

EXAMENSARBETE A Comparative Study of Edge Addition Algorithms for Power Grid Robustness**STUDENTER** Sandra Christoffersen, Gina Christoffersen**HANDLEDARE** Jonas Skepstedt (LTH)**EXAMINATOR** Flavius Gruian (LTH)

Robustare elnät med strategiska förbindelser

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING **Sandra Christoffersen, Gina Christoffersen**

Kraftnät runt om i världen står inför stora expansionsplaner på grund av det ökade energibehovet. Detta examensarbete jämför olika algoritmer som stegvis lägger till nya gynnsamma förbindelser för att skapa ett robustare kraftnät mot riktade attacker och kaskadfel.

En stor utbyggnad av elkraftnätet förväntas i stora delar av världen till följd av ett växande energibehov och ett föråldrat kraftnät. Robusthet är en viktig aspekt av det kommande planeringsarbetet för en stabil energiförsörjning. Riktade attacker från främmande makter angriper ofta de mest kritiska delarna av kraftnätet för att förstöra så mycket som möjligt och utlösa stora strömavbrott. En attack mot en viktig station innebär att alla dess direkt kopplade förbindelser sätts ur funktion och flödet av el måste omfördelas. Detta kan orsaka att ledningar blir överbelastade och skyddssystem kopplar bort dem. Fel kan då sprida sig genom nätet och skapa mer problem på nya ställen vilket innebär att en kaskad har utlöst. Hur kan man bygga elkraftnät mer motståndskraftigt mot den typen av angrepp?

Det finns många möjliga kombinationer för att lägga till ett antal nya elledningar till elnätet. Problemet kan modelleras som ett nätverk, det vill säga en graf av noder och länkar vilka representerar elstationer och elledningar. Uppgiften är då att hitta två optimala noder att placera en ny länk mellan. En metod är att optimera för ett robusthetsmått; ett mått som mäter ett systems förmåga att upprätthålla funktion efter

störningar eller attacker. Ett sådant mått är effektivt grafmotstånd som beskriver hur vissa vägar i ett nätverk har mer motstånd mot energiflöde. Ett annat mått är algebraisk sammankoppling som beskriver hur väl anslutet ett nätverk är. Att lägga till fler länkar i en graf ökar alltid hur tätt ihopkopplat den är. Frågan är: ska vi välja en länk som minimerar eller maximerar ökningen av sammankoppling? Å ena sidan vill vi ha fler kopplingar för att förhindra risken att nätverket splittras upp i flera delar vid ett angrepp. Å andra sidan vill vi inte ha för många förbindelser som skulle kunna underlätta en potentiell spridning av kaskadfel.

Vårt examensarbete undersöker sambandet mellan hur sammankopplad en graf är, energiflöden och kaskadfel. Detta gör vi genom att jämföra tre olika algoritmer som lägger till nya länkar under olika attackscenarier. Vi modellerar det nordiska elnätet med realistisk data för att hitta eventuella skillnader jämfört med syntetiska nät. Resultaten av vår studie tyder på att både minimering och maximering av nätverkets sammankoppling kan öka robustheten i olika attackscenarier, beroende på grafstruktur och nivå av kaskadrisk.