

# ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE

---

Podręcznik do programu ArCADia-SIECI  
ELEKTRYCZNE



# 1 SPIS TREŚCI

## Spis treści

<b>1</b>	<b><i>Spis treści</i></b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><i>Wprowadzenie</i></b> .....	<b>4</b>
2.1	O programie .....	6
2.2	Cechy i możliwości programu .....	6
<b>3</b>	<b><i>Instalowanie i uruchamianie programu</i></b> .....	<b>8</b>
3.1	Wymagania sprzętowe .....	9
3.2	Instalowanie .....	9
3.3	Uruchamianie .....	9
3.4	Otwieranie projektu (CAD) .....	9
3.5	Zapis projektu (CAD) .....	9
3.6	Autozapis i kopia bezpieczeństwa (CAD) .....	10
<b>4</b>	<b><i>Praca z programem</i></b> .....	<b>11</b>
4.1	Podstawowe informacje o programie .....	12
4.2	Opis elementów programu .....	12
4.2.1	Opcje ogólne programu .....	14
4.3	Obliczenia .....	14
4.4	Opis obiektów .....	18
4.4.1	Stacja transformatorowa .....	18
4.4.2	Linia kablowa .....	19
4.4.3	Linia napowietrzna .....	23
4.4.4	Złącze kablowe .....	24
4.4.5	Punkt przyłączenia .....	26
4.4.6	Tablica rozdzielcza .....	27
4.4.7	Słup energetyczny .....	28
4.4.8	Rura osłonowa .....	31
4.4.9	Generowanie zestawień .....	31
4.4.10	Przykładowe zestawienie materiałów .....	33
4.4.11	Generowanie raportów obliczeniowych .....	33
4.4.12	Przykładowy raport obliczeniowy .....	35

## Spis treści

## Wydawca

INTERsoft sp. z o.o.  
90-057 Łódź  
ul. Sienkiewicza 85/87  
tel. +48 42 6891111  
fax +48 42 6891100

**Internet:**

<http://www.intersoft.pl>

**E-mail:**

[inter@intersoft.pl](mailto:inter@intersoft.pl)  
[biuro@intersoft.pl](mailto:biuro@intersoft.pl)

## Prawa autorskie

Zwracamy uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia software'owe i hardware'owe oraz nazwy markowe danych firm są ogólnie chronione.

Wszystkie podane w tym podręczniku dane oraz programy, opracowane, względnie zestawione, zostały reprodukcowane przez ich autorów z największą starannością i z zachowaniem skutecznych środków kontrolnych. Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Firma INTERsoft pragnie w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie może udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki. Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

## 2 WPROWADZENIE

## Wprowadzenie

### 2.1 O PROGRAMIE

**ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** to inteligentne narzędzie rozszerzające programy ArCADia-INTELLICAD/AutoCAD o funkcje niezbędne do stworzenia profesjonalnej dokumentacji z zakresu projektowania zewnętrznych sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia. Program kierowany jest zarówno do projektantów sieci, instalacji urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych, jak i do wszystkich osób związanych z branżą elektrotechniczną. Użytkownik korzystający z programu **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** ma możliwość szybkiego stworzenia rysunków sieci elektroenergetycznych zewnętrznych na planach zagospodarowania przestrzennego bądź wykonania własnego rysunku przedstawiającego sieć począwszy od transformatora niskiego napięcia do tablicy rozdzielczej w budynku. Użytkownik ma do dyspozycji bibliotekę obiektów wykorzystywanych przy projektowaniu, z możliwością ich edycji i nadawania im parametrów. Prócz możliwości sprawnego wykonania rysunków technicznych program przeprowadza obliczenia niezbędne do poprawnego zaprojektowania sieci i stworzenia profesjonalnej dokumentacji technicznej. Połączenie specjalistycznych funkcji wykorzystanych w aplikacji do wykonania rysunku technicznego w zakresie sieci elektroenergetycznych zewnętrznych wraz z przeprowadzanymi obliczeniami i dokonywaniem sprawdzenia poprawności zaprojektowanej sieci jest perfekcyjnym narzędziem do tworzenia projektów sieci niskiego napięcia.

### 2.2 CECHY I MOŻLIWOŚCI PROGRAMU

Zakres merytoryczny realizowany przez program oraz jego podstawowe funkcje:

- Projektowanie przyłączy elektroenergetycznych kablowych i napowietrznych dla obiektów budowlanych
- Projektowanie rozbudowanych sieci kablowych i napowietrznych
- Projektowanie sieci instalacji oświetlenia zewnętrznego
- Dokonywanie obliczeń technicznych
- Dobór linii kablowych oraz napowietrznych
- Dobór zabezpieczeń elektroenergetycznych
- Sprawdzenie ochrony przeciwporażeniowej poprzez samoczynne szybkie wyłączenie zasilania
- Generowanie raportów obliczeniowych oraz zestawienia materiałów

Wszystkie obliczenia oraz sprawdzenia dokonywane przez **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** zostały opracowane na podstawie następujących norm i rozporządzeń:

- [1] PN-87/E-90050. Przewody elektroenergetyczne ogólnego przeznaczenia do układania na stałe. Ogólne wymagania i badania.
- [2] Norma SEP N SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa”
- [3] PN-91/E-05009/482 – „Ochrona przeciwporażeniowa”.
- [4] PN-EN 60865-1:2002 (U) Obliczanie skutków prądów zwarciovych. Część 1: Definicje i metody obliczania.
- [5] PN-EN 60909-0:2002 (U) Prądy zwarciovie w sieciach trójfazowych prądu przemiennego. Część 0: Obliczenia prądów.
- [6] PN-EN 60269-1:2001 (U) Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Wymagania ogólne.
- [7] PN-EN 60947-3:2002 (U) Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 3: Rozłączniki, odłączniki, rozłączniki izolacyjne i zestawy łączników z bezpiecznikami topikowymi.

## Wprowadzenie

- [8] „Album linii napowietrznych wielotorowych niskiego napięcia z przewodami izolowanymi samonośnymi o przekroju 25-120mm<sup>2</sup>” Poznań, czerwiec 1999 r.
- [9] PN-IEC 60364-5-523 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów”.
- [10] PN-IEC 60364-4-41 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa”.

## 3 INSTALOWANIE I URUCHAMIANIE PROGRAMU



## Instalowanie i uruchamianie programu

### Wymagania sprzętowe

- komputer z systemem operacyjnym Windows XP lub nowszym,
- 350 MB wolnej przestrzeni na dysku,
- 1 GB pamięci operacyjnej (zalecane 2 GB przy większych ilościach elementów),
- zalecany procesor 2 GHz lub szybszy,
- minimalna rozdzielczość ekranu monitora 1024 x 768.

### 3.1 INSTALOWANIE

Standardowo instalacja programu uruchamia się automatycznie po włożeniu płyty CD do napędu. W przypadku gdy wyłączony jest Autostart należy samodzielnie uruchomić instalację. Należy otworzyć zawartość napędu CD (Mój komputer/Stacja dysków CD), a następnie uruchomić plik Setup.exe. Po rozpoczęciu instalacji należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie.

### 3.2 URUCHAMIANIE

Program można uruchomić klikając dwukrotnie na ikonę programu CAD znajdującą się na pulpicie, a następnie wybierając jedną z ikon na pasku narzędzi **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE**.

### 3.3 OTWIERANIE PROJEKTU (CAD)


Można otworzyć dowolny z poniższych plików:

- Standardowy plik rysunku z rozszerzeniem .dwg.
- Można użyć dowolnego z przykładowych rysunków dołączanych z ArCADią-INTELLICADem.
- Format wymiany rysunku .dxf.
- Format do przesyłania w sieci .dwt.
- Szablony rysunków .dwt.

Aby szybko otworzyć ostatnio używany rysunek, wybierz Plik > <nazwa pliku>. Program zapamiętuje nazwy ostatnich czterech rysunków. Aby szybko otworzyć rysunek z okna dialogowego Otwórz rysunek, kliknij dwukrotnie nazwę rysunku.

Można otworzyć rysunek podczas przeglądania rysunków na komputerze przy pomocy np. Windows Explorera. Wystarczy po prostu kliknąć dwukrotnie plik w celu otwarcia go w programie IntelliCAD. Identyfikację żądanego rysunku ułatwia wyświetlanie miniatur rysunków podczas ich przeglądania.

Sposób otwarcia istniejącego rysunku

1. Użyj jednej z poniższych metod:
  - Wybierz Plik > Otwórz.
  - Na pasku narzędzi Standard kliknij narzędzie Otwórz (  ).
  - Napisz *otwórz*, a następnie naciśnij Enter.
2. W typie pliku wybierz typ pliku, który chcesz otworzyć.
3. Wybierz katalog zawierający dany rysunek.
4. Wykonaj jedno z poniższych:
  - Wybierz rysunek, który chcesz otworzyć i kliknij Otwórz.
  - Kliknij dwukrotnie rysunek, który chcesz otworzyć.

Jeśli rysunek wymaga hasła, podaj hasło, kliknij OK aby sprawdzić hasło i ponownie kliknij Otwórz.

### 3.4 ZAPIS PROJEKTU (CAD)

Rysunek można zapisać w dowolnej chwili.

## Instalowanie i uruchamianie programu

Aby zapisać rysunek, użyj jednej z poniższych metod:

- Na pasku narzędzi Standard kliknij Zapisz.
- Wybierz Plik > Zapisz.
- Napisz *zapisz*, a następnie naciśnij Enter.
- Napisz *qsave*, a następnie naciśnij Enter.

Gdy zapisujesz dany rysunek po raz pierwszy, program wyświetla okno dialogowe Zapisz rysunek jako, które umożliwia wybór katalogu i napisanie nazwy rysunku. Przy pierwszym zapisaniu rysunku można użyć dowolnej nazwy. Aby ten sam rysunek zapisać później przy użyciu innej nazwy, wybierz Plik > Zapisz jako, a następnie napisz nową nazwę.

### 3.5 AUTOZAPIS I KOPIA BEZPIECZEŃSTWA (CAD)

Aby uniknąć utraty danych w przypadku awarii zasilania lub innego błędu systemowego, należy często zapisywać swoje pliki rysunków. Program można skonfigurować do okresowego automatycznego zapisywania rysunków. Ustawienie *Autozapis* określa odstęp w minutach między automatycznymi zapisami. Program zeruje ten odstęp czasowy przy każdym zapisie pliku rysunku przez użytkownika.

Gdy funkcja *Autozapis* jest włączona, program tworzy kopie rysunku. Plik ten jest zapisywany w katalogu podanym w Opcje > Ścieżki/Pliki > Plik tymczasowy, z rozszerzeniem określonym w polu Rozszerzenie pliku autozapisu rysunku (domyślnie SV\$).

Sposób skonfigurowania ArCADia-INTELLICADa do automatycznego zapisywania rysunków:

1. Wykonaj jedną z poniższych czynności:
  - Wybierz Narzędzia > Opcje.
  - Napisz *konfig*, a następnie naciśnij Enter.
2. Kliknij zakładkę Ogólne.
3. W obszarze *Autozapis* zaznacz pole wyboru w celu włączenia funkcji *Autozapis* i wybierz częstotliwość autozapisu.
4. Kliknij OK.

## 4 PRACAZPROGRAMEM

## Praca z programem

## 4.1 PODSTAWOWE INFORMACJE O PROGRAMIE

ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE pozwala na projektowanie sieci elektroenergetycznych kablowych, jak i napowietrznych. Trasę sieci rysujemy w skali metrowej (1 jednostka na ekranie IntelliCADa odpowiada 1 metrowi w projekcie). Tok postępowania przy projektowaniu sieci jest następujący:

1. Rysowanie sieci możemy zaczynać od zaprojektowania źródła zasilania bądź zdefiniowania punktu przyłączenia. Możemy również usytuować słupy, złącza, bądź tablicę rozdzielczą, a następnie wstawić źródło zasilania. Obliczenia techniczne nie zostaną przeprowadzone, gdy projektowana sieć nie będzie zawierała źródła zasilania i elementu rozgałęźnego (złącze lub tablica rozdzielcza).
2. Jeżeli budujemy sieć niskiego napięcia wraz ze stacją transformatorową, wykorzystujemy na rysunku "transformator" jako źródło zasilania. Jeżeli projektujemy rozbudowę istniejącej sieci, określamy własności punktu przyłączenia (informacje na temat istniejącej sieci). Kolejnym krokiem jest usytuowanie na mapie punktów rozdzielczych i rozgałęźnych, tzn. złącz kablowych, słupów elektrycznych i tablic rozdzielczych.
3. Użytkownik powinien zlokalizować punkty odbiorcze, takie jak tablice rozdzielcze (w przypadku projektowania przyłączy), czy słupy oświetleniowe przy projektowaniu sieci oświetlenia zewnętrznego (oświetlenie drogowe, oświetlenie terenu).
4. Mając rozmieszczone obiekty zasilające oraz rozdzielcze możemy przystępować do projektowania sieci. W zależności od zagospodarowania terenu wybieramy linię kablową bądź napowietrzną.
5. Linią kablową lub napowietrzną wpinamy się w źródło zasilania (klikając myszką na transformator) i prowadzimy linię do elementu rozgałęźnego lub końcowego. Procedura ta może następować w odwrotnej kolejności.
6. Po zaprojektowaniu sieci mamy możliwość wygenerowania raportu przedstawiającego wyniki obliczeń technicznych wraz ze sprawdzeniem poprawności zaprojektowanej sieci.
7. Użytkownik ma także możliwość wygenerowania zestawienia materiałów niezbędnych do wykonania zaprojektowanej sieci.

## 4.2 OPIS ELEMENTÓW PROGRAMU

Dodatek ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE dodaje do menu ArCADia-INTELLICAD/AutoCAD własne narzędzia, opisane w tabelach poniżej:






Pasek narzędzi ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE

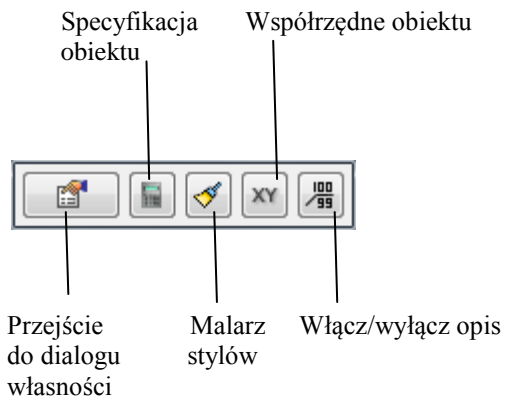
Funkcje paska narzędzi ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE:

	<i>Pokaż/ukryj Menadżera projektu</i>	Przywołuje lub ukrywa okno do zarządzania kondygnacjami.
	<i>Wstaw stację transformatorową</i>	Wstawia stację transformatorową wraz z opisem.
	<i>Wstaw punkt przyłączenia</i>	Wstawia punkt przyłączenia wraz z opisem.
	<i>Wstaw tablicę rozdzielczą</i>	Wstawia tablicę rozdzielczą wraz z opisem.
	<i>Wstaw złącze kablowe</i>	Wstawia złącze kablowe wraz z opisem.
	<i>Wstaw linię kablową</i>	Wstawia linię kablową wraz z opisem.
	<i>Wstaw linię napowietrzną</i>	Wstawia linię napowietrzną wraz z opisem.
	<i>Wstaw słup energetyczny</i>	Wstawia słup energetyczny wraz z opisem.
	<i>Wstaw rurę osłonową</i>	Wstawia rurę osłonową wraz z opisem.
	<i>Generuj raport</i>	Generuje raport przedstawiający obliczenia techniczne i

## Praca z programem


		poprawność zaprojektowanej sieci.
	<i>Generuj zestawienie materiałów</i>	Generuje zestawienie materiałów wykorzystanych w projekcie.
	<i>Ustawienia opcji programu</i>	Umożliwia dokonanie standardowych opcji dla całego projektu.
	<i>Wyświetl pomoc</i>	Wyświetla okno pomocy.

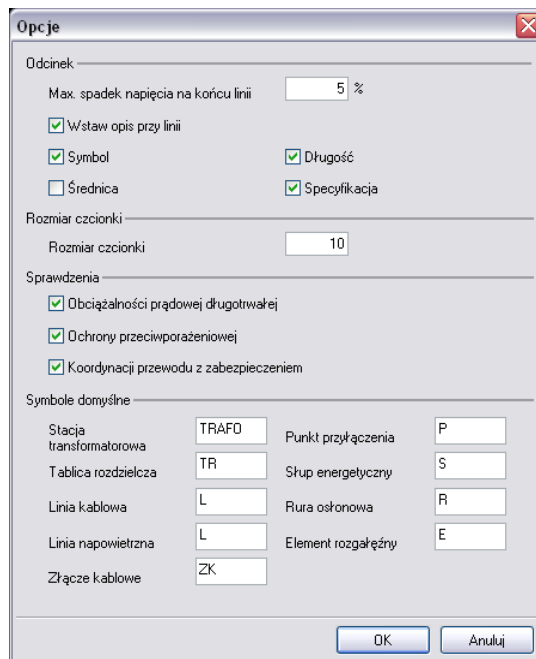
Po kliknięciu na każdy obiekt na modelu pojawia nam się następujący pasek narzędzi :



## Praca z programem

### 4.2.1 Opcje ogólne programu

Po kliknięciu na ikonę  wyświetla się okno z opcjami ogólnymi programu.



Rys 1. Okno opcji programu

Użytkownik wprowadza maksymalny spadek napięcia na końcu projektowanych obwodów linii. Zdefiniowany spadek napięcia będzie sprawdzany ze spadkiem napięcia, jaki wystąpił na końcu projektowanych odcinków. Sprawdzenie uzyskujemy poprzez wygenerowanie raportu.

Następnie użytkownik zaznacza elementy, jakie będą widniały przy projektowanych obwodach zasilających, oraz których sprawdzenia mają być realizowane przez program.

Użytkownik ma również możliwość wprowadzenia własnego nazewnictwa elementów programu.

## 4.3 OBLICZENIA

Po zaprojektowaniu sieci i nadaniu jej określonych parametrów program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** dokonuje standardowych obliczeń:

- obliczenia prądów zwarciovych najmniejszych i największych (prąd zwarciovowy jednofazowy, prąd zwarciovowy trójfazowy, prąd udarowy) na poszczególnych odcinkach zaprojektowanej sieci,
- obliczanie prądów obciążeniowych (1-f lub 3-f) na poszczególnych odcinkach sieci,
- obliczanie spadków napięcia,
- obliczanie impedancji pętli zwarcia,
- obliczanie mocy szczytowej zaprojektowanej sieci,
- wyznaczanie prądu zadziałania zabezpieczenia podczas zwarcia dla czasu określonego przez użytkownika,
- wyznaczanie długotrwałej obciążalności prądowej.

Po wykonaniu obliczeń technicznych i wyznaczeniu niezbędnych parametrów program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** raportuje użytkownikowi poprawność zaprojektowanych odcinków sieci, mianowicie sprawdza poprawność doboru kabli lub przewodów linii napowietrznych (ze względu na długotrwałą

## Praca z programem

obciążalność prądową oraz spadek napięcia), poprawność doboru zabezpieczeń (zachowanie ochrony przeciwporażeniowej) oraz koordynację przewodów i kabli z zabezpieczeniami.

W raporcie projektant widzi listę ewentualnych błędów stworzonej sieci. Raport również sugeruje projektantowi gdzie i dlaczego popełnił błąd. Użytkownik ma możliwość przeglądu obliczeń cząstkowych, tzn. program podaje informacje techniczne (wartości wyznaczanych parametrów) na temat każdego zaprojektowanego odcinka. Raport zawiera również zestawienie materiałów koniecznych do wykonania zaprojektowanej sieci.

Raport jest generowany w formacie RTF i zawiera wszystkie niezbędne informacje wykorzystywane w profesjonalnej dokumentacji technicznej.

Obliczenia techniczne rozpoczynają się od zdefiniowania źródła zasilania, czyli w naszym programie jest to **transformator** lub **punkt przyłączenia**.

Na tym etapie program wyznacza rezystancję i reaktancję transformatora. Użytkownik ma dwie opcje definiowania transformatora: standardową i niestandardową. W przypadku opcji standardowej znamionowa moc transformatora ma przypisane wartości rezystancji i reaktancji transformatora, natomiast w przypadku opcji niestandardowej użytkownik podaje dwa parametry, tzn.: napięcie zwarcia i straty mocy w uzwojeniach. Na podstawie tych wartości rezystancja i reaktancja obliczane są z następujących wzorów:

**-procentowe napięcie zwarcia  $u_{z\%}$  [%]** – każdy transformator w zależności od mocy posiada procentowe napięcie zwarcia

$$(1) \quad u_{x\%} = \sqrt{u_{z\%}^2 - u_{r\%}^2} \quad \text{– składowa bierna napięcia zwarcia}$$

**-straty mocy w uzwojeniach  $\Delta P_{Cu}$  [W]:**

$$(2) \quad u_{r\%} = \frac{\Delta P_{Cu}}{S_T} \cdot 100 \quad \text{– składowa czynna napięcia zwarcia transformatora}$$

**-rezystancja transformatora [ $\Omega$ ]:**

$$(3) \quad R_T = \frac{u_{r\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T}$$

**-reaktancja transformatora [ $\Omega$ ]:**

$$(4) \quad X_T = \frac{u_{x\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T}$$

Do transformatora projektant może podłączyć określoną liczbę obwodów zasilających, tzn. moc znamionowa transformatora musi być większa bądź równa mocy szczytowej:

$$(5) \quad S_N \geq \frac{P}{\cos \varphi}$$

gdzie:

**cos  $\varphi$**  – współczynnik mocy podawany przez użytkownika,

**P** – moc maksymalnego obciążenia (jest sumą mocy zapotrzebowanych w sieci).

Następne obliczenia następują po zdefiniowaniu obwodu zasilającego podłączonego do transformatora. W pierwszej kolejności program wylicza prąd obciążeniowy płynący w danym obwodzie.

Jeżeli projektant zdefiniuje obwód jako jednofazowy i podłączy dany obwód do zdefiniowanego złącza kontrolnego ZK-1 (zostanie podana moc zapotrzebowana oraz współczynnik mocy cos  $\varphi$ ), to korzystamy ze wzoru (6). Jeżeli będzie to obwód trójfazowy, wtedy korzystamy ze wzoru (7).

**$I_L$  – prąd obciążenia płynący w projektowanym obwodzie zasilającym**

## Praca z programem

$$(6) \quad I_L = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} - \text{prąd obciążenia trójfazowego płynący w danym obwodzie.}$$

gdzie:

$P_0$  – moc obliczeniowa,  
 $U_N$  – napięcie międzyprzewodowe równe 400 [V],  
 $\cos \varphi$  – współczynnik mocy podawany przez użytkownika.

$$(7) \quad I_L = \frac{P_0}{U_{Nf} \cdot \cos \varphi} - \text{prąd obciążenia jednofazowego płynący w danym obwodzie,}$$

gdzie:

$U_{Nf}$  – napięcie fazowe równe 230 [V].

Kolejnym etapem obliczeń wykonywanych przez **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** są obliczenia spadków napięcia w danym obwodzie. W tym celu program korzysta ze wzorów:

Wzór na spadek napięcia dla obwodów trójfazowych:

$$(8) \quad \Delta U_{\%L1} = \frac{100 \cdot P_0 \cdot l}{\gamma \cdot s \cdot U_N^2}$$

Wzór na spadek napięcia dla obwodów jednofazowych:

$$(9) \quad \Delta U_{\%L1} = \frac{200 \cdot P_0 \cdot l}{\gamma \cdot s \cdot U_f^2}$$

gdzie:

$l$  – długość kabla zasilającego [m],  
 $s$  – przekrój przewodu (ten parametr projektant wprowadza samodzielnie),  
 $\gamma$  – konduktywność przewodu

dla aluminium wynosi  $\gamma = 35 \text{ [m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$

dla miedzi wynosi  $\gamma = 58 \text{ [m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$

$P$  – moc zainstalowana [W],  
 $U_f$  – napięcie fazowe, tzn. 230 V,  
 $U_N$  – napięcie międzyprzewodowe, tzn. 400 V.

Licząc maksymalny dopuszczalny spadek napięcia (na końcu sieci) sumujemy wartości spadków napięć na wszystkich zaprojektowanych przez użytkownika odcinkach, tzn.:

$$(10) \quad \Delta U_{\%dop.max.} = \Delta U_{L1\%} + \Delta U_{L2\%} + \dots + \Delta U_{Ln\%}$$

W celu obliczenia prądów zwarciovych w danym obwodzie, w pierwszej kolejności program oblicza rezystancję  $R_L$  i reaktancję  $X_L$  projektowanego obwodu zasilającego i w efekcie impedancję pętli zwarcia  $Z_K$ . W tym celu wykorzystywane są wzory:

$$(11) \quad Z_K = \sqrt{(R_K)^2 + (X_K)^2}$$

gdzie:

$R_k = R_{Tr} + R_{L1} + R_{L2} + \dots$  – suma rezystancji poszczególnych odcinków zaprojektowanej sieci,

$R_{Tr}$  – rezystancja transformatora uzależniona od mocy trafo,



## Praca z programem

$R_{L1}$  – każda linia napowietrzna i każdy kabel el-en posiadają swoją rezystancję uzależnioną od materiału przewodu (miedź czy aluminium), przekroju przewodu oraz od długości zaprojektowanego odcinka.

$$(12) \quad R_L = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

gdzie:

$l$  – długość kabla zasilającego [m]  
 $s$  – przekrój przewodu (ten parametr projektant wprowadza samodzielnie)  
 $\gamma$  – konduktywność przewodu  
 dla aluminium wynosi  $\gamma = 35 \text{ [m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$   
 dla miedzi wynosi  $\gamma = 58 \text{ [m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$

$X_k = X_{Tr} + X_{L1} + X_{L2} + \dots$  – suma reaktancji poszczególnych odcinków zaprojektowanej sieci,

$X_{Tr}$  – reaktancja transformatora uzależniona od mocy,

$X_{L1}$  – każda linia napowietrzna i każdy kabel posiadają swoją reaktancję uzależnioną od materiału przewodu (miedź czy aluminium), przekroju przewodu oraz od długości zaprojektowanego odcinka.

Obliczenia początkowych prądów zwarciovych najmniejszych i największych (prąd zwarciovowy jednofazowy, prąd zwarciovowy trójfazowy, prąd udarowy) na poszczególnych odcinkach zaprojektowanej sieci wykonywane są za pomocą następujących wzorów:

**-Prąd zwarciovowy trójfazowy:**

$$(13) \quad I_{P3-f} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K} \text{ – prąd początkowy przy zwarciu trójfazowym,}$$

gdzie:

$Z_k$  – impedancja zastępcza zgodna obwodu zwarciovowego

**-Prąd zwarciovowy jednofazowy:**

$$(14) \quad I_{P1-f} = \frac{0,95 \cdot U_{nf}}{Z_{KZ}} \text{ – prąd początkowy przy zwarciu jednofazowym (zwarcie L1-PE),}$$

gdzie:

$U_{nf}$  – napięcie fazowe sieci zasilającej, czyli 230 V

$Z_{KZ}$  – impedancja pętli zwarcia przy zwarciu jednofazowym (L1-PE) równa się sumie impedancji transformatora, przewodów fazowych i przewodów ochronnych.

Obliczenie impedancji pętli zwarcia jest wykonane przy założeniu, że przekroje przewodów fazowych i ochronnych kabli są jednakowe (program nie uwzględnia ewentualnych redukcji przekrojów przewodów ochronnych PE).

$$(15) \quad Z_{KZ} = \sqrt{(R_K)^2 + (X_K)^2}$$

gdzie:

$R_{kz} = R_{Tr} + 2 \cdot R_{L1} + 2 \cdot R_{L2} + \dots$  – suma rezystancji poszczególnych odcinków zaprojektowanej sieci z uwzględnieniem przewodu powrotnego PE.

## Praca z programem

$X_{kz} = X_{Tr} + 2 \cdot X_{L1} + 2 \cdot X_{L2} + \dots$  – suma reaktancji poszczególnych odcinków zaprojektowanej sieci z uwzględnieniem przewodu powrotnego PE.

- **Prąd udarowy:**

$$(16) \quad i_U = \sqrt{2} \cdot K \cdot I_{p1}$$



gdzie:

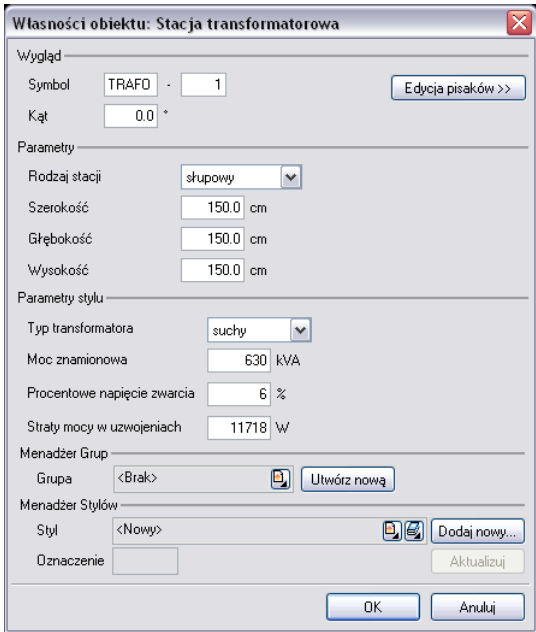
$I_p$ - prąd zwarcia początkowy

K - współczynnik udaru odczytujemy z rysunku nr 2.2 „Instalacje elektryczne” H. Markiewicz.

## 4.4 OPIS OBIEKTÓW

### 4.4.1 Stacja transformatorowa

W momencie wybrania ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanej stacji transformatorowej.



Rys 2. Okno własności stacji transformatorowej

W pierwszej kolejności określamy cechy wizualne obiektu, tzn. nadajemy symbol transformatora, kąt ustawienia oraz gabaryty widniejące na rysunku. Następnie wybieramy rodzaj stacji transformatorowej. Mamy do dyspozycji następujące rodzaje:

**Słupowej** – umieszczone są na słupach, najczęściej betonowych, na specjalnych podestach. Stacje te zazwyczaj są prefabrykowane, czyli istnieje z reguły wiele stacji jednego typu. Dodatkowym elementem takich stacji są

## Praca z programem

ograniczniki przepięć umieszczane pomiędzy linią wchodzącą a transformatorem stacji. W starszych typach stacji dodatkowo znajdowały się bezpieczniki i odłączniki.

**Wnętrzowe** – lokalizowane są zazwyczaj we wnętrzach budynków, zarówno mieszkalnych, jak i usługowych czy przemysłowych i różnią się od siebie w zależności od pomieszczenia, w jakim się znajdują. Z uwagi na wymiary pomieszczenia takie elementy, jak transformator, rozdzielnia średniego napięcia, rozdzielnia niskiego napięcia i oszynowanie rozdzielni mogą być różnie usytuowane wobec siebie.

**Kontenerowe** – umieszczane są zazwyczaj w kontenerach lub budynkach wolno stojących. W przypadku kontenerowych są to rozwiązania powtarzalne, w przypadku wolno stojących miejskich, stacje mogą różnić się usytuowaniem urządzeń w zależności od wymiarów pomieszczeń. Stacje kontenerowe mogą posiadać obudowy stalowe, aluminiowe lub betonowe.

W dalszej kolejności użytkownik definiuje parametry stylu.

### Typ transformatora:

**Transformatory olejowe** – stosowane są jako transformatory dużych mocy wyposażone w zbiornik oleju, w którym wychładza się olej chłodzący transformator. Wadą oleju jest jego palność oraz zagrożenie pożarem i wybuchem transformatora na skutek zwarcia wewnętrznego. Niebezpieczeństwo zapłonu par oleju powstających w razie pojawienia się łuku elektrycznego zachodzi wówczas, gdy czas trwania zwarcia wewnętrznego jest dostatecznie długi dla wytworzenia dużej ilości gazu powstałego z rozkładu oleju przez łuk.

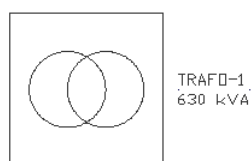
**Transformatory suche** – (izolowane powietrzem) konkurują z olejowymi w przedziale średnich mocy. Niewielkie ryzyko pożaru pozwala usytuować transformator blisko odbioru mocy. Emisja ciepła jest średnio o 15% mniejsza niż dla identycznego odpowiednika olejowego. Zdecydowanie mniej awaryjne niż transformatory olejowe. Występuje u nich możliwość krótkotrwałego przeciążenia.

**Moc transformatora, napięcie zwarcia oraz straty mocy w uzwojeniach** to parametry pozwalające na wyznaczenie rezystancji i reaktancji transformatora niezbędne do wykonania obliczeń zwarciovych oraz sprawdzenia warunku doboru transformatora dla projektowanej sieci.

Wartości tych parametrów uzależnione są od typu transformatora.

„Stacja transformatorowa” jest obiektem, od którego zaczynamy projektować sieć elektroenergetyczną.

Jeżeli określiliśmy pożądane parametry transformatora, możemy przejść do usytuowania obiektu na rysunku (mapie rastrowej lub mapie w formacie DWG). Na rysunku obiekt przybiera następującą postać:





### 4.4.2 Linia kablowa

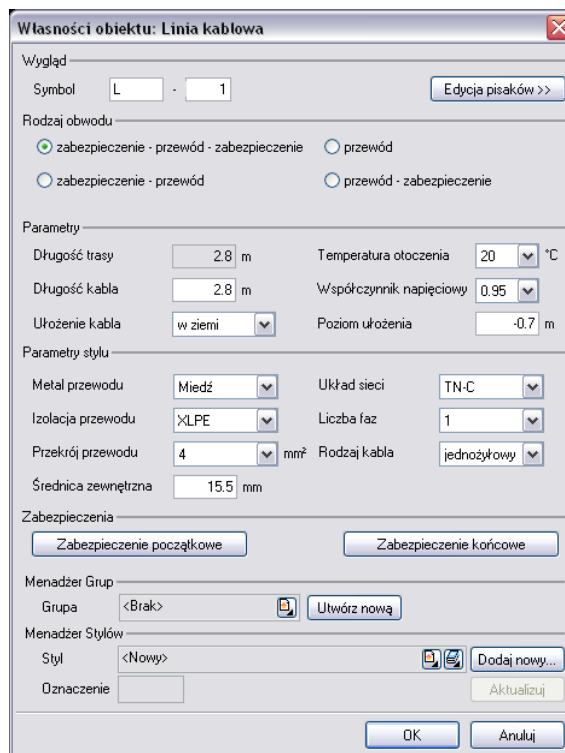
**Elektroenergetyczna linia kablowa** to kabel wielożyłowy, wiązka kabli jednożyłowych w układzie wielofazowym wraz z osprzętem kablowym, ułożona na wspólnej trasie i łącząca zaciski tych samych dwóch urządzeń elektrycznych jedno- lub wielofazowych albo jedno- lub wielobiegunowych. Linie takie buduje się zarówno dla prądu stałego, jak i przemiennego.

## Praca z programem

Linie kablowe głównie układane są bezpośrednio w ziemi, ale ze względu na ich zalety zastosowanie ich zostało rozszerzone na inne przypadki. Można je układać w kanałach kablowych, na ścianie, na konstrukcjach, w rurach, zawieszając na linkach nośnych, itp.

Linie kablowe stosuje się przede wszystkim tam, gdzie prowadzenie linii napowietrznych jest kłopotliwe oraz niewskazane ze względu na gęstą zabudowę i wysokie uprzemysłowienie. Dotyczy to szczególnie zakładów przemysłowych oraz obszarów miejskich.

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanej linii kablowej.



Rys 3. Okno własności linii kablowej

W pierwszej fazie projektowanej linii kablowej użytkownik dokonuje wyboru układu zabezpieczeń zwarciovych i przeciążeniowych linii.

Program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** udostępnia cztery następujące możliwości:

**Zabezpieczenie – przewód-zabezpieczenie** – zabezpieczenia zwarciovych i przeciążeniowych będą występować na początku projektowanej linii (zabezpieczenie linii kablowej) oraz na końcu (zabezpieczenie zasilanego urządzenia).

**Zabezpieczenie – przewód** – zabezpieczenia zwarciovych i przeciążeniowych będą występować tylko na początku projektowanej linii (zabezpieczenie linii kablowej).

**Przewód** – projektowana linia kablowa bez urządzeń zabezpieczających.

**Przewód – zabezpieczenie** – zabezpieczenia zwarciovych i przeciążeniowych będą występować tylko na końcu projektowanej linii (zabezpieczenie linii kablowej).

Następnie użytkownik definiuje aspekty wizualne oraz właściwości projektowanej linii.

### OPIS PARAMETRÓW LINII KABLOWEJ:

## Praca z programem

**Długość trasy kablowej** – jest to długość odcinka linii kablowej narysowanej przez projektanta (długość linii na rysunku).

**Długość** – jest parametrem określającym całkowitą długość projektowanego odcinka linii kablowej, tzn. z uwzględnieniem zagięć, tras pionowych, niewidocznych na rysunku. Wartość ta jest przyjmowana przez program do obliczeń technicznych.

**Temperatura otoczenia [°C]** – jest to temperatura otaczającego ośrodka, gdy rozpatrywany przewód znajdujący się w tym ośrodku nie jest obciążony.

**Współczynnik napięciowy** – mnożnik, który należy zastosować do znamionowego napięcia sieci w celu określenia najwyższej lub najmniejszej wartości napięcia sieci podczas zwarcia.

Napięcie nominalne sieci $U_n$	Współczynnik napięciowy c do obliczania:	
	maksymalnego prądu zwarciovego $c_{max}^{1)}$	minimalnego prądu zwarciovego $c_{min}$
Niskie napięcie od 100 V do 1000 V	1,05 <sup>2)</sup>	0,95
	1,10 <sup>3)</sup>	

Tab 1. Współczynnik napięciowy c

- 1)  $c_{max} \cdot U_n$  nie może przekraczać najwyższego napięcia urządzeń  $U_m$
- 2) Dla niskiego napięcia (w zakresie +6% np. dla 380 lub 400 V)
- 3) Dla niskiego napięcia (w zakresie napięcia +10%).

**Max. czas wyłączenia prądu doziemnego** – przepisy dotyczące ochrony przeciwporażeniowej (samoczynne wyłączenie zasilania) przed dotykiem pośrednim wymagają, aby prądy zwarciovie doziemne w sieciach zostały wyłączone przez zabezpieczenia w określonym czasie. Dopuszczalne max. czasy wyłączenia w sieciach zależne są od napięcia znamionowego względem ziemi oraz napięcia granicznego dopuszczalnego w danych warunkach środowiskowych (50 V lub 25V).

Napięcie znamionowe względem ziemi $U_0$ [V]	Współczynnik napięciowy c do obliczania:	
	maksymalnego prądu zwarciovego $c_{max}^{1)}$	minimalnego prądu zwarciovego $c_{min}$
Niskie napięcie 230 V	0,4	0,2
Niskie napięcie 400 V	0,4	0,2

Tab 2. Dopuszczalne czasy wyłączenia zwarć doziemnych w sieciach TN

W pewnych okolicznościach (głównie w sieciach zewnętrznych), dopuszcza się czasy wyłączenia dłuższe niż podano w tabeli 2., nie dłuższe jednak niż 5 sekund.

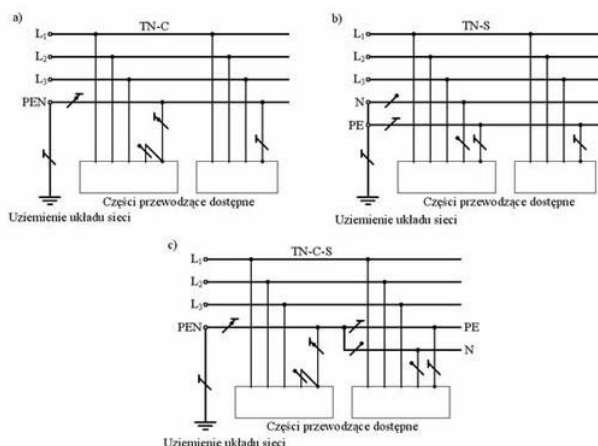
**Ułożenie kabla** – sposób ułożenia kabla jest parametrem, który wpływa na wyznaczenie obciążalności długotrwałej danego kabla. Program ze względu na przeznaczenie (projektowanie sieci el-en zewnętrznych) udostępnia dwie opcje ułożenia, mianowicie w ziemi oraz w powietrzu (przestrzeń otwarta).

## Praca z programem

**Metal przewodu** – głównie aluminium bądź miedź są przewodnikami prądu elektrycznego. Aluminium cechuje mniejsza przewodność elektryczna w stosunku do miedzi ( $\gamma_{Al} = 35 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ ,  $\gamma_{Cu} = 58 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ ), ale jest metalem zdecydowanie tańszym niż miedź.

**Izolacja przewodu** – izolacja oddziela żyły przewodów od siebie i innych uziemionych elementów oraz zapewnia ochronę przewodów przed szkodliwymi wpływami środowiska, a ludzi chroni przed możliwością dotknięcia części. Izolację przewodów wykonuje się przeważnie z polwinitu (PVC – plastyfikowany polichlorek winylu, temperatura graniczna 70 °C) lub polietylenu usieciowanego (XLPE, temperatura graniczna 90 °C).

**Układ sieci** – ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE udostępnia możliwość projektowania układu sieci TN. Jest to układ, w którym punkt neutralny (zerowy) jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne są z nim połączone ochronnymi PE lub ochronno-neutralnymi PEN, w wyniku czego pętla zwarcia jest w całości metaliczna. Program rozróżnia dwa podukłady: TN-C – posiada wspólny przewód ochronno-neutralny PEN, TN-S – posiada dwa osobne przewody: neutralny (N) i ochronny (PE).



Rys 4. Schemat ideowy podukładów a) TN-C, b) TN-S i układ c) TN-C-S:

**Liczba przewodów fazowych** – liczba przewodów przewodzących prąd elektryczny.

**Przekrój przewodu** – użytkownik ma do dyspozycji standardowe przekroje żył przewodów kablowych. Przekrój przewodu jest istotnym parametrem wpływającym na obliczenia prądów zwarciovych i spadków napięć.

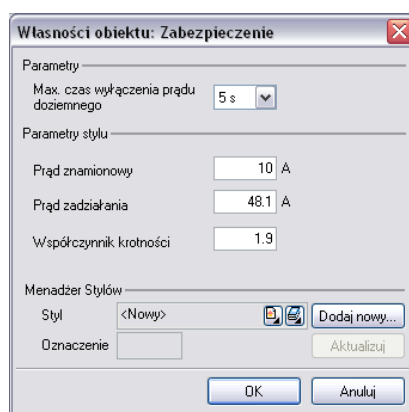
**Rodzaj kabla** – linia kablowa zasilająca może być prowadzona jednym kablem wielożyłowym lub wiązką kabli jednożyłowych. Rodzaj kabla, jakiego użyjemy, wpływa na obciążalność długotrwałą projektowanej linii kablowej.

**Zabezpieczenia** – przewody łączące odbiorniki energii elektrycznej ze źródłem zasilania powinny być zabezpieczone przed skutkami przeciążeń i zwarc przez urządzenia zabezpieczające, samoczynnie wyłączające zasilanie w przypadku przeciążenia lub zwarcia.

Użytkownik ma do dyspozycji bibliotekę najczęściej wykorzystywanych zabezpieczeń zwarciovych i przeciążeniowych, tzn. bezpieczniki oraz wyłączniki nadprądowe. Zabezpieczenia podzielone są ze względu na typ, rodzaj i wartość prądu znamionowego. Każde zabezpieczenie ma przypisany prąd zadziałania podczas zwarcia dla trzech czasów: 0,2 [s], 0,4 [s], 5 [s] oraz prąd zadziałania zabezpieczenia poprzez wyzwalacz przeciążeniowy termobimetalowy.

Aby zdefiniować zabezpieczenie, należy kliknąć w oknie na przycisk „zabezpieczenie końcowe/początkowe”. Pojawia nam się okno:

## Praca z programem



Rys 5. Okno własności zabezpieczenia

Biblioteka urządzeń zabezpieczających ukryta jest w „Menadżerze Stylów”

Użytkownik programu **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE**, ze względu na bogatą gamę urządzeń zabezpieczających dostępnych na rynku, ma możliwość stworzenia własnego zabezpieczenia. Sam wprowadza jego nazwę oraz parametry techniczne, takie jak: **prąd znamionowy zabezpieczenia** oraz prąd jego zadziałania dla trzech czasów **0,2 [s], 0,4 [s], 5 [s]** oraz podaje wartość **współczynnika krotności prądu znamionowego urządzenia zabezpieczającego** w celu uzyskania prądu zadziałania definiowanego zabezpieczenia podczas przeciążeń długotrwałych. Stworzone przez użytkownika zabezpieczenie będzie zapisane w bibliotece, z której będzie mógł korzystać przy tworzeniu kolejnych projektów. W celu stworzenia własnej należy kliknąć na „**Dodaj nowy**”.



Po określeniu własności projektowanej linii kablowej użytkownik przechodzi do rysowania trasy linii kablowej. Rysowanie linii zaczynamy od stacji transformatorowej klikając na środek obiektu, bądź od obiektu „Punkt przyłączenia”, a kończymy na obiekcie „Złącze kablowe” lub „Tablica rozdzielcza”.

Na rysunku widoczne są podstawowe cechy i właściwości linii kablowej, tzn: typ projektowanego kabla, długość trasy, średnica. Pod linią kablową widoczny jest symbol oznaczający numer projektowanej linii.

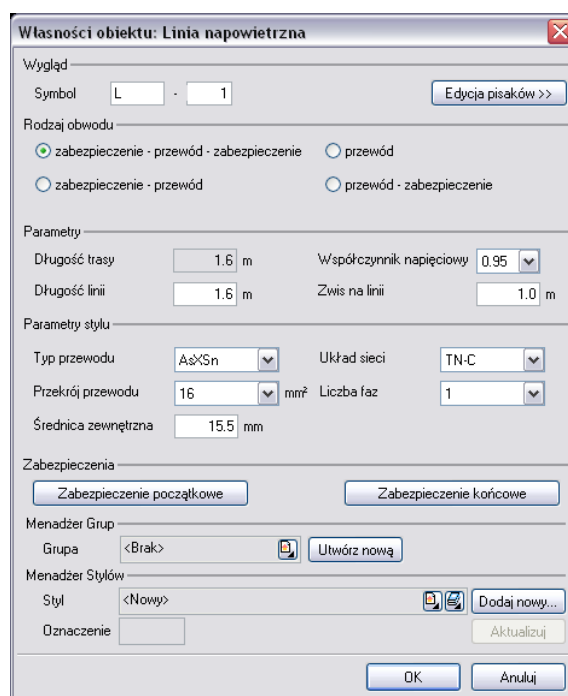
Przykład linii kablowej w układzie TN-S o kablu miedzianym, izolacji wykonanej z polietylenu usieciowanego (XLPE), o przekroju żyły równym  $4 \text{ mm}^2$ , średnicy kabla 15,5 mm, jednym przewodem fazowym i o długości trasy równej 5,0 m.

2xYKXS 1x4,  $\varnothing 15.5\text{mm}$ , L=6.4m  
L-1

#### 4.4.3 Linia napowietrzna

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanej linii napowietrznej.

## Praca z programem



Rys 6. Okno własności linii napowietrznej

Parametry **linii napowietrznej** są prawie identyczne, jak linii kablowej.



W linii napowietrznej typ przewodu dzielimy na trzy rodzaje, mianowicie:

- przewód goły aluminiowy Al (nieizolowany),
- przewód izolowany AsXS (izolacja z polietylenu usieciowanego),
- przewód izolowany AsXSn (izolacja z polietylenu usieciowanego, odporny na rozprzestrzenianie się ognia).

Dodatkowym parametrem jest **zwis linii** oznaczający odległość w środku rozpiętości przęsła między przewodami a prostą łączącą punkty zawieszenia przewodu.

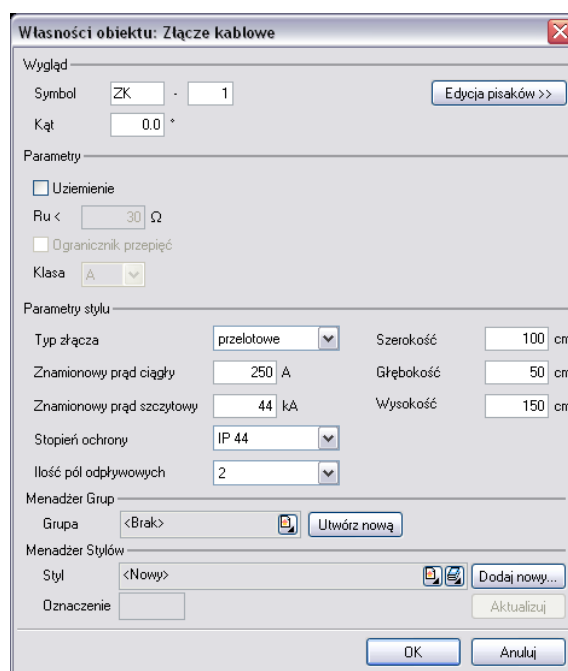
#### 4.4.4 Złącze kablowe

**Złącze instalacji elektrycznej** – urządzenie elektryczne, w którym następuje połączenie wspólnej sieci elektrycznej rozdzielczej z instalacją elektryczną odbiorcy.

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanego złącza kablowego.



## Praca z programem



Rys 7. Okno własności złącza kablowego

Tak jak we wszystkich obiektach, zaczynamy od zdefiniowania cech wizualnych oraz kąta usytuowania na rysunku.

W dalszej kolejności użytkownik definiuje, czy dane złącze jest uziemione i jaka powinna być maksymalna dopuszczalna rezystancja uziemienia, oraz czy posiada ogranicznik przepięć danej klasy. Informacje te mają swoje odzwierciedlenie na rysunku:



Następnie ustalamy parametry stylu: gabaryty złącza, prąd znamionowy ciągły, prąd szczytowy, ilość pól odpływowych oraz stopień ochrony. Parametry te są ściśle związane z określonym typem złącza kablowego. Jeżeli prąd znamionowy ciągły oraz prąd szczytowy jest mniejszy odpowiednio od prądu obciążenia i prądu zwarciovego na liniach wprowadzanych do złącza, to przy generowaniu raportu pojawia się komunikat o błędnym doborze złącza.

Bardzo ważnym parametrem złącza kablowego jest moc zapotrzebowana, jaką chcemy przesłać, gdyż pozwala to na wykonanie obliczeń pozwalających poprawnie dobrać linię kablową i linię napowietrzną.

Podanie wartości **prądu znamionowego ciągłego** oraz **prądu szczytowego** pozwala na sprawdzenie przez **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** czy dany rodzaj złącza spełnia warunki projektowanej sieci pod względem obciążenia oraz wytrzymałości udarowej.



**Ilość pól odpływowych** – użytkownik deklaruje, ile obwodów (linii kablowych lub napowietrznych) można wyprowadzić z danego złącza.

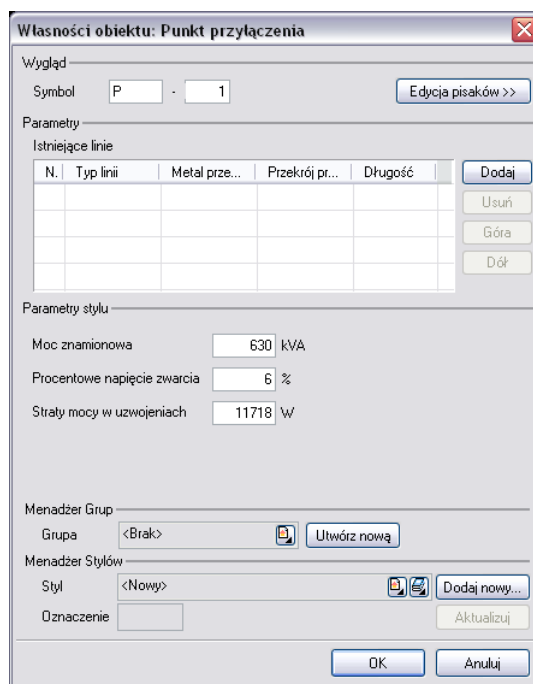
## Praca z programem

## 4.4.5 Punkt przyłączenia

Bardzo często projektanci mają do opracowania rozbudowę istniejącej sieci elektroenergetycznej bądź wykonanie przyłącza od słupa lub złącza kablowego. „Punkt przyłączenia” stwarza użytkownikowi taką możliwość.

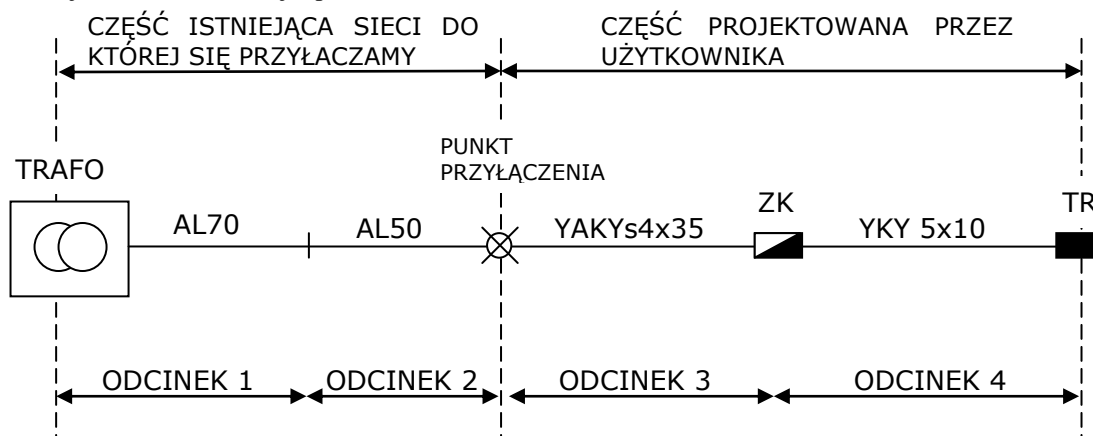
Punktem przyłączenia jest miejsce, od którego zaczynamy rozbudowę istniejącej sieci definiując własności sieci istniejącej, niezbędne do wykonania obliczeń technicznych.

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanego punktu przyłączenia.



Rys 8. Okno własności punktu przyłączenia

W zakładce „Parametry” mamy tabelę, w której określamy własności istniejącej sieci od miejsca przyłączenia do stacji transformatorowej, np.



Użytkownik podaje typ linii, metal przewodu, przekrój znamionowy żyły oraz długość. Parametry te pozwalają na wykonanie obliczeń zwarciovych (sprawdzenie ochrony przeciwporażeniowej przez zastosowanie samoczynnego szybkiego wyłączenia zasilania).

## Praca z programem



W zakładce „**Parametry stylu**” użytkownik definiuje parametry techniczne transformatora zasilającego istniejącą sieć, do której chcemy się przyłączyć.

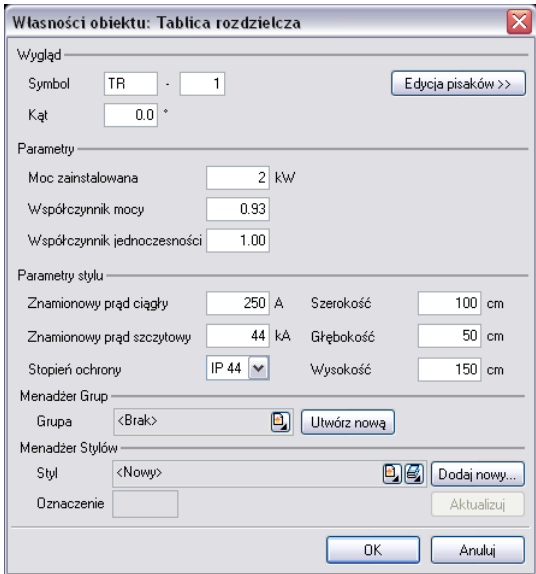
Po sparametryzowaniu istniejącego fragmentu sieci określamy na rysunku miejsce punktu przyłączenia, np. istniejący słup elektryczny lub istniejące złącze kablowe.

⊗ P-1

### 4.4.6 Tablica rozdzielcza

**Tablica rozdzielcza** – program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** mianem tablicy rozdzielczej nazywa rozdzielnicę wewnętrzną w budynku, do której doprowadzamy tzw. WLZ (wewnętrzną linię zasilającą).

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanej tablicy rozdzielczej.



Rys 9. Okno własności tablicy rozdzielczej

Parametrami „tablicy rozdzielczej” są: moc zainstalowana, współczynnik mocy, współczynnik jednoczesności.

**Moc zainstalowana** – jest to suma mocy znamionowych wszystkich odbiorników zainstalowanych w budynku.

**Współczynnik jednoczesności** – określa ilość działających jednocześnie urządzeń w danym budynku. Użytkownik dobiera wartość współczynnika indywidualnie dla każdego budynku.

**Współczynnik mocy** –  $\cos \varphi$  jest miarą wykorzystania energii. Współczynnik mocy mówi nam, ile mocy dostarczonej danemu układowi jest zamienianej na moc czynną (tę, którą układ efektywnie wykorzystuje). Użytkownik przyjmuje przewidziany współczynnik mocy w przyłączanym do tablicy rozdzielczej obwodzie zasilającym.



Parametrami stylu „Tablicy rozdzielczej” są własności obciążeniowe tablicy (prąd znamionowy ciągły, prąd szczytowy) oraz gabaryty tablicy, które mają swoje odzwierciedlenie na rysunku:

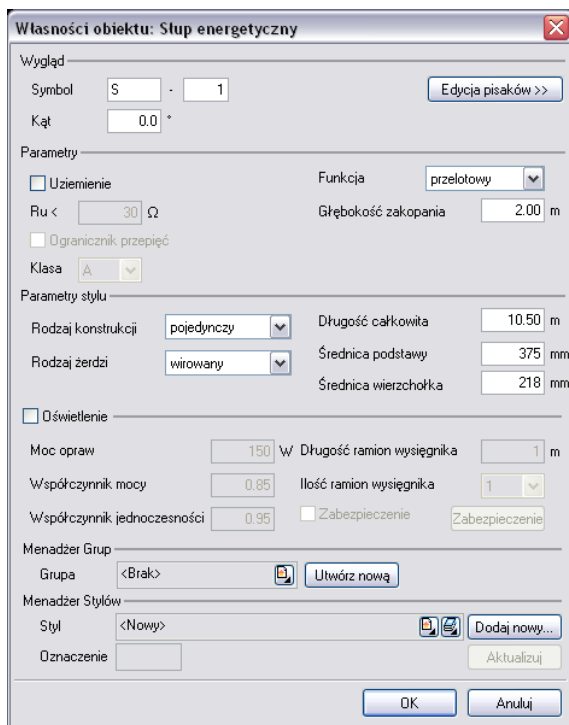
 TR-1

## Praca z programem

## 4.4.7 Słup energetyczny

**Słup energetyczny** – program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** udostępnia wprowadzanie do projektu słupów energetycznych, które służą do projektowania odcinków sieci napowietrznych oraz oświetlenia zewnętrznego.

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanego słupa energetycznego.



Rys 10. Okno własności słupa energetycznego

W zakładce „Parametry” użytkownik, zaznaczając punkt „uziemienie” lub „ogranicznik”, deklaruje, że słup posiada wykonany uziom i jest wyposażony w ogranicznik przepięć. Użytkownik ma możliwość wpisania dopuszczalnej wartości rezystancji uziemienia. Parametr ten ma swoje odzwierciedlenie na rysunku.

#### Funkcje słupa:

**Przelotowe** – stosuje się je, gdy trasa linii nie skręca o więcej niż 2 stopnie.

**Narożne** – działa na nie wypadkowa siła naciągu z obu stron słupa. Kąty załomu są niewielkie, a więc i wartość siły wypadkowej nie jest duża.

**Krańcowe** – przystosowane są do wytrzymywania całkowicie jednostronnego naciągu przewodów i dlatego umieszcza się je na początku i końcu linii.

**Odporowe** – są stawiane na końcach sekcji odciągowej ze słupami przelotowymi w środku, na prostych odcinkach linii.

**Rozgałęźne** – ustawiane w punkcie rozgałęzienia linii.

**Głębokość zakopania** – głębokość zakopania pod powierzchnię ziemi.

## Praca z programem

Następnie użytkownik definiuje „**Parametry stylu**”, mianowicie rodzaj konstrukcji słupa (pojedynczy, podwójny, rozkraczny, z podporą, oświetleniowy), rodzaj żerdzi oraz długość, średnicę podstawy, średnicę wierzchołka.

Symbolika słupów na rysunku:

Funkcje słupów: P – przelotowy, N – narożny, O – odporowy, K – krańcowy, R – rozgałęźny.

Rodzaje konstrukcji słupa: pojedynczy, bliźniaczy, z podporą, rozkraczny.

Słup przelotowy pojedynczy:



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]

głębokość zakopania: od 1,9 do 2,4 [m]

Słup przelotowy bliźniaczy wariant „a”



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]

głębokość zakopania: od 1,9 do 2,5 [m]

Słup przelotowy bliźniaczy wariant „b”



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]

głębokość zakopania: od 1,9 do 2,5 [m]

Słup narożny bliźniaczy:



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]

głębokość zakopania : od 1,9 do 2,5 [m]

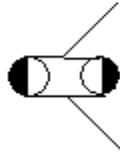
Słup narożny z podporą:



## Praca z programem

długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania: od 1,9 do 2,1 [m]  
 od 1,3 do 1,6 [m] dla podpory

Słup narożny rozkraczny:



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania: od 1,9 do 2,2 [m]

Słup odporowy rozkraczny:



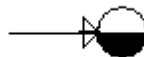
długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania: od 1,9 do 2,2 [m]

Słup krańcowy bliźniaczy:



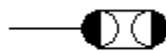
długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania : od 1,9 do 2,5 [m]

Słup krańcowy z podporą:



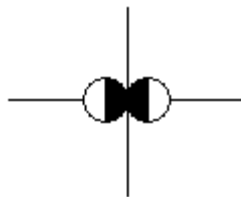
długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania : od 1,9 do 2,1 [m]  
 od 1,3 do 1,6 [m] dla podpory

Słup krańcowy rozkraczny:



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]  
 głębokość zakopania: od 1,9 do 2,1 [m]

Słup rozgałęźny przelotowy



długości żerdzi: 8,2; 9,2; 10,0; 12,0 [m]

## Praca z programem

głębokość zakopania: od 1,9 do 2,1 [m]

Przy wyborze danego słupa użytkownik powinien uzyskać informację na temat zestawienia materiałów niezbędnych do jego uzbrojenia.



W celu zaprojektowania sieci instalacji oświetleniowej użytkownik ma możliwość zaprojektowania słupów oświetleniowych i wymiarów geometrycznych instalacji oświetleniowej.

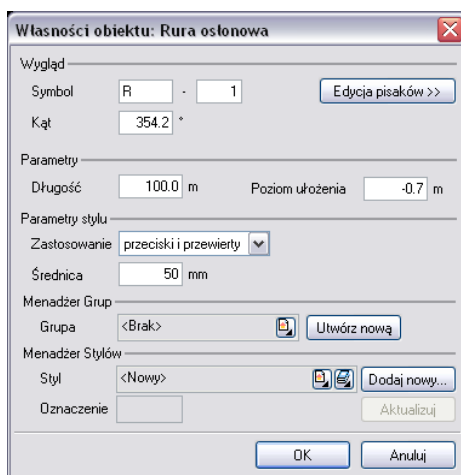
W momencie kiedy użytkownik wybierze słup oświetleniowy, zostają udostępnione opcje doboru parametrów mocy oprawy, współczynnika mocy, współczynnik jednoczesności, długości ramion wysięgnika i ilości ramion wysięgnika.

Użytkownik ma również możliwość zamocować oprawę oświetleniową na słupie energetycznym zaznaczając punkt „Oświetlenie”.

### 4.4.8 Rura osłonowa

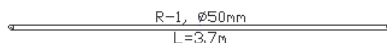
**Rura osłonowa** – program **ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** udostępnia wprowadzanie do projektu rur osłonowych, które służą do ochrony kabli i przewodów przed czynnikami zewnętrznymi.

Po kliknięciu ikony  mamy możliwość dodania elementu do projektu. Poprzez wybór przycisku  lub „dwuklik” na wstawionym elemencie pojawia się okno definiowania własności projektowanej rury osłonowej.



Rys 11. Okno własności rury osłonowej


Użytkownik określa średnicę rury osłonowej oraz jej zastosowanie. Następnie na rysunku określa jej pożądaną długość. Na rysunku określamy początek i koniec rury osłonowej.



### 4.4.9 Generowanie zestawień

**ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE** pozwala na generowanie zestawień użytych w projekcie elementów. Program zapisuje zestawienie w formacie RTF, który można otworzyć dowolnym programem Word lub Open Office.

## Praca z programem

Po wciśnięciu ikony  z paska pojawia się okno Zapisz raport/zestawienie. Okno to służy do wyboru lokalizacji zapisu wygenerowanych zestawień na twardym dysku. W celu podglądu zapisanego pliku trzeba odnaleźć ścieżkę i otworzyć poprzez dwuklik.



Rys 12. Okno konfiguracji zestawienia



## Praca z programem


## 4.4.10 Przykładowe zestawienie materiałów

## Zestawienie materiałów

Lp.	Nazwa	Jednostka	Ilość
1.	Rura osłonowa przeciski i przewierty $\Phi$ 160 mm	m	7.8
2.	Tablica rozdzielcza 200/150/70 cm 250 A IP 44	szt.	1
3.	Słup oświetleniowy L = 10.50m 1x150 W wysięgnik 1.0 m	szt.	7
4.	Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 16 A	szt.	1
5.	Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 125 A	szt.	1
6.	Wyłącznik nadprądowy Klasa C 63 A	szt.	1
7.	Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 100 A	szt.	1
8.	Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 25 A	szt.	1
9.	Bezpiecznik małogabarytowy, zwłoczny 6 A	szt.	1
10.	Złącze kablowe przelotowe 2 polowe 250 A 100/150/50 cm IP 44	szt.	1
11.	Złącze kablowe przelotowe 2 polowe 250 A 100/150/50 cm IP 44	szt.	1
12.	Transformator suchy 630 kVA	szt.	1
13.	Element rozgałęźny	szt.	1
14.	Linia kablowa wielożyłowaYKY 5x50 mm <sup>2</sup>	m	80
15.	Linia kablowa wielożyłowaYAKXS 4x10 mm <sup>2</sup>	m	74
16.	Linia kablowa wielożyłowaYAKXS 4x70 mm <sup>2</sup>	m	40
17.	Linia kablowa wielożyłowaYAKXS 4x35 mm <sup>2</sup>	m	45

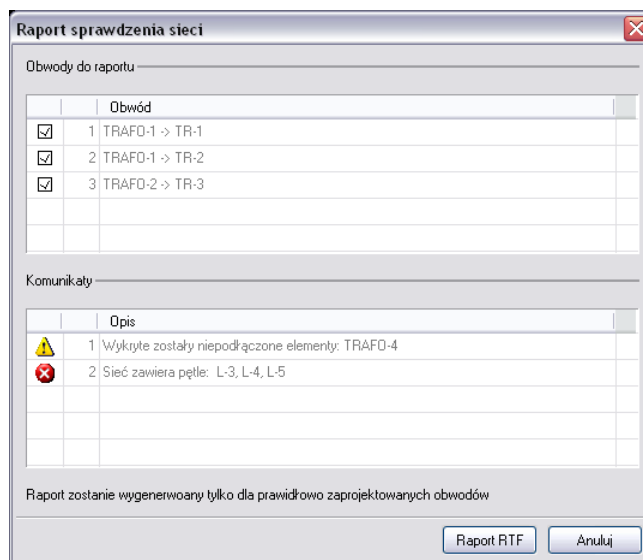
## 4.4.11 Generowanie raportów obliczeniowych

ArCADia-SIECI ELEKTRYCZNE pozwala na generowanie raportów obliczeniowych dla wstawionych do projektu obiektów. Program zapisuje raporty w formacie RTF, który można otworzyć dowolnym programem Word lub Open Office.

Wyboru tej funkcji dokonujemy poprzez wciśnięcie ikony  na pasku narzędzi. Program w pierwszej kolejności wykonuje sprawdzenie zaprojektowanych obwodów. W przypadku wykrycia nieprawidłowości, zostaną one wyświetlone w oknie Raport sprawdzenia sieci. Jeśli w zaprojektowanej sieci istnieje przynajmniej

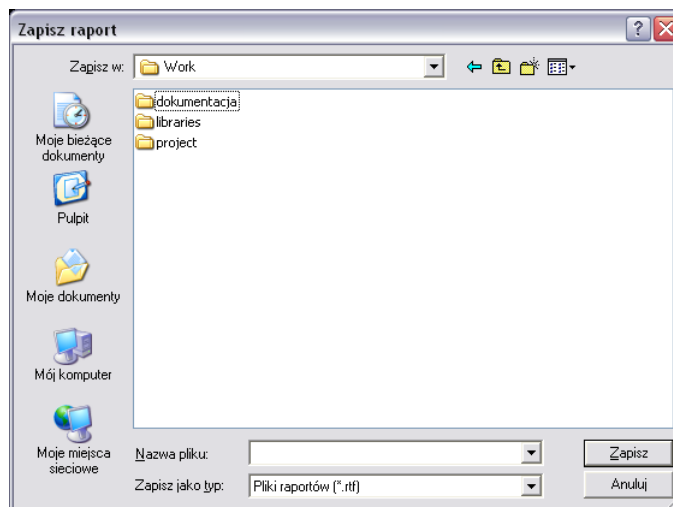
## Praca z programem

jeden poprawny obwód, to poprzez wciśnięcie przycisku „Raport RTF” mamy możliwość wygenerowania dla niego raportu.



Rys 13. Okno raportu sprawdzenia sieci

Dla poprawnie zaprojektowanej sieci lub w przypadku wyboru generowania raportu tylko dla prawidłowych obwodów pojawia się okno Zapisz raport/zestawienie. Okno to służy do wyboru lokalizacji zapisu wygenerowanego raportu na twardym dysku. W celu podglądu zapisanego pliku trzeba odnaleźć ścieżkę i otworzyć poprzez dwuklik.



Rys 14. Okno zapisu raportu/zestawienia

Wygenerowany raport zawiera specyfikację wszystkich obwodów wyprowadzonych z transformatora. W formie tabeli przedstawione są wartości prądów obciążenia, prądów zwarciovych, rezystancji i reaktancji linii, spadków napięcia oraz długości zaprojektowanych odcinków sieci.

Dalsza część raportu to sprawdzenia warunków poprawności doboru kabli i przewodów, zabezpieczeń zwarciovych i przeciążeniowych oraz sprawdzenie zachowania ochrony przeciwporażeniowej.

## Praca z programem

**4.4.12 Przykładowy raport obliczeniowy****Specyfikacja linii wyprowadzonych z transformatora TRAF0-1**

Oznaczenie odcinka	Długość [m]	Rezystancja [ $\Omega$ ]	Reaktancja [ $\Omega$ ]	Spadek napięcia [%]	Prąd obciążenia [A]	Prąd zwarciaowy [kA]		Prąd udaru [kA]
						Jednofazowy	Trójfazowy	
L-1	40.0	0.018	0.003	0.37	55.87	4.12	6.55	5.96
L-2	80.0	0.030	0.006	0.62	55.87	2.10	3.87	3.03
L-3	45.0	0.039	0.003	0.02	1.69	2.58	4.68	3.72
L-4	14.0	0.042	0.001	0.02	1.69	1.10	2.11	1.58
L-5	4.0	0.012	0.000	0.00	0.48	1.14	2.21	1.64
L-6	3.8	0.011	0.000	0.00	1.21	0.97	1.87	1.39
L-7	8.5	0.026	0.001	0.00	0.24	0.90	1.76	1.30
L-8	18.8	0.056	0.002	0.02	0.97	0.72	1.42	1.04
L-9	7.6	0.023	0.001	0.01	0.73	0.63	1.24	0.90
L-10	8.7	0.026	0.001	0.00	0.48	0.55	1.08	0.79
L-11	8.8	0.026	0.001	0.00	0.24	0.48	0.96	0.70

## Praca z programem

**Sprawdzenie spadków napięć w obwodach****Spadek napięcia w obwodzie TRAF0-1 → TR-1**

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{L-2} + \Delta U_{L-1}$$

$$\Delta U_{\max} = 0.62\% + 0.37\% = 0.99\%$$

jest mniejszy od dopuszczalnego, wynoszącego 5.00%.

**Spadek napięcia w obwodzie TRAF0-1 → S-7**

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{L-11} + \Delta U_{L-10} + \Delta U_{L-9} + \Delta U_{L-8} + \Delta U_{L-6} + \Delta U_{L-4} + \Delta U_{L-3}$$

$$\Delta U_{\max} = 0.00\% + 0.00\% + 0.01\% + 0.02\% + 0.00\% + 0.02\% + 0.02\% = 0.08\%$$

jest mniejszy od dopuszczalnego, wynoszącego 5.00%.

**Spadek napięcia w obwodzie TRAF0-1 → S-3**

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{L-7} + \Delta U_{L-5} + \Delta U_{L-4} + \Delta U_{L-3}$$

$$\Delta U_{\max} = 0.00\% + 0.00\% + 0.02\% + 0.02\% = 0.05\%$$

jest mniejszy od dopuszczalnego, wynoszącego 5.00%.

**Linia L-1****Warunek prądowej obciążalności długotrwałej**

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$138.00 \text{ A} \geq 55.87 \text{ A}$$

**Warunki koordynacji przewodu z zabezpieczeniem – zabezpieczenie na początku obwodu**

$$I_o \leq I_{Nbezp} \leq I_{dd}$$

$$55.87 \text{ A} \leq 125.00 \text{ A} \leq 138.00 \text{ A}$$

$$I_z \leq 1,45 \cdot I_{dd}$$

$$200.00 \text{ A} \leq 200.10 \text{ A}$$

Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 125 A spełnia warunki koordynacji zabezpieczenia z obwodem zasilającym

**Sprawdzenie wyłączalności zwarć jednofazowych – zabezpieczenie na początku obwodu**

$$\Sigma R = 0.005 \Omega$$

$$\Sigma X = 0.014 \Omega$$

$$Z_{zw} = 0.015 \Omega$$

$$I_{p1} \geq I_z$$

$$12075.00 \text{ A} \geq 713.60 \text{ A}$$

Z charakterystyki prądowo-czasowej zabezpieczenia – Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 125 A – wynika, że warunek wyłączenia zwarcia w czasie krótszym od wymaganego (5 s) jest spełniony.

**Wniosek:** zaprojektowany obwód spełnia wymagania w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

**Warunki koordynacji przewodu z zabezpieczeniem – zabezpieczenie na końcu obwodu**

$$I_o \leq I_{Nbezp} \leq I_{dd}$$

$$55.87 \text{ A} \leq 100.00 \text{ A} \leq 138.00 \text{ A}$$

$$I_z \leq 1,45 \cdot I_{dd}$$

$$160.00 \text{ A} \leq 200.10 \text{ A}$$

Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 100 A spełnia warunki koordynacji zabezpieczenia z obwodem zasilającym

**Sprawdzenie wyłączalności zwarć jednofazowych – zabezpieczenie na końcu obwodu**

$$\Sigma R = 0.040 \Omega$$

$$\Sigma X = 0.020 \Omega$$

$$Z_{zw} = 0.045 \Omega$$

$$I_{p1} \geq I_z$$

$$4120.34 \text{ A} \geq 579.60 \text{ A}$$

Z charakterystyki prądowo-czasowej zabezpieczenia – Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00,

## Praca z programem

WT-1 100 A – wynika, że warunek wyłączenia zwarcia w czasie krótszym od wymaganego (5 s) jest spełniony.

**Wniosek:** zaprojektowany obwód spełnia wymagania w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

## Linia L-2

### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$167.00 \text{ A} \geq 55.87 \text{ A}$$

### Warunki koordynacji przewodu z zabezpieczeniem – zabezpieczenie na końcu obwodu

$$I_o \leq I_{Nbezp} \leq I_{dd}$$

$$55.87 \text{ A} \leq 63.00 \text{ A} \leq 167.00 \text{ A}$$

$$I_z \leq 1,45 * I_{dd}$$

$$91.35 \text{ A} \leq 242.15 \text{ A}$$

Wyłącznik nadprądowy Klasa C 63 A spełnia warunki koordynacji zabezpieczenia z obwodem zasilającym

### Sprawdzenie wyłączalności zwarć jednofazowych – zabezpieczenie na końcu obwodu

$$\Sigma R = 0.099 \Omega$$

$$\Sigma X = 0.031 \Omega$$

$$Z_{zw} = 0.104 \Omega$$

$$I_{p1} \geq I_z$$

$$2102.57 \text{ A} \geq 630.00 \text{ A}$$

Z charakterystyki prądowo-czasowej zabezpieczenia – Wyłącznik nadprądowy Klasa C 63 A – wynika, że warunek wyłączenia zwarcia w czasie krótszym od wymaganego (5 s) jest spełniony.

**Wniosek:** zaprojektowany obwód spełnia wymagania w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

## Linia L-3

### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$94.00 \text{ A} \geq 1.69 \text{ A}$$

### Warunki koordynacji przewodu z zabezpieczeniem – zabezpieczenie na początku obwodu

$$I_o \leq I_{Nbezp} \leq I_{dd}$$

$$1.69 \text{ A} \leq 25.00 \text{ A} \leq 94.00 \text{ A}$$

$$I_z \leq 1,45 * I_{dd}$$

$$40.00 \text{ A} \leq 136.30 \text{ A}$$

Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 25 A spełnia warunki koordynacji zabezpieczenia z obwodem zasilającym

### Sprawdzenie wyłączalności zwarć jednofazowych – zabezpieczenie na początku obwodu

$$\Sigma R = 0.005 \Omega$$

$$\Sigma X = 0.014 \Omega$$

$$Z_{zw} = 0.015 \Omega$$

$$I_{p1} \geq I_z$$

$$14339.06 \text{ A} \geq 98.80 \text{ A}$$

Z charakterystyki prądowo-czasowej zabezpieczenia – Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 25 A – wynika, że warunek wyłączenia zwarcia w czasie krótszym od wymaganego (5 s) jest spełniony.

**Wniosek:** zaprojektowany obwód spełnia wymagania w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

## Praca z programem

### Linia L-4

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$47.00 \text{ A} \geq 1.69 \text{ A}$$

#### Warunki koordynacji przewodu z zabezpieczeniem – zabezpieczenie na początku obwodu

$$I_o \leq I_{Nbezp} \leq I_{dd}$$

$$1.69 \text{ A} \leq 16.00 \text{ A} \leq 47.00 \text{ A}$$

$$I_Z \leq 1,45 * I_{dd}$$

$$25.60 \text{ A} \leq 68.15 \text{ A}$$

Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 16 A spełnia warunki koordynacji zabezpieczenia z obwodem zasilającym.

#### Sprawdzenie wyłączalności zwarć jednofazowych – zabezpieczenie na początku obwodu

$$\Sigma R = 0.082 \Omega$$

$$\Sigma X = 0.021 \Omega$$

$$Z_{zw} = 0.085 \Omega$$

$$I_{pl} \geq I_Z$$

$$2170.31 \text{ A} \geq 62.50 \text{ A}$$

Z charakterystyki prądowo-czasowej zabezpieczenia – Bezpiecznik przemysłowy, zwłoczny: WT-00, WT-1 16 A – wynika, że warunek wyłączenia zwarcia w czasie krótszym od wymaganego (5 s) jest spełniony.

**Wniosek:** zaprojektowany obwód spełnia wymagania w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

### Linia L-5

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$47.00 \text{ A} \geq 0.48 \text{ A}$$

### Linia L-6

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$47.00 \text{ A} \geq 1.21 \text{ A}$$

### Linia L-7

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$47.00 \text{ A} \geq 0.24 \text{ A}$$

### Linia L-8

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

$$47.00 \text{ A} \geq 0.97 \text{ A}$$

### Linia L-9

#### Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

---

## Praca z programem

47.00 A  $\geq$  0.73 A

### **Linia L-10**

Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

47.00 A  $\geq$  0.48 A

### **Linia L-11**

Warunek prądowej obciążalności długotrwałej

$$I_{dd} \geq I_o$$

47.00 A  $\geq$  0.24 A