

Generatormodulet i FEBDOK er udviklet til projektering og dokumentation af elektriske installationer, hvor der indgår én eller flere generatorer.

I sådanne installationer kan kortslutningsydelser ikke betragtes som statiske værdier. Dette har stor betydning ved udførelse af beregninger i anlæg med generatorer.

Denne type anlæg findes f.eks. inden for industri, offshore-installationer og på hospitaler.

Installationstyper

I version 8 kan følgende installationstyper beregnes:

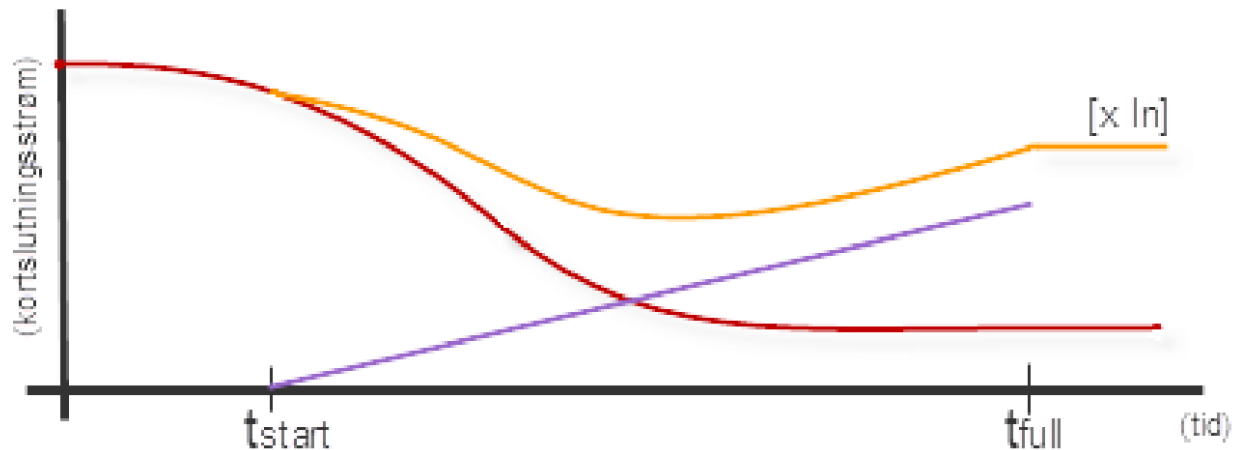
- Installationer forsynet af én eller flere generatorer
- Installationer forsynet fra elnettet og én eller flere generatorer
- Installationer forsynet fra transformator og én eller flere generatorer

Hvor installationer forsynes fra både net og generator, eller hvor generatorer er placeret forskellige steder i installationen, håndteres dette ved først at definere, om installationen forsynes fra net eller generator, og derefter placere en generator-kreds i den ønskede fordeling.

Fejlstrømme

FEBDOK tager højde for kortslutningsstrømmenes dynamiske forløb ved at beregne fejlstrømmen i fire stadier:

- Subtransient: I_k''
- Transient: I_k'
- Stationær: I_k
- Bidrag fra spændingsregulator



Figur 1 – Fejlstrømme

- **Fejlstrøm** baseret på angivne data for generator
- **Fejlstrøm** baseret på angivne data for spændingsregulator
- Resulterende **fejlstrøm**

Tidligere blev kortslutningsstrømme beregnet som statiske værdier (stift forsyningsnet), og FEBDOK viste den højeste og laveste fejlstrøm i et punkt, altså den fejlstrøm, som beskyttelsen skulle koble ud ved, baseret på konventionelle kortslutningsberegninger.

Den fejlstrøm, som nu vises i FEBDOK, afhænger af to forhold:

1. Tidspunkt for beskyttelsens udkobling

Den højeste og laveste fejlstrøm vises afhængigt af, hvornår i det dynamiske kortslutningsforløb beskyttelsen kobler ud.

For justerbare beskyttelser vil den viste værdi derfor variere med forskellige indstillinger.

2. Antal strømkilder

Den højeste fejlstrøm vises som det maksimale samlede bidrag fra alle strømkilder.

Den laveste fejlstrøm vises ud fra den strømkilde, som giver det laveste kortslutningsbidrag.

I fordelingsdata vises den største og mindste subtransiente fejlstrøm, uafhængigt af forankoblede beskyttelsers udkoblingstid.

Generatordata

For at kunne udføre korrekte beregninger er det nødvendigt at angive data for generatorens mærkeværdier, modstande og reaktanser, tidskonstanter samt spændingsregulator, hvor denne anvendes.

Det er vigtigt, at alle værdier angives i overensstemmelse med producentens datablad, så beregningsgrundlaget svarer til de faktiske forhold i installationen.

Mærkeværdier

- Mærkespænding, **U_n [V]**
- Mærkeydelse, **S_n [kVA]**
- Mærkeeffekt, **P_n [kW]**
- Mærke $\cos \phi$

Resistanser og reaktanser

- Statorresistans pr. fase, **R_a [Ω]**
- Subtransient reaktans, **X_d'' [p.u.]**
- Transient reaktans, **X_d' [p.u.]**
- Synkron reaktans, **X_d [p.u.]**
- Negativ system reaktans, **X_2 [p.u.]**
- Nulsekvens reaktans, **X_0 [p.u.]**

Spændingsregulator

- Generatorstrøm ved fuldt pådrag, **I_n**
- Tid til start af pådrag [s]
- Tid til fuldt pådrag [s]

Tidskonstanter

- Subtransient tidskonstant, **T'' [ms]**
- Transient tidskonstant, **T' [ms]**

Technical data

Mærkespænding, U_n	400	V	Subtransient reaktans, X_d''	0,2	p.u.
Mærkeytelse, S_n	2500	kVA	Transient reaktans, X_d'	0,35	p.u.
Mærke Cos phi	0,9		Synkron reaktans, X_d	1,2	p.u.
Nominel effekt, P_n	2250	kW	Negativ sekvens impedans, X_2	0,15	p.u.
Stator resistans pr fase, R_a	0,016	Ohm	Nul sekvens reaktans, X_0	0,2	p.u.
Subtransient tidskonstant, T_d''	20	ms	Regulator		
Transient tidskonstant, T_d'	80	ms	☒ Inkludert		
			Generator strøm ved fuld VR åbning	3	x I_n
			Tid til start af spændings regulator	0,075	s
			Tid til fuld VR åbning	1	s

Figur 2 – Generatordata

Fabrikanterne opgiver kortslutningsmodstandene i enten % eller pr. unit, i tabeller der medfølger som dokumentation over generatoren:

I nedenstående tabel, er modstande opgivet som $X_d\%$

Short-circuit ratio	Kcc	0,350	
Direct axis synchronous reactance	X_d	303,0%	285,7%
Quadrature axis synchronous reactance	X_q	182,0%	171,4%
Direct axis transient reactance	X_d'	31,10%	26,4%
Quadrature axis transient reactance	X_q'	182%	171,4%
Direct axis subtransient reactance	X_d''	16,8%	14,3%
Quadrature axis subtransient reactance	X_q''	21,0%	17,9%
Negative sequence reactance	X_2	18,9%	16,1%

(Leroy Sommer LSA 54 M75)

Febdok skal have værdierne indtastet i p.u (per unit)

Derfor skal værdien omregnes til p.u, hvis den er opgivet i %

$$X_d \% = X_d \text{ pu} \cdot 100$$

$$X_d \text{ pu} = \frac{X_d \%}{100}$$

Hvis generatorfabrikanten opgiver modstande i p.u kan de indtastes direkte i Febdok

Spændingsregulator

Hvis beskyttelsen ikke kobler fejlstrømmen fra generatoren ud i det subtransiente eller transiente område, vil fejlstrømmen befinde sig i det stationære område.

I det stationære område uden påvirkning fra spændingsregulatoren vil generatoren levere en meget lav kortslutningsstrøm, hvilket kan give problemer ved valg af kabler og beskyttelsesudstyr.

For at øge kortslutningsbidraget anvendes derfor spændingsregulatoren, som øger magnetiseringen, så den leverede fejlstrøm bliver større, og beskyttelsen kobler hurtigere ud.

Spændingsregulatorfunktionen i FEBDOK er forenklet og baseret på angivelse af tre værdier.

Regulator		
Inkludert	☒	
Generator strøm ved fuld VR åbning	3	x I _n
Tid til start af spændings regulator	0.075	s
Tid til fuld VR åbning	1	s

Figur 3 – Data for spændingsregulator

Ud fra disse oplysninger summeres en lineær kurve, som sammen med generatorens egen kortslutningsstrøm giver den resulterende fejlstrøm, som beskyttelsen ser og skal afbryde. Dette fremgår af kurven vist i starten af vejledningen.