

## ANALIZA PROCESU DOBORU PRZEWODÓW ELEKTRYCZNYCH ORAZ ICH ZABEZPIECZEŃ

### SELECTION PROCESS OPTIMIZATION OF ELECTRICAL CABLES AND SECURITY

Jarosław Korpikiewicz<sup>1\*</sup>, Józef Lisowski<sup>2</sup>

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81–87, 81-581 Gdynia, Wydział Elektryczny

<sup>1</sup> Studium Doktoranckie, e-mail: j.korpikiewicz@we.am.gdynia.pl

<sup>2</sup> Katedra Automatyki Okrętowej, e-mail: j.lisowski@we.am.gdynia.pl

\* Adres do korespondencji/Corresponding author

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono problematykę automatycznego doboru przewodów i ich zabezpieczeń. Opracowano strukturę systemu obliczeniowego do realizacji czynności projektowych. Scharakteryzowano proces doboru przewodów i kabli z uwzględnieniem zastosowania algorytmu ewolucyjnego. Opisano dla celów doboru klasyfikację przewodów i kabli z uwzględnieniem kabli i przewodów elektroenergetycznych. Przedstawiono strukturę systemu informatycznego, realizującego proces doboru kabli i przewodów.

**Słowa kluczowe:** elektrotechnika, instalacje elektryczne, dobór przewodów, metody sztucznej inteligencji.

**Abstract:** The paper presents the problem of automatic selection of cables and their security. Structure of the system was developed for the implementation of project activities. Characterized the process of selecting wires and cables including the use of an evolutionary algorithm for the optimization. Described for the selection of classification of wires and cables including the power cables and wires. Detail the system, automatically executing the process of selecting cables.

**Keywords:** electrical engineering, electrical installation, wire selection, artificial intelligence.

## 1. WSTĘP

Przy projektowaniu elektrycznych instalacji, rozdzielnic i układów sterowania ważny jest dobór odpowiednich przewodów i kabli [Markiewicz 2012; Helukabel 2014; TELE-FONIKA Kable 2014]. W wielu publikacjach nie uwzględnia się doboru rodzaju przewodu dostępnego w katalogu w zależności od jego warunków eksploatacji. Warunkami eksploatacji są parametry napięciowe projektowanych instalacji, sposób wykonania instalacji układanych na stałe określonych w normie [PN-IEC 60364-5-523:2001] lub połączeń ruchomych, np. elastycznych przewodów łańcuchowych dla przenośników, obecność czynników narażeniowych,

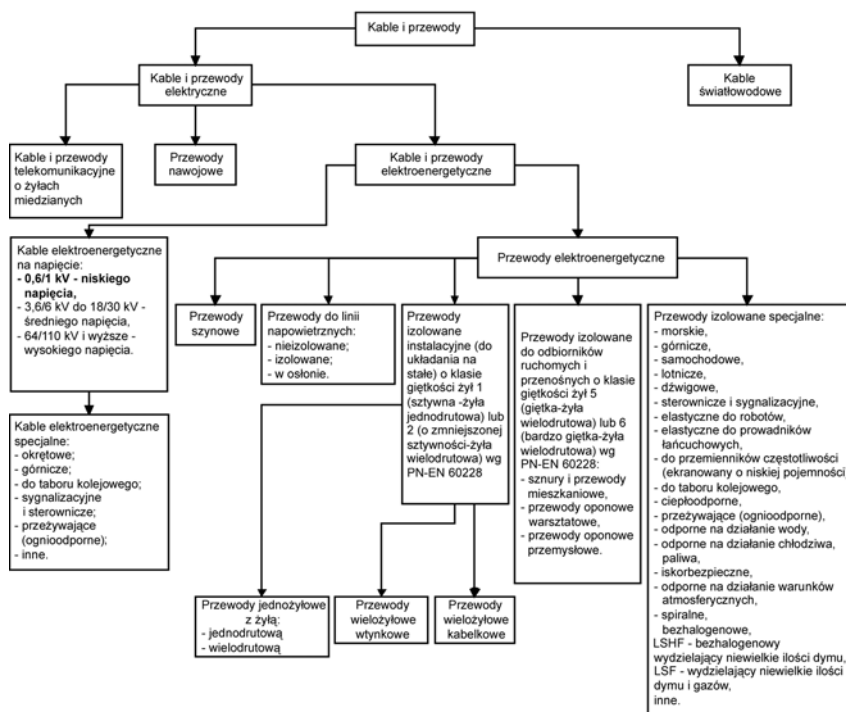
np. atmosfery agresywnej, smarów i chłodziw, podwyższonych temperatur w hutach, walcowniach lub cementowniach, czy też mechanicznych (wymagana odporność na ścieranie, element nośny w przewodach podwieszanych), takie warunki mogą występować w zakładach przemysłowych.

Ważny jest też rodzaj projektowanej instalacji: instalacja ogólnego przeznaczenia, instalacje bezpieczeństwa, np. przewód przeciwpożarowy w izolacji samogasnącej i płomieniodpornej, instalacje okrętowe, kable morskie posiadające akceptację towarzystw klasyfikacyjnych. Podczas projektowania instalacji elektrycznych należy uwzględnić jakość energii elektrycznej, a w szczególności odkształcenia krzywej napięcia.

Celem artykułu jest ocena możliwości uzyskiwania rozwiązań dopuszczalnych przed zastosowaniem wybranej metody optymalizacji.

## 2. KABLE I PRZEWODY ELEKTROENERGETYCZNE

Na rysunku 1 przedstawiono klasyfikację przewodów i kabli dla celów doboru z uwzględnieniem kabli i przewodów elektroenergetycznych oraz ich budowy, przeznaczenia urządzenia i jego warunków eksploatacji [Germata i Grobicki 2012].



Rys. 1. Klasyfikacja przewodów i kabli elektrycznych

Fig. 1. Classification of electrical wires and cables

Sposób oznaczeń typów przewodów i kabli, zależny od ich budowy na napięcie znamionowe, nieprzekraczające 450/750 V, został zdefiniowany w normie [PN-HD 361 S3:2002/A1:2007].

Budowę żył przewodów i kabli dla poszczególnych ich klas giętkości (liczba i wymiary drutów składowych, wartości rezystancji) zdefiniowano w normie [PN-EN 60228:2007]. Przewody z żyłami o giętkości klasy 1 oraz 2 stosowane są w instalacjach stałych, a o klasie 5 i 6 – w połączeniach ruchomych, jednak nie zabrania się ich stosowania w instalacjach stałych.

W powyższej normie określono znamionowe przekroje w zakresie od 0,5 do 25 mm<sup>2</sup> żył do kabli, przewodów i sznurów elektroenergetycznych.

W tabelach 1–4 dokonano klasyfikacji przewodów ze względu na czynniki narażeniowe oraz funkcje i miejsce eksploatacji.

**Tabela 1.** Typy przewodów elektroenergetycznych ze względu na ich budowę [Germata i Grobicki 2012]

**Table 1.** Types of conductors due to their construction [Germata and Grobicki 2012]

Typ	Opis
Przewody izolowane do układania na stałe (instalacyjne)	Przeznaczone do wykonywania instalacji, które nie będą podlegały przemieszczeniu, zginaniu, drganiom o dużej amplitudzie i częstotliwości. Najczęściej stosowane do instalacji elektrycznych w budynkach i obiektach budowlanych jak baseny, tunele itp.
Przewody jednożyłowe	Mają tylko izolację i dlatego muszą być układane pod osłonami lub w rurkach instalacyjnych, chroniących je przed mechanicznym uszkodzeniem. Stosowane są również w szafach sterowniczych i rozdzielnicach
Przewody wielożyłowe wtynkowe	Mają zarówno izolację, jak i powłokę, i mogą być stosowane wyłącznie do wykonywania instalacji, która będzie pokryta warstwą tynku
Przewody wielożyłowe kabelkowe	Przeznaczone do wykonywania instalacji na ścianach. Mocuje się je za pomocą uchwytów lub w korytkach. Przewody kabelkowe, zwłaszcza płaskie, mogą być także stosowane do wykonania instalacji podtynkowej. Mogą zawierać żyły jedno- lub wielodrutowe. W przypadku występowania zakłóceń stosuje się przewody ekranowane
Przewody sterownicze (sygnalizacyjne)	Przewody wielożyłowe (mogą zawierać więcej żył niż 5), najczęściej w elastycznej izolacji przeznaczone do łączenia urządzeń automatyki, sygnalizacyjnych lub alarmowych. Mogą zawierać żyły jedno- lub wielodrutowe. W przypadku występowania zakłóceń stosuje się przewody ekranowane

**Tabela 2.** Typy przewodów izolowanych ze względu na czynniki mechaniczne**Table 2.** Types of insulated wires due to mechanical factors

Typ	Czynniki narażeniowe
Przewody izolowane do układania na stałe (instalacyjne)	Występują niewielkie drgania mechaniczne, przewody nie są zginane i nie są narażone na inne czynniki mechaniczne
Przewody izolowane do połączeń odbiorników przenośnych	Przewody narażone na zginanie, drgania, a niekiedy wibracje. Są także narażone na ścieranie
Przewody izolowane do połączeń odbiorników ruchomych	Jak wyżej, z tym, że częstotliwość i łączna liczba cykli zginania jest znacznie większa
Przewody izolowane do połączeń spiralnych	Specjalne wykonanie przewodów
Przewody samonośne (wewnętrzne)	Narażone na naprężenia spowodowane własnym ciężarem. Posiadają element nośny, np. drut stalowy
Przewody samonośne (zewewnętrzne)	Przewody podwieszane, np. pomiędzy budynkami, narażone równocześnie na działanie promieniowania słonecznego (UV), naprężenia spowodowane własnym ciężarem i dodatkowym (lód, śnieg), wiatrem w warunkach środowiskowych zewnętrznych, tj. wysokich lub niskich temperatur. Posiadają element nośny – drut stalowy

**Tabela 3.** Funkcje przewodów ze względu na bezpieczeństwo**Table 3.** Features wires for safety reasons

Typ	Wymagany typ przewodów
Instalacja ogólnego przeznaczenia	Typ przewodu wynika z innych czynników
Instalacja o niskiej emisji dymów podczas pożaru	Przewody specjalne LSHF ( <i>ang. Low smoke halogen free</i> ). Są to przewody bezhalogenowe, tj. niezawierające halogenków (pierwiastki z grupy chlorowców), które mogłyby się uwolnić podczas pożaru, i wydzielające niewielkie ilości dymu
Instalacja bezpieczeństwa ognioodporna	Przewody specjalne bezhalogenowe utrzymujące swoje funkcje podczas pożaru w określonym czasie. Żyły miedziane pokryte taśmą mikową lub gumą silikonową ceramizującą w czasie pożaru
Instalacja w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem iskrobezpieczna	Przewody specjalne stosowane w obwodach iskrobezpiecznych i strefach zagrożonych wybuchem

**Tabela 4.** Typy przewodów izolowanych ze względu na miejsce eksploatacji

**Table 4.** Types of insulated conductors due to the place of use

Typ	Wymagany typ przewodów
Instalacja w budynkach i budowlach (instalacje lądowe)	Typ przewodu wynika z innych wymagań lub typowy (izolacja PCV)
Instalacje morskie	Przewody odporne na trudniejsze warunki środowiskowe, posiadające certyfikaty/aprobaty towarzystw klasyfikacyjnych
Instalacje górnicze	Przewody przeznaczone do zastosowań w zakładach górniczych
Instalacje dźwigowe	Oprzewodowanie urządzeń dźwigowych podlegających ustawie o dozorcze technicznym

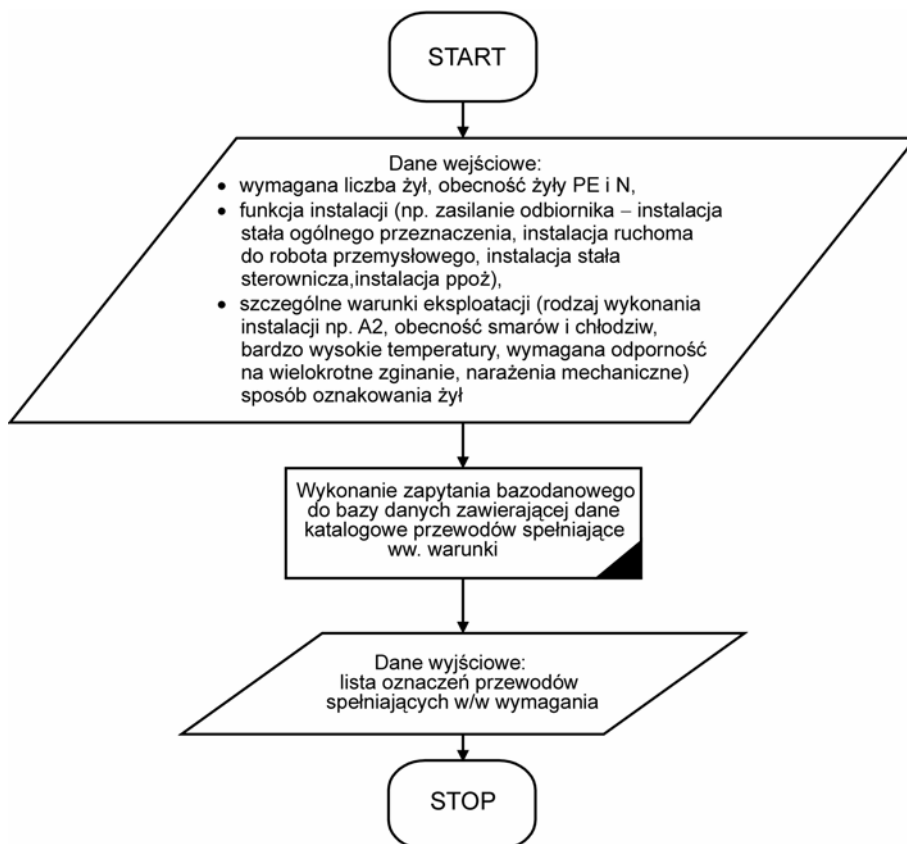
### 3. CHARAKTERYSTYKA PROCESU DOBORU PRZEWODÓW

Proces doboru przewodów, powiązany z doбором zabezpieczeń nadprądowych urządzeń, może być zrealizowany przez system ekspertowy, wyposażony w odpowiednie bazy wiedzy producentów tych urządzeń. W pracy [Mulańska 1996] sklasyfikowano taki rodzaj systemu ekspertowego kompletowania, który konfiguruje obiekty w warunkach ograniczeń. W projektach, gdzie okablowanie prowadzone jest w korytkach, dodatkowymi kryteriami optymalizacji może być wymagane miejsce w korytku, ciężar okablowania, dobór wsporników, stanowiąc zadanie optymalizacji wielokryterialnej. Proces doboru musi spełniać wymagania techniczne obciążalności prądowej długotrwałej i zwarciowej, dopuszczalnego spadku napięcia w stanie normalnej pracy i rozruchu, selektywnego zadziałania zabezpieczeń, skutecznego wyłączenia prądów zwarciowych najmniejszych i odporności na prądy zwarciowe największe zainstalowanych aparatów. Wszelkie dodatkowe wymagania wpływają na liczbę dodatkowych żył kabla albo obecność dodatkowego okablowania oraz dobór aparatury i jego akcesoriów [PN-IEC 60364-5-523:2001].

#### 3.1. Dobór wstępny

Proces wstępnego doboru przewodów w zakresie ich typów został przedstawiony na rysunku 2.

Proces doboru powinien poprzedzać etap wyznaczania obciążalności długotrwałej, zależnej od właściwości izolacji typu kabla. Wymaga to odpowiednio przygotowanej bazy danych na podstawie katalogu producenta oraz klasyfikacji środowisk i warunków eksploatacji przewodów i kabli.

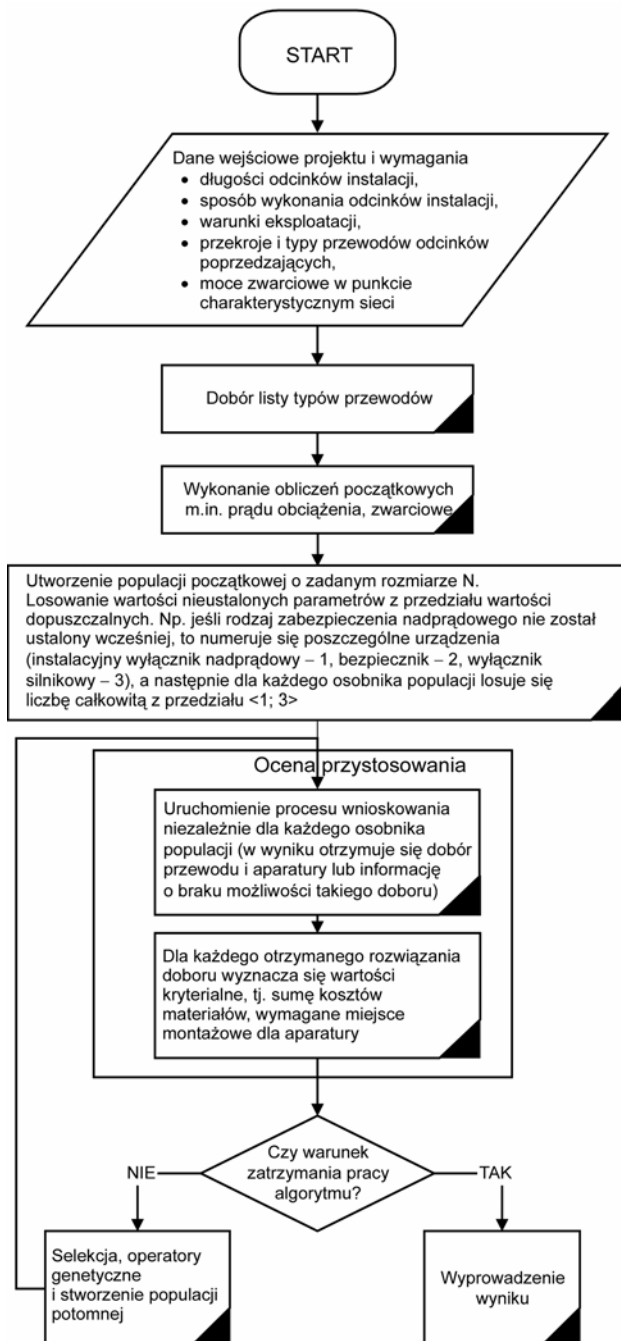


**Rys. 2.** Schemat doboru typów przewodów i kabli

**Fig. 2.** Sampling scheme types of wires and cables

### 3.2. Algorytm ewolucyjny doboru przewodów

System ekspertowy musi posiadać wymagane parametry wejściowe, z których część zostanie ustalona na podstawie sprecyzowanych wymagań dla projektowanej instalacji, pozostałe zaś będą wybierane drogą losową. Do realizacji modułu wnioskującego wykorzystuje się algorytm ewolucyjny, sprawdzający warianty możliwych rozwiązań (rys. 3).



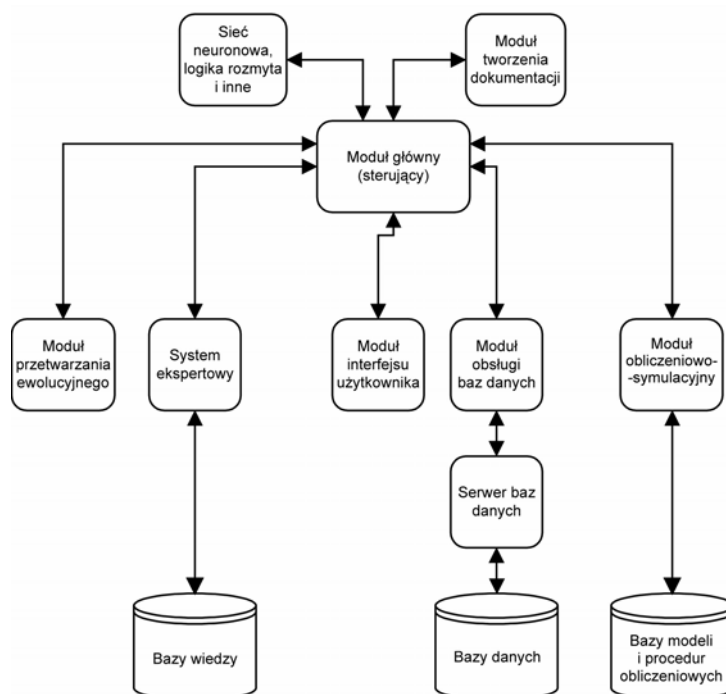
Rys. 3. Proces doboru przewodu za pomocą algorytmu genetycznego

Fig. 3. The selection process for the cable using a genetic algorithm

#### 4. STRUKTURA SYSTEMU INFORMATYCZNEGO

System informatyczny, realizujący w sposób automatyczny proces doboru kabli i przewodów, składa się z następujących bloków (rys. 4):

- obsługi baz danych – realizuje zapytania do bazy danych w celu pobrania danych technicznych i ekonomicznych o dobieranych urządzeniach i aparatach, aktualizuje i przegląda bazy danych;
- realizacji obliczeń optymalizacyjnych – umożliwiając tworzenie skryptów i funkcji obliczeniowych, ich testowanie i uruchamianie;
- tworzenia modeli symulacyjnych w celu weryfikacji założeń projektu;
- systemu ekspertowego, uruchamiającego moduł wnioskujący z określoną bazą wiedzy w celu realizacji doboru;
- interfejsu użytkownika, za pomocą którego przebiega komunikacja z użytkownikiem;
- modułu przetwarzania ewolucyjnego;
- modułu głównego – synchronizującego wykonywanie i kontrolę poprawności realizacji zadań.



**Rys. 4.** Struktura systemu informatycznego do automatycznego doboru przewodów i kabli oraz aparatury

**Fig. 4.** The structure of a computer system for automatic selection of wire and cable equipment



## 5. PODSUMOWANIE

Proces doboru kabli i przewodów stanowi jedno z wielu zadań optymalizacyjnych podczas projektowania systemów technicznych. Składnikami funkcji celu zależnie od rodzaju projektu mogą być: koszt zakupu przewodów i kabli oraz osprzętu kablowego, koszty urządzeń, koszt strat energii elektrycznej lub wartość strat energii podczas eksploatacji, wymagane miejsca dla przewodów i kabli, ciężar okablowania. Ograniczeniami procesu doboru przewodów mogą być: maksymalna liczba różnych przekrojów, lista producentów urządzeń, wśród których poszukiwane będzie optymalne rozwiązanie, wymagania prawno-techniczne.

## LITERATURA

- Germata, M., Grobicki, J., 2012, *Przewody i kable elektroenergetyczne*, WNT, Warszawa.
- Helukabel, 2014, *Materiały informacyjne, katalog produktów, Kable i przewody*, Warszawa.
- Markiewicz, H., 2012, *Urządzenia elektroenergetyczne*, WNT, Warszawa.
- Mulawka, J., 1996, *Systemy ekspertowe*, WNT, Warszawa.
- PN-EN 60228:2007, *Żyły przewodów i kabli*.
- PN-HD 361 S3:2002/A1:2007, *Klasyfikacja przewodów i kabli*.
- PN-IEC 60364-5-523:2001, *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych, dobór i montaż wyposażenia elektrycznego, obciążalność prądowa długotrwała przewodów*.
- TELE-FONIKA Kable, 2014, *Materiały informacyjne. Kable i przewody elektroenergetyczne*, Warszawa.