

Zarządzanie systemem elektroenergetycznym w zagrożeniowych stanach pracy – wprowadzenie ciągłych miar ryzyka do oceny układu niespełniającego kryterium N-1

ROMAN KORAB(1,2), WOJCIECH JAWORSKI(2), KAROL WAWRZYNIAK(2), MARCIN JAKUBEK(2), KRZYSZTOF KRÓLIKOWSKI(2)

(1)POLITECHNIKA ŚLĄSKA, GLIWICE, (2)NARODOWE CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH, WARSZAWA

Plan

1. Wprowadzenie – zespół, metodologia i motywacja
2. Opis modelu i wyników symulacji dynamicznych
3. Konkluzje i perspektywy dalszego rozwoju projektu



AXA
Research Fund
Through Research, Protection



Narodowe Centrum Badań Jądrowych
National Centre for Nuclear Research
Świerk

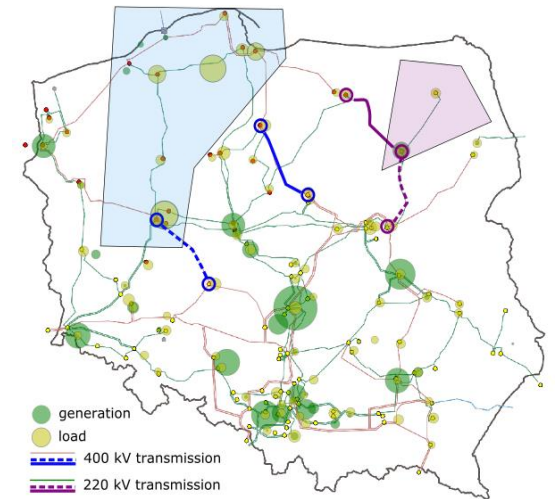
Motywacja i cele

Stany zagrożeniowe:

- ▶ *N – normal*
- ▶ *A – alert*
- ▶ *E – emergency*
- ▶ *B – blackout*
- ▶ *R – restoration*

Kryterium *N – 1*:

Po nagłym wyłączeniu dowolnego z elementów SE jego obciążenie zostaje przejęte przez pozostałe w ruchu elementy, bez przekroczenia obowiązujących ograniczeń technicznych



Wczesna faza implementacji:

Kryterium *N – 1* wymaga podejścia dynamicznego, opartego o symulacje ewolucji SE w czasie, z uwzględnieniem zmieniających się warunków zewnętrznych zwiększających prawdopodobieństwo kolejnych awarii.

Rozwiązanie obecne vs proponowane

Rozwiązanie obecne

- ▶ Binarna miara ryzyka (spełnia/ nie spełnia N-1)
- ▶ Działania „tak szybko jako to możliwe”

Rozwiązanie proponowane

- ▶ Ciągła miara ryzyka zależna od stanu układu i warunków zewnętrznych (pogodowych)
- ▶ $T_{\text{remedial actions}} = f(\text{ryzyko})$
- ▶ Działania optymalne kosztowo przy ograniczeniach $T_{\text{remedial actions}}$



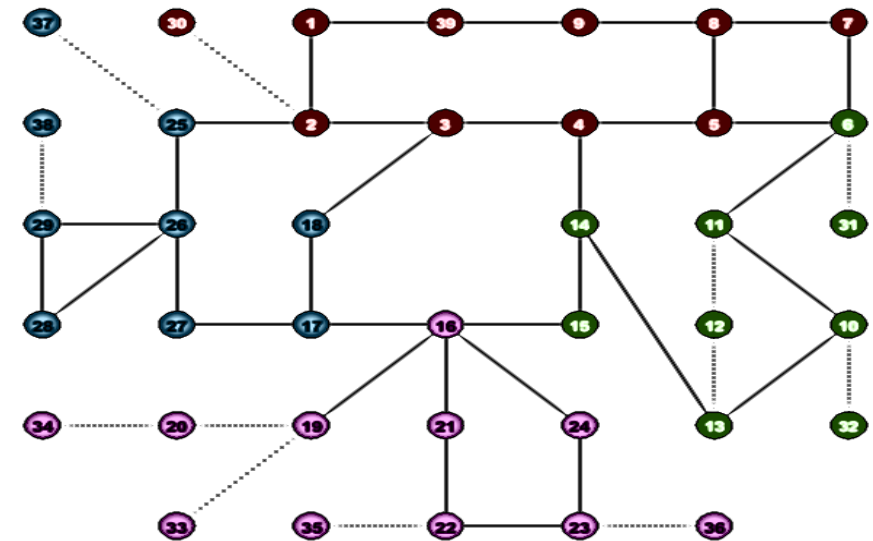
Kryterium $N - 1$ a dynamika

Modelowanie SE w programie GE PSLF:

- ▶ Zabezpieczenia linii: zwarciove, przeciążeniowe
- ▶ Zabezpieczenia generatorów od utraty synchronizmu
- ▶ Regulacja wtórna (Automatic Generation Control)
- ▶ Samoczynne częstotliwościowe odciążanie (SCO)

Model SE – IEEE39

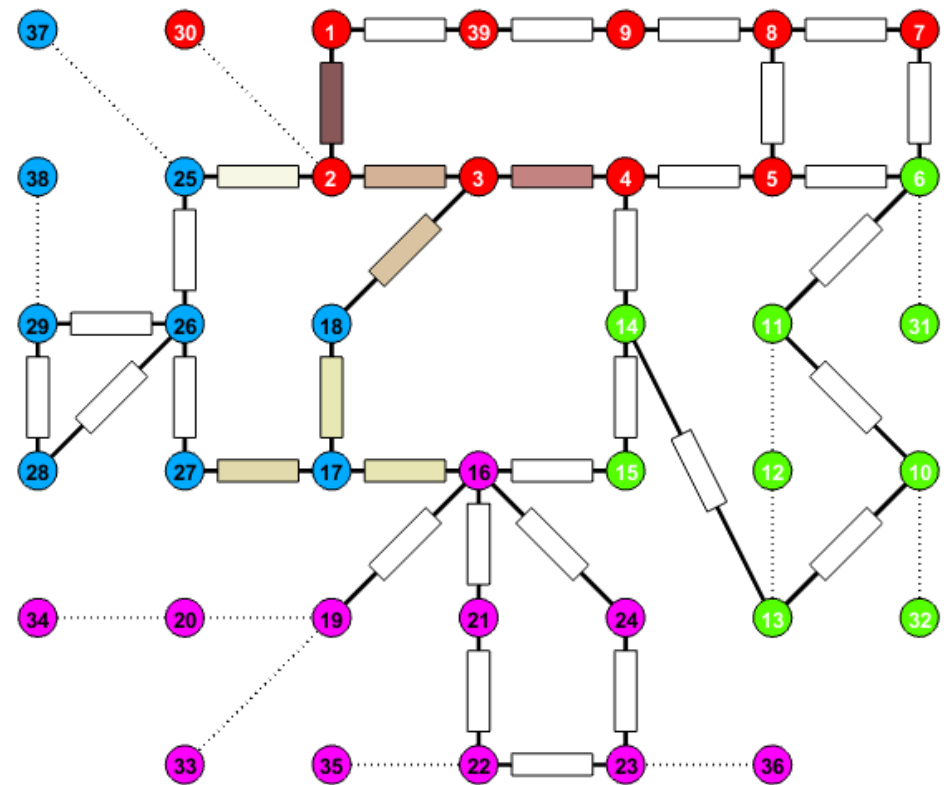
- ▶ Wysoka wrażliwość na awarie – mało realna struktura
- ▶ Modelowany stan bazowy, jako niespełniający $N - 1$



- ▶ Symulowane bezimpedancyjne zwarcia trójfazowe, w jednym z pięciu punktów każdej linii, przy zadanym scenariuszu wzrostu obciążenia w SE (na podstawie danych z PSE, dla KSE w godzinie od 5:00 do 6:00)

Przykładowe wyniki

Obszary:	Czerwony	zielony	niebieski	różowy	ryzyko
Scenariusz 1 (optymalne warunki pogodowe)	0,1	0,1	0,1	0,1	5800 PLN
Scenariusz 2 (złe i zróżnicowane warunki pogodowe)	50	0,1	0,1	0,1	1,55 mln PLN

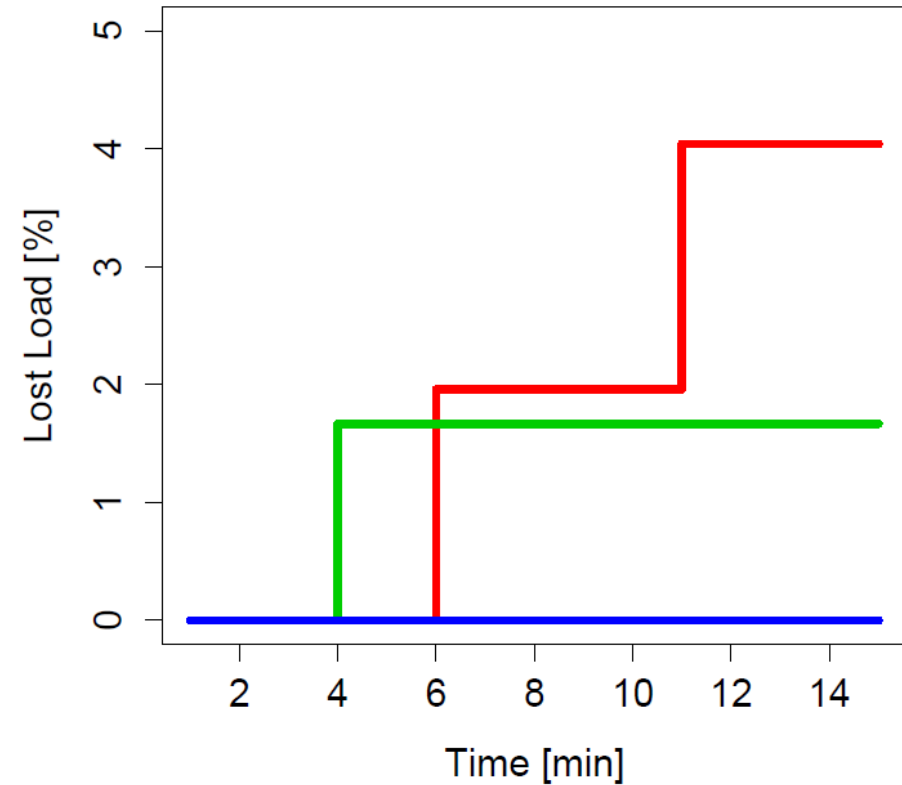
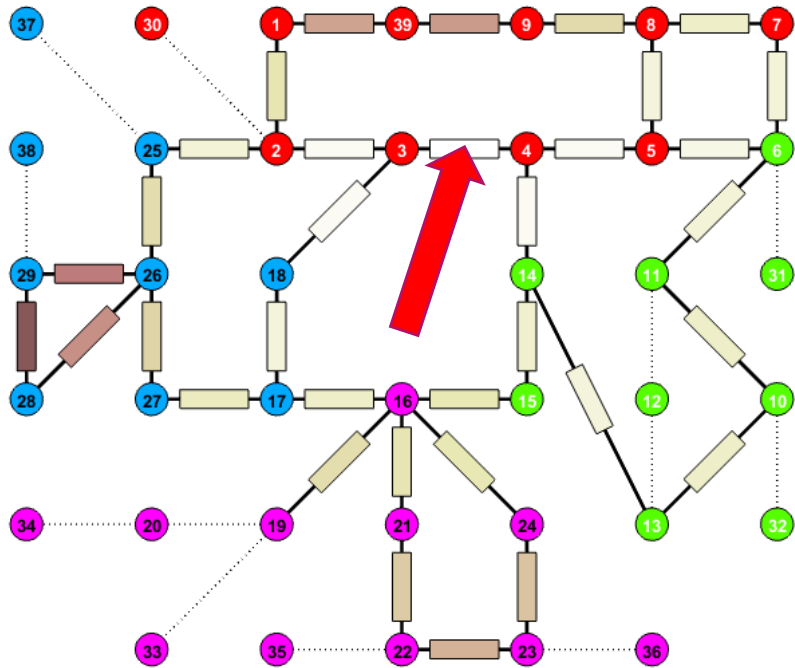


Dalszy rozwój

- Sprzęgnięcie z modelami pogodowymi:
 - Aladin, MRZSE, IMGW, ICM
- Model dynamiczny KSE
- Implementacja algorytmów optymalizacji

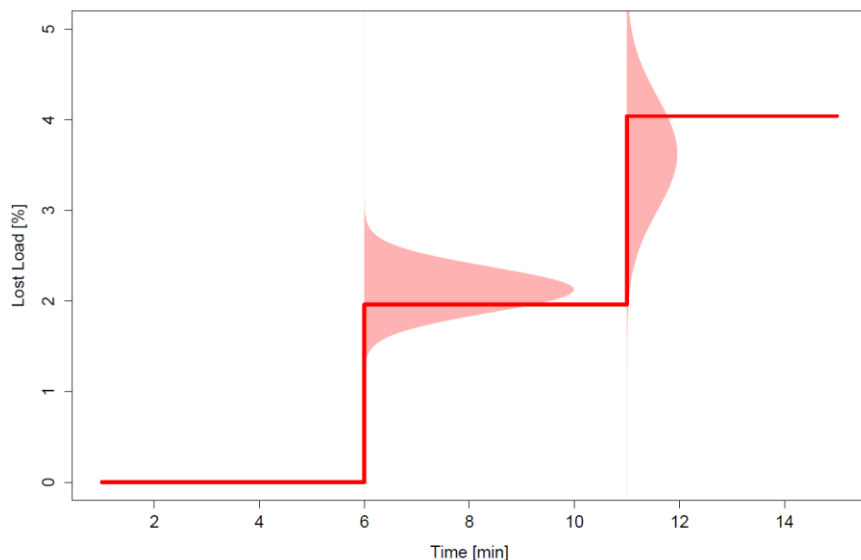
Dziękujemy za uwagę

Dalsze plany – symulacje MC



Dalszy rozwój

► Symulacje komputerowe Monte Carlo

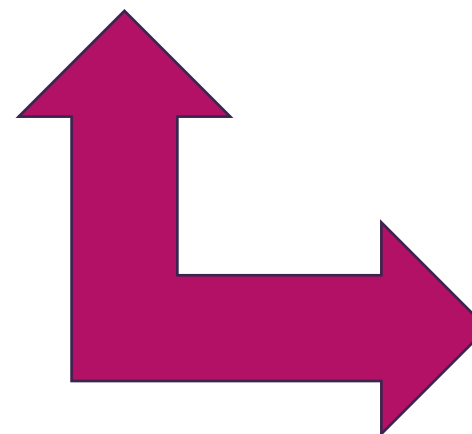


- Sprzęgnięcie z modelami pogodowymi:
 - Aladin, MRZSE, IMGW, ICM
- Model dynamiczny KSE

► Wersja off-line



Prawdopodobieństwo
scenariusza awarii



Baza awarii
i różnych scenariuszy
dynamicznych



Wyniki symulacji
Monte Carlo



Oczekiwane koszty
awarii