

Dynamisch gedrag van kortsluitstromen

C. J. van de Water

Vision Gebruikersdag 1999

Dynamische berekeningen van kortsluitstromen

•volgens IEC909

•volgens dynamisch model met machine-data

Waarom dynamische berekeningen?

- Beeld van het gedrag tijdens de storing
 - kortsluitstromen
 - maximale ac-stroom (Ik^{''})
 - piekstroom (Ip)
 - afschakelstroom (Ib)
 - stationaire stroom (Ik)
 - spanningen
 - op netknooppunten (Uk)
 - over componenten (Utak)

Welke methoden zijn er?

- IEC 909
 - internationale norm, conservatief door veiligheids-marges, geen detail-data nodig, voldoende nauwkeurig, geschikt voor handberekening
- Storingsanalyse in Vision
 - digitale rekenmethode, gaat uit van loadflow-data en machine-data, niet conservatief
- Diane
 - simulatie dynamisch gedrag, alle dynamische data nodig, nauwkeurig beeld

Ontwikkeling in Vision

- IEC 909 uitbreiden met berekening van:
 - afschakelstroom (I_b reeds beschikbaar)
 - stationaire stroom
 - alleen uitvoer van stromen
- Storingsanalyse uitbreiden met berekening van:
 - uitvoer dynamisch stroomgedrag volgens machine data
 - uitvoer spanningsgedrag tijdens storing

Doel IEC 909

- Algemene beknopte ‘eenduidige’ procedure
- Conservatieve resultaten
- Voldoende nauwkeurig voor engineerings-marges
- Geschikt voor handberekening
- IEC laat ruimte voor toepassing van alternatieve methoden

IEC 909 methode

- Equivalente spanningsbron op de kortsluitplaats aanbrengen
- Passief lineair netwerk met alleen inwendige impedanties van bronnen
- Open spanning ($= c \cdot U_{nom}$) is gelijk aan de nominale netspanning verhoogd met een conservatieve c-factor

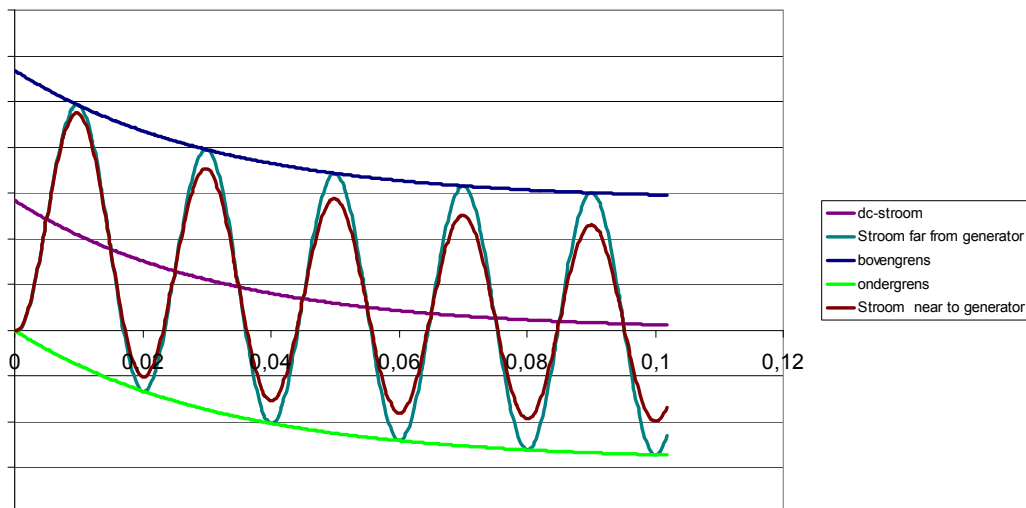
IEC 909 uitgangspunten

- Generator modelleren met constante subtransiënte impedantie (x_d'')
- Asynchrone machine modelleren met constante aanloopimpedantie
- Verwaarlozen van belasting van net en machines

IEC 909 beoogd resultaat

- Maximale ac-kortsluitstroom
 - voor kortsluitvastheid (thermisch) en nominaal vermogen van componenten
- Minimale ac-kortsluitstroom
 - voor beveiligingen en aanloop van machines
- Dynamisch gedrag
 - piekstroom (mechanische sterkte componenten)
 - uitschakelstroom
 - stationaire stroom

Kortsluitstromen volgens IEC 909



Aanvangskortsluitstroom (I_k'')

- Symmetrische fout geeft grootste stroom
- Geen boogweerstand toepassen
- Transformator trapstand op nominale of vaste bedrijfsstand

Piekstroom (I_p)

- Piekstroom = dc-component + ac-top ($t=0,01s$)
- Gelijkstroomcomponent (I_{dc}) $I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot \exp(-2\pi f \cdot t \cdot R/X)$
- $I_{ac} = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot \cos(\omega \cdot t)$
- $I_{piek} = \chi \cdot I_k''$
- Onderscheid maken in de bijdrage van de piekstroom uit diverse parallelle bronnen

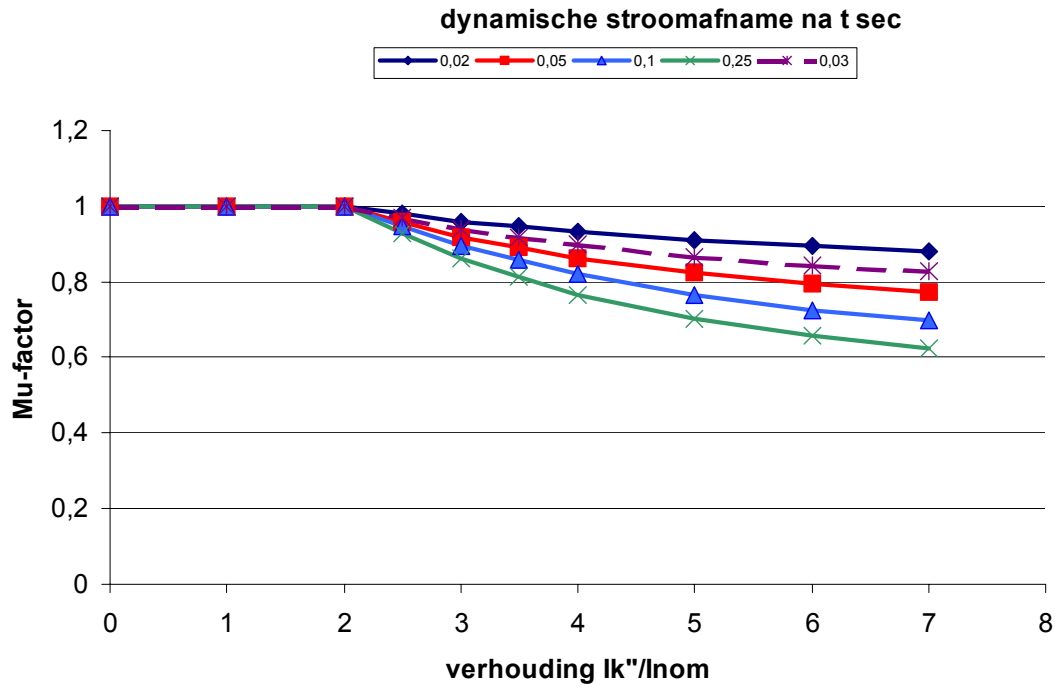
Uitschakelstroom (I_b)

- Kortsluitstroomafname wordt in IEC 909 door een $\mu(t)$ -factor bepaald als functie van de verhouding I_{kG}''/I_{nomG}
- Far from generator $I_{bG} = I_{kG}''$ (voor $I_{kG}''/I_{nomG} < 2$)
- Near to generator $I_{bG} = \mu(t) \cdot I_{kG}''$ (voor $I_{kG}''/I_{nomG} > 2$)

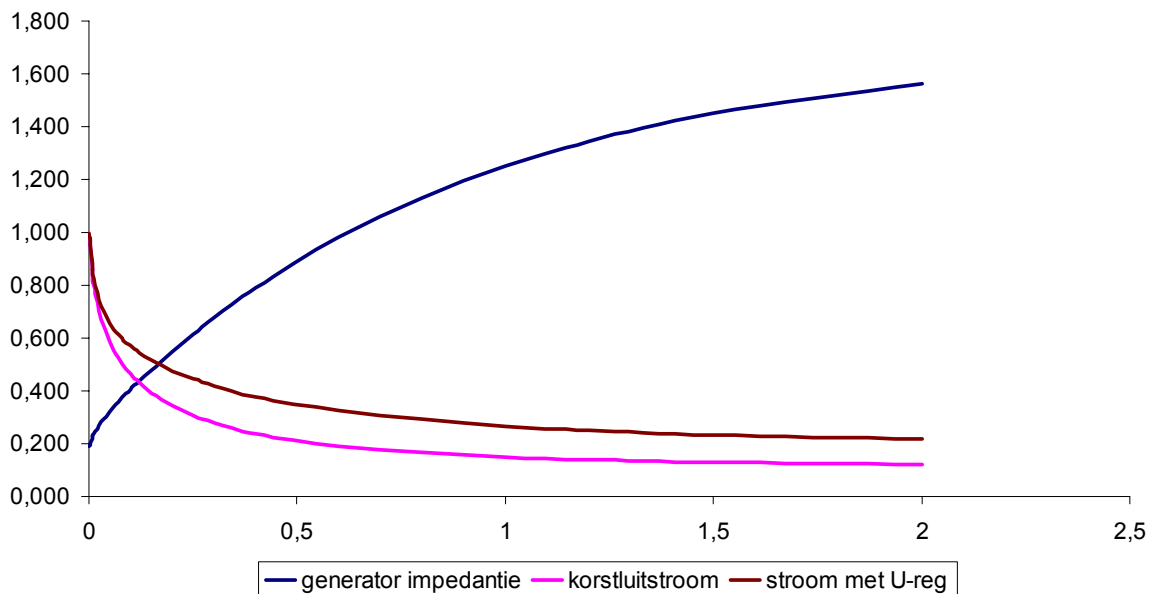
Stationaire kortsluitstroom (I_k)

- De stationaire kortsluitstroom is gedefinieerd door een vaste factor ten opzichte van de nominale generatorstroom: $I_k = \lambda I_{nomG}$
- factor $\lambda = f(x_{d \text{ sat}}, I_k''/I_{nomG}, \text{type machine})$
- IEC maakt bij type onderscheid in:
 - turbo-generatoren en uitgebouwde polen
 - type overbekrachtiging (serie 1 en serie 2)

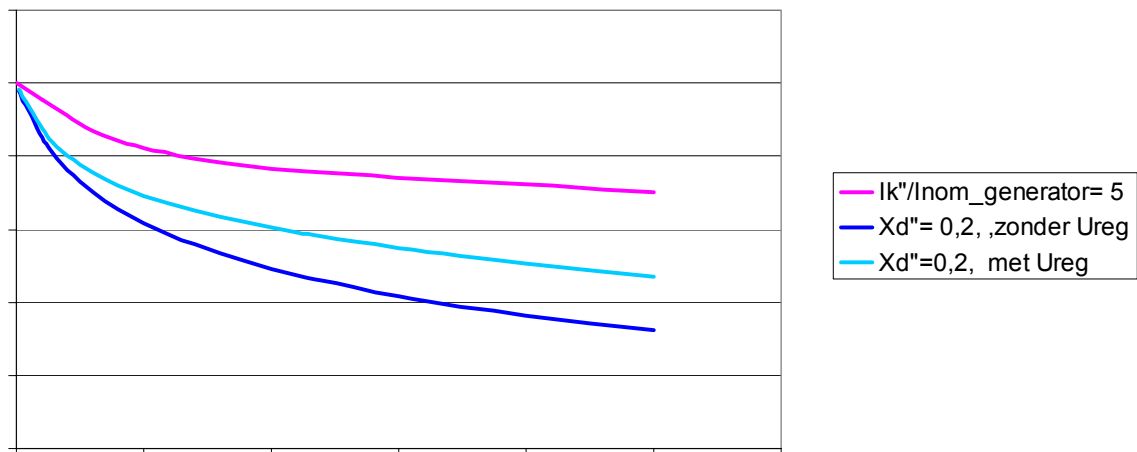
IEC 909 μ -factor stroomafname $f(I''_{kG}/I_{nomG})$



Dynamisch verloop tijdens generatorklemssluiting



Vergelijking IEC909 en werkelijk verloop met machine-data



Berekening van stroomverdeling (IEC methode) Actieve Storingsanalyse (Stan)

- Actief model: elke (stroom)-bron is actief
- Netwerk: passief
- Belastingen: passieve impedanties
- Tijdstip t_0 : berekend met loadflowgegevens
- Modificatie: door middel van impedantie toevoegen aan netwerk.

Dynamische modelverschillen

- Modelvorming van bron en net identiek bij storingsanalyse en IEC 909
- Stroomdaling van kortsluitbronnen door μ -factor = $f(I_k''/I_{nom})$ aan de machineklemmen
- IEC geeft factoren voor maximale stationaire stroom voor turbine-generatoren en uitgebouwde polen
- Machine en net-data nodig voor storingsanalyse