



Consequences for Forsmark Nuclear Power Plants during the Hagby Incident

November, 9, 2023, Thomas Smed

Stort strömavbrott orsakade störningar i tunnelbanetrafik

Forsmark 1 och 2 bortkopplat på grund av avbrottet



Anna Sjögren, Johanna Sundbeck

Publicerad 2023-04-26

Del artikeln



Både Forsmark 1 och 2 drabbades av strömavbrottet och kopplades bort från elnätet. Foto: Fredrik Sandberg / TT

Ett större strömavbrott orsakade problem i tunnelbanetrafiken och Stockholms innerstad på onsdagsmorgonen.

SL skriver på sin hemsida att det är större störningar i nästan all trafik.

– Det är ett underhållsarbete som har gått fel och orsakat kortslutning, säger Robert Sennerdal på Svenska kraftnät.

Tema: Samhällsbyggnad



Fellet större än vad elnätet är dimensionerat för

- Elnätstämnet i Norden är dimensionerat för fellet på upp till 1400 MW, 26 april Forsmarks kraftgrupp mer 2300 MW. Ett elnätet ändå stod pall och inget stortskaligt strömavbrott inträffade i stället på tur.
- Fellet utbröt vid ett 3800-kV-nät vid höga godsenergier i systemet. Rotationsenergi, eller svängmassan som den lite slarvigt kallas, var hög. Annars hade frekvensen sjunkit ännu mer och konsekvenserna hade varit större, säger Erik Ek, strategisk driftchef på Svenska kraftnät.
- Frekvensen ska ligga mellan 49,90 och 50,10 Hz, men rasade under det låga gränsvärdet i drygt tio minuter. Sen väntade det mer till 49,3 Hz under några sekunder.
- Om frekvensen sjunker ännu mer – under 49,3 Hz – börjar elförbrukare fränkopplas automatiskt för att skydda systemen. Beroende på frekvensen nu, hade sjönk till 49,3 Hz kunde den nästan lika sack automatiskt sällning är en rad frekvensstörningsavseer. Vattenkraften hade sin produktion som några sekunder, batterier började mata el till och stationer drog igång. Upphöjda ledningslinjer kopplades loss omgående, vilket ledde till avstängning av två block. I Hives datahall i Boden trötta en misslyckad medtag till 10 MW.
- Även utsläppstaxa utvärderades i vägarade områden och misslyckade utsläpp av en på värd- tankarna.

Fellet gjorde att reaktorerna 1 och 2 i Forsmark kopplades bort från elnätet.

Missarna bakom stora elfelet

ELSTÄMNET En olycklig kombination mellan tekniska fel och den mänskliga faktorn orsakade den allvarliga elstörningen som släckte Forsmark. Frekvensen föll långt under normalspannet.

Flera saker gick snett när ett underhållsarbete skulle förberedas i Svenska kraftnät:s station Hagby norr om Stockholm onsdagen 26 april.

Ny Teknik har tidigare gått igenom händelseförloppet där en korsning i ett ställverk fick omfattande följesvängningar. Förutom att viktiga samhällsfunktioner som tunnelbana och trafiklän söndes ut i Stockholm så snabbstoppades Forsmark 1 och 2 automatiskt, vilket i sin tur orsakade en kraftig frekvensfall i hela det svenska elsystemet.

Svenska kraftnät har nu presenterat en första rapport som beskriver

var vad som häände. Där framgår att en olycklig kombination av tekniska fel och den mänskliga faktorn låg bakom den allvarliga elstörningen.

För att det ska vara säkert ett utföra arbeten i högspänningsanläggning måste den först göras spänningsfria. En brytare ska bryta strömmen, en fränkopplare ska bryta spänningen och därefter ska anläggningen jorderas.

Inför underhållsarbetet i Hagby skulle flera fränkopplare öppnas för att bryta spänningen. Men när en av dem skulle öppnas via en fjärrmanöver gick det inte. Då stängde personalen av ett skyddssystem för att fränkopplaren skulle kunna öppnas. Det betraktas inte som ett fel, i Svenska kraftnät:s rapport.

Men sedan valde en operatör att minska fel fränkopplare, vilket ledde till att den öppnades

utan att strömmen var bruten. Det resulterade i en kraftig busning och strömning som ska skydda elnätet och människor om något händer. För att förhindra att ett så kallat primärfel upprepar sig ska strömmen snabbt kopplas bort automatiskt med hjälp av reläskydd.

I en del av stationen kopplades strömmen bort precis som det är tänkt. Men i en annan del fungerade inte ett reläskydd som det skulle och strömmen fortsatte att matas i korstantingen.

I rapporten skriver Svenska kraftnät att borkopplingen förenades på grund av två av varandra oberoende fel i kontrollanläggningen. Följesvängningar efter störningen har delat på ett konstruktionsfel i ett skyddssystem, dels ett fel i anslutningskabeln vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.



utan att strömmen var bruten. Det resulterade i en kraftig busning och strömning som ska skydda elnätet och människor om något händer. För att förhindra att ett så kallat primärfel upprepar sig ska strömmen snabbt kopplas bort automatiskt med hjälp av reläskydd.

I en del av stationen kopplades strömmen bort precis som det är tänkt. Men i en annan del fungerade inte ett reläskydd som det skulle och strömmen fortsatte att matas i korstantingen.

I rapporten skriver Svenska kraftnät att borkopplingen förenades på grund av två av varandra oberoende fel i kontrollanläggningen. Följesvängningar efter störningen har delat på ett konstruktionsfel i ett skyddssystem, dels ett fel i anslutningskabeln vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

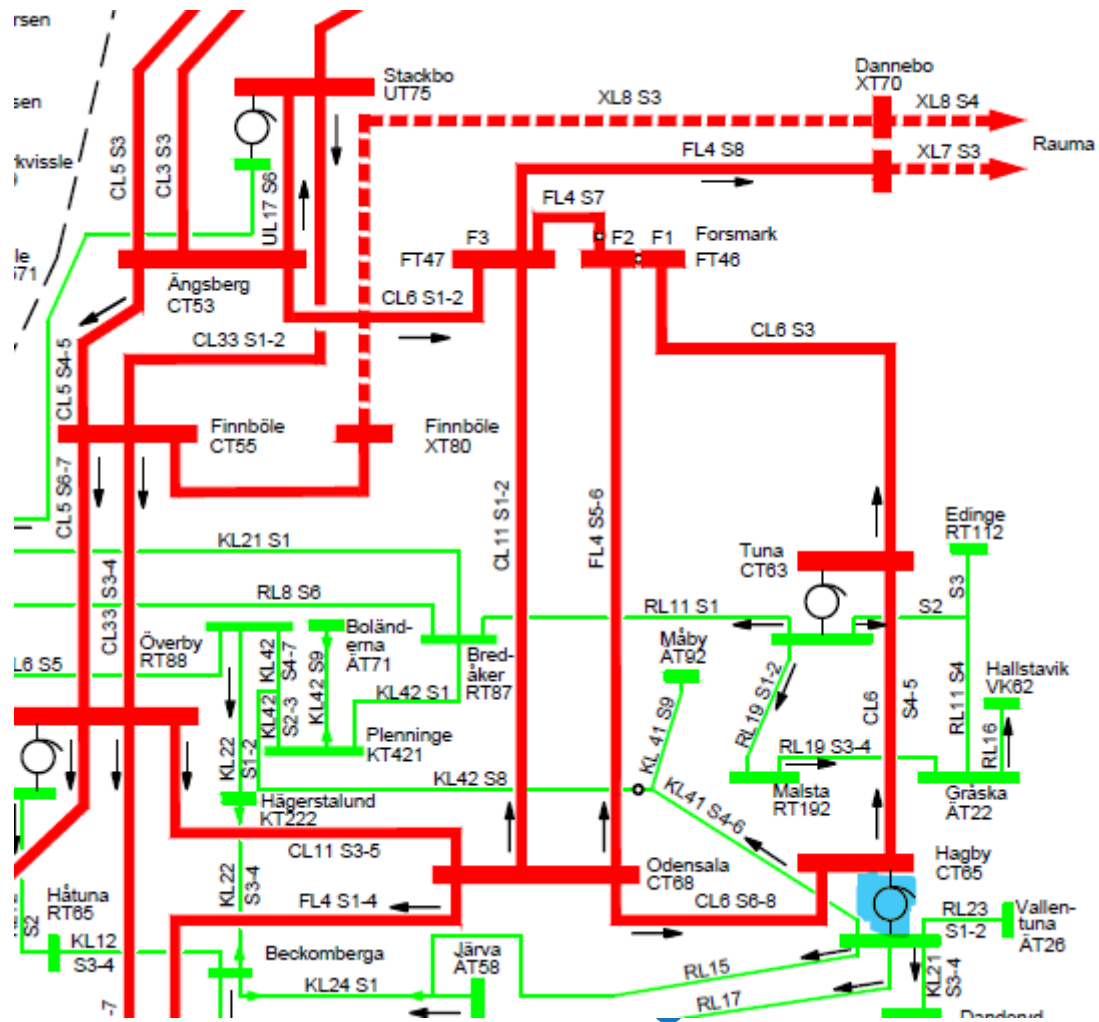
ska undvika liknande händelser i Framtidens Norden i Malmö, driftchef på Svenska kraftnät, i ett skriftligt uttalande.

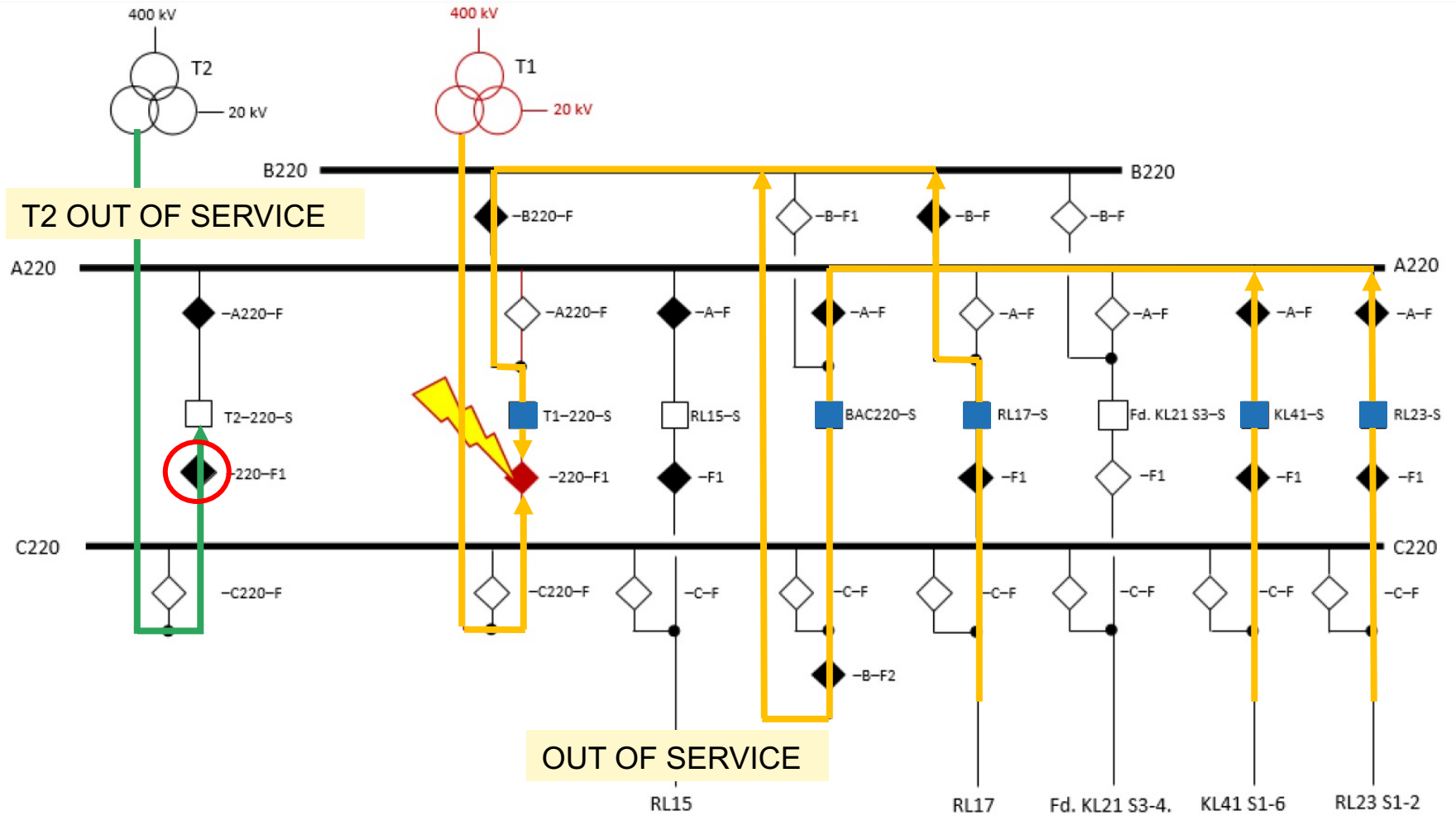
Det tog sju sekunder innan den fallande stationen var bortkopplad från spänningsnätet i elnätet.

Situationen blev inte bättre av spänningssvängningar som kopplades bort, exempelvis i kraftöverföringsnätet i Värmland. Detta beredde även till störningar i andra delar av elsystemet. En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

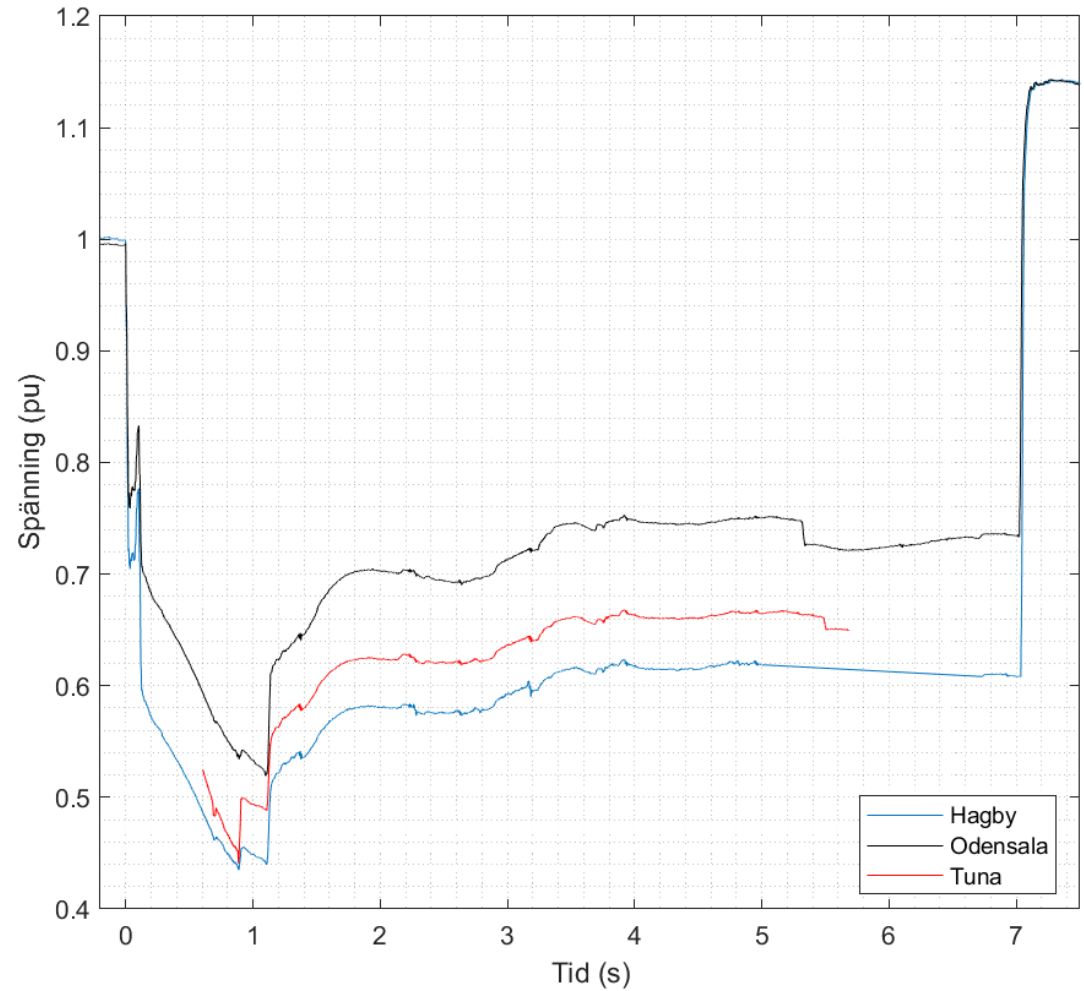
En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

En brytning, men inga människor ska drabbas vid händelsen. Men de berömda blev omskakade, enligt Svenska kraftnät.

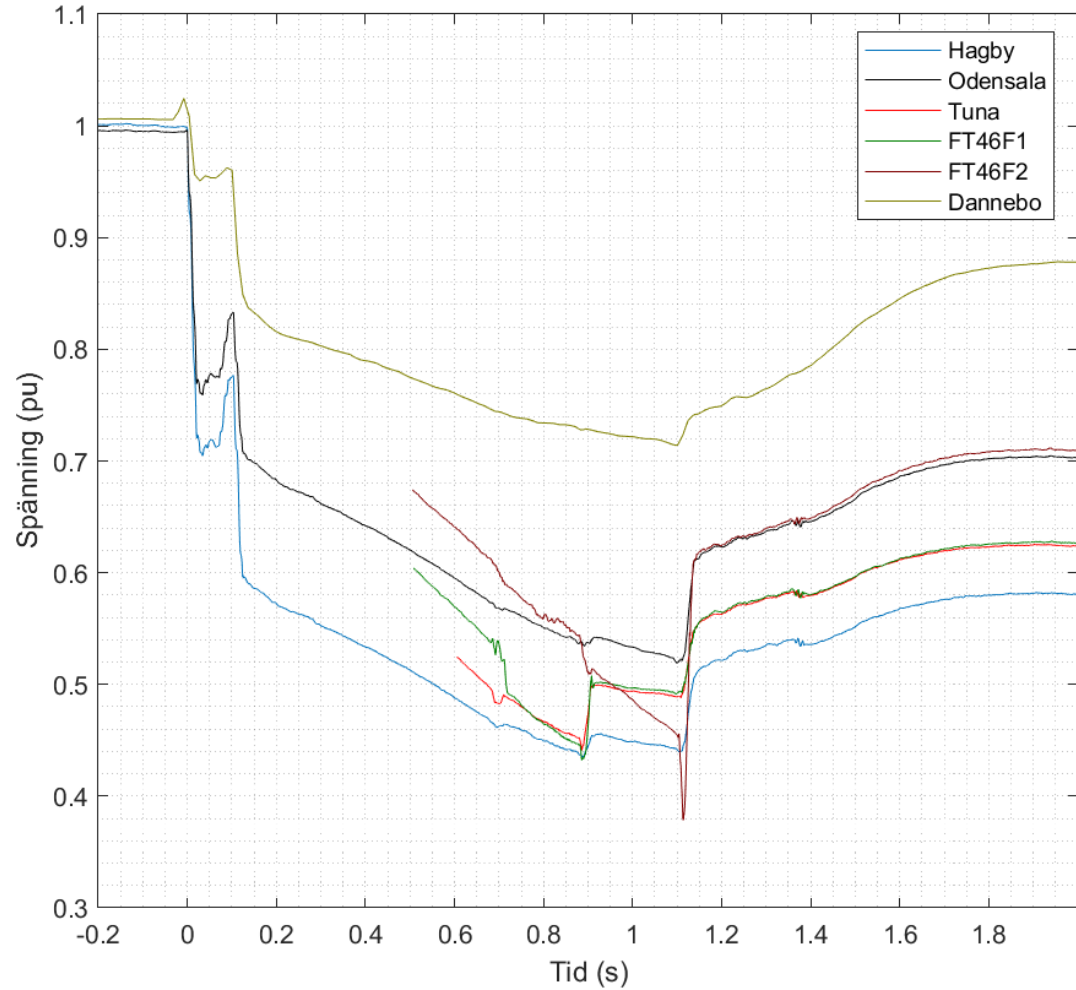




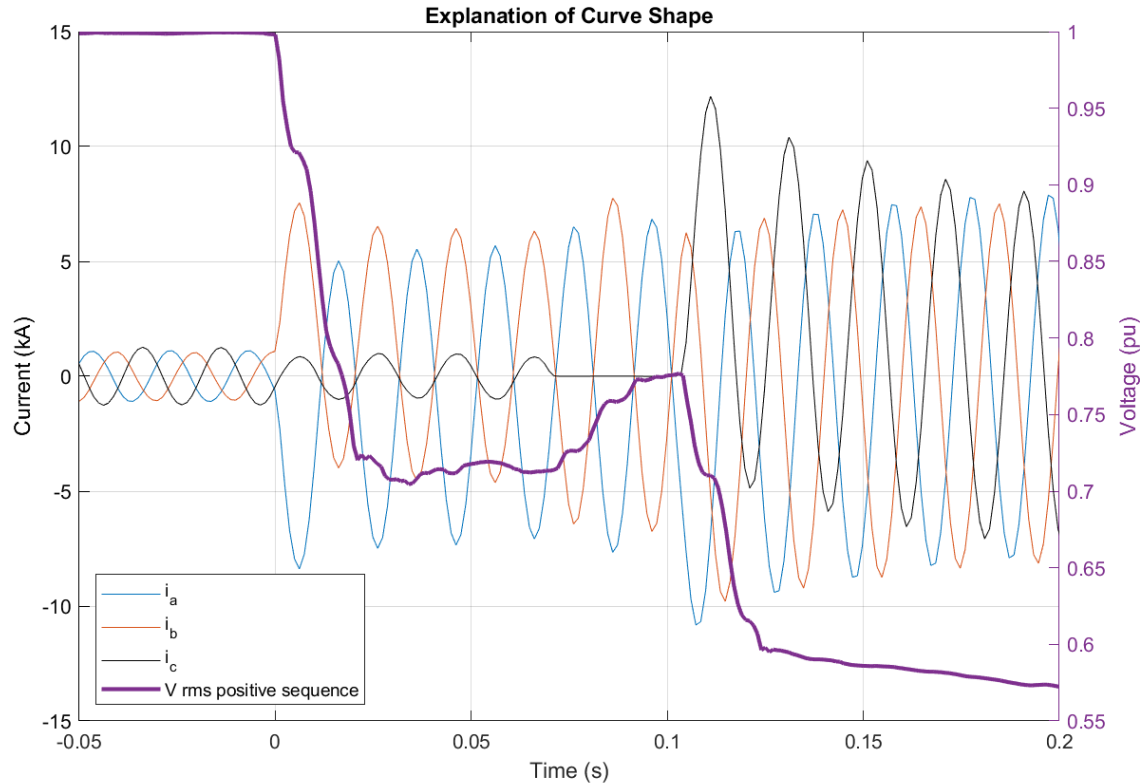
Voltage close to Forsmark



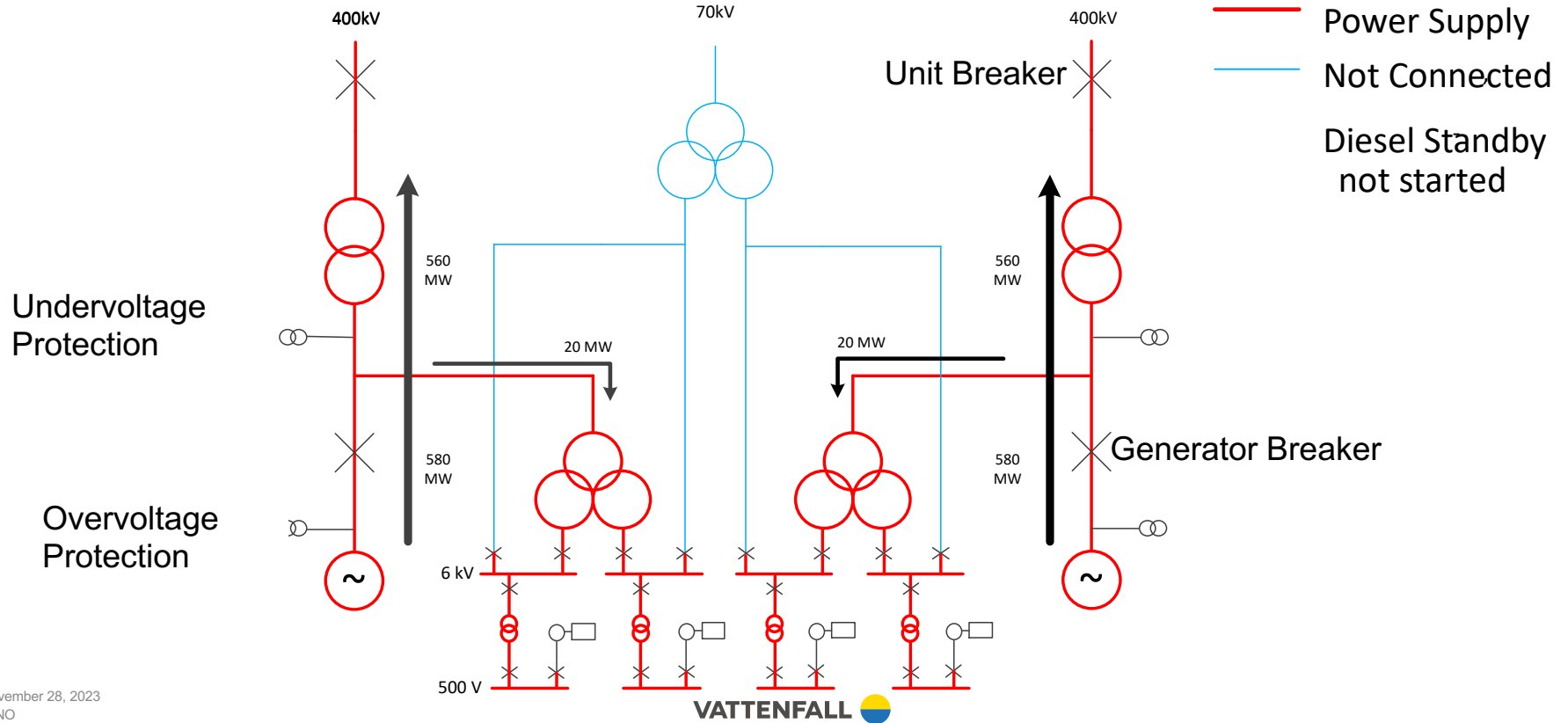
Zoom in



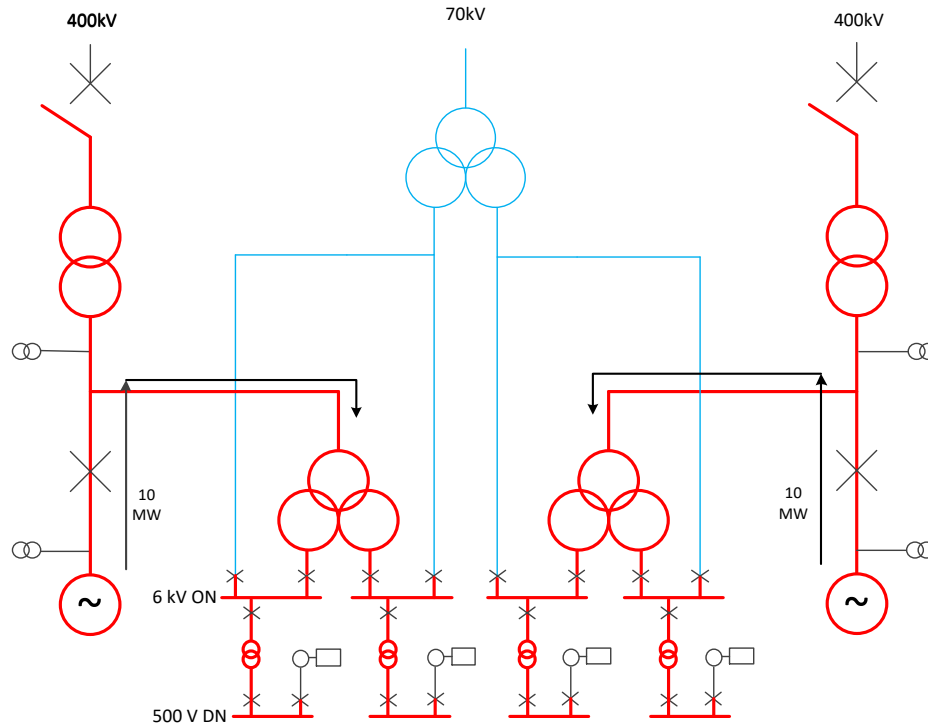
Two-phase transition to three-phase

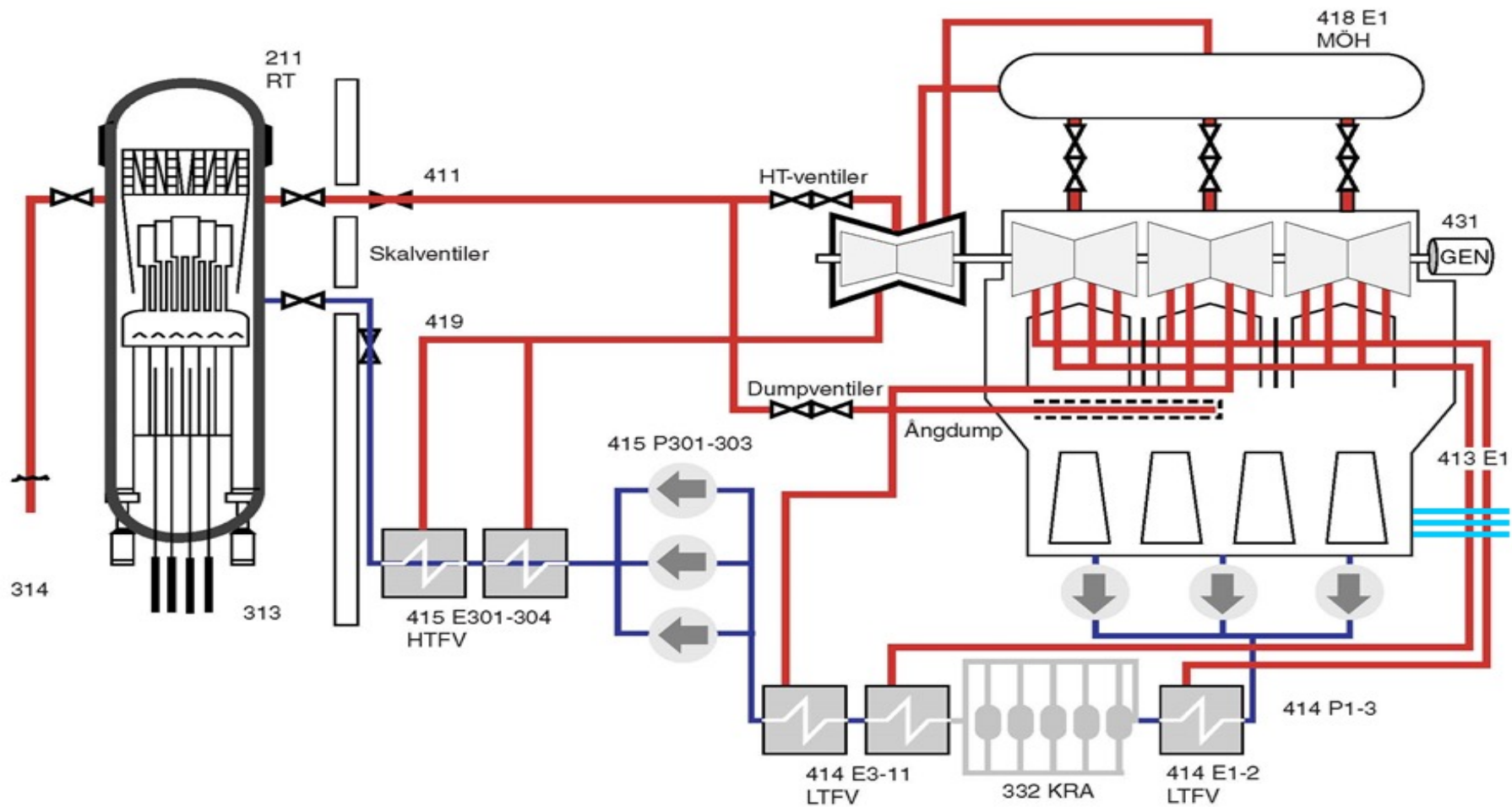


Forsmark 2 before fault

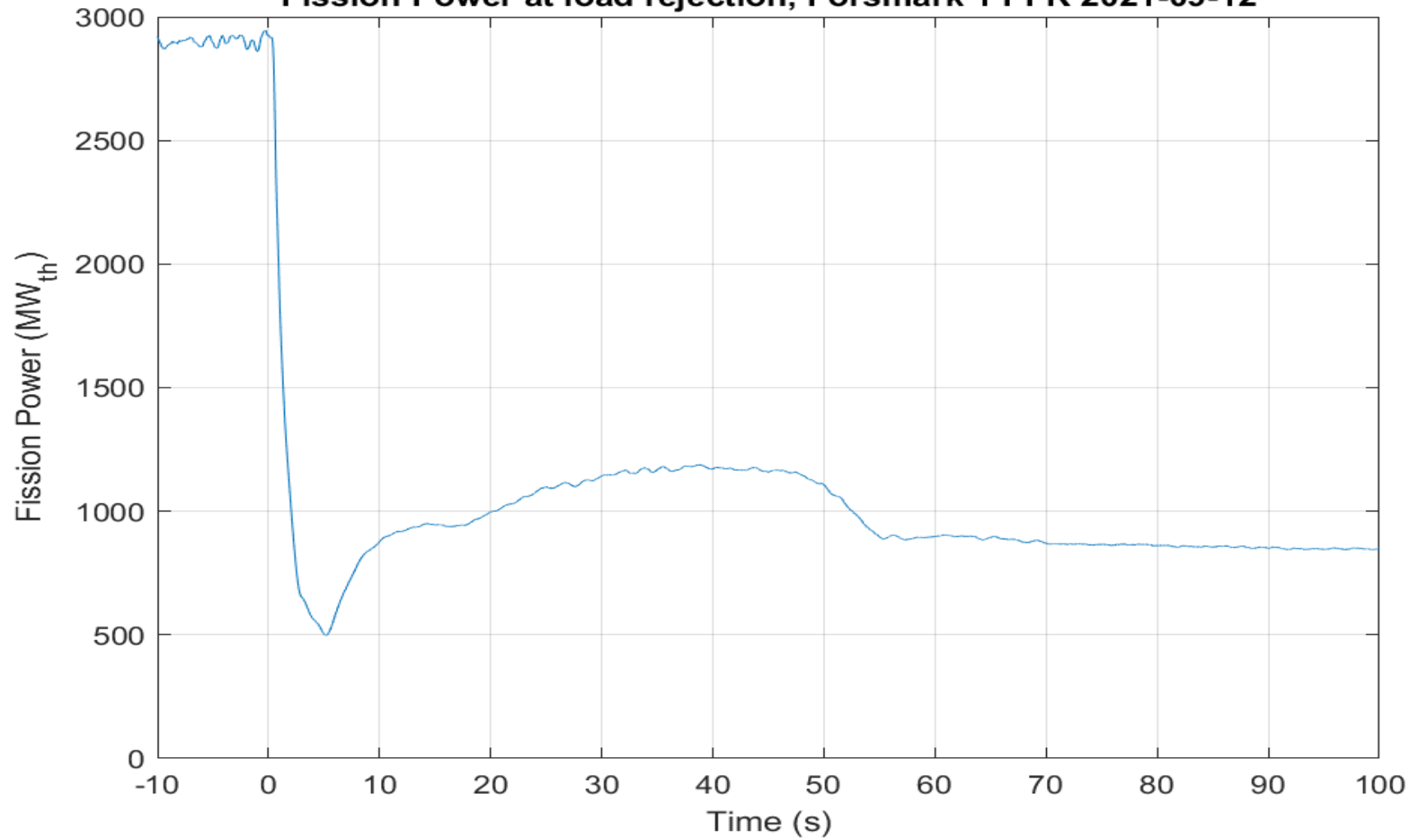


This should have happened

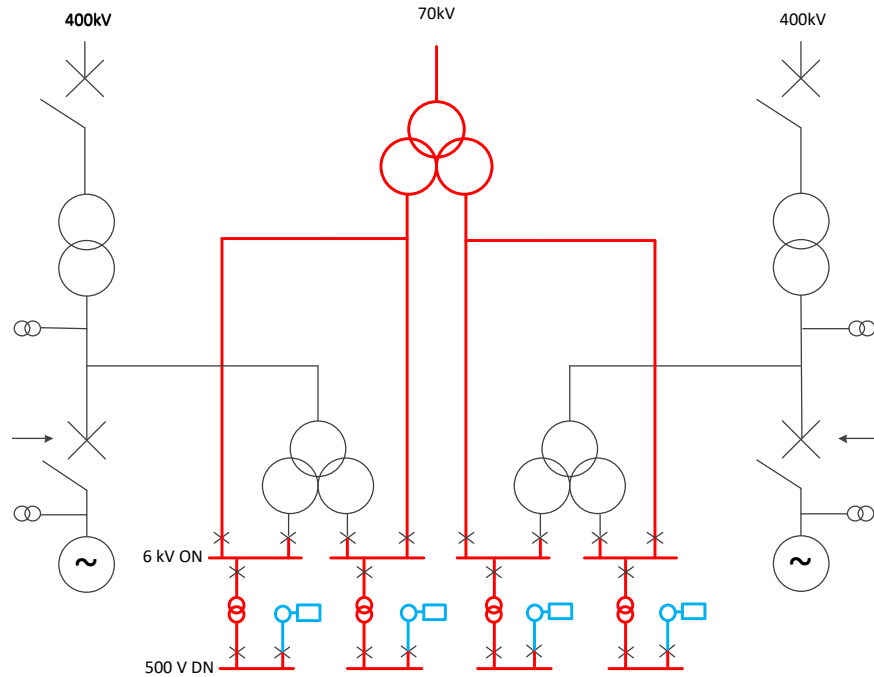




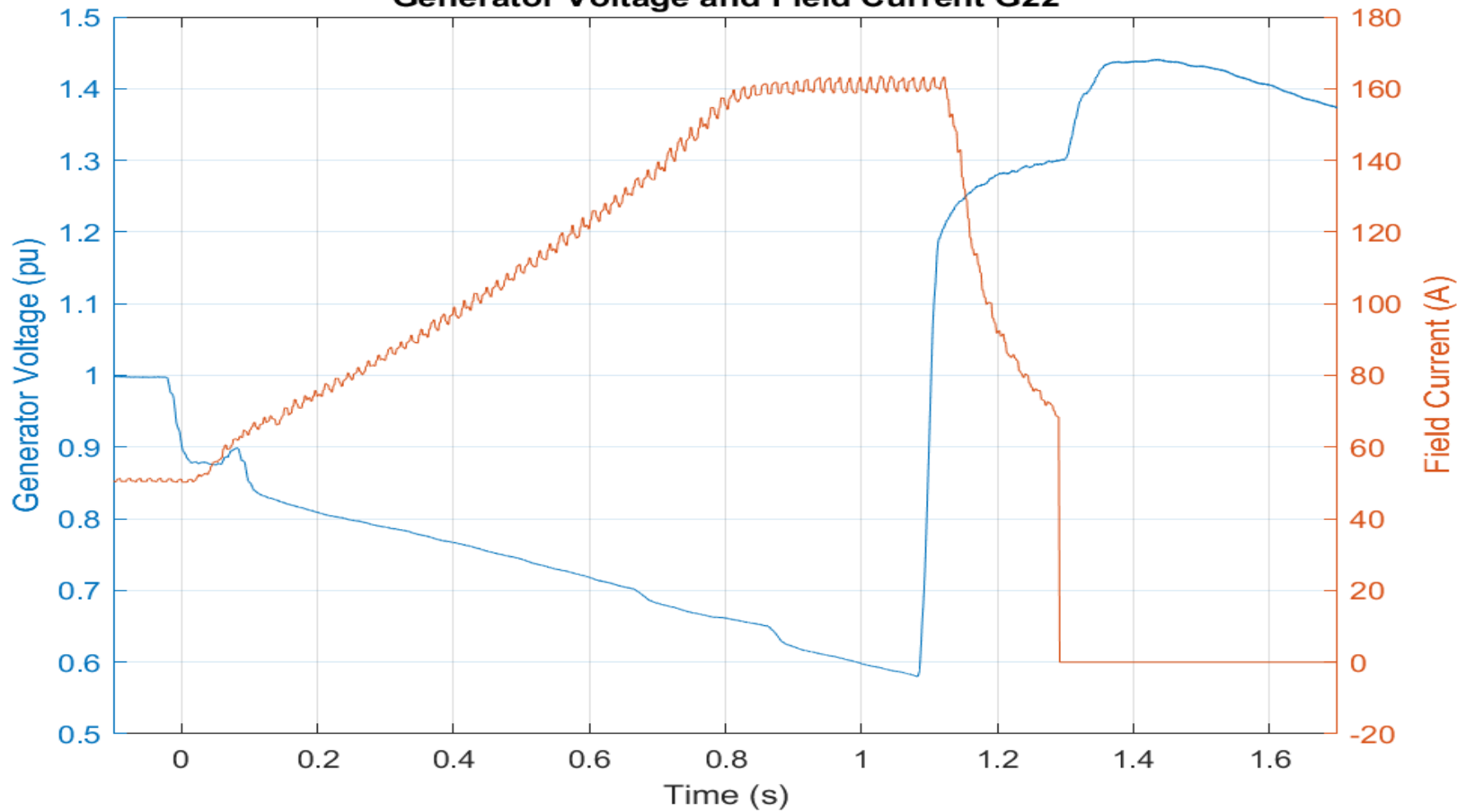
Fission Power at load rejection, Forsmark 1 PFK 2021-09-12



This happened



Generator Voltage and Field Current G22



From Wikipedia, the free encyclopedia



This article **needs additional citations for verification**. Please help [improve this article](#) by [adding citations to reliable sources](#). Unsourced material may be challenged and removed.

Find sources: "Northeast blackout of 1965" – [news](#) · [newspapers](#) · [books](#) · [scholar](#) · [JSTOR](#) (*April 2010*) (*Learn how and when to remove this template message*)

The **northeast blackout of 1965** was a significant disruption in the [supply of electricity](#) on Tuesday, November 9, 1965, affecting parts of [Ontario in Canada](#) and [Connecticut, Delaware, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvania, Rhode Island, and Vermont in the United States](#). Over 30 million people and 80,000 square miles (207,000 km²) were left without electricity for up to 13 hours.^[1]

Cause [edit]

The cause of the failure was the setting of a [protective relay](#) on one of the transmission lines from the [Sir Adam Beck Hydroelectric Power Station No. 2](#) in [Queenston, Ontario](#), near [Niagara Falls](#). The safety relay was set to trip if other protective equipment deeper within the Ontario Hydro system failed to operate properly. On a particularly cold November evening, power demands for heating, lighting, and cooking were pushing the electrical system to near its peak capacity. Transmission lines heading into [southern Ontario](#) were heavily loaded. The safety relay had been misprogrammed, and it did what it had been asked to do: to disconnect under the loads it perceived. As a result, at 5:16 p.m. Eastern Time, a small



A map of the states and provinces affected. Not all areas

Solution of Non-Problems vs. Non-Solution of Problems

Lester H. Fink*

This brief note contains no figures of either sort, numbers or illustrations. Its purpose is not to impart information, but to stimulate thinking, and in fact its end may already have been served best by the posing of its title. However, for any who feel that the title may be more obscure than thought-provoking, let us begin by posing a number of questions which arise repeatedly in discussions of engineering literature:

From "Solutions of Non-Problems vs. Non-Solution of Problems"

...the less we know about a problem, the simpler that problem and its solution seem to be.

Non-Solutions

Without understanding of the real problems, pseudo-problems will be posed and possibly "solved" while the real problems remain unaddressed.

Possible (likely?) scenario

- The problem remain unsolved due to dead-lock between different stake-holders
- A lot of modernization in the Power System increases the probability of a disturbance significantly
- System collapse that leads to loss of Power in the south of Sweden for 5 days
- House load operation is a service for the system

This scenario must be avoided!

Options

- Overvoltage
- Field Current
- Early disconnection of one generator

How early can we disconnect?

U [%]

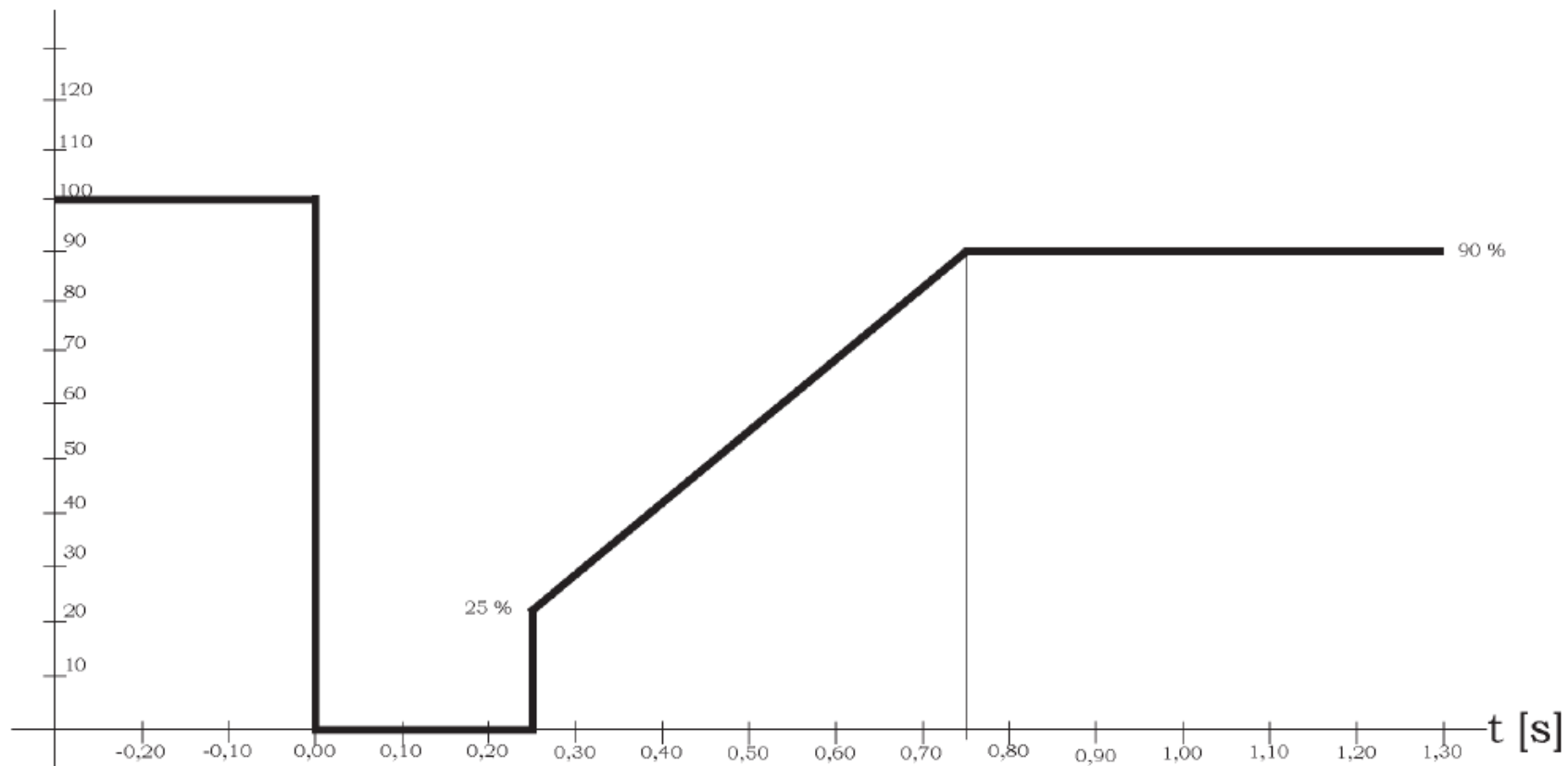
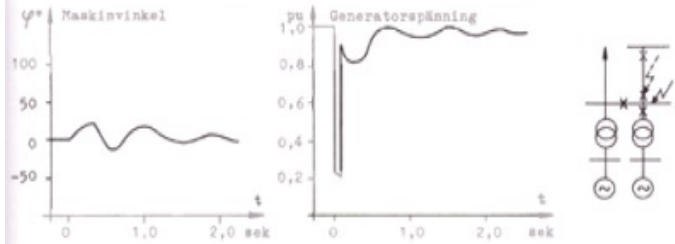


Fig. 13 Typexempel för störningsutveckling vid nätkortslutningar

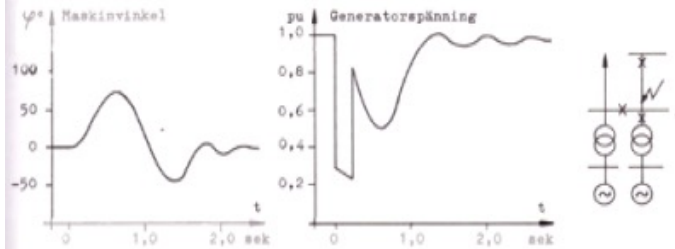
1. Lednings- eller samlingskensefel med korrekt brytfunktion.

Exempel: Ledningsutlösning eller samlingskensektionering vid $t = 0,10$ sek.



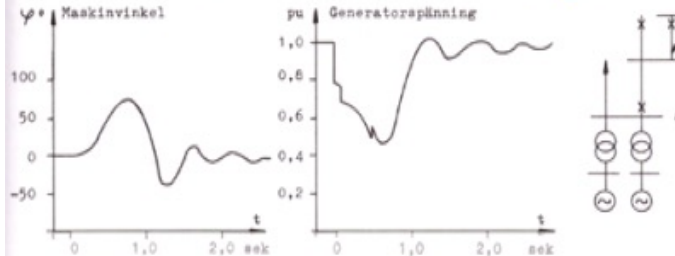
2. Ledningsfel med utebliven brytfunktion i näranda.

Exempel: Sektionering av skena A från brytarfölskydd vid $t = 0,25$ sek.



3. Lednings- el stationsfel i närliggande station och utebliven brytfunktion.

Exempel: Utlösning av ledningarna till skena B av relästatg II vid $t=0,5$ sek



Nordelprofilen (1975)

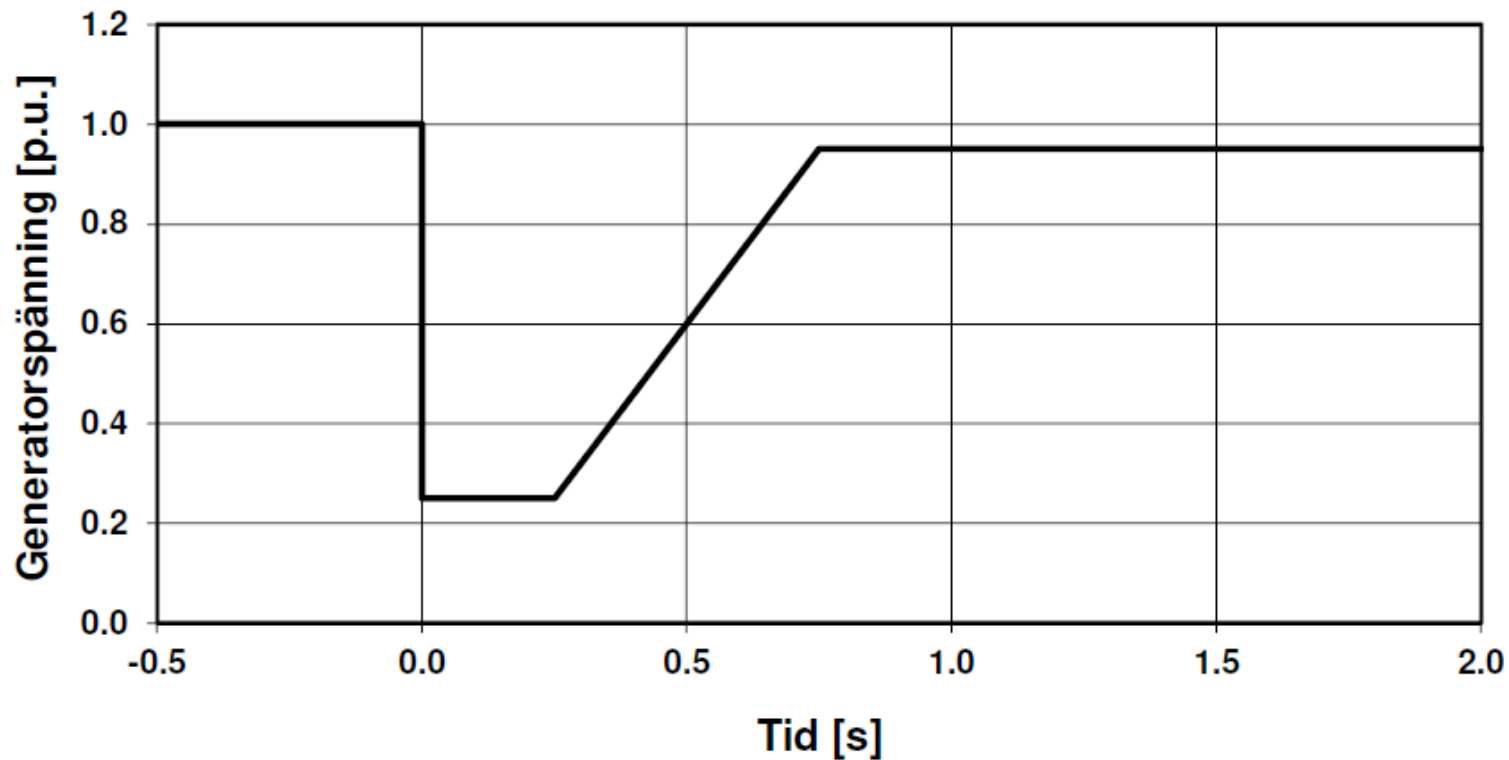
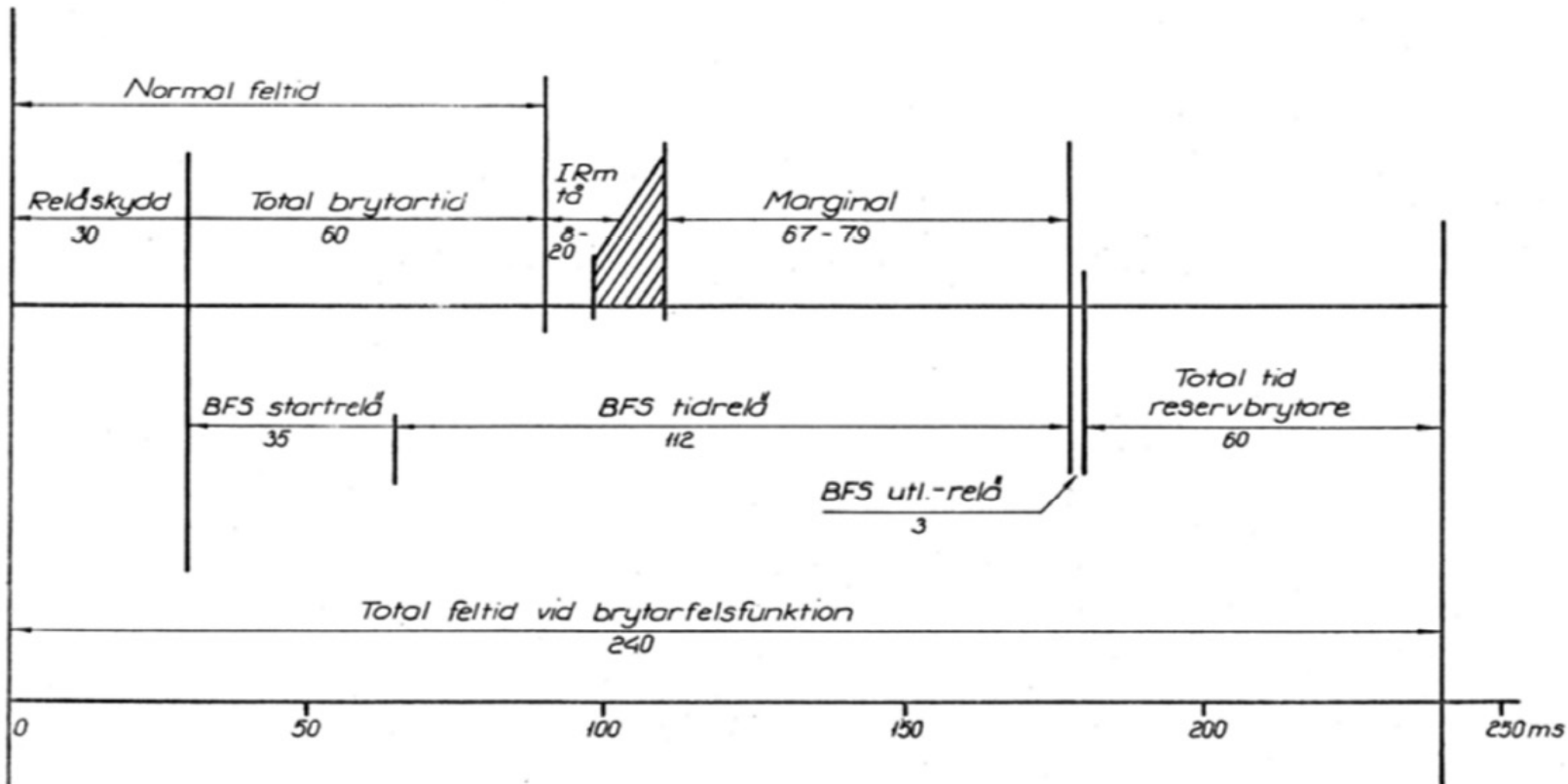


Fig. 3: Spänningsprofil enligt Nordels Värmekraftspecifikationer [30]

Allmänt råd: De störningsfall som legat till grund för kraven i 5 och 6 §§ är närbelägen kortslutning i anslutande maskade stamnät i kombination med ej fungerande normal felbortkoppling. Resultatet blir förlängd fränkoppling. Spänningen kommer därvid att bli låg under såväl kortslutningen, som följande utpendling. **Kraven ges som schablon för dimensionering av hjälpkraft m.m. hos aggregatet. Inställning av skydd och reglering skall däremot anpassas efter aktuella nätförhållanden.**



Obs! Strömdetektorrelät IRM har en övergångstid $t_0 \approx 8$ ms men kan kvarhållas av Is-transienter från strömtransformatorn i ytterligare 10-15ms

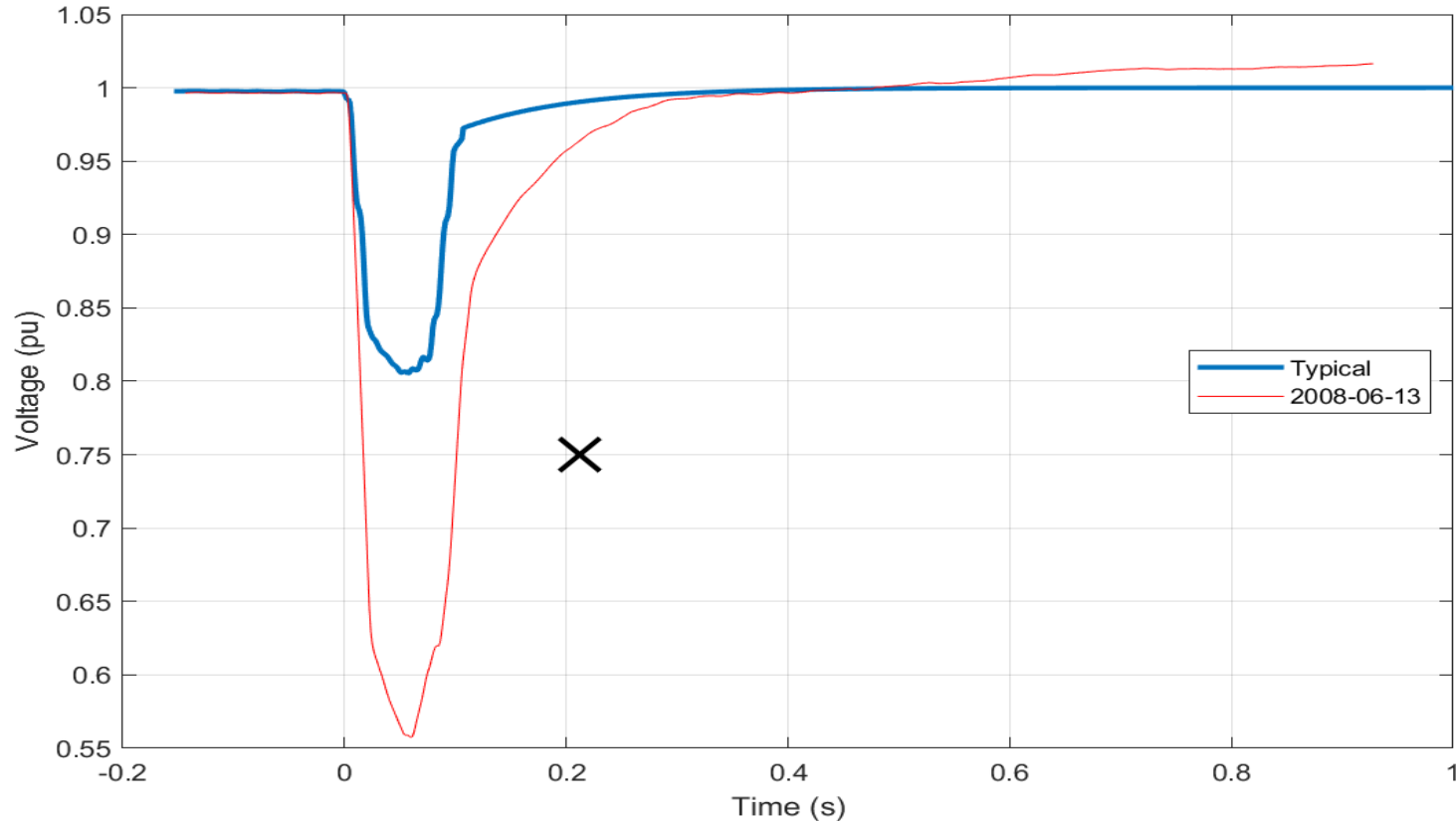
Kortslutningar, spänningsvariationer

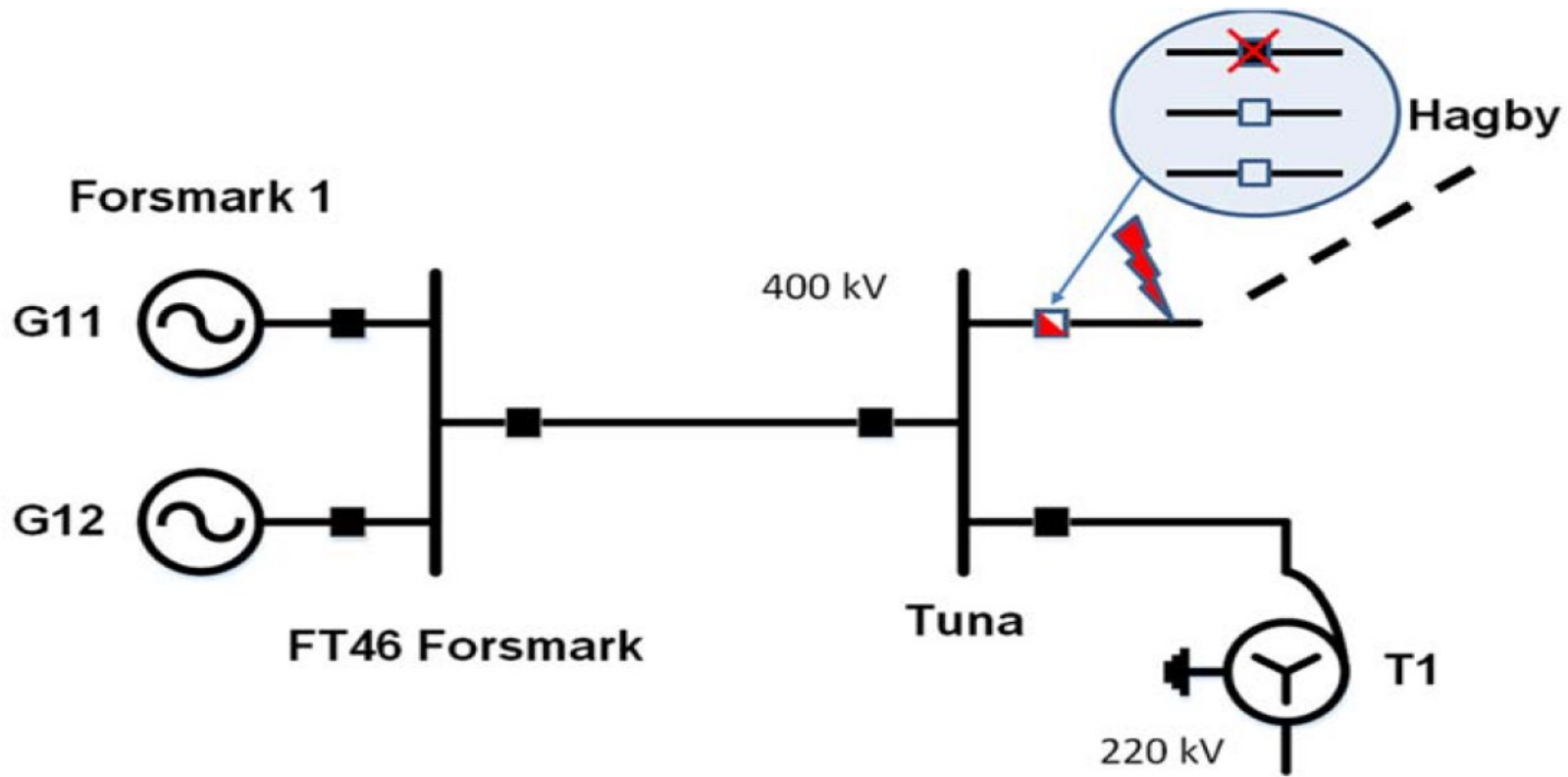
5 § Stora anläggningar skall, med bibehållen nätanslutning, klara variationer i spänningen på en eller flera faser i det anslutande maskade stamnätet ned till 0 % under 0,25 sekunder, följt av ett språng på 25 % och sedan linjärt ökande spänning under 0,5 sekunder upp till 90 % spänning, som därefter består. Kraven åskådliggörs grafiskt i Bilaga 3.

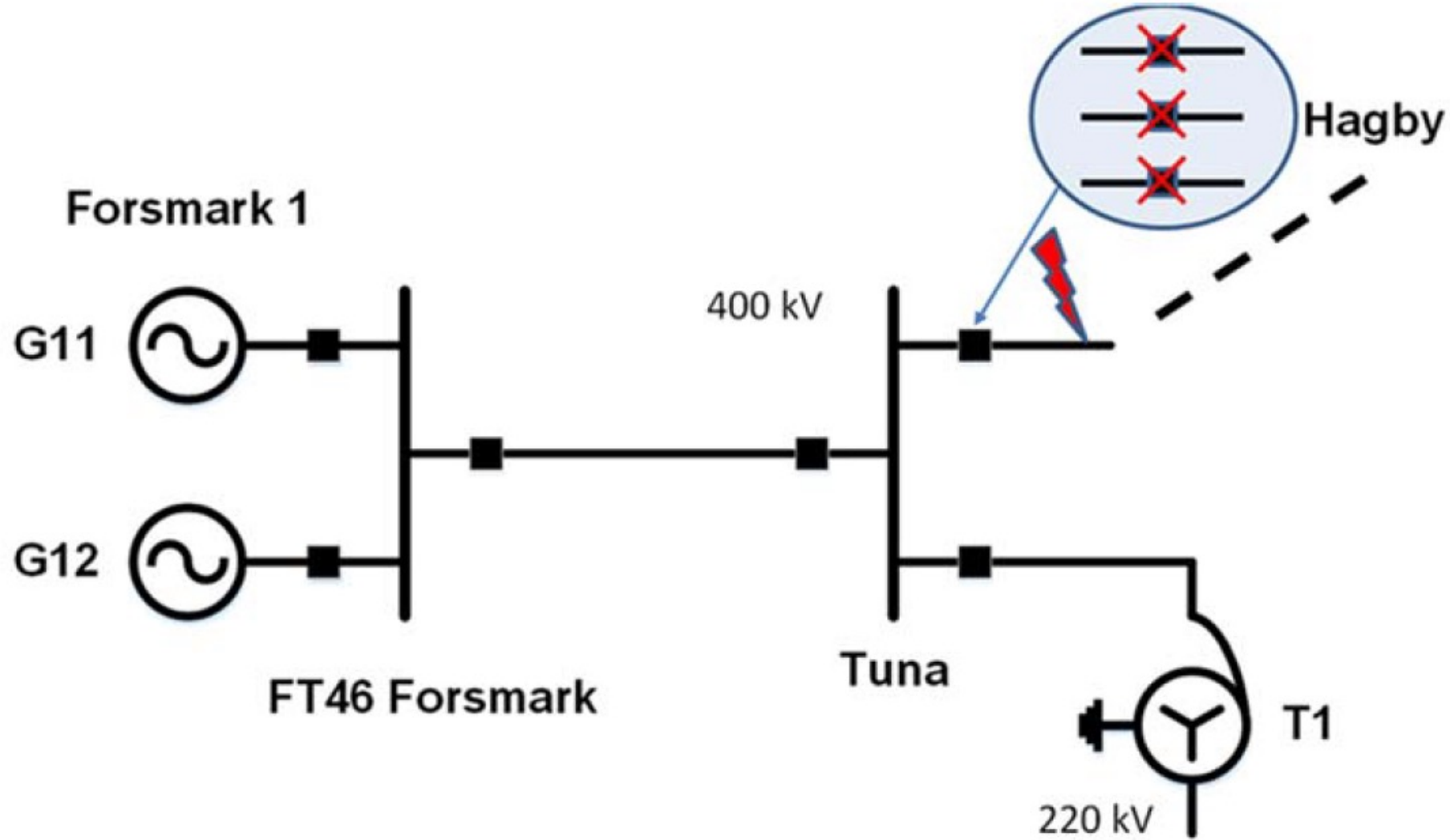
Medelstora och små anläggningar skall, med bibehållen nätanslutning, klara variationer i spänningen på en eller flera faser i det anslutande maskade stamnätet ned till 25 % under 0,25 sekunder och sedan 90 % spänning, som därefter består. Kraven åskådliggörs grafiskt i Bilaga 4.

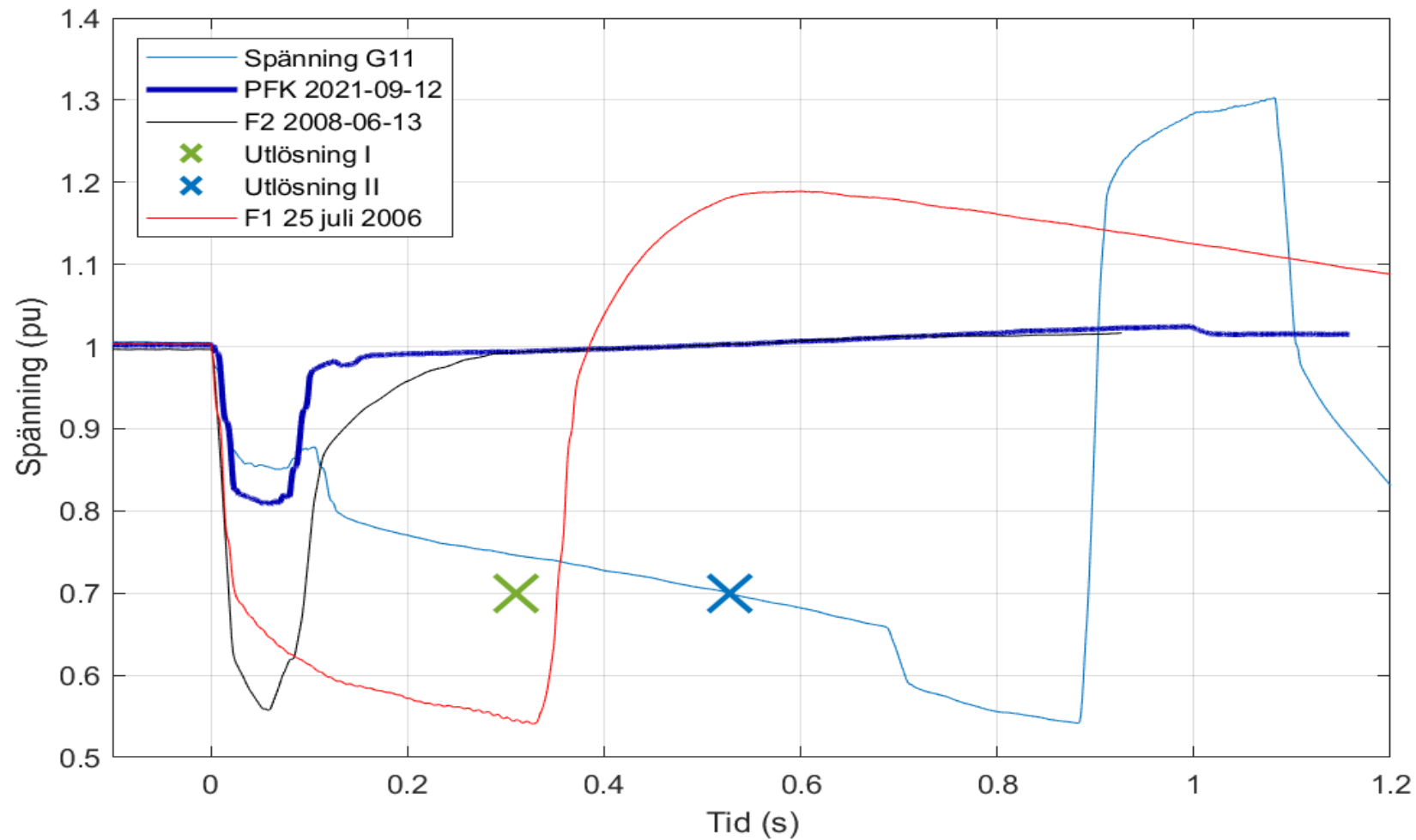
Stora, medelstora och små anläggningar skall, med bibehållen nätanslutning, klara de variationer i spänningen, på en eller flera faser, som kan uppträda vid momentant bortkopplade fel i det anslutande maskade nätet.

Short circuit – Generator Voltage









9 kap. Undantag

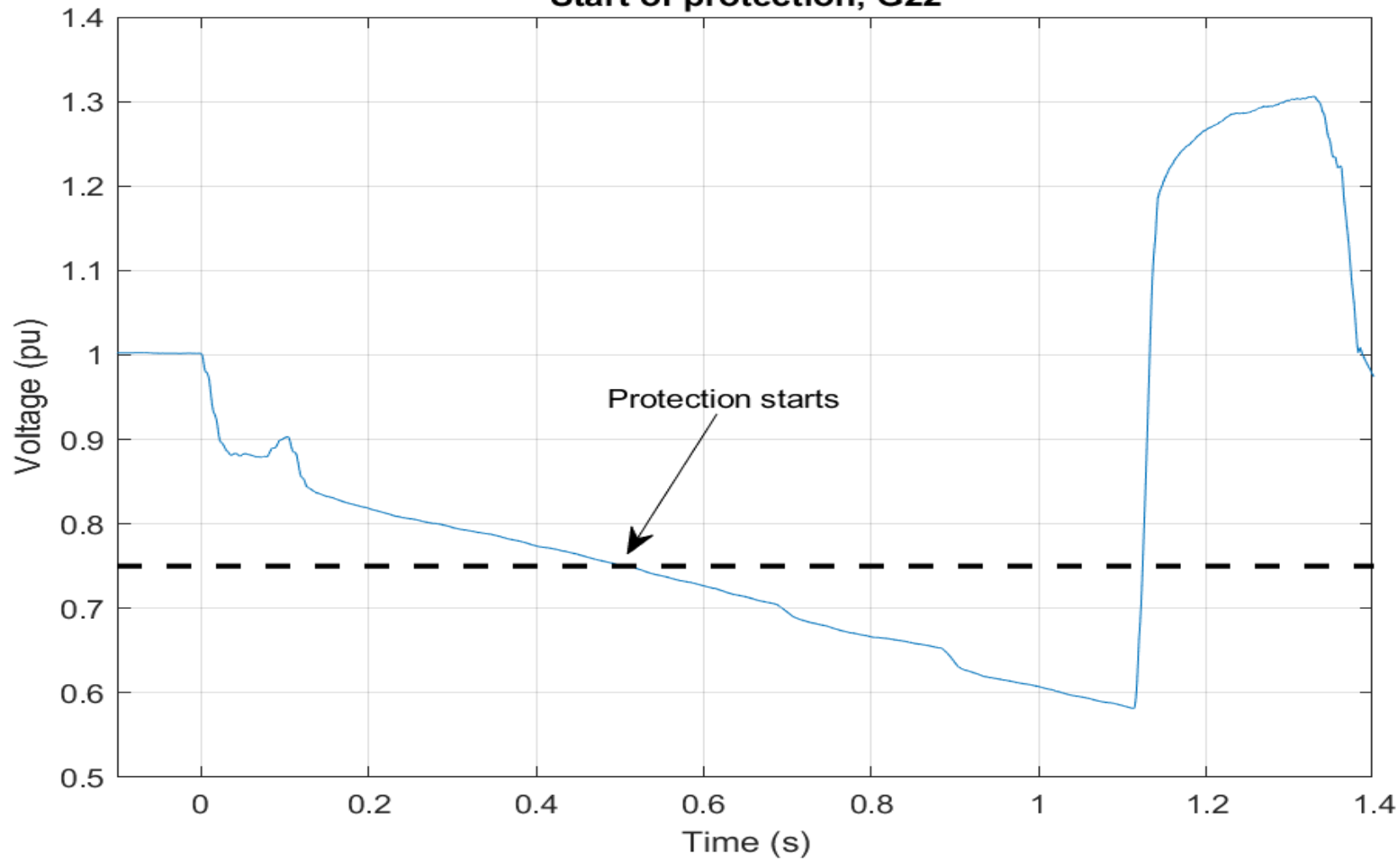
1 § Svenska Kraftnät får efter ansökan medge undantag från dessa föreskrifter, för viss anläggning, om det föreligger ekonomiska eller andra skäl att undanta anläggningen helt eller delvis från bestämmelserna i föreskrifterna och anläggningens innehavare kan visa att en avvikelse från ett eller flera krav inte har någon påtaglig negativ betydelse för driftsäkerheten i det nationella elsystemet.

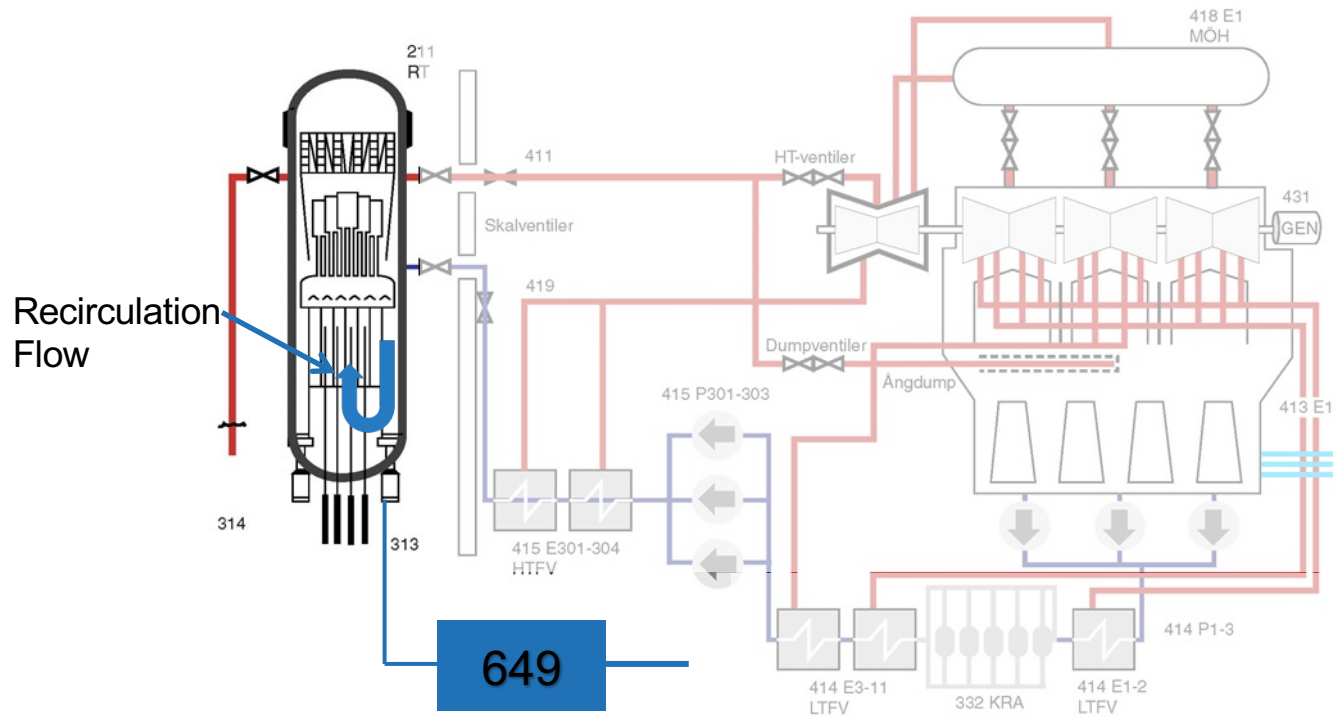
FKA synes dock ha missuppfattat några väsentliga frågor av betydelse för prövningen. Den mest elementära av dessa är frågan om en deterministisk eller probabilistisk metod ska användas. FKA framhåller alltjämt den probabilistiska metoden genom att påstå "... ju mer försumbara följderna är, respektive ju mer sällanförekommande ett fel eller en risk är – desto mindre påtaglig är den negativa betydelsen för elsystemet.". Detta är direkt felaktigt. Det är uppseendeväckande att en kärnkraftsanläggningsinnehavare argumenterar för ett sådant synsätt. Det är såväl lämpligt som allmänt vedertaget att vid säkerhetsbedömningar av aktuellt slag att utgå ifrån att det oväntade kan inträffa och också inträffar, dvs. en deterministisk metod. Det går knappast att försvara en annan utgångspunkt

Protection setting

- Starts when $U < 75\%$
- Activated if
 $t > 0.55\text{ s}$ AND $U < 63\%$

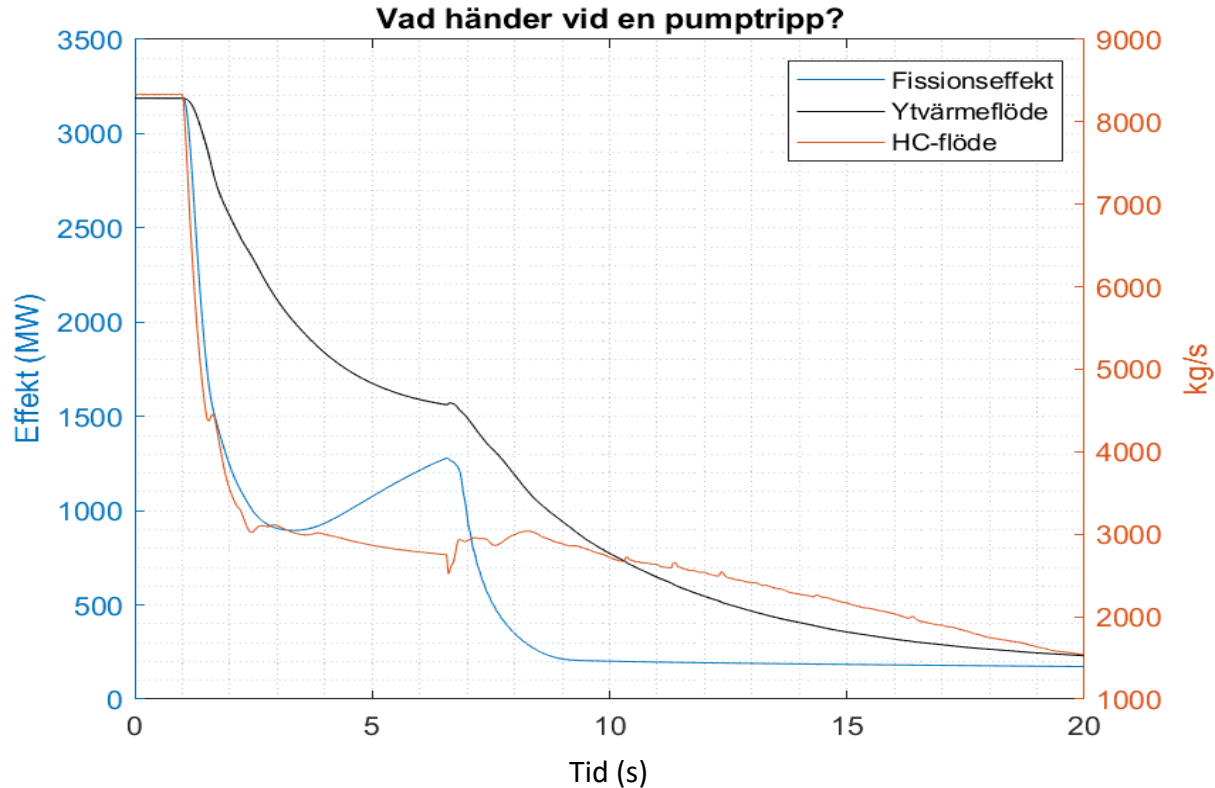
Start of protection, G22



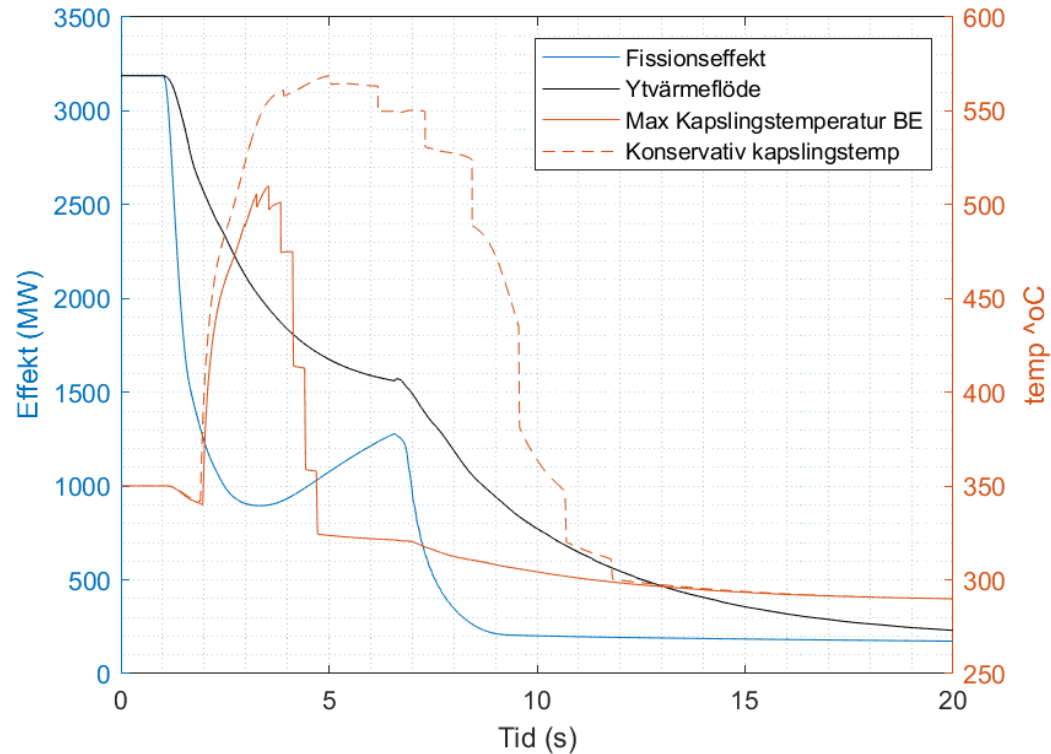


F12-A1-600-008
2000-01

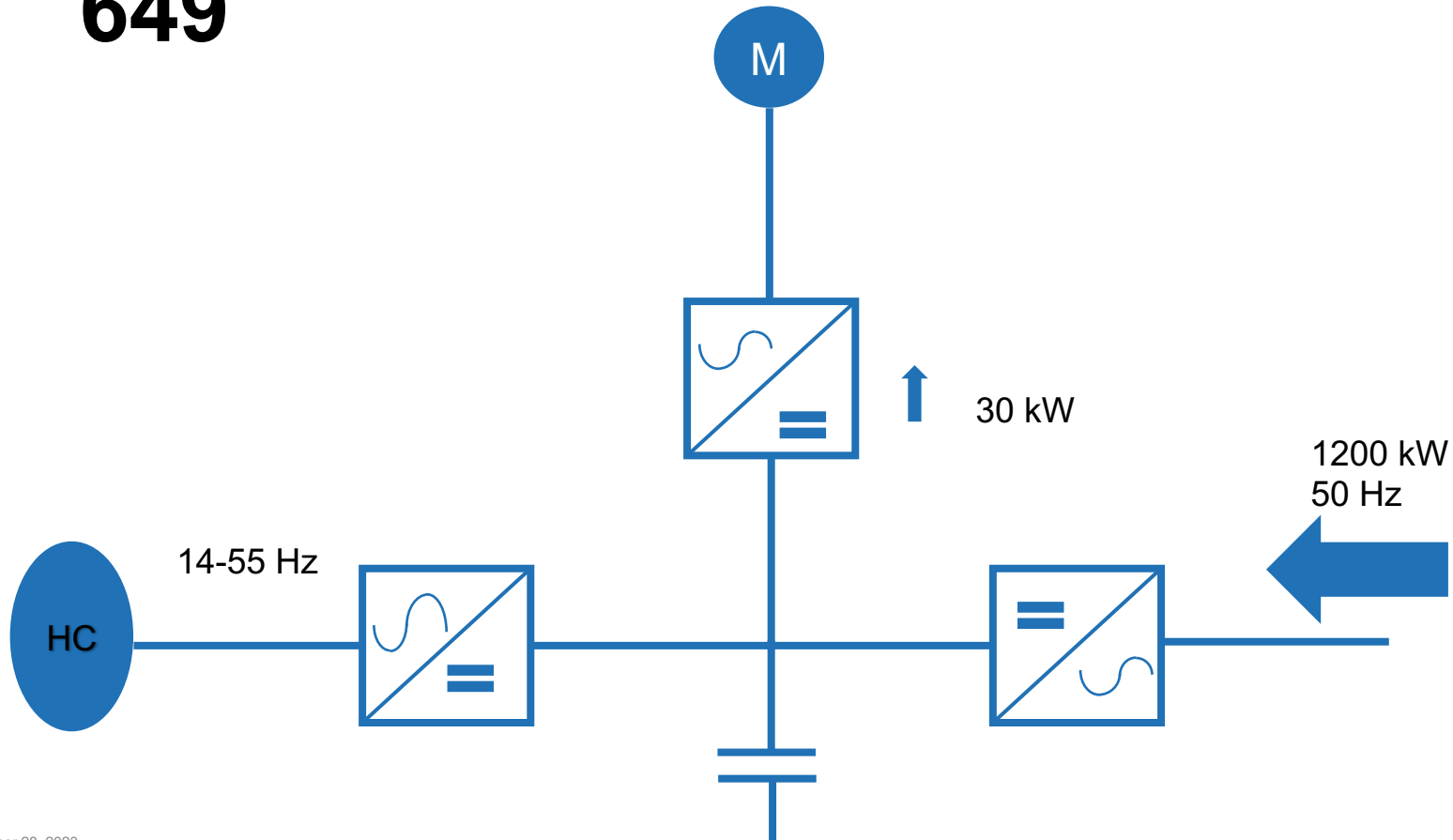
Pump trip – Instantaneous loss of Power



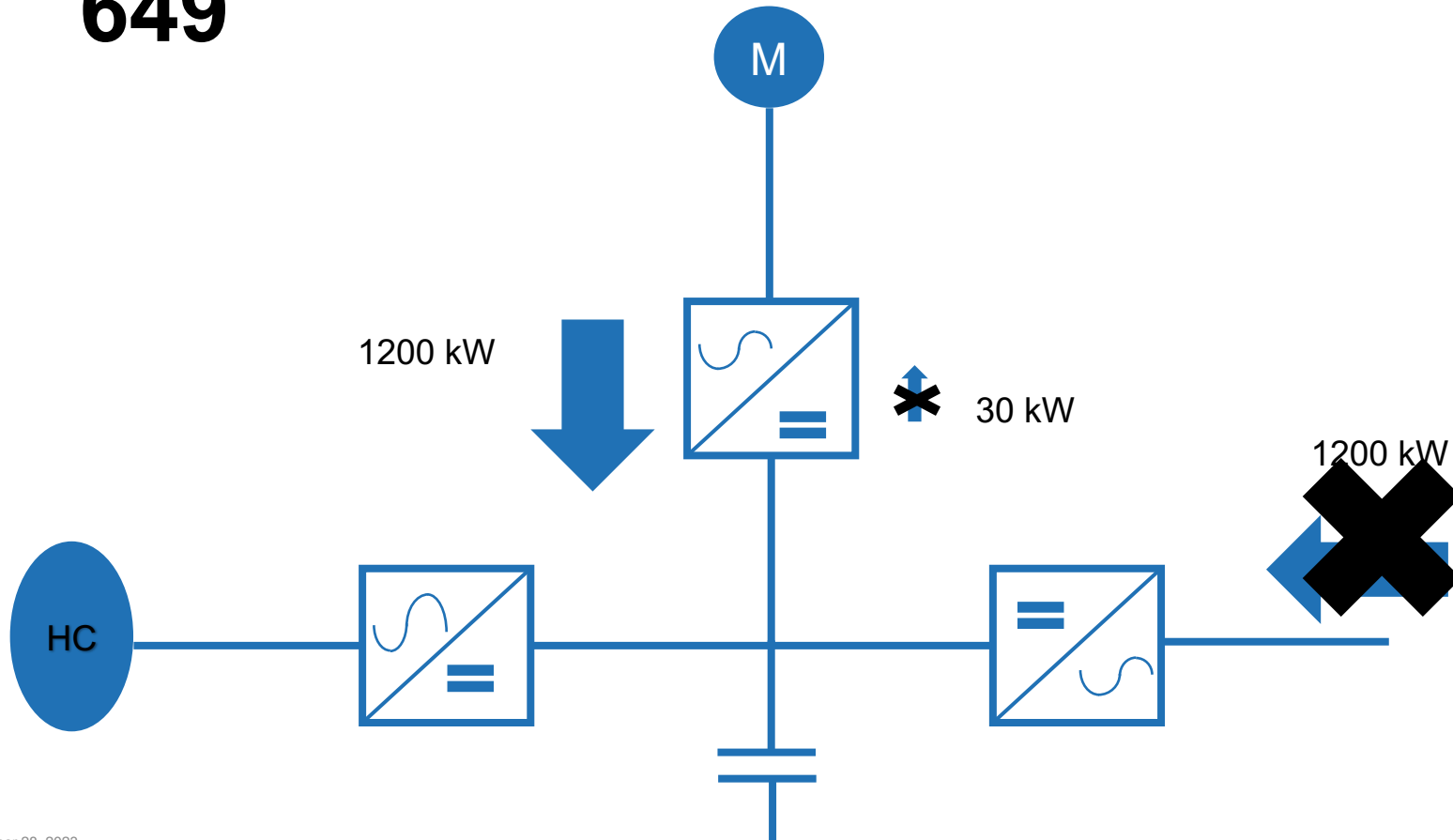
Pump trip – Instantaneous loss of Power



649



649



Final remarks

- Quick fix: disconnect one machine early
- Later on: Harmonize field current control and overvoltage protection such that disconnect from the grid does not lead to opening of generator breaker
- "Know Why" combined with data rather than formal compliance
- Solve real problems – it's fun!



Es gibt wenig aufrichtige
Freunde. **Die Nachfrage ist
auch gering.**

Marie von Ebner-Eschenbach - Aphorismen. Aus: Schriften.
Bd. 1, Berlin: Paetel. 1893. S. 76



English translation

There are very few honest friends -
the demand is not particularly great

Marie von Ebner-Eschenbach

Bilder som kan supporta förväntade frågor, visas ej annat än om de behövs

Generatorspänning F3

