommunikasie
- Noodbeheersentrumeffektiwiteit
- Streeksbeheersentrumeffektiwiteit
- Synchronisasie van netwerke
- Regstreekse balansering van las en kragontwikkeling
- Beheer van netwerkspannings
- Optimaliteit van restourasie
- Genoegsaamheid van tapwisseling
- Koördinerings met Nasionale Rampbestuur
- Handhawing van sekuriteit

### *Kragontwikkeling*

Die rol wat kragontwikkeling speel tydens restourasie is van sleutelbelang, omdat die wagperiodes vir aanskakeling en belasting grootliks deur die kragstasies bepaal word.

- **Restourasie:** Die kragstasies se voldoening aan die restourasievereistes en prestasie tydens restourasie moet ontleed word met die doel om toekomstige verbeteringe te verkry. Sekere van die aspekte wat oorweeg moet word sluit die volgende in:

- Afsonderingsprestasië
- Heraanskakeling
- Selfstandige aanskakeling
- Laefrekwensie-aanskakeling
- Pompmodusafskakeling
- Noodopwekkerprestasië
- Bloklasaanvaarding
- Sinchronisasie
- Spitsontwikkelingsprestasië
- Sinchrone reaktor-/kapasitorwerking
- Genoegsaamheid van tapwisseling
- Effektiwiteit van noodgereedheids-fasiliteite
- Mobilisering en kommunikasie
- Handhawing van sekuriteit

### *Ondersoek*

Die ondersoek na die MEO moet beoordeel word aan die hand van die effektiwiteit daarvan. Tipiese aspekte waarop gefokus moet word sluit in:

- Voldoende verteenwoordiging
- Tydsduur
- Koste-effektiwiteit
- Uitvoerbaarheid van aanbevelings
- Onbeantwoorde vraagstukke
- Onafhanklike bevestiging
- Inherente gebreke geïdentifiseer
- Subjektiewe skatting deur ervare ingenieurs jeens die potensiele sukses van die aanbevelings om 'n herhaling te voorkom

### *Afsluiting*

Die ondersoek kan eers finaal afgesluit word wanneer dit bevestig is dat alle aanbevelings uitgevoer of geïmplementeer is.

#### 4.9.4 Parameters

Daar bestaan 'n groot aantal aspekte en eienskappe van MEO's wat potensieel ondersoek, nagespeur en geïnterpreteer kan word. Hoewel daar soveel daarvan as moontlik versamel behoort te word vir die doel van toekomstige studie en navorsing, behoort 'n aantal daarvan geïdentifiseer te word vir elke MEO wat as basis kan dien vir vergelyking en evaluasie. Die relevante parameters word in 'n aantal temas of onderwerpe opgedeel en word kortliks afsonderlik bespreek.

*Aktiewe drywing:* 'n MEO se belangrikste impak op 'n kragstelsel is die verwydering van drywing en derhalwe is dit ook nie mees ooglopende grootheid wat ter sprake is. Die drywingsaspek van 'n MEO het drie elemente.

Ten eerste is die hoeveelheid ontwikkelde drywing wat van die kragnetwerk onttrek is as gevolg van die voorval, van belang. Hierdie waarde is nodig om 'n MEO se absolute werklike impak te kwantifiseer.

Tweedens, is die drywing wat potensieel in gedrang was om ook onttrek te word, 'n belangrike hoeveelheid. Dit gee 'n aanduiding van die omvang van die werklike bedreiging ten tye van die voorval. Hierdie grootheid kan egter nie direk gemeet word nie en moet geskat word. Dit is egter belangrik dat al hierdie skattings gemaak word aan die hand van dieselfde aannames, sodat dit oor tyd ontleed kan word om neigings of tendense na vore te bring. Vir hierdie doel word die volgende lys van aannames voorgestel.

- Vir eenhede wat ontkoppel het, maar nie teen volle aanslag belas was nie, moet sulke eenhede se luierriserwe bygereken word.

- Eenhede wat nie aan die kragstelsel gekoppel was nie, maar wat wel geaffekteer sou word deur die MEO-gebeure, moet bygereken word.
- Slegs eenhede van kragstasies wat wel tydens die MEO geaffekteer is, moet in berekening gebring word.
- Vermoëns wat slegs in nood beskikbaar gemaak word, moet nie bygereken word nie, tensy dit inderdaad 'n noodtoestand was.

Laastens, maar tog van groot belang, is die totale drywing wat deur die tussenverbinde kragnet hanteer is ten tye van die voorval. Hierdie waarde is belangrik om die relatiewe grootte van die MEO-voorval te evalueer.

*Blinddrywing:*

Blinddrywing het 'n baie meer gelokaliseerde effek as aktiewe drywing en is derhalwe van minder belang. Hoewel, in sekere gevalle is dit tog meer noemenswaardig as in ander, soos byvoorbeeld waar eenhede as 'n sinchrone kapasitor of reaktor aangewend is. Dit is daarom tog nodig om die blinddrywing voor en na die voorval in ag te neem.

Verwant hieraan is die spanning (of potensiaal-verskil) en juis die effekte voor, tydens en na die voorval.

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Netwerf frekwensie</i> | <p>'n Direkte aanduiding wat die relatiewe grootte van MEO's in verband bring met die skielikheid van die ontwrigting, is die netwerf frekwensie. In hierdie verband is dit belangrik om beide die absolute grootte van die insinking (of in sekere gevalle die styging), sowel as die hersteltyd na die normale bedryfsband daarvan te bepaal.</p>                                                                                                                                                                                             |
| <i>Hoeveelhede</i>        | <p>Om MEO-gevalle met mekaar te vergelyk, is dit nodig om die aantal eenhede wat ontwrig is, sowel as die aantal eenhede wat ontkoppel het, te bevestig. Soos in die geval van die aktiewe drywing, is dit nodig om eenhede wat potensieel ontwrig of ontkoppel kon word vas te stel en apart aan te teken. In hierdie geval is dit egter ook nodig om eenhede wat, hoewel hul nie-gekoppel was ten tye van die voorval nie, maar wel as gevolg van die voorval onbeskikbaar geraak het, te identifiseer as deel van die impak van die MEO.</p> |
| <i>Binêre parameters</i>  | <p>Sekere waardes hoef nie gepeil te word nie, maar moet bevestig word en in die voorvalregister opgeneem word. Hierdie parameters sluit die volgende in.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Of die voorval tot 'n totale uitdowing van 'n kragstasie gelei het of kon lei.</li> <li>• Of die eenhede wat moes afsonder dit wel suksesvol gedoen het.</li> <li>• Of die noodkragopwekkers van die eenhede of die kragstasie korrek aangeskakel het en betroubaar gefunksioneer het.</li> </ul>                                        |

- Of die beveiligingstelsels en -toestelle korrek gefunksioneer het.
- Uit watter funksionele area die voorval sy ontstaan gehad het, byvoorbeeld transmissie-, kragontwikkeling-, ensovoorts.
- Of die voorval 'n herhaling van 'n soortgelyke vorige een was, al dan nie.
- Of die voorval voorkombaar was deur die aanwending van standaardingenieurs- en bestuurspraktyke.

#### **4.10 Samevatting**

Met die ontleding van die brondata het verskeie leemtes aan die lig gekom, beide vanuit 'n oogpunt van begrip en insig rakende die konsep van MEO met die dienooreenkomstige fasette daarvan, maar ook rakende die praktyk van die bestuur van die tussenverbinde kragnet wat MEO-bedreigings moet trotseer. In hierdie hoofstuk is verskeie hulpmiddels ontwikkel wat bydra om die leemtes te vul.

Die gebrekkige raamwerk vir die bestuur van hierdie onderliggende bedreiging is saamgestel uit die staats- en organisatoriese strukture waaruit die elektrisiteitsindustrie in Suidelike-Afrika bestaan. Praktiese riglyne is uiteengesit, gebaseer op die vele werklike MEO-gevalle wat tydens hierdie studie bestudeer is, wat aangewend kan word vanuit 'n ontwikkelingsperspektief om 'n tussenverbinde kragnet oor tyd meer weerstandig te maak teen die bedreiging van MEO.

Daar is aandag gegee aan die monitering, karakterisering en bestudering van MEO en verskeie aanwysers en konsepte is ontwikkel vir hierdie doel. Ook die leemte van 'n gebrekkige benadering tot die ondersoek van MEO is

bygelê deur 'n geskikte raamwerk vir die stelselmatige ondersoek en optekening van MEO-voorvalle.