



**Svenska  
Kraftnät**

Anders Danell  
Anders Johansson  
Kenneth Walve

RAPPORT  
2003-10-03

## **Elavbrottet i södra Sverige och i östra Danmark 2003-09-23**

**Preliminär rapport om händelseförloppet som  
ledde till avbrottet**

## Innehållsförteckning

1.	Sammanfattning .....	3
2.	Händelseförlopp.....	3
2.1	Initial driftsituation.....	3
2.2	12.30-12.35 – Bortfall av Oskarshamn block 3.....	4
2.3	12.35-12.36 – Fel i Horred och sjunkande spänningar.....	4
2.4	12.36-12.37 – Sammanbrottet .....	5
2.5	Driftåtgärder under störningsförloppet.....	6
3.	Oskarshamn.....	6
4.	Horred.....	6
4.1	Driftläggning före fel .....	6
4.2	Händelseförloppet kl 12.35.....	6
5.	Utlandsförbindelser och störningsreserv .....	7
5.1	Allmänt .....	7
5.2	Aktuellt driftläge.....	7
5.3	Reglering vid störningen.....	7

## 1. Sammanfattning

Tisdagen den 23 september 2003 klockan 12:35:38 uppstod ett omfattande elavbrott i södra Sverige samt i östra Danmark. Det drabbade området bestod i princip av området sydöst om en linje från Varberg i väst till Norrköping i öst samt Själland, Gotland och Bornholm.

Den primära orsaken till elavbrottet är en kombination av ett dubbelt samlingsskenefel i Horred som i sin tur löste ut två kärnkraftblock i Ringhals, endast några minuter efter ett bortfall av kärnkraftverket Oskarshamn 3 som producerade 1175 MW. Denna svåra påfrestning ledde till en spänningskollaps i stamnätet sydväst om Stockholmsområdet.

Återuppbyggnaden av systemet påbörjades omedelbart efter felet och förbrukningen började återinkopplas efter ca 1 timme. Så gott som all förbrukning i Sydsverige var åter inkopplad efter ca 3 timmar.

Totalt bortkopplad förbrukning i Sverige uppgick till ca 3000 MW och i östra Danmark till 1850 MW.

Normal driftsäkerhet, frekvens samt systemspänningar förelåg innan felet. Tillåten överföringskapacitet i nord-sydlig riktning i systemet var begränsad p.g.a. underhållsarbeten på två kraftledningar i och utanför det drabbade området.

En teknisk beskrivning av återuppbyggnadsarbetet faller utanför ramen för denna rapport.

## 2. Händelseförlopp

Förutom i texten nedan så illustreras störningen och viktiga stationsobjekt i Bilagor och Appendix enligt nedan:

- Bilaga 1 (2) Frekvens
- Bilaga 2 Systemspänning och frekvens i Odensala
- Bilaga 3 Frånskiljarbrott

### 2.1 Initial driftsituation

Det milda vädret i kombination med vattenmagasinsnivån medförde att överföringen på stamnätet var relativt låg under dagen. Dessutom importerades effekt från samtliga synkront anslutna grannländer och från Jylland.

Den maximala överföringskapaciteten genom snitt 2 (Norrland->Mellansverige) och 4 (Mellansverige->södra Sverige) var något begränsade på grund av underhållsarbeten på en 400 kV ledning, den mellan Breared och Strömme (påstick till Horred). Dessutom var 400 kV ledningen mellan Hallsberg och Kimstad ur drift för underhåll.

Likströmslänkarna till Tyskland och Polen var även de ur drift på grund av underhåll. Driftsäkerheten var normal och nätet var lågt belastat med stora marginaler till satta gränser.

## **2.2 Kl. 12.30 - 12.35 – Bortfall av Oskarshamn block 3**

Internt fel i blocket gör att man tvingas till manuell nedstyrning och snabbstopp. Därmed förlorar kraftsystemet en produktion av 1175 MW.

Produktionsbortfallet ger en effektobalans i systemet och därmed en snabb frekvenssänkning ned till 49,66 Hz.

Frekvensfallet hävs med hjälp av momentan störningsreserv i vattenkraften i Sverige, Norge, Finland samt i mindre omfattning från Själland, och överföringen ökar från grannländerna och i snitt 2. Frekvensen återgår till 49,8 à 49.9 Hz.

Efter bortfallet av O3 sjunker spänningarna i södra Sverige något. Exempelvis går spänningen i Simpevarp från 415 kV till 409 kV och i Söderåsen från 410 kV till 405 kV.

## **2.3 Kl. 12.35 - 12.36 – Fel i Horred och sjunkande spänningar**

**Felet.** Kl. 12.35 inträffar en tvåfasig kortslutning i Horred utan jordberöring på grund av haveri i en frånskiljare. Samlingsskeneskydden för A och B-skenorna bryter bort alla anslutna objekt inom ca 0,1 sekund. Enda ledningen som förblir ansluten i Horred är ledningen mellan Horred och Söderåsen. Men genom att ledningen är ansluten till D-skenan som inte har någon ytterligare anslutning gör den ingen nytta i det maskade 400 kV systemet.

I och med felet i Horred löser Ringhals block 3 och block 4 ut, vilket är naturligt eftersom blockets anslutningsledningar fränkopplas. Block 4 lyckas med att gå över till husturbindrift. Det innebär att generator och reaktor behålls i drift men utan anslutning mot yttre nät. Produktionen anpassas till att försörja blockets egenförbrukning. Tack vare husturbindriften kan blocket ca 1,5 timmar efter felet fasa mot nätet och leverera effekt.

**Nätbilden efter felet.** Felet i Horred innebär att 400 kV nätet genom snitt 4 är uppbrutet på västra kanten. Skåne är fortfarande anslutet mot norr via Tenhult och Simpevarp upp till Glan. Eftersom 400 kV ledningen Kimstad - Hallsberg sedan tidigare är ur drift bibehålls anslutningen mot Norrland endast via östra 400 kV nätet.

**Inledande pendling.** Sekunderna efter felet uppstår kraftiga pendlingar som ger djupa spänningsdippar i söder: Simpevarp ca 300 kV och Söderåsen ca 320 kV. Därefter stabiliseras spänningarna temporärt kring 360 - 370 kV i ett område från Söderåsen via Sege till Hall och Åker.

**Fallande spänningar.** Under tiden 10 - 90 sekunder efter felet i Horred sjunker spänningarna successivt. Efter 90 sekunder har spänningarna i

nämnda område gått under 320 kV i nätet från Skåne och upp till Södermanland. Lågst är spänningarna i Simpevarp.

Den naturliga förklaringen till de fallande spänningarna är i första hand den dynamiska spänningskänsligheten i belastningen. Inledningsvis minskar belastningen när spänningen sjunker. Emellertid sker sedan återgång till högre värden i och med att lindningskopplare justerar upp spänningen hos konsumenterna. När belastningen därmed ökar kommer den ökade överföringen att anstränga nätet mera. Därmed sjunker spänningen i överföringsnätet. Bidragande till spänningsfallet kan också vara att regulatorer begränsar strömmen och därmed reaktiva utmatningen på kvarvarande generatorer i sydsverige och på Själland. Hela detta fenomen med fallande spänningar brukar kallas ”spänningskollaps”.

## 2.4 Kl. 12.36 – 12.37 – Sammanbrottet

**Ledningsskydd agerar och nätet splittras.** När spänningarna har nått de låga nivåer som beskrivits ovan, kan nätet inte längre föra över önskad effekt södeut. Resultatet blir att spänningarna under några sekunder sjunker ytterligare mot extremt låga nivåer samtidigt som spänningsvinklarna ökar mellan norr och söder.

Ledningsskydden löser därför ut ett stort antal ledningar mellan Mellansverige och Sydsverige ungefär samtidigt. Understruket namn visar där utlösning skett.

Simpevarp	–	Alvesta
Kolstad	–	Tenhult
Åker	–	Hedenlunda
Hedenlunda	–	Kolstad
Simpevarp	–	Nybro
Hedenlunda	–	Glan, Kimstad

Utlösning sker även av brytare i övriga 400 kV stationer i söder p.g.a. allmänt spänningsbortfall bl a samtliga brytare från i Söderåsen. Därmed separeras Själland från det övriga (nu isolerade) sydsvenska nätet.

## 2.5 Driftåtgärder under störningsförloppet

Efter bortfallet av O3 men innan sammanbrottet, observeras de låga spänningarna av SvK:s DC. Ett antal reaktorer fränkopplas och kondensatorbatterier tillkopplas genom operatörsingripande. Automatiker aktiverar också kopplingar för att reglera spänningen.

Svenska Kraftnäts Balanstjänst hade strax innan bortfallet av O3 inlett nedreglering av produktion. Denna nedreglering avbröts efter bortfallet men ytterligare uppregering hanns inte med.

### 3. Oskarshamn block 3

Ventilproblem internt i blocket gjorde att man tvingades till manuell nedstyrning kl 12.30. Generatorns effekt sjönk därmed från 1175 MW till 800 MW under 10 sekunder. Den manuella nedstyrningen följdes sedan direkt av snabbstopp som innebar att effekten gick ned till 0 MW på ytterligare 10 sekunder. Ett par sekunder senare slogs generatorbrytaren ifrån. Snabbstopp innebär att reaktorn stoppas med hjälp av styrstavarna och att återstarttiden blir avsevärt längre än om blocket lyckas övergå till husturbindrift.

### 4. Horred

#### 4.1 Driftläggning före fel

Ringhals 3 och ledningen mot Kilanda är anslutna till A-skenan. Ringhals 4 och ledningen Uddebo-Tenhult är anslutna till B-skenan. Till D-skenan är ledningen mot Söderåsen kopplad. Mellan A- och D-skenan finns en sektioneringsbrytare AD och mellan B- och D-skenan en sektioneringsbrytare BD. I Horred finns 3 samlingsskeneskydd ett för respektive skena A, B och D.

#### 4.2 Händelseförlopp kl. 12:35

Den skadade frånskiljaren som är av pantograf typ (reser sig upp och greppar tag i en motkontakt) havererar i R-fas på grund av en skada i den övre leden och faller ner. En ljusbåge (lastström) uppstår som dras ut i och med att frånskiljaren viker sig på mitten i 90 graders vinkel. Frånskiljarens fall är olyckligtvis i riktning mot T-fas i samlingsskena B som är 6 m bort. Ljusbågen slår över till T-fas på samlingsskena B vilket medför att reläskydden för de båda samlingsskenorna löser ut. De två Ringhalsledningarna samt ledningarna mot Kilanda och Uddebo kopplas därmed bort. Kvar blir ledningen mot Söderåsen som ensam ligger mot D-skenan.

Lastströmmen genom den skadade frånskiljaren var 1000 A före kl. 12.30. Bortfallet av O3 ökade lastströmmen till ca 1500 A.

Den havererade frånskiljaren termograferades (undersökning med värmekamera) den 26 mars 2003 och nästa planerade apparatunderhåll skall ske under 2004.

### 5. Utlandsförbindelser och störningsreserv

#### 5.1 Allmänt

Det svenska stamnätet har kontakt med systemen i angränsande länder i ett antal punkter. Det synkrona systemet är anslutet till:

Finland (i Svartbyn och i Letsi)  
 Norge (i Ritsem, Grundfors, Järpströmmen samt i norska Hasle)  
 Själland (i Söderåsen).

Dessutom finns likströmslänkar mellan Sverige och

Finland (Forsmark, FennoSkan)  
 Jylland (Stenkullen/Lindome, KontiSkan 1 och 2)  
 Polen (Stärnö, SwePollink)  
 Tyskland (Kruseberg, Baltic Cable).

Likströmslänkarna används förutom för kraftaffärer även som automatiska nödeffektanläggningar vid störningar. Nödeffekt triggas vid låg spänning och låg frekvens i utvalda punkter i systemet.

## 5.2 Aktuellt driftläge

Vid det aktuella störningstillfället var likströmslänkarna till Polen och Tyskland avställda för årligt underhåll varför de inte var tillgängliga för import av nödeffekt. Detta förhållande var beaktat i de nätberäkningar som låg till grund för kapacitetsberäkningarna för systemet.

Sverige importerade effekt från samtliga grannländer innan störningen. Importsituationen var:

Norge (i söder)	+250 MW
Jylland	+586 MW
Själland	+406 MW
Finland	+1153 MW
<b>Totalt</b>	<b>+2395 MW</b>

## 5.3 Reglering vid störningen

Avtalsmässigt skall samtliga synkront anslutna Nordelländer momentant hjälpa till och reglera ut ett produktionsbortfall oavsett var i systemet detta inträffar. Följaktligen så förändrades importläget efter bortfallet av O3 till:

Norge (i söder)	+644	(+349) MW
Jylland	+641	(+55) MW
Själland	+435	(+29) MW
Finland	+1359	(+206) MW
<b>Totalt</b>	<b>+3079</b>	<b>(+684) MW</b>

Det nordiska samarbetet avseende momentan reserv fungerade alltså på ett tillfredställande sätt för att reglera ut bortfallet av Oskarshamn 3.

Fem minuter senare så löses block 3 och 4 i Ringhals ut. Importsituationen till Sverige förändras då till:

Norge (i söder)	+981	(+337) MW
Jylland	+390	(-251) MW
Själland	+510	(+75) MW
Finland	+1880	(+521) MW
 Totalt	 +3431	 (+772) MW

Systemet är dimensionerat så att man skall kunna ha 15 minuter på sig att återställa systemet till normal drift efter en störning. I detta fall så inträffade nästa störning redan efter 5 minuter i en underfrekvenssituation varför en normal uppreglering och stöd från grannländer inte kunde förväntas. Trots detta lyckades Finland och Norge leverera ytterligare ca 870 MW vilket motsvarar 50 % av bortfallet. Däremot så löstes KS1 mot Jylland ut vilket gav ett negativt bidrag på 250 MW.

Sammanfattningsvis kan man därför konstatera att det nordiska samarbetet avseende momentan störningsreserv fungerade förträffligt. Ytterligare tillskott av effekt från vattenkraften hade inte förändrat situationen eftersom denna hade matats in i norra delen av kollapsområdet.