

STRESZCZENIE

W pracy rozpatrzono problem optymalnego planowania modernizacji i przebudowy elektroenergetycznych terenowych sieci dystrybucyjnych średniego napięcia (SN) przy wykorzystaniu obliczeniowych metod ewolucyjnych. Temat ten został podjęty ze względu na aktualność problematyki a także realizowany obecnie przez operatorów sieci dystrybucyjnych program przebudowy terenowych sieci napowietrznych SN na sieci kablowe w celu zwiększenia niezawodności i efektywności pracy tych sieci.

Przeanalizowanie możliwości i ograniczeń metod optymalizacji klasycznej i heurystycznej pozwoliło na wybranie metod ewolucyjnych jako szczególnie przydatnych do rozwiązania analizowanego w pracy problemu – planowania modernizacji sieci terenowej SN. W ramach pracy założono opracowanie metodyki obliczeniowej wpierającej planowanie tego rodzaju działań, tak aby przy planowaniu przebudowy sieci napowietrznych SN i określaniu zakresu modernizacji dystrybucyjnych sieci terenowych wykorzystywana była wiedza i doświadczenie eksperckie działów planowania przedsiębiorstw dystrybucyjnych wsparte dodatkowo metodyką obliczeń ewolucyjnych.

Udział linii kablowych w infrastrukturze sieciowej Operatorów Systemu Dystrybucyjnego (OSD) w Polsce jest zdecydowanie niższy niż w wielu krajach europejskich. W kraju elektroenergetyczne linie napowietrzne średniego napięcia stanowią ok. 75% a linie kablowe 25%. Aktualnie wybór linii elektroenergetycznej SN i jej odcinków do skablowania odbywa się w spółkach dystrybucyjnych w sposób deterministyczny uwzględniający głównie historyczną awaryjność linii (SAIDI, SAIFI) oraz stopień zadrzewienia.

Głównym celem realizowanej pracy było opracowanie dla terenowych sieci dystrybucyjnych SN modeli optymalizacyjnych umożliwiających optymalne planowanie zakresu prac modernizacyjnych. W realizacji obliczeń optymalizacyjnych zastosowano metody ewolucyjne ze szczególnym uwzględnieniem algorytmów genetycznych i rojowych. Założono, iż opracowane modele optymalizacyjne będą uwzględniały możliwość wyboru w analizowanych sieciach dystrybucyjnych odcinków linii do prac modernizacyjnych przy planowaniu ich prac w założonych horyzontach czasowych przy jednoczesnym doborze możliwych wariantów modernizacji dla danych odcinków w analizowanym fragmencie sieci dystrybucyjnej.

W zaproponowanych w pracy modelach optymalizacyjnych uwzględniono kryteria dotyczące poprawy niezawodności i efektywności wykorzystania infrastruktury sieciowej terenowych sieci dystrybucyjnych SN. Przy czym do realizacji obliczeń w zrealizowanych analizach obliczeniowych rozpatrzono różne zestawienia tych kryteriów.

W rozprawie dokonano obliczeń optymalizacyjnych dla analizowanego zadania z zastosowaniem zagregowanego podejścia i wybranych algorytmów optymalizacyjnych (AG, PSO, MFO, Bess) oraz przeanalizowano problem w zakresie obliczeń optymalizacji wielokryterialnej z zastosowaniem wybranych wersji algorytmów ewolucyjnych (NSGA II, NSGA III, SPEA 2, ev-MOGA, MOGA/D, PESA II). W ramach zrealizowanych prac opracowano metodę kodowania rozwiązań. Zaproponowana metoda kodowania umożliwia przydział odcinków do modernizacji w określonych przedziałach czasowych, wybór trasy prowadzenia linii, oraz określenie długości skablowania odcinek linii napowietrznej. Dla tego sposobu kodowania opracowano i zaimplementowano dostosowanych do zadania operatory rekombinacji dla zastosowanych algorytmów ewolucyjnych.

Wykonanie obliczeń różnymi algorytmami przy zbieżności uzyskiwanych rezultatów posłużyło potwierdzeniu zakładanego celu obliczeń jakim jest uzyskanie przy pomocy algorytmów ewolucyjnych optymalizacji wielokryterialnej odszukanie jak największej liczby rozwiązań parteoptymalnych dla rozważanego zadania. Obliczenia zrealizowano dla wybranego fragmentu rzeczywistej terenowej napowietrznej sieci SN. Analizowany fragment sieci zawierał ciągli linii napowietrznych SN zasilane z trzech GPZ-tów. Opracowana metodyka umożliwia realizację obliczeń optymalizacyjnych w zakresie planowania modernizacji sieci terenowych przy uwzględnieniu różnych metod poprawy niezawodności sieci dystrybucyjnych. W rozprawie zaproponowano wariantowe modele optymalizacyjne, wykorzystanie tych modeli umożliwia odszukiwanie optymalnych planów modernizacji sieci dla założonych przedziałów czasowych oraz przy uwzględnieniu różnych zakresów modernizacji wybranych odcinków i elementów sieci. Zastosowane algorytmy umożliwiły optymalizację niezawodności sieci, oraz umożliwiły odszukiwanie rozwiązań kompromisowych między planowanymi nakładami inwestycyjnymi i szacowanymi kosztami eksploatacyjnymi.

Andrzej N. 12/1

Optimal planning of the reconstruction of MV local power distribution networks by means of evolutionary methods

ABSTRACT

The text treats the question of optimal planning for the process of modernization and redevelopment of medium-voltage power(MV). The general point pertains to the process of distribution these networks wherewithal the computational evolutionary methods. The topic was raised up due to the recent currency of the discussion about that and it is known that the program is conducted by distribution special, network operators to reconstruct of the medium-voltage power overhead networks into cable networks what is implied to increase the reliability and efficiency of these networks.

Detailed analysis of the avenues and limitations in terms of classical and heuristic optimization methods has allowed the choice of changing methods as especially useful for solving the problem considered in the abstract - planning the redevelopment of the MV field network. As part of the work, it was supposed to build up a computational methodology frequently used in the planning of that type of operations, so that when planning the reconstruction of MV overhead networks and determining the scope of modernization of the area of distribution networks, the knowledge and experience for planning departments of distribution companies planning was applied, additionally conducted by the methodology of evolutionary calculations.

The general contribution of cable lines in the network infrastructure of Distribution System Operators (DSO) in Poland is certainly less substantial than in many, other European countries. In Poland, medium voltage overhead power lines constitute about 75% and cable lines 25%. Presently, the selection of the MV power line and its sections for cabling takes place in distribution companies in a deterministic way taking into account mainly the historic failure rate of the line (SAIDI, SAIFI) and the extent of the tree occurrence.

The work's general purpose was to build up the optimization models for field SN distribution networks facilitating optimal planning of the scope of modernization works. In the implementation of optimization calculations, evolutionary methods were applied, with particular emphasis on genetic and swarm algorithms. It was supposed that the developed optimization models will consult the ways of choosing in the analyzed distribution networks line sections for modernization works when planning their work within the supposed time horizons while simultaneously selecting possible modernization options for concrete sections in the fragment of the distribution network.

Suggested optimization models in the work take into account the parameters for refining the reliability and efficiency of network infrastructure used in MV field distribution networks. Simultaneously, to the conducting of concrete calculations, in given, executed computational analysis there were taken into account various combinations of these parameters.

In given disquisition, optimization calculations were presented for the analyzed task using an aggregated approach and selected optimization algorithms (AG, PSO, MFO, Bess) and the problem in the area of multi-tasking optimization calculations using selected versions of evolutionary algorithms (NSGA II, NSGA III, SPEA 2, ev -MOGA, MOGA / D, PESA II). As a part of the completed work, a method of coding the solutions was developed. The proposed coding method implies the allocation of sections for modernization at specific time intervals, the choice of route and concrete determination of the length of cabling for an overhead line section. Task-adapted recombination operators for the evolutionary algorithms used, was progressed and implemented for this coding method.

Making of concrete calculations with various algorithms at the concurrence of the outcomes obtained was used to confirm the presumed aim of calculations which is to reach multi-criteria optimization algorithms by finding the largest number of parto-optimal solutions for the task under consideration. In the chosen fragment of the real field MV overhead, the calculations were done. The analyzed network fragment consisted of continuous MV overhead lines fed from three GPZs. The developed methodology makes it available to conduct optimization calculations in the scope of planning modernization of field networks, using various methods of improving the reliability of distribution networks. Variant optimization models were distinguished in the text, the use of these models enables finding optimal network modernization plans for assumed time intervals and taking into account various ranges of modernization of concrete sections and network elements. The algorithms used enabled optimization of the reliability network and enabled finding conforming solutions between planned investment expenses and an approximated costs of exploitation.

Abjciech N101