

Ograniczenie oddziaływania skutków awarii w sieciach energetycznych na odbiorcę końcowego za pomocą sekcjonowania struktury sieciowej.

S. Moskwa, S. Kozieł, M. Siłuszyk, Z Galias:

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



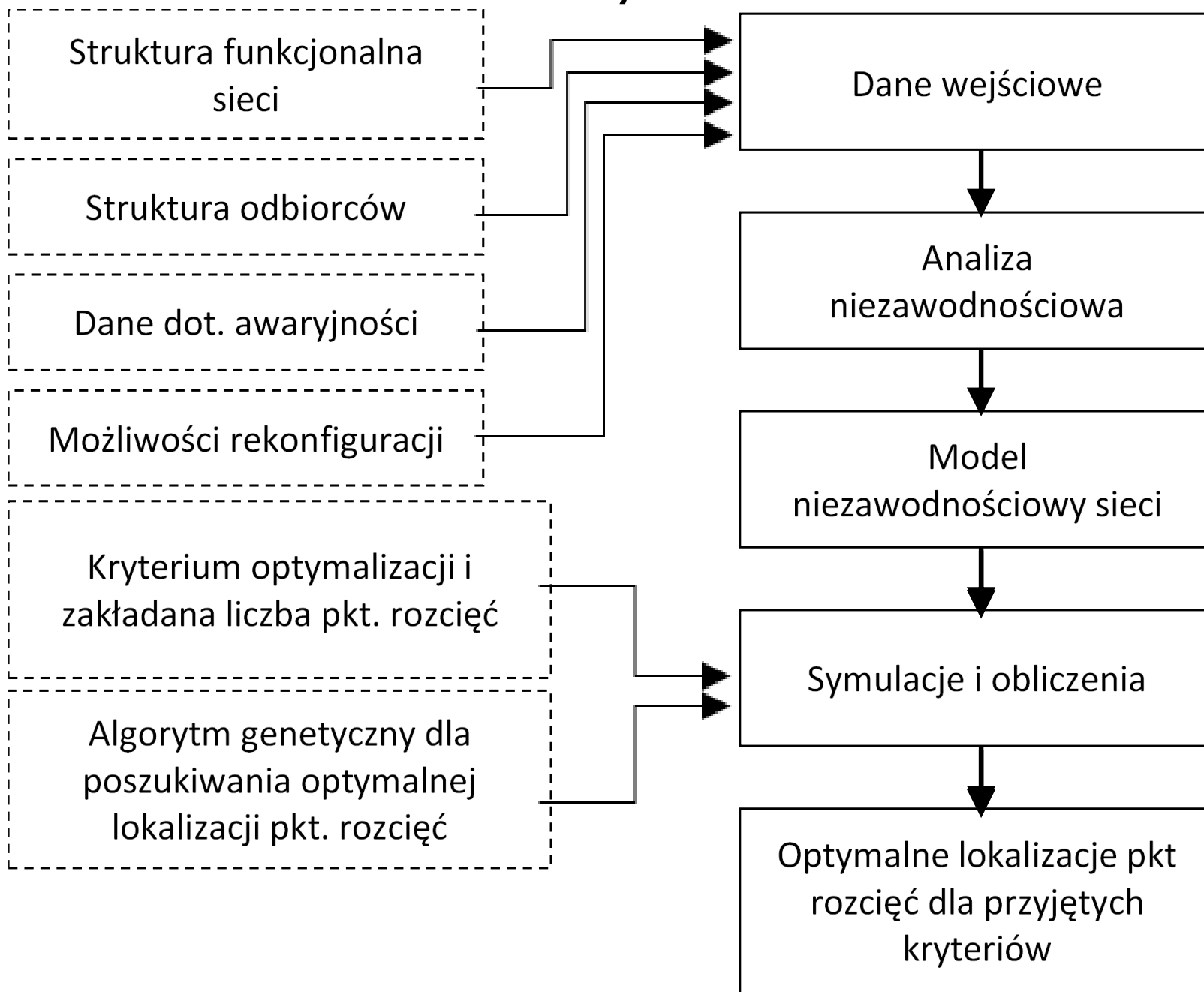
APE'17
Jastrzębia Góra, 07.06.2017



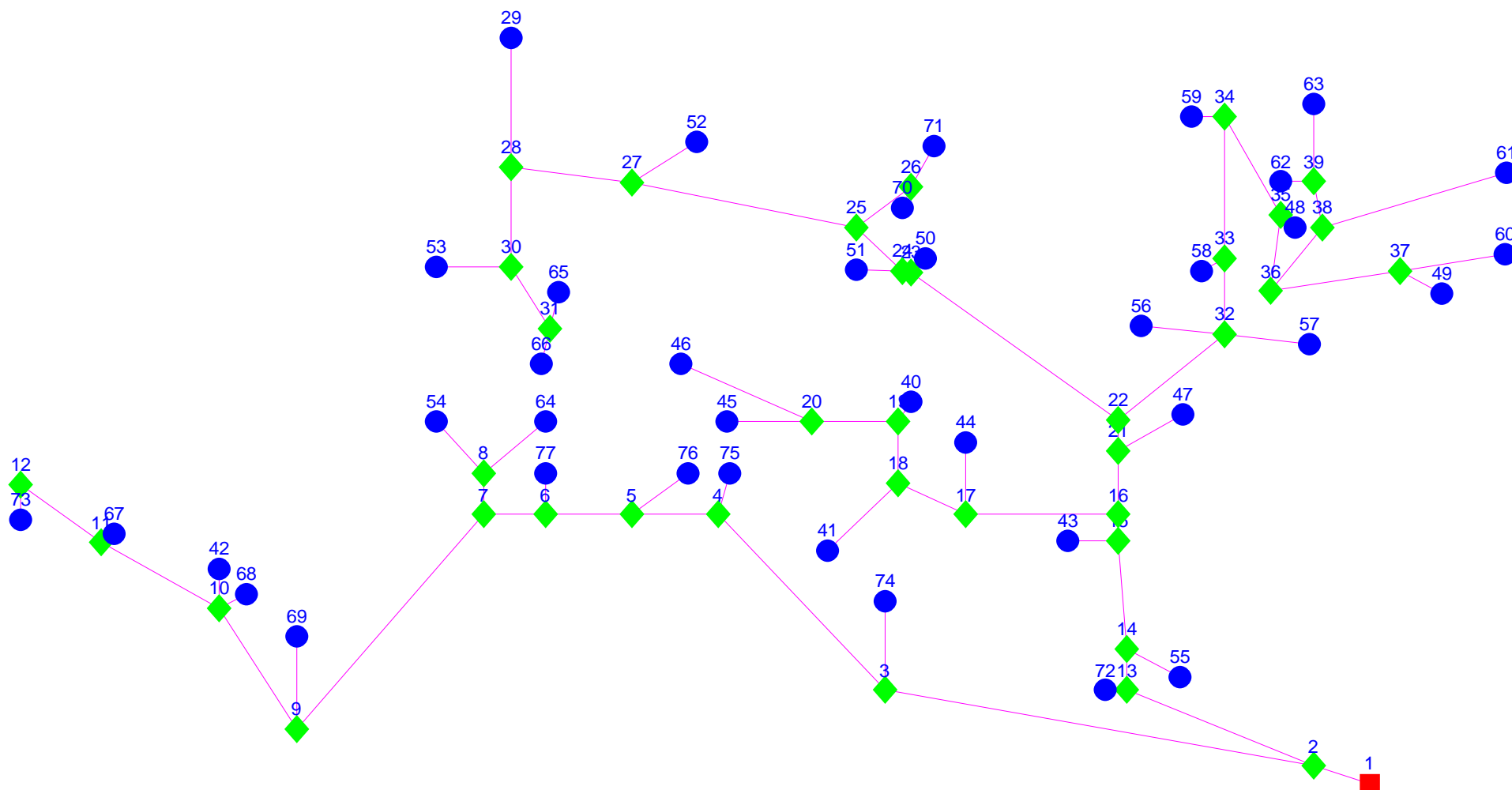
Wprowadzenie

- » Analizowane zagadnienia dotyczą optymalizacji liczby punktów rozcięć i ich lokalizacji w sieciach SN w celu ograniczenia oddziaływania awarii występujących w sieciach dystrybucyjnych na odbiorców końcowych jak również zmniejszenia strat operatora sieci dystrybucyjnej.
- » Głównym celem prac było opracowanie metody wyboru optymalnej lokalizacji punktu rozcięć dla wybranego kryterium.
- » Jako funkcja celu kryterium optymalizacyjnego przyjęte zostały wskaźniki SAIDI, SAIFI oraz ENS.
- » Założono, że analiza niezawodnościowa dotyczy przerw długich, bardzo długich i katastrofalnych.

Metodyka badań

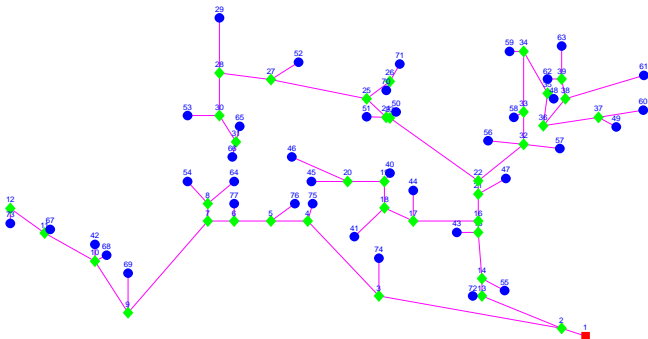


Schemat analizowanej struktury sieciowej



Model niezawodnościowy struktury sieciowej

- » Poszczególnym elementom modelu sieci zostały przypisane parametry niezawodnościowe w postaci rocznych intensywności awarii oraz średnich czasów trwania awarii w oparciu o dane dotyczące awaryjności za okres 3 lat.
- » Parametry zostały wyznaczone na podstawie danych rzeczywistych, uśrednionych dla poszczególnych grup.
- » W węzłach odbiorczych zostały zdefiniowane liczby odbiorców zasilanych z tych węzłów oraz średnioroczna moc pobierana w tych węzłach.
- » Do wyznaczenia parametrów niezawodnościowych przyjęto tylko nieplanowane przerwy w zasilaniu trwające dłużej niż 3 minuty.



Algorytm optymalizacyjny

- » Zastosowano algorytm ewolucyjny (EA) badający możliwe lokalizacje punktów rozcięć poprzez działanie dwóch rodzajów operatorów mutacji:
 - mutacji lokalnej, która umieszcza dany punkt rozcięcia w losowo wybranym odcinku sieci w sąsiedztwie analizowanej lokalizacji (jeśli są dostępne),
 - mutacji globalnej, która umieszcza punkty rozcięć losowo w obrębie całej sieci.

- » W kolejnych iteracjach EA analizuje różne wygenerowane warianty lokalizacji punktów rozcięć oraz bada jaki jest ich wpływ na wartość przyjętej funkcji celu.

Algorytm optymalizacyjny

- » Dokonywany jest wybór najlepszego rozwiązania jakie zostało znalezione w danym cyklu (od 20 do 100 iteracji) i umieszczenie go w nowej populacji z pominięciem procesów selekcji, krzyżowania i mutacji (elitaryzm).
- » Prawdopodobieństwo mutacji jest przyjmowane adaptacyjnie na podstawie różnorodności populacji (od 100 do 200) mierzonej za pomocą odchylenia standardowego dla otrzymanego rozwiązania ($<1\%$).
- » Poszukiwanie optymalnej lokalizacji dla punktów rozcięć przeprowadzono dla trzech różnych kryteriów w postaci wartości wskaźników ENS, SAIDI, SAIFI.

Wskaźniki funkcji celu

$$ENS = \sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=k} A_{jk} D_j \quad SAIDI = \frac{\sum N_j D_j}{N} \quad SAIFI = \frac{\sum N_j}{N}$$

- » D_j – średni czas braku zasilania w ciągu roku dla węzłów odbiorczych znajdujących się w danej podsieci j
- » A_{jk} – średnioroczna moc pobierana w k -tym węźle należącym do podsieci j ,
- » N_j – liczba odbiorców w podsieci narażonych na skutki awarii,
- » N – łączna liczba obsługiwanych odbiorców w analizowanej sieci,

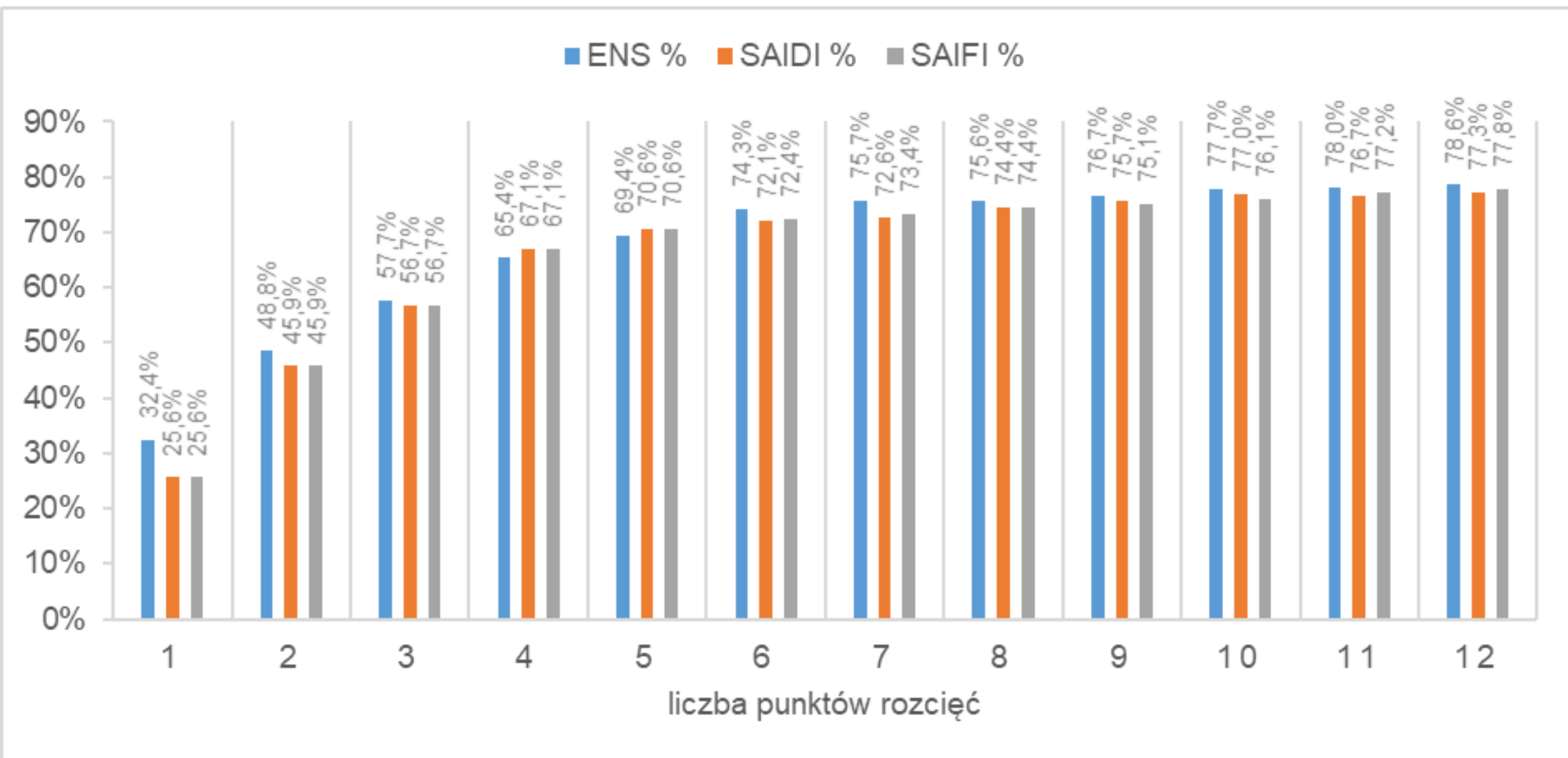


Optymalna lokalizacja punktów rozcięć w strukturze sieciowej dla różnych kryteriów, w zależności od liczby punktów rozcięć – Nx.

Nx	ENS	SAIDI	SAIFI
1	22	28	28
2	3 22	3 28	3 28
3	3 23 27	3 23 28	3 23 28
4	3 23 29 38	3 23 29 38	3 23 29 38
5	2 3 23 30 39	2 3 23 29 38	2 3 23 29 38
6	2 3 6 23 29 38	2 3 23 29 38 41	2 3 6 23 29 38
7	2 3 6 23 29 38 42	3 20 23 29 34 38 44	3 10 20 23 29 33 38
8	2 3 10 23 29 34 38 41	2 3 9 23 25 29 33 38	2 3 6 7 23 29 38 41
9	2 3 6 10 22 23 29 33 38	2 3 9 23 29 30 34 38 40	2 3 6 22 23 29 33 38 39
10	2 3 7 23 27 29 32 33 38 42	2 3 5 9 23 27 29 34 38 42	2 3 9 22 23 28 29 33 38 41
11	2 3 7 11 21 23 29 34 38 43 44	2 3 6 10 11 21 23 29 36 38 41	2 3 6 8 9 23 29 31 33 38 42
12	2 3 6 8 10 22 23 24 30 33 38 42	2 3 5 10 23 27 29 30 37 38 39 42	2 3 9 23 27 29 32 33 38 40 42 43



Względna zmiana wskaźników ENS, SAIDI, SAIFI w zależności od liczby rozcięć sieci przy ich optymalnej lokalizacji.



Podsumowanie

- » Przedstawiony algorytm postępowania w celu ograniczenia skutków awarii, którego kryterium jest wartość wskaźników SAIDI, SAIFI, ENS, wskazuje że sekcjonowanie sieci może być narzędziem bardzo skutecznym w tym aspekcie.
- » Otrzymane wyniki wskazują na możliwość rozwiązania rozważanych problemów z wykorzystaniem EA i różnych funkcji celu.
- » Jak kolejny etap badań planowane jest opracowanie algorytmów optymalizacji wielokryterialnej uwzględniającej równocześnie kilka kryteriów optymalizacyjnych.
- » Planowana jest również analiza techniczno-ekonomiczna w odniesieniu do kosztów jednostkowych oraz eksploatacyjnych urządzeń mających realizować funkcje podziału sieci.



AGH

Odpowiedzi na uwagi do referatu

1. Uzyskane wyniki wykazują rozbieżności, w zależności od rozpatrywanego kryterium, w lokalizacji reklozerów już w przypadku przyjęcia dwóch miejsc rozcięć (tabela 1). W związku z tym wydaje się wskazane sformułowanie zadania optymalizacyjnego o charakterze wielokryterialnym ujmującym nie tylko zagadnienia niezawodnościowe, ale również funkcjonalność zastosowanych reklozerów.

Odp.

Prezentowane wyniki badań są pierwszym etapem szerszego zakresu prac, które mają prowadzić do opracowania metod analizy struktury sieciowej i optymalizacji wielokryterialnej. Wskazane rozbieżności potwierdziły, że optymalizacja wielokryterialna jest wskazana i może wskazywać jeszcze inne wyniki niż dla każdego kryterium oddzielnie.



AGH

Odpowiedzi na uwagi do referatu

2. W analizach niezawodnościowych przyjęto dane rzeczywiste dotyczące średnich czasów trwania awarii dla poszczególnych elementów składowych analizowanej sieci, jednak odnosiły się one do sieci bez możliwości dokonywania w niej automatycznych lub wymuszonych zdalnie rozcięć. Czy w przypadku zastosowania reklozerów średnie czasy trwania awarii obiektów składowych sieci nie będą inne (krótsze)?

Odp.

Długość czasu braku zasilania jest wynikiem zarówno przyczyny awarii (możliwości jej usunięcia) jak również możliwości rekonfiguracji sieci i zasilania odbiorców z innego źródła. W przedstawionym przykładzie proponuje się lokalizację punktów rozcięć, np. poprzez instalację reklozerów, które wpłyną na czas braku zasilania oraz obszar oddziaływania awarii. Czas awarii poszczególnych elementów składowych pozostanie jednak bez zmian.



AGH

Odpowiedzi na uwagi do referatu

3. W badaniach nie ujęto potencjalnej obecności w strukturze sieciowej lokalnych źródeł energii (odnawialnych) oraz ich wpływu i lokalizacji na zadanie optymalizacyjne.

Odp.

Badania obejmujące sieci SN ze źródłami OZE oraz prosumentami są kolejnym etapem prowadzonych badań i są ujęte w ogólnym planie prowadzonych prac. W analizowanym przykładzie takie źródła nie występowały.

4. Brak w referacie informacji dotyczących możliwości funkcjonalnych automatyki w którą wyposażono reklozery. Wydaje się, że jednym z kluczowych aspektów przyjętego zadania optymalizacyjnego jest automatyka SPZ.

Odp.

W przypadku przerw długich i bardzo długich założono, że działania automatyki SPZ są nie skuteczne. Dodatkowo przyjęto, że wpływ możliwości sekcjonowania sieci może być realizowany nie tylko poprzez reklozerów i dlatego nie wskazano szczegółów dot. ich funkcjonalności.



AGH

Odpowiedzi na uwagi do referatu

5. W jaki sposób możliwości komunikacyjne „reklozerów” (zdalne sterowanie ale i przesył danych obiektowych do centrum zarządzania siecią) mogą minimalizować przyjęte kryteria optymalizacyjne?

Odp.

Automatyka reklozerów i ich wzajemna komunikacja pozwala na skrócenie czasu braku zasilania, a więc zmianę kwalifikacji przerwy np. z długiej na krótką. Dodatkowo pozwala na szybszą identyfikację miejsca awarii, wyizolowania tego miejsca i ewentualną rekonfigurację sieci.

6. Proponowana metoda lokalizacji punktów rozcięć była badana na przykładzie typowej terenowej sieci rozdzielczej – czy jest równie skuteczna w strukturach sieci dystrybucyjnych miejskich?

Odp.

Algorytm był również testowany dla sieci miejskich pracujących w układzie normalnym ze stałym punktem rozcięcia i możliwości zasilania z dwóch stron. Wyniki tych symulacji nie były jednak prezentowane w tym referacie.



AGH

Odpowiedzi na uwagi do referatu

7. Odnosi się wrażenie, że prezentowana metoda nie daje w ujęciu ogólnym rozwiązań optymalnych a stwierdzenia autorów: „Artykuł obejmuje analizę możliwości ograniczenia oddziaływania skutków awarii w sieciach dystrybucyjnych średnich napięć w zakresie częstości występowania ...” wymaga komentarza.

Odp.

Wskazane zdanie zostało użyte w streszczeniu referatu i dla tego być może nie prezentuje całego kontekstu tematu. Ograniczenie częstości i czasu trwania przerw w zasilaniu u odbiorców końcowych może być wynikiem m.in. poprzez sekcjonowanie sieci i zwiększenie w strukturze sieciowej punktów rozcięć pozwalających na automatyczną izolację miejsca wystąpienia awarii.



Dziękuję za uwagę