



ElektroSym

wersja 2.0

Copyright ©1999/2000 by Sebastian Sobel

Instrukcja obsługi

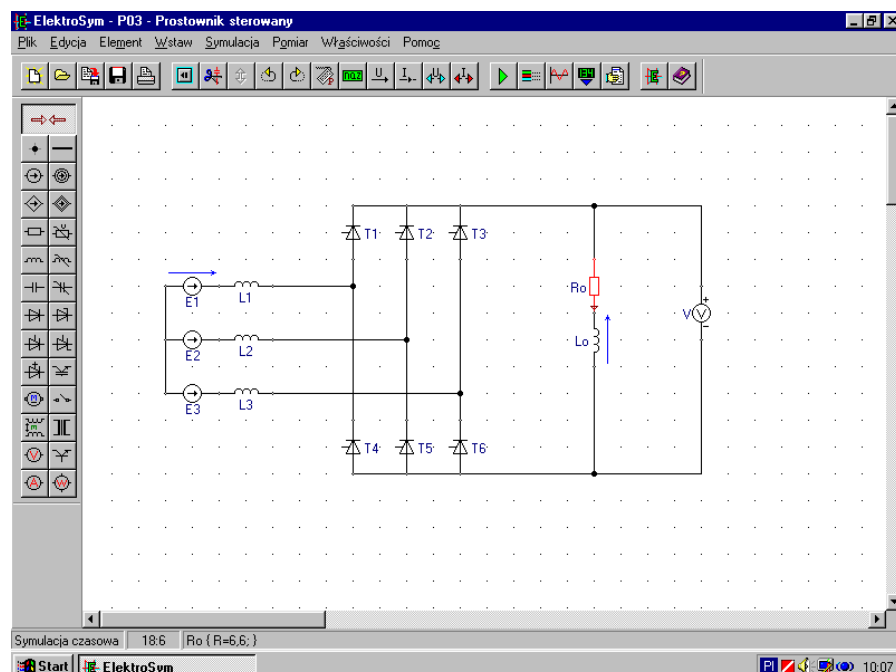
1. Wstęp

Program ElektroSym jest narzędziem służącym do symulacji obwodów elektrycznych i energoelektronicznych. Jego interfejs graficzny umożliwia szybkie utworzenie schematu obwodu. Użytkownik ma do dyspozycji dwadzieścia siedem rodzajów obiektów, z których może składać się schemat. Obejmują one dwadzieścia pięć elementów jak np. rezystancja, indukcyjność, źródło napięcia czy dioda, oraz dwa obiekty pomocnicze: przewód elektryczny i węzeł. Każdy element posiada ponadto swój zestaw parametrów, które mogą być dowolnie modyfikowane. W procesie symulacji program automatycznie tworzy listę połączeń elementów (topologię obwodu), oraz przeprowadza obliczenia za pomocą metody potencjałów węzłowych. Po przeprowadzeniu symulacji użytkownik może oglądać przebiegi czasowe dowolnych napięć, prądów, mocy a także prędkości (jeżeli obwód zawiera silnik). Wersja 2.0 umożliwia ponadto otrzymywanie wykresów częstotliwościowych transmitancji napięciowej obwodów, a także symulowanie wskazań mierników. Program umożliwia zapisywanie schematów w formacie ElektroSym (pliki *.els) oraz drukowanie schematów i wykresów przebiegów/transmitancji.

INTERFEJS GRAFICZNY

Większą część głównego okienka programu (rys.1) zajmuje obszar roboczy. Menu główne zawiera wszystkie funkcje programu, zgrupowane w ośmiu pozycjach. Najważniejsze funkcje reprezentowane są przez przyciski palety narzędzi, która znajduje się w górnej części okienka. Po lewej stronie znajduje się paleta obiektów. W dolnej części okienka znajduje się pasek stanu.

Dalsze części instrukcji zawierają dokładny opis interfejsu graficznego oraz opis przeprowadzania symulacji.



Rysunek 1 Główne okienko programu ElektroSym 2.0

2. Menu główne

Menu główne zawiera polecenia wszystkich funkcji programu, które zgrupowane są w ośmiu pozycjach. Poniżej zamieszczony jest opis wszystkich poleceń; obok niektórych z nich znajduje się skrót klawiszy < ... > wykonujący dane polecenie.

Menu [Plik]

[Nowy...]

Wywołuje pole dialogowe, które umożliwia otwarcie nowego pustego obszaru roboczego przeznaczonego do symulacji czasowej lub do badania transmitancji; jeżeli aktualny schemat jest zmodyfikowany, pojawia się okienko z zapytaniem o zapisanie schematu.

[Otwórz...] <Ctrl+O>

Wywołuje pole dialogowe 'Otwórz' umożliwiające wybranie pliku (schematu), który chcemy otworzyć; możliwe jest tylko otwarcie plików ElektroSym (*.els), i tylko te pliki są wyświetlane w okienku pola dialogowego; jeżeli aktualny schemat jest zmodyfikowany, pojawia się okienko z zapytaniem o zapisanie schematu.

[Otwórz ponownie >]

Umożliwia otwarcie jednego z czterech ostatnio używanych plików.

[Zapisz] <Ctrl+S>

Zapisuje aktywny plik z aktualną nazwą; jeżeli aktywny plik nie posiada nazwy, wywołuje pole dialogowe 'Zapisz jako'.

[Zapisz jako...]

Wywołuje pole dialogowe 'Zapisz jako' umożliwiające określenie nazwy pliku i zapisanie go; program zapisuje pliki w formacie ElektroSym, więc do nazwy pliku zostanie automatycznie dołączone rozszerzenie [.els].

[Drukuj schemat...] <Ctrl+D>

Wywołuje pole dialogowe 'Drukuj', które umożliwia wydrukowanie bieżącego schematu; aby wydrukować wykres, należy użyć przycisku 'Drukuj' z okienka 'Wykresy', co umożliwi wydruk zarówno schematu jak i wykresu.

W przypadku niezainstalowania drukarki polecenie jest nieaktywne.

Menu [Edycja]

[Cofnij Usun] <Ctrl+Z>

Cofa ostatnią operację usuwania. Warunkiem odzyskania usuniętych obiektów jest aktualnie wolne miejsce, które obiekty zajmowały przed usunięciem. W pamięci znajduje się maksymalnie dziesięć ostatnich usunięć.

[Usun]

Usuwa zaznaczone obiekty.

[Wytnij] <Ctrl+X>

Usuwa zaznaczone obiekty i umieszcza je w schowku programu ElektroSym.

[Kopiuj] <Ctrl+C>

Kopiuje zaznaczone obiekty do schowka programu ElektroSym.

[Wklej] <Ctrl+V>
Wstawia do obszaru roboczego zawartość schowka programu ElektroSym.

[Zaznacz wszystko]
Zaznacza wszystkie obiekty obszaru roboczego.

[Zaznacz elementy]
Zaznacza wszystkie elementy obszaru roboczego.

[Zaznacz przewody]
Zaznacza wszystkie przewody obszaru roboczego.

[Zaznacz węzły]
Zaznacza wszystkie węzły obszaru roboczego.

Menu [Element]

[Obróć w lewo] <Tab>
Obraca zaznaczone elementy o 90° w lewo.

[Obróć w prawo] <Shift+Tab>
Obraca zaznaczone elementy o 90° w prawo.

[Odwróć]
Odwraca zaznaczony element, zamieniając miejscami jego dwie końcówki (dotyczy elementów: "Tranzystor bipolarny", "Cewki sprzężone" i "Watomierz").

[Parametry...] <F7>
Wywołuje pole dialogowe 'Parametry' umożliwiające modyfikację parametrów zaznaczonego elementu.

[Pokaż/ukryj nazwę]
Wyświetla obok zaznaczonych elementów ich nazwy lub je ukrywa.

[Pokaż/ukryj napięcie]
Wyświetla obok zaznaczonych elementów strzałkę napięcia lub ją ukrywa.

[Pokaż/ukryj prąd]
Wyświetla na zaznaczonych elementach strzałkę prądu lub ją ukrywa.

[Zmień kierunek napięcia]
Zmienia zwrot strzałki napięcia zaznaczonych elementów; jeżeli strzałka jest ukryta, zmienia jej zwrot i automatycznie ją wyświetla.

[Zmień kierunek prądu]
Zmienia zwrot strzałki prądu zaznaczonych elementów; jeżeli strzałka jest ukryta, zmienia jej zwrot i automatycznie ją wyświetla.

Menu [Wstaw]

Menu grupuje wszystkie obiekty, które mogą być wstawione do obszaru roboczego; jego zawartość reprezentowana jest przez przyciski palety obiektów (szczegółowy opis elementów i ich parametrów w punkcie **5. Parametry Elementów**).

Menu [Symulacja]

- [Symulacja...] / [Transmitancja...] <F9>
Jeżeli znajdujemy się w trybie <Symulacja czasowa>, wywołuje pole dialogowe 'Symulacja' umożliwiające przeprowadzenie symulacji czasowej.
Jeżeli znajdujemy się w trybie <Transmitancja>, wywołuje pole dialogowe 'Transmitancja' umożliwiające przeprowadzenie symulacji częstotliwościowej, której wynikiem są wykresy transmitancji.
- [Przebiegi...] <F11>
Wywołuje pole dialogowe 'Przebiegi' umożliwiające wybór przebiegów, które chcemy oglądać, a także ewentualne ustalenie skali układu współrzędnych oraz rodzaju wykresu.
Jest nieaktywne, jeżeli symulacja aktualnego schematu nie została przeprowadzona.
- [Wykresy...] <F12>
Wywołuje okienko 'Wykresy' wyświetlające wyniki symulacji (przebiegi czasowe lub wykresy częstotliwościowe).
Jest nieaktywne, jeżeli symulacja aktualnego schematu nie została przeprowadzona.
- [Topologia...] <Ctrl+T>
Wyświetla okienko 'Topologia' zawierające tekstową reprezentację aktualnego schematu, tzw. topologię obwodu lub listę połączeń.
- [Symulacja+Wykresy] / [Transmitancja+Wykresy] <Ctrl+F9>
Wykonuje symulację/transmitancję przy aktualnych ustawieniach (bez wywoływania pola dialogowego symulacji/transmitancji) i automatycznie wyświetla wybrane przebiegi.

Menu [Pomiar]

- [Otwórz panel pomiarowy] / [Zamknij panel pomiarowy]
Otwiera/zamyka panel pomiarowy, umożliwiający przeprowadzenie pomiaru wielkości elektrycznych bieżącego obwodu.
- [Dodaj woltomierz] <Ctrl+U>
Dodaje do panelu pomiarowego wyświetlacz wskazujący napięcie na zaznaczonym elemencie.
- [Dodaj amperomierz] <Ctrl+I>
Dodaje do panelu pomiarowego wyświetlacz wskazujący prąd zaznaczonego elementu.
- [Dodaj watomierz] <Ctrl+P>
Dodaje do panelu pomiarowego wyświetlacz wskazujący moc elektryczną zaznaczonego elementu.
- [Pomiar (Real-Time)...] <F8>
Wywołuje pole dialogowe 'Pomiar (Real-Time)', umożliwiające ustalenie parametrów pomiaru i jego rozpoczęcie.
- [Powtórz pomiar] <Ctrl+F8>
Przeprowadza pomiar przy aktualnych ustawieniach, nie wywołując pola dialogowego pomiaru.
- [Kontynuuj] <F10>
Kontynuuje pomiar przy aktualnych ustawieniach.

Menu [Właściwości]

- [Kolor tła...] <F4>
Wywołuje pole dialogowe wyboru koloru tła obszaru roboczego.
- [Pokaż siatkę] <F5>
Pokazuje/ukrywa siatkę obszaru roboczego
- [Rozmiar siatki >] <Ctrl+1...5>
Umożliwia zmianę rozmiaru siatki obszaru roboczego.
- [Widok >] <Shift+Ctrl+1...4>
Umożliwia zmianę skali widoku obszaru roboczego.
- [Pokaż paletę narzędzi]
Pokazuje/ukrywa paletę narzędzi.
- [Pokaż paletę obiektów]
Pokazuje/ukrywa paletę obiektów.
- [Pokaż pasek stanu]
Pokazuje/ukrywa pasek stanu.

Całe menu 'Właściwości' dostępne jest również jako menu lokalne, otwierane poprzez kliknięcie prawego przycisku myszki.

Menu [Pomoc]

- [Pomoc kontekstowa] <F1>
Wywołuje stronę systemu pomocy związaną z aktualnie aktywnym komponentem interfejsu lub zaznaczonym elementem schematu.
- [Ostatnio używana strona]
Wywołuje system pomocy programu ElektroSym.
Jeżeli pomoc była używana, to wywołana zostanie ostatnio aktywna strona systemu pomocy.
- [Tematy pomocy]
Wywołuje system pomocy programu ElektroSym (karta 'Tematy pomocy')
- [Pytania i odpowiedzi]
Wywołuje system pomocy programu ElektroSym (karta 'Pytania i odpowiedzi')
- [O programie...]
Wyświetla wizytówkę programu ElektroSym.

3. Paleta narzędzi

Przyciski zawarte na palecie narzędzi okienka głównego (rys.2) podzielone są na cztery grupy. Pierwsza grupa przycisków od lewej strony to funkcje ogólne, takie jak odczyt i zapis plików oraz drukowanie. Następna grupa to narzędzia edycji obiektów, takie jak np. obracanie czy usuwanie. Trzecia grupa to funkcje związane z symulacją, a czwarta to funkcje pomocnicze.

Poniżej przedstawiony jest szczegółowy opis działania wszystkich przycisków. Naciśnięcie niektórych przycisków powoduje wywołanie odpowiedniego pola dialogowego lub okienka. Opis pól dialogowych i okienek pomocniczych zamieszczony jest w następnej sekcji niniejszej instrukcji.



Rysunek 2. Paleta narzędzi

1. Nowy

Wywołuje pole dialogowe, które umożliwia otwarcie nowego pustego obszaru roboczego przeznaczonego do symulacji czasowej lub do badania transmitancji; jeżeli aktualny schemat jest zmodyfikowany, pojawia się okienko z zapytaniem o zapisanie schematu.

2. Otwórz

Wywołuje pole dialogowe 'Otwórz' umożliwiające wybranie pliku (schematu), który chcemy otworzyć; możliwe jest tylko otwarcie plików ElektroSym (*.els), i tylko te pliki są wyświetlane w okienku pola dialogowego; jeżeli aktualny schemat jest zmodyfikowany, pojawia się okienko z zapytaniem o zapisanie schematu.

3. Zapisz jako

Wywołuje pole dialogowe 'Zapisz jako' umożliwiające określenie nazwy pliku i zapisanie go; program zapisuje pliki w formacie ElektroSym, więc do nazwy pliku zostanie automatycznie dołączone rozszerzenie [.els].

4. Zapisz

Zapisuje aktywny plik z aktualną nazwą; jeżeli aktywny plik nie posiada nazwy, wywołuje pole dialogowe 'Zapisz jako'.

5. Drukuj schemat

Wywołuje pole dialogowe 'Drukuj', które umożliwia wydrukowanie bieżącego schematu; aby wydrukować wykres, należy użyć przycisku 'Drukuj' z okienka 'Wykresy', co umożliwi wydruk zarówno schematu jak i wykresu.

W przypadku niezainstalowania drukarki przycisk jest zablokowany.

6. Cofnij Usuń

Cofa ostatnią operację usuwania. Warunkiem odzyskania usuniętych obiektów jest aktualnie wolne miejsce, które obiekty zajmowały przed usunięciem. W pamięci znajduje się maksymalnie dziesięć ostatnich usunięć.

7. Usuń

Usuwa zaznaczone obiekty.

8. Odwróć

Odwraca zaznaczony element, zamieniając miejscami jego dwie końcówki (dotyczy elementów: "Tranzystor bipolarny", "Cewki sprzężone" i "Watomierz").

9. Obróć w lewo

Obraca zaznaczone elementy o 90° w lewo.

10. Obróć w prawo

Obraca zaznaczone elementy o 90° w prawo.

11. Parametry

Wywołuje pole dialogowe 'Parametry' umożliwiające modyfikację parametrów zaznaczonego elementu.

12. Pokaż/ukryj nazwę

Wyświetla obok zaznaczonych elementów ich nazwy lub je ukrywa.

13. Pokaż/ukryj napięcie

Wyświetla obok zaznaczonych elementów strzałkę napięcia lub ją ukrywa.

14. Pokaż/ukryj prąd

Wyświetla na zaznaczonych elementach strzałkę prądu lub ją ukrywa.

15. Zmień kierunek napięcia

Zmienia zwrot strzałki napięcia zaznaczonych elementów; jeżeli strzałka jest ukryta, zmienia jej zwrot i automatycznie ją wyświetla.

16. Zmień kierunek prądu

Zmienia zwrot strzałki prądu zaznaczonych elementów; jeżeli strzałka jest ukryta, zmienia jej zwrot i automatycznie ją wyświetla.

17. Symulacja/Transmitancja

Jeżeli znajdujemy się w trybie <Symulacja czasowa>, wywołuje pole dialogowe 'Symulacja' umożliwiające przeprowadzenie symulacji czasowej.

Jeżeli znajdujemy się w trybie <Transmitancja>, wywołuje pole dialogowe 'Transmitancja' umożliwiające przeprowadzenie symulacji częstotliwościowej, której wynikiem są wykresy transmitancji.

18. Przebiegi

Wywołuje pole dialogowe 'Przebiegi' umożliwiające wybór przebiegów, które chcemy oglądać, a także ewentualne ustalenie skali układu współrzędnych oraz rodzaju wykresu.

Jest zablokowany, jeżeli symulacja aktualnego schematu nie została przeprowadzona.

19. Wykresy

Wywołuje okienko 'Wykresy' wyświetlające wyniki symulacji (przebiegi czasowe lub wykresy częstotliwościowe).

Jest zablokowany, jeżeli symulacja aktualnego schematu nie została przeprowadzona.

20. Pomiar

Otwiera/zamyka panel pomiarowy, umożliwiający przeprowadzenie pomiaru wielkości elektrycznych bieżącego obwodu.

21. Topologia

Wyświetla okienko 'Topologia' zawierające tekstową reprezentację aktualnego schematu, tzw. topologię obwodu lub listę połączeń.

22. O programie

Wyświetla wizytówkę programu ElektroSym.

23. Pomoc

Wywołuje system pomocy programu ElektroSym.

Jeżeli pomoc była używana, to wywołana zostanie ostatnio aktywna strona systemu pomocy.

4. Pola dialogowe i okienka

Elementem interfejsu spełniającym rolę wymiany danych pomiędzy użytkownikiem a programem są pola dialogowe. Poniżej przedstawiony jest opis poszczególnych pól dialogowych programu oraz innych okienek *de facto* nie będących polami dialogowymi.

- **Pole dialogowe ‘Otwórz’**

Jest to standardowe pole dialogowe otwierania pliku; umożliwia ono zmianę katalogu i dysku; w okienku wyświetlane są tylko pliki ElektroSym (*.els), ponieważ możliwe jest otwarcie tylko takich plików. Aby wybrać dany plik, należy albo wpisać jego nazwę w polu edycyjnym ‘Nazwa pliku:’, albo kliknąć jego nazwę w okienku; gdy plik jest wybrany, kliknąć przycisk ‘Otwórz’ lub nacisnąć <Enter>; można również szybko otworzyć plik poprzez podwójne kliknięcie jego nazwy.

- **Pole dialogowe ‘Zapisz jako’**

Jest to standardowe pole dialogowe zapisu pliku; umożliwia ono zmianę katalogu i dysku; w okienku wyświetlane są tylko pliki ElektroSym (*.els). Nazwę pod jaką chcemy zapisać bieżący plik należy wpisać w polu edycyjnym ‘Nazwa pliku:’; nie trzeba wpisywać rozszerzenia, ponieważ program automatycznie dodaje do nazwy rozszerzenie [.els], co powoduje zapisanie pliku w formacie ElektroSym; gdy nazwa jest już wpisana, należy kliknąć przycisk ‘Zapisz’ lub nacisnąć <Enter>.

- **Pole dialogowe ‘Drukuj’**

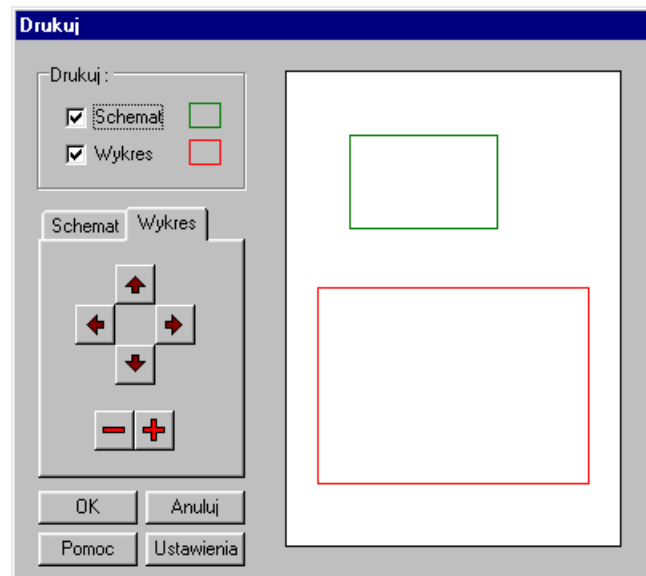
Jest to pole dialogowe (rys.3) umożliwiające drukowanie bieżącego schematu lub/oraz wykresów przebiegów otrzymanych w wyniku symulacji. Pole to może być wywoływane albo z okienka głównego ElektroSym przyciskiem 'Drukuj schemat' (można też wybrać analogiczne polecenie z menu 'Plik' lub nacisnąć klawisze <Ctrl+D>) albo z okienka 'Wykresy' przyciskiem 'Drukuj' (można też wybrać analogiczne polecenie z menu lokalnego lub nacisnąć klawisze <Ctrl+D>). W pierwszym przypadku wywołane pole nie zawiera komponentów dotyczących drukowania wykresów, jako że wtedy możliwe jest drukowanie tylko bieżącego schematu. W drugim przypadku pole dialogowe zawiera komponenty dotyczące drukowania zarówno schematu jak i wykresów; tutaj istnieje możliwość wydruku schematu i wykresów.

Pierwszym komponentem pełnego pola dialogowego drukowania jest grupa pól opcji zatytułowana 'Drukuj:', która służy do włączania lub wyłączania drukowania schematu i wykresu.

Poniżej znajdują się karty 'Schemat' i 'Wykres', służące do konfiguracji drukowanej strony. Obydwie karty zawierają te same przyciski: cztery przyciski oznaczone strzałkami służą do przesuwania schematu/wykresu; dwa pozostałe (+/-) służą do powiększania i pomniejszania schematu/wykresu.

Prawą część pola zajmuje podgląd drukowanej strony. Zielony prostokąt symbolizuje schemat, natomiast czerwony symbolizuje wykres.

Przycisk 'Ustawienia' wywołuje pole dialogowe umożliwiające modyfikację ustawień wydruku.



Rysunek 3. Pole dialogowe drukowania

- **Pole dialogowe 'Parametry'**

Pole to umożliwia modyfikację parametrów elementu elektrycznego. Jest ono zdefiniowane inaczej dla każdego elementu, jako że różne są zestawy parametrów dla różnych elementów. Dokładny opis zestawów parametrów dla poszczególnych elementów znajduje się w punkcie 5. Parametry elementów.

- **Pole dialogowe 'Symulacja'**

Pole dialogowe 'Symulacja' (rys.4a) umożliwia ustalenie podstawowych parametrów symulacji oraz jej przeprowadzenie.

Czas symulacji należy wpisać w polu edycyjnym o analogicznej nazwie. Dozwolone jest stosowanie bezpośrednio za wartością liczbową liter oznaczających krotność jednostki, np. 65m – 65 milisekund, 32u – 32 mikrosekund (szczegóły pod hasłem 'Format wartości liczbowych').

Kolejnym komponentem pola jest siedmiopozycyjny suwak służący do ustalenia ilości iteracji (kroku całkowania). Ilość iteracji związana jest z ustawioną rozdzielczością monitora. Minimalna ilość iteracji (skrajne lewe położenie suwaka) wynosi: [szerokość ekranu w pikselach] – 80. Każdorazowe przesunięcie suwaka o jedną pozycję w prawo podwaja ilość iteracji, maksymalnie można zatem uzyskać wartość 64-krotną w stosunku do wartości minimalnej. Krok całkowania (h) obliczany jest dla każdej symulacji na podstawie powyższych wartości i wynosi: $h = \text{czas symulacji} / \text{ilość iteracji}$. Mała ilość iteracji daje krótszy czas symulacji (program wykonuje mniej

obliczeń), natomiast duża ilość iteracji oznacza mniejszy krok całkowania, a tym samym większą dokładność symulacji.

Przycisk 'Start' rozpoczyna symulację od chwili $t=0$.

Przycisk 'Kontynuuj' pozwala na kontynuację symulacji od chwili zakończenia poprzedniej symulacji; jest aktywny tylko gdy obwód został już przesymulowany i nie został zmodyfikowany.

- **Pole dialogowe 'Transmitancja'**

Pole dialogowe 'Transmitancja' (rys.4b) umożliwia ustalenie zakresu częstotliwości transmitancji oraz przeprowadzenie symulacji częstotliwościowej. W polach edycyjnych 'od' i 'do' należy wpisać odpowiednio dolną i górną częstotliwość graniczną zakresu.

- **Pole dialogowe 'Pomiar (Real-Time)'**

Pole dialogowe 'Pomiar (Real-Time)' (rys.4c) umożliwia ustalenie parametrów pomiaru i jego rozpoczęcie.

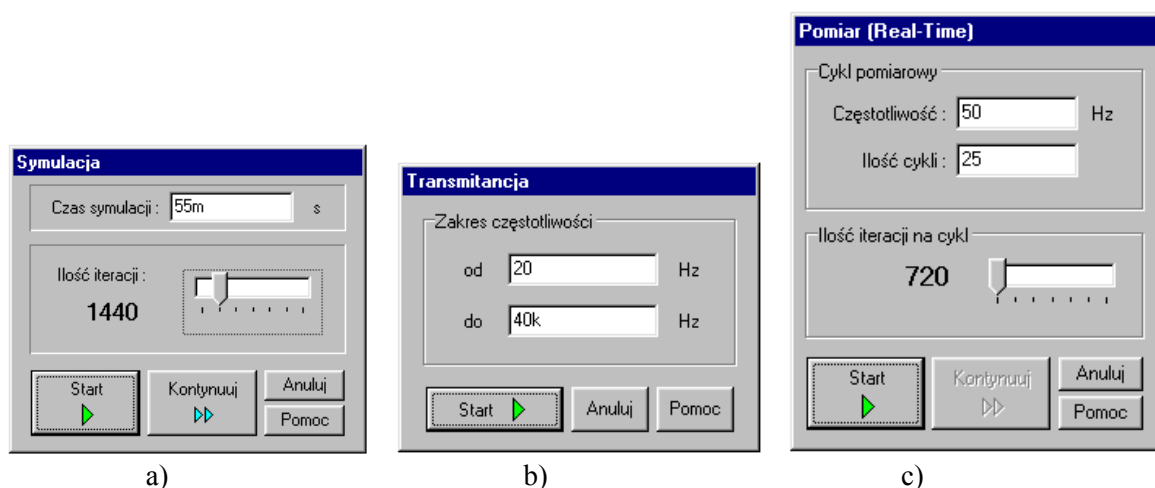
'Częstotliwość' cyklu pomiarowego jest kluczowym parametrem pomiaru, mającym bezpośredni wpływ na poprawność uzyskanych wyników. Określa ona okresy czasu wykorzystywane do obliczeń wskazań mierników. Wartość tego parametru powinna być związana ze spodziewaną częstotliwością składowej zmiennej występującej w obwodzie, a więc np. powinna to być częstotliwość źródła energii lub częstotliwość łączy zaworów, bądź też krotność owej częstotliwości. Dla obwodów prądu stałego dotrzymanie tego warunku nie jest tak istotne.

Czas trwania pomiaru wynosi: 'Ilość cykli' / 'Częstotliwość', a więc przykładowo przy 25-ciu cyklach i częstotliwości 50Hz czas pomiaru będzie wynosił 500ms. Pomiar może być jednak w każdej chwili zatrzymany poprzez naciśnięcie przycisku 'Stop' znajdującego się na panelu pomiarowym.

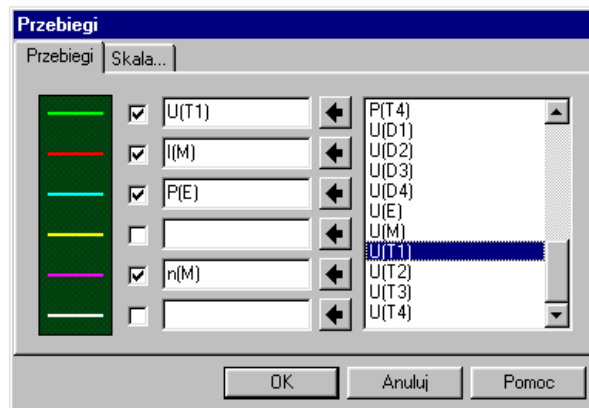
Siedmiopozycyjny suwak służy do ustalenia ilości iteracji przypadającej na jeden cykl (okres) pomiarowy. Jego działanie jest analogiczne do suwaka zawartego w polu dialogowym 'Symulacja'.

Przycisk 'Start' rozpoczyna pomiar od chwili $t=0$.

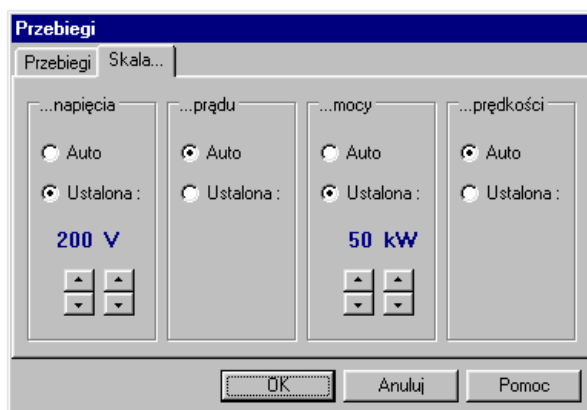
Przycisk 'Kontynuuj' pozwala na kontynuację pomiaru od chwili zakończenia bądź zatrzymania poprzedniego procesu pomiarowego.



Rysunek 4. Pola dialogowe: a) symulacji; b) transmitancji; c) pomiaru



a)

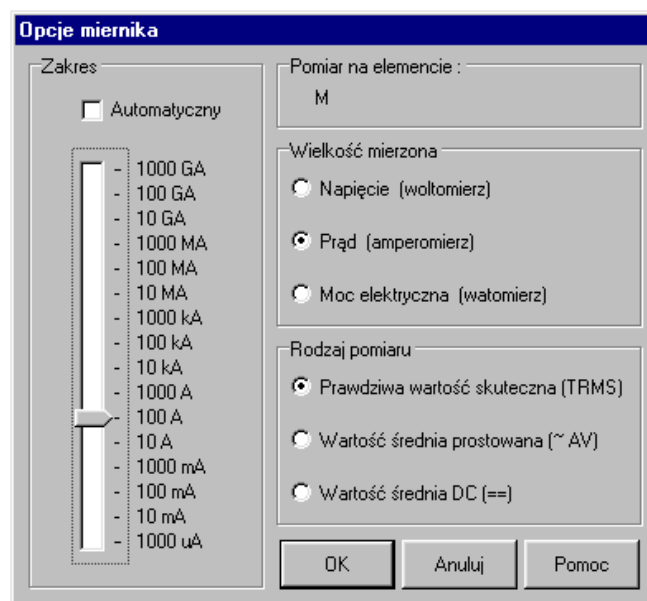


b)



c)

Rysunek 5. Pole dialogowe 'Przebiegi' z kartami: a) 'Przebiegi'; b) 'Skala...'; c) 'Rodzaj / Skala'



Rysunek 6. Pole dialogowe opcji miernika

- **Pole dialogowe 'Przebiegi'**

Jest to pole służące do wybrania interesujących nas przebiegów, w celu ich obejrzenia, a także ustalenia skali i rodzaju wykresu. W zależności od tego w jakim trybie się znajdujemy zawiera ono karty: 'Przebiegi' i 'Skala...' (tryb <Symulacja czasowa>) lub 'Przebiegi' i 'Rodzaj / Skala' (tryb <Transmitancja>);

Karta 'Przebiegi' (rys.5a) spełnia wyżej wymienioną rolę wybrania przebiegów, które chcemy oglądać. Jeżeli znajdujemy się w trybie <Symulacja czasowa>, jej prawe okienko zawiera wykaz odpowiednio prądów, napięć, mocy i ewentualnie prędkości (silników) wszystkich elementów obwodu (oznaczone odpowiednio przez I(...), U(...), P(...), n(...)) – w nawiasach nazwa elementu). Przykładowo U(R1) oznacza napięcie na rezystorze R1, skierowane zgodnie z ostrzałkowaniem oznaczonym na schemacie. Jeżeli natomiast znajdujemy się w trybie <Transmitancja>, okienko zawiera wykaz transmitancji napięciowych wszystkich elementów obwodu, tj. stosunku napięcia na danym elemencie do napięcia wejściowego (oznaczone przez K(...)) - w nawiasie nazwa elementu). Przykładowo jeśli napięcie wejściowe obwodu ma nazwę U1, to przebieg oznaczony przez K(R2) określa stosunek: $U(R2) / U(U1)$.

Aby wybrać przebieg, należy go zaznaczyć w opisywanym okienku (jeżeli nie jest widoczny, użyć paska przesuwu), a następnie nacisnąć przycisk (czarna lewa strzałka) wskazujący na pole edycyjne opisujące linię danego koloru. (Uwaga: pole edycyjne nie musi być puste w celu wstawienia nowego przebiegu; jeżeli jednak chcemy "wyczyścić" pole edycyjne, klikamy w nim podwójnie.) W polu edycyjnym pojawi się wybrany przebieg, a odpowiednie pole opcji (mały kwadrat) zostanie automatycznie zaznaczone. Przebieg można "wyłączyć", klikając na jego pole opcji.

Karta 'Skala...' (rys.5b) jest widoczna tylko w trybie symulacji czasowej i służy do określenia skali pionowej wykresów, osobno dla napięcia, prądu, mocy oraz prędkości, co jest reprezentowane przez cztery odpowiednie grupy wyboru. Domyślnym ustawieniem jest skala automatyczna. Oznacza to, że przy wyświetlaniu wykresów dobierana będzie zawsze optymalna skala dla danej wielkości. W większości przypadków zalecane jest ustawienie właśnie skali automatycznej. Istnieje jednak możliwość narzucenia określonej skali. Aby to zrobić, należy w obrębie danej grupy zaznaczyć pole "Ustalona:". Poniżej ukaże się wartość skali i jednostka, a także przyciski umożliwiające ich zmianę. Przyciski leżące poniżej wartości liczbowej zmieniają tę wartość (możliwe są tylko wartości 1,2,5,10,20,50,100,200 i 500), natomiast przyciski leżące poniżej oznaczenia jednostki zmieniają tylko jednostkę.

Karta 'Rodzaj / Skala' (rys.5c) jest widoczna tylko w trybie transmitancji. Pole wyboru 'Rodzaj' pozwala na ustalenie rodzaju wykresu częstotliwościowego: wykres modułu transmitancji, wykres kąta (argumentu) transmitancji zespolonej lub wykres transmitancji zespolonej (na płaszczyźnie zespolonej).

Jeżeli wybierzemy 'Moduł transmitancji', po prawej stronie pojawi się pole umożliwiające wybór skali pionowej wykresu (5 - 240dB). Wartość skali oznacza rozpiętość pionową wykresu w decybelach.

Dla wykresu 'Kąta transmitancji', skala jest stała i wynosi $\pm 180^\circ$.

Jeżeli wybierzemy 'Transmitancję zespoloną', poniżej pojawi się pole wyboru umożliwiające określenie rodzaju układu współrzędnych (kartezjański lub biegunowy), a także opcja 'Zaznacz punkty początkowe'. Włączenie tej opcji powoduje wskazanie na wykresie (w formie małych okręgów) punktów odpowiadających dolnej częstotliwości zakresu transmitancji.

- **Pole dialogowe 'Opcje miernika'**

Pole to (rys.6) umożliwia modyfikację właściwości miernika wykorzystywanego przy pomiarze.

Grupa 'Zakres' pozwala na ustalenie zakresu wskazania. Zaznaczenie pola opcji 'Automatyczny' powoduje automatyczne dostosowywanie zakresu do wskazania. Domyślnie ta opcja jest włączona.

Grupa 'Pomiar na elemencie' informuje, do którego elementu "podłączony" jest miernik.

Grupa 'Wielkość mierzona' określa wielkość mierzoną (rodzaj miernika): napięcie (woltomierz), prąd (amperomierz), moc elektryczna (watomierz).

Grupa 'Rodzaj pomiaru' określa rodzaj mierzonej wartości:

- Prawdziwa wartość skuteczna (TRMS): wartość skuteczna, poprawna niezależnie od kształtu przebiegu;
- Wartość średnia prostowana (\sim AV): wartość średnia przebiegu prostowanego dwupółkowo;
- Wartość średnia DC(==): wartość średnia przebiegu

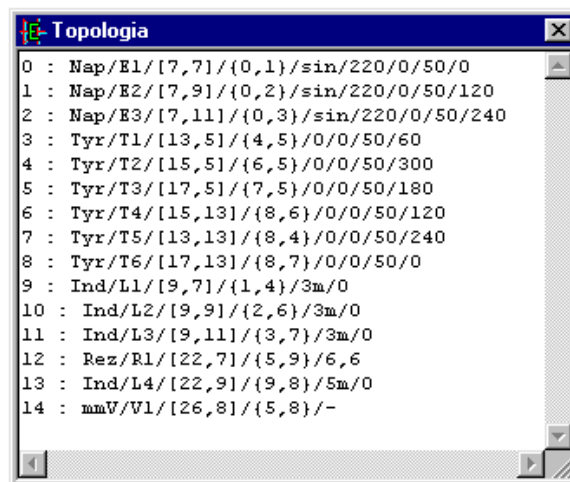
Przy pomiarze mocy elektrycznej możliwy jest jedynie pomiar wartości średniej DC(==), która reprezentuje moc czynną elementu, przy czym wartość dodatnia to moc pobierana, a wartość ujemna to moc oddawana przez element.

- **Okienko 'Topologia'**

Okienko to zawiera tekstową reprezentację bieżącego obwodu, tzw. topologię lub listę połączeń. Rysunek 7 przedstawia topologię przykładowego obwodu elektrycznego. Każda linia tekstu reprezentuje jeden element obwodu. Informację zawartą w topologii przeanalizujemy na przykładzie pokazanym na rysunku 7, biorąc pod uwagę pierwszą linię tekstu:

0	:	numer kolejny elementu, liczony według kolejności wstawiania do schematu (pierwszy element ma zawsze nr 0);
Nap		rodzaj* elementu – w tym przypadku źródło napięcia;
E1		nazwa elementu;
[7,7]		bezwzględne współrzędne położenia elementu w obszarze roboczym, wyrażone w punktach siatki, przy czym skrajny lewy górny punkt to [0,0];
{0,1}		numery węzłów przypisane odpowiednio końcówkom „k” i „l” elementu (końcówka „k” jest lewą końcówką w chwili wstawiania elementu, „l” jest prawą); dla elementów trój- i czterokońcówkowych mamy odpowiednio trzy i cztery liczby reprezentujące poszczególne zaciski elementu;
sin		oznacza typ źródła – tutaj sinusoidalne*;
220		wartość napięcia*;
0		rezystancja wewnętrzna*;
50		częstotliwość*;
0		faza początkowa*;

*szczegóły w punkcie **5. Parametry elementów**



Rysunek 7. Okienko 'Topologia'

Niewątpliwie najważniejszą funkcją okienka topologii jest sprawdzenie w razie niepewności listy połączeń obwodu, do czego służą liczby w nawiasach klamrowych {}. Należy jednak zauważyć, że użytkownik nie musi z niego korzystać, aby przeprowadzić symulację. Program przed każdym procesem symulacji tworzy listę połączeń bieżącego obwodu. Okienko 'Topologia' daje jedynie możliwość obejrzenia wyników tworzenia listy połączeń. Użytkownik nie ma możliwości bezpośredniej modyfikacji zawartości topologii.

- **Okienko 'Wykresy'**

Okienko to (rys.8) wyświetla wybrane przebiegi czasowe lub wykresy częstotliwościowe. Okienko nie posiada ani paska tytułu ani obramowania w celu zapewnienia użytkownikowi jak najlepszej czytelności wykresów. Górną część okienka zajmuje panel zawierający kilka przycisków oraz pasek informacyjny. Pasek ten przedstawia nazwy aktualnie pokazywanych przebiegów, przy czym kolor nazwy odpowiada kolorowi przebiegu.

Opis przycisków (rys.9a)

1. << ElektroSym

Powraca do okienka głównego programu (obszaru roboczego).

2. Symulacja/Transmitancja

Wywołuje pole dialogowe symulacji/transmitancji umożliwiając przeprowadzenie symulacji/transmitancji dla bieżącego obwodu bez konieczności powrotu do okienka głównego.

3. Kontynuuj

Pozwala na kontynuację symulacji od chwili zakończenia poprzedniej symulacji; (funkcja aktywna tylko w trybie <Symulacja czasowa>).

4. Przebiegi

Wywołuje pole dialogowe 'Przebiegi' pozwalające na wybranie innych przebiegów/transmitancji lub zmianę rodzaju wykresu oraz zmianę skali, bez konieczności powracania do głównego okienka programu.

5. Opis osi pionowej

Wywołuje pole dialogowe 'Opis osi pionowej' służące do wyboru wielkości opisujących oś pionową układu współrzędnych (funkcja aktywna tylko w trybie <Symulacja czasowa>).

Opis osi pionowej może zawierać maksymalnie dwie wielkości równocześnie, np. napięcie i prąd. Jeżeli jednak na wykresie mamy równocześnie przebiegi więcej niż dwóch wielkości równocześnie, np. napięcia, prądu, mocy i prędkości, to zachodzi potrzeba zmiany konfiguracji opisu osi.

6. Drukuj

Wywołuje pole dialogowe 'Drukuj' umożliwiające drukowanie zarówno wykresu jak i schematu. W przypadku niezainstalowania drukarki przycisk jest zablokowany.

7. Pomoc

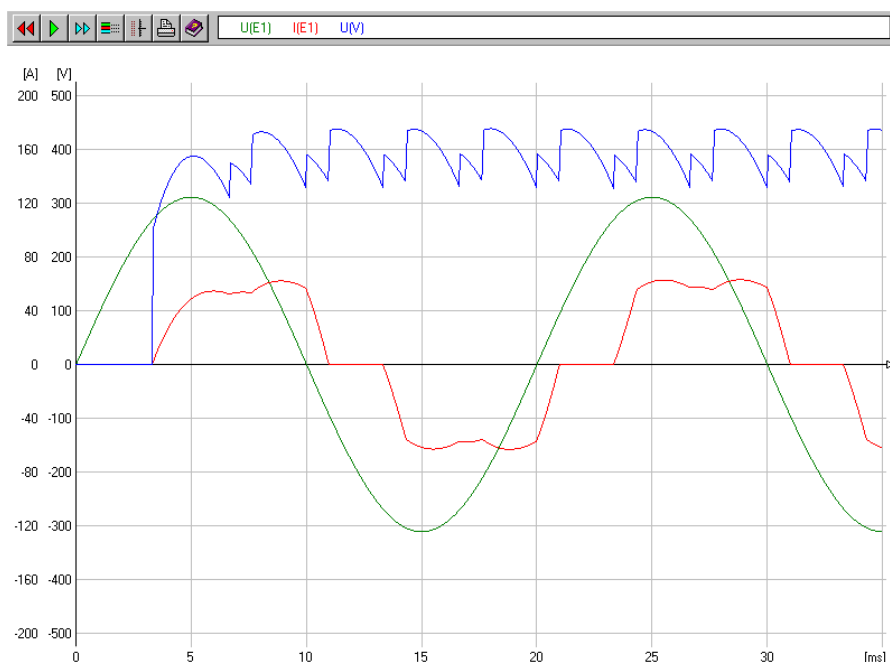
Wywołuje system pomocy programu ElektroSym.

Wszystkie funkcje oraz właściwości okienka dostępne są poprzez kliknięcie prawym przyciskiem myszki otwierając menu lokalne (rys.9b).

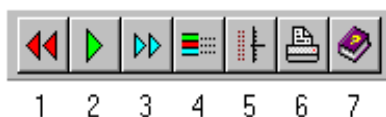
Polecenie [Kolor tła...] wywołuje pole dialogowe umożliwiające wybór koloru tła okienka.

Polecenia [Wyraźne linie siatki], [Delikatne linie siatki] i [Brak linii siatki] służą do wyboru odpowiedniego rodzaju pomocniczych linii siatki układu współrzędnych.

Pozostałe polecenia – a także skróty < ... > – dublują opisane powyżej funkcje przycisków.



Rysunek 8. Okienko 'Wykresy' programu ElektroSym 2.0



a)

Kolor tła...	F4
Wyraźne linie siatki	Ctrl+2
Delikatne linie siatki	Ctrl+1
● Brak linii siatki	Ctrl+0
Symulacja...	F9
Kontynuuj	F10
Przebiegi...	F11
Opis osi pionowej...	F6
Drukuj...	Ctrl+D
Pomoc	F1
<< ElektroSym	F12

b)

Rysunek 9. Przyciski okienka 'Wykresy' a), oraz jego menu lokalne b)

5. Parametry elementów

Program ElektroSym 2.0 udostępnia użytkownikowi 25 rodzajów elementów elektrotechnicznych i energoelektronicznych. Zestaw ten obejmuje elementy źródłowe, elementy RLC liniowe i nieliniowe, zawory energoelektroniczne, sprzężenia magnetyczne i inne. Elementy różnią się działaniem oraz zestawem parametrów. Modyfikacja wartości parametrów odbywa się za pośrednictwem pola dialogowego 'Parametry'. Pole to zdefiniowane jest inaczej dla każdego elementu, zawiera bowiem właściwy dla danego elementu zestaw parametrów. Opisywane pole dialogowe może zawierać pola edycyjne służące do wpisania wartości liczbowej, pola wyboru, pola opcji oraz listy rozwijane.

Format wartości liczbowych

Liczby wpisywane w polach edycyjnych mogą mieć maksymalnie 13 znaków. Część ułamkową liczby oddzielamy przecinkiem. Liczba może być zakończona literą oznaczającą krotność jednostki. Oto poszczególne oznaczenia:

m	mili;	k	kilo;
u	mikro;	M	mega;
n	nano;	G	giga;
p	piko;	T	tera;

Przykładowo, 27,5u oznacza to samo co 0,0000275.

Niektóre pola edycyjne nie dopuszczają wpisywania wartości ujemnych lub zerowych. W przypadku wprowadzenia danych o nieprawidłowym formacie, program wyświetli komunikat o błędzie.

Opis elementów i ich zestawów parametrów

Jedynym wspólnym polem edycyjnym 'Parametrów' każdego elementu jest 'Nazwa:'. Pozwala ona na modyfikację nazwy elementu. Maksymalna długość nazwy wynosi 16 znaków (dowolnych). W poniższym opisie 'Nazwa:' będzie pomijana.

Element	Parametr		Komentarz
Źródło napięcia [Nap]	E	Napięcie (SEM)	Dla źródła stałego – wartość napięcia stałego; Dla źródła sinusoidalnego – wartość skuteczna; Dla źródła prostokątnego, trójkątnego oraz piłokształtnego – amplituda;
	Rw	Rezystancja wewnętrzna	Jeżeli $R_w < 100\mu\Omega$, to w obliczeniach program automatycznie stosuje $R_w = 100\mu\Omega$;
	f	Częstotliwość	Nie dotyczy źródła napięcia stałego;
	ϕ	Faza początkowa	Nie dotyczy źródła napięcia stałego;
	Rodzaj	Rodzaj źródła napięcia	Określa kształt napięcia źródła;
Źródło prądu [Prd]	J	Natężenie prądu (SPM)	Dla źródła stałego – wartość prądu stałego; Dla źródła sinusoidalnego – wartość skuteczna; Dla źródła prostokątnego, trójkątnego oraz piłokształtnego – amplituda;
	Gw	Konduktancja wewnętrzna	Jeżeli $G_w < 1pS$, to w obliczeniach program automatycznie stosuje $G_w = 1pS$;
	f	Częstotliwość	Nie dotyczy źródła prądu stałego;
	ϕ	Faza początkowa	Nie dotyczy źródła prądu stałego;
	Rodzaj	Rodzaj źródła prądu	Określa kształt prądu źródła;

Element	Parametr		Komentarz
Źródło napięcia sterowane [zsN]	Rw	Rezystancja wewnętrzna	Jeżeli $R_w < 100 \mu\Omega$, to w obliczeniach program automatycznie stosuje $R_w = 100 \mu\Omega$;
	k	Współcz. Wzmocnienia	Wartość napięcia źródła wynosi: $k \cdot X$;
	X	Wielkość sterująca	Może to być napięcie lub prąd dowolnego elementu obwodu, skierowane(y) zgodnie z ostrzałkowaniem na schemacie; Może to być również prędkość silnika; (wszystkie możliwe przebiegi zawarte są w liście rozwijanej);
Źródło prądu Sterowane [zsP]	Gw	Konduktancja wewnętrzna	Jeżeli $G_w < 1 \text{pS}$, to w obliczeniach program automatycznie stosuje $G_w = 1 \text{pS}$;
	k	Współcz. Wzmocnienia	Wartość prądu źródła wynosi: $k \cdot X$;
	X	Wielkość sterująca	Może to być napięcie lub prąd dowolnego elementu obwodu, skierowane(y) zgodnie z ostrzałkowaniem na schemacie; Może to być również prędkość silnika; (wszystkie możliwe przebiegi zawarte są w liście rozwijanej);
Napięcie wejściowe [nWe]	Poziom	Poziom	Element reprezentujący źródło napięcia wejściowego przy analizie częstotliwościowej obwodu. Wartość napięcia określona jest przez wektor (1,0). Element jest dostępny tylko w trybie <Transmitancja>. Poziom (w decybelach) odpowiada modułowi wartości napięcia;
Rezystancja [Rez]	R	Rezystancja	Rezystancja liniowa;
Indukcyjność [Ind]	L	Indukcyjność	Indukcyjność liniowa;
	I(t=0)	Warunek początkowy	Prąd w chwili $t=0$, skierowany zgodnie z ostrzałkowaniem na schemacie;
Pojemność [Poj]	C	Pojemność	Pojemność liniowa;
	U(t=0)	Warunek początkowy	Napięcie w chwili $t=0$, skierowane zgodnie z ostrzałkowaniem na schemacie;
Warystor [War]	c	Stałe	Wartości opisujące charakterystykę napięciowo-prądową warystora, która jest określona równaniem: $U=c \cdot I^\beta$
	β		
Indukcyjność nieliniowa [nIL]	L	Stałe	Wartości opisujące charakterystykę [strumień magnetyczny-prąd] indukcyjności, która jest określona równaniem: $\Psi=L \cdot I^\beta$
	β		
Pojemność nieliniowa [nIC]	C	Stałe	Wartości opisujące charakterystykę [ładunek elektryczny-napięcie] pojemności, która jest określona równaniem: $Q=C \cdot U^\beta$
	β		
Dioda [Dio]	Rf	Rezystancja przewodzenia*	Wartość reprezentująca rezystancję liniową diody przy polaryzacji przewodzeniowej;
	Gd	Konduktancja zaworowa**	Wartość reprezentująca konduktancję liniową diody przy polaryzacji wstecznej;
Dioda Zenera [Zen]	Uz	Napięcie Zenera	-
	Rf	Rezystancja przewodzenia*	Wartość reprezentująca rezystancję liniową diody przy polaryzacji przewodzeniowej, oraz przy polaryzacji wstecznej $U > U_z$;
	Gd	Konduktancja zaworowa**	Wartość reprezentująca konduktancję liniową diody przy polaryzacji wstecznej $U \leq U_z$;

Element	Parametr		Komentarz
Tyrystor SCR [Tyr] Tyrystor RCT [RCT]	Rt	Rezystancja przewodzenia*	Wartość reprezentująca rezystancję liniową tyrystora w stanie przewodzenia;
	Gd	Konduktancja zaworowa**	Wartość reprezentująca konduktancję liniową tyrystora w stanie blokowania oraz przy polaryzacji wstecznej (SCR);
	f	Częstotliwość sterowania	Częstotliwość impulsów sterujących;
	ϕ	Kątysterowania	Kąt podania impulsu sterującego, przy czym $360^\circ \equiv T = 1/f$; istnieje możliwość trzykrotnego podania impulsu w okresie;
Tyrystor GTO [GTO]	Rt	Rezystancja przewodzenia*	Wartość reprezentująca rezystancję liniową tyrystora w stanie przewodzenia;
	Gd	Konduktancja zaworowa**	Wartość reprezentująca konduktancję liniową tyrystora w stanie blokowania oraz przy polaryzacji wstecznej;
	f	Częstotliwość sterowania	Częstotliwość impulsów sterujących;
	ϕ (on)	Kąt załączenia	Kąt podania impulsu załączającego, przy czym $360^\circ \equiv T = 1/f$;
	ϕ (off)	Kąt wyłączenia	Kąt podania impulsu wyłączającego, przy czym $360^\circ \equiv T = 1/f$;
Tranzystor mocy [TrM]	Rt	Rezystancja przewodzenia*	Wartość reprezentująca rezystancję liniową tranzystora w stanie przewodzenia;
	Gd	Konduktancja zaworowa**	Wartość reprezentująca konduktancję liniową tranzystora w stanie blokowania oraz przy polaryzacji wstecznej;
	f	Częstotliwość sterowania	Częstotliwość impulsów sterujących;
	ϕ (on)	Kąt załączenia	Kąt reprezentujący chwilę załączenia sygnału sterującego, przy czym $360^\circ \equiv T = 1/f$;
	ϕ (off)	Kąt wyłączenia	Kąt reprezentujący chwilę wyłączenia sygnału sterującego, przy czym $360^\circ \equiv T = 1/f$;
Wyłącznik [wyl]	(•)	Stan początkowy	Stan wyłącznika (otwarty lub zamknięty) w chwili $t=0$;
	-	Czas przełączenia	Chwila zmiany stanu wyłącznika; istnieje możliwość dwukrotnego przełączenia – co oznacza powrót do stanu początkowego;
Silnik prądu stałego (obcownobudny) [sDC]	<i>Dane znamionowe:</i>		
	P	Moc znamionowa	-
	U	Napięcie znamionowe	-
	I	Prąd znamionowy	-
	n	Prędkość znamionowa	-
	Rt	Rezystancja twornika	-
	Lt	Indukcyjność twornika	-
	a	(Obciążenie)	Współczynniki służące do opisu charakterystyki obciążenia, określonej równaniem: $M = a + b n_r + c n_r^2$; gdzie $n_r = n / n_N $;
	b	(Obciążenie)	
	c	(Obciążenie)	
	(•)	bierne / czynne	Charakter obciążenia;
	J	Moment bezwładności	Moment bezwładności całego układu: silnik + obciążenie;
	ϕ	Strumień wzbudzenia	Wartość względnego strumienia wzbudzenia silnika, wyrażona w procentach względem strumienia znamionowego; możliwe są wartości ujemne;
	<i>Warunki początkowe:</i>		
	I(0)	Prąd początkowy	Prąd silnika w chwili $t=0$;
n(0)	Prędkość początkowa	Prędkość silnika w chwili $t=0$;	

Element	Parametr		Komentarz
Cewki sprzężone [Spr]	L	Indukcyjność	Indukcyjność liniowa cewki;
	I(t=0)	Warunek początkowy	Prąd w chwili t=0, skierowany tak, że wpływa do oznaczonego początku cewki;
	M	Współczynnik sprzężenia	Wartość względna procentowa reprezentująca stopień sprzężenia magnetycznego;
Transformator jednofazowy [Tf1]	S	Moc znamionowa	-
	U1	Napięcie zn. str. pierwotnej	-
	U2	Napięcie zn. str. wtórnej	-
	f	Częstotliwość znamionowa	-
	U _{zr}	Relatyw. napięcie zwarcia	-
	I _{or}	Relatywny prąd jałowy	-
	P _{un}	Znam. straty w uzwojeniu	-
	P _{fn}	Znam. straty w rdzeniu	-
Tranzystor bipolarny [BJT]	h _{11e}	Impedancja wejściowa	Parametry hybrydowe czwórnika utworzonego przez tranzystor połączony w układzie wspólnego emitera;
	h _{12e}	-	
	h _{21e}	-	
	h _{22e}	Admitancja wyjściowa	
	(•)	npn / pnp	Struktura tranzystora;
Woltomierz [mmV]	-	<i>brak parametrów;</i>	Jest zamodelowany jako rezystor o R=1GΩ;
Amperomierz [mmA]	-	<i>brak parametrów;</i>	Jest zamodelowany jako rezystor o R=1μΩ;
Watomierz [mmW]	-	<i>brak parametrów;</i>	Jest zamodelowany jako dwa niezależne rezystory reprezentujące rezystancje cewek: napięciowej (R=1GΩ) i prądowej (R=1μΩ);

* jeżeli $R_f\{R_t\} < 100\mu\Omega$, to program automatycznie zastosuje w obliczeniach $R_f\{R_t\} = 100\mu\Omega$;

** jeżeli $G_d < 1\mu S$, to program automatycznie zastosuje w obliczeniach $G_d = 1\mu S$;

6. Tworzenie schematu

A. Wstawianie obiektów

Przed przystąpieniem do tworzenia schematu musimy wybrać odpowiedni tryb: <Symulacja czasowa> lub <Transmitancja> (aby wykonywać pomiar, schemat musi być utworzony w trybie <Symulacja czasowa>). Aktualny tryb sygnalizowany jest na pasku stanu. Wybór trybu dokonywany jest na etapie tworzenia nowego obszaru roboczego (przycisk 'Nowy' lub polecenie 'Nowy...' z menu 'Plik').

W celu wstawienia obiektu do obszaru roboczego należy albo włączyć odpowiedni przycisk palety narzędzi, albo wybrać odpowiedni obiekt z menu 'Wstaw'. Kursor przybiera postać krzyża.

Przycisk (pozycja menu) 'Przewód elektryczny' umożliwia wstawienie linii reprezentującej przewód elektryczny. W celu wstawienia przewodu elektrycznego do obszaru roboczego naciskamy lewy przycisk myszki tworząc jeden koniec linii, a następnie przesuwamy nie zwalniając przycisku aż do miejsca drugiego końca linii. Podczas przesuwania widoczna jest przerywana linia reprezentująca wstawiany odcinek przewodu. Każdorazowo możliwe jest wstawianie linii poziomych, pionowych lub ukośnych pod kątem 45°. Program automatycznie nie zezwala na wstawianie linii, która przechodziłaby przez środek elementu elektrycznego.

Przycisk (pozycja menu) 'Węzeł' umożliwia wstawienie węzła elektrycznego poprzez kliknięcie w obszarze roboczym. Program automatycznie nie zezwala na wstawianie węzła w środek elementu.

Naciśnięcie jednego z przycisków palety reprezentujących elementy elektryczne (wybranie elementu z menu 'Wstaw') umożliwia wstawienie danego elementu poprzez kliknięcie myszką w obszarze roboczym. Program automatycznie nie zezwala na wstawienie elementu na przewód elektryczny, na węzeł, na inny istniejący już element oraz w pobliżu innego elementu, tzn. w odległości jednego punktu siatki.

Obiekt bezpośrednio po wstawieniu jest automatycznie zaznaczony (jest koloru czerwonego) do chwili wstawienia kolejnego obiektu.

Naciśnięcie przycisku 'Zaznacz, przesun', wybranie polecenia 'Tryb zaznaczania' lub naciśnięcie klawisza <Insert> włącza tryb zaznaczania. Kursor ma postać strzałki, albo - gdy znajdzie się w pobliżu obiektu - dłoni. W tym trybie możliwe jest zaznaczanie obiektów a także ich przesuwanie.

B. Edycja schematu

Interfejs graficzny udostępnia użytkownikowi wiele funkcji ułatwiających edycję schematu.

ZAZNACZANIE OBIEKTÓW

W celu poddania obiektu (grupy obiektów) edycji należy najpierw zaznaczyć odpowiedni obiekt (grupę obiektów). Aby zaznaczyć obiekt należy włączyć tryb zaznaczania (naciśnięcie przycisku 'Zaznacz, przesun', wybranie polecenia 'Tryb zaznaczania' z menu 'Wstaw' lub naciśnięcie klawisza <Insert>). Kliknięcie w pobliżu obiektu zaznacza go. W razie potrzeby można również zaznaczyć grupę obiektów. Jest na to kilka sposobów:

- klikanie obiektów przy wciśniętym klawiszu <Shift>;
- obramowanie obiektów poprzez ciągnięcie myszki;
- wybranie z menu 'Edycja' polecenia 'Zaznacz wszystko', 'Zaznacz elementy', 'Zaznacz przewody' lub 'Zaznacz węzły' (zaznacza odpowiednio: wszystkie obiekty, wszystkie elementy, wszystkie przewody, wszystkie węzły).

Zaznaczony obiekt przybiera kolor czerwony.

Cofanie zaznaczenia pojedynczego obiektu możliwe jest poprzez kliknięcie go przy wciśniętym klawiszu <Shift>, natomiast aby cofnąć zaznaczenie wszystkich zaznaczonych obiektów wystarczy kliknąć w pustym obszarze.

PRZESUWANIE OBIEKTÓW

Tryb zaznaczania umożliwia również przesuwanie obiektów. W celu przesunięcia obiektu (grupy obiektów) należy nacisnąć lewy przycisk myszki w pobliżu obiektu (jednego z zaznaczonych obiektów grupy), a następnie nie zwalniając przycisku przesuwać. Obiekt (grupa obiektów) będzie się przesuwał(a) do momentu zwolnienia przycisku. Program automatycznie nie zezwala na układanie kilku obiektów w jednym miejscu, lub w przypadku elementów zbyt blisko siebie, tzn. w odległości jednego punktu siatki.

EDYCJA OBIEKTÓW

Aby usunąć obiekty, należy je zaznaczyć i nacisnąć przycisk 'Usuń', wybrać z menu 'Edycja' polecenie 'Usuń' lub nacisnąć klawisz <Delete>.

Usunięte obiekty można odzyskać poprzez naciśnięcie przycisku 'Cofnij Usuń', poprzez wybranie z menu 'Edycja' analogicznego polecenia, lub poprzez naciśnięcie klawiszy <Ctrl+Z>. Odzyskanie uwarunkowane jest jednak tym, aby oryginalne miejsce, w którym znajdował się usunięty obiekt nie było zajęte. W pamięci znajduje się maksymalnie dziesięć ostatnich usunieć.

Program posiada swój własny schowek, służący do przechowywania obiektów i ich parametrów. Aby wyciąć obiekty i umieścić je w schowku należy dane obiekty zaznaczyć i wybrać z menu 'Edycja' polecenie 'Wytnij' lub nacisnąć klawisze <Ctrl+X>. Aby skopiować obiekty do schowka należy je zaznaczyć i wybrać z menu 'Edycja' polecenie 'Kopiuj' lub nacisnąć klawisze <Ctrl+C>. Znajdujące się w schowku obiekty można wstawić do obszaru roboczego używając polecenia 'Wklej' z menu 'Edycja' lub naciskając klawisze <Ctrl+V>.

EDYCJA ELEMENTÓW

Aby obrócić elementy (o 90° w lewo/w prawo) należy je zaznaczyć i nacisnąć przycisk 'Obróć w lewo'/'Obróć w prawo', wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie lub nacisnąć klawisz <Tab>/<Shift+Tab>.

Elementy "Tranzystor bipolarny", "Cewki sprzężone" oraz "Watomierz" mogą zostać "odwrócone", tzn. dwa z ich zacisków mogą zostać zamienione miejscami (odpowiednio: kolektor-emiter, początek-koniec jednej z cewek, początek-koniec cewki napięciowej). Funkcję tę pełni przycisk 'Odwróć' lub analogiczne polecenie z menu 'Element'.

Aby wyświetlić obok elementów ich nazwy należy dane elementy zaznaczyć, a następnie nacisnąć przycisk 'Pokaż/ukryj nazwę' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

Wskazówka:

Aby wyświetlić nazwy wszystkich elementów schematu, najlepiej zaznaczyć wszystkie elementy poprzez wybranie z menu 'Edycja' polecenia 'Zaznacz elementy', a następnie nacisnąć przycisk 'Pokaż/ukryj nazwę' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

Aby wyświetlić obok elementów strzałki napięcia należy dane elementy zaznaczyć, a następnie nacisnąć przycisk 'Pokaż/ukryj napięcie' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

Uwaga:

Przy niektórych elementach nie można wyświetlić strzałki napięcia: "Woltomierz" (strzałka niepotrzebna, ponieważ kierunek jego napięcia określają znaki + -), "Amperomierz" i "Watomierz" (odczyt napięcia pozbawiony jest sensu), "Cewki sprzężone" i "Transformator" (elementy czterozaciskowe).

Aby wyświetlić przy elementach strzałki prądu należy dane elementy zaznaczyć, a następnie nacisnąć przycisk 'Pokaż/ukryj prąd' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

Uwaga:

Przy niektórych elementach nie można wyświetlić strzałki prądu: "Amperomierz" (strzałka niepotrzebna, ponieważ kierunek prądu jest taki, że wpływa on do zacisku oznaczonego znakiem •), "Woltomierz" i "Watomierz" (odczyt prądu pozbawiony jest sensu), "Cewki sprzężone" i "Transformator" (elementy czterozaciskowe), "Tranzystor bipolarny" (strzałka niepotrzebna, ponieważ kierunek prądu określany jest przez strzałkę oznaczającą strukturę tranzystora - npn/npn).

Aby zmienić kierunek strzałki napięcia elementów należy dane elementy zaznaczyć, a następnie nacisnąć przycisk 'Zmień kierunek napięcia' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

Aby zmienić kierunek strzałki prądu elementów należy dane elementy zaznaczyć, a następnie nacisnąć przycisk 'Zmień kierunek prądu' lub wybrać z menu 'Element' analogiczne polecenie.

C. Wprowadzanie parametrów elementów

Przed przeprowadzeniem symulacji utworzonego obwodu elektrycznego należy opisać wszystkie elementy poprzez wprowadzenie ich parametrów. Jeżeli spróbujemy przeprowadzić symulację bez opisanie elementów, wyświetlony zostanie odpowiedni komunikat błędu, a symulacja nie zostanie przeprowadzona.

Modyfikację parametrów umożliwia pole dialogowe 'Parametry', które wywoływane jest poprzez zaznaczenie danego elementu i kliknięcie przycisku 'Parametry', wybranie z menu 'Element' analogicznego polecenia lub naciśnięcie klawisza <F7>.

Wstawienie elementu automatycznie nadaje mu nazwę oraz ustala niektóre parametry domyślnie; zarówno nazwa jak i wszystkie parametry mogą być modyfikowane.

Domyślna nazwa elementu określana jest według następującego szablonu: pierwszy rezystor – R1, drugi – R2, itd., pierwsze źródło napięcia – E1, drugie – E2, itd. dla wszystkich elementów. Nazwę można oczywiście dowolnie zmieniać, przy czym może ona składać się z maksimum 16 dowolnych znaków. Program automatycznie nie zezwoli na wprowadzenie nazwy, jeżeli inny element schematu posiada już taką nazwę – wyświetlony zostanie odpowiedni komunikat błędu.

7. Symulacja

A. Przeprowadzanie symulacji

Gdy gotowy jest już schemat obwodu elektrycznego, a dla elementów określono parametry, można przystąpić do symulacji. Wywołujemy pole dialogowe 'Symulacja' poprzez kliknięcie przycisku 'Symulacja', wybranie z menu 'Symulacja' analogicznego polecenia lub naciśnięcie klawisza <F9>.

Po określeniu czasu symulacji i ilości iteracji naciskamy przycisk 'OK' lub klawisz <Enter>. Jeżeli coś jest w tym momencie nie w porządku, wyświetlony zostanie odpowiedni komunikat błędu. Przebieg procesu symulacyjnego sygnalizowany jest na ekranie paskiem postępu. Po zakończeniu obliczeń pasek ten znika, a przyciski 'Przebiegi' i 'Wykresy' na palecie narzędzi uaktywniają się.

Wyniki symulacji, tzn. wartości potencjałów wszystkich węzłów, wartości wszystkich prądów gałęziowych oraz prędkości (jeżeli obwód zawiera silnik) są zapisane w pamięci wirtualnej komputera. Od tej chwili wszystkie przebiegi czasowe uzyskane w procesie symulacji są dostępne dla użytkownika.

Po przeprowadzeniu symulacji istnieje możliwość jej kontynuowania od chwili zakończenia poprzedniego procesu symulacyjnego, pod warunkiem, że obwód nie został zmodyfikowany. Wystarczy wywołać ponownie pole dialogowe 'Symulacja' i nacisnąć przycisk 'Kontynuuj'.

Wybranie z menu 'Symulacja' polecenia 'Symulacja+Wykresy' wykonuje symulację przy aktualnych ustawieniach (bez wywoływania pola dialogowego symulacji) i automatycznie wyświetla wybrane przebiegi. Można również nacisnąć klawisze <Ctrl+F9>.

B. Wybieranie i oglądanie przebiegów czasowych

W celu obejrzenia wyników symulacji (przebiegów czasowych) należy wybrać interesujące nas przebiegi korzystając z pola dialogowego 'Przebiegi', które może zostać wywołane poprzez kliknięcie przycisku 'Przebiegi', wybranie z menu 'Symulacja' polecenia 'Przebiegi...' lub naciśnięcie klawisza <F11> (szczegóły pod hasłem **Pole dialogowe 'Przebiegi'** w rozdziale 4).

Po wybraniu przebiegów możemy przejść do ich oglądania. Kliknięcie przycisku 'Wykresy', wybranie analogicznego polecenia z menu 'Symulacja' lub naciśnięcie klawisza <F12> wywołuje okienko wyświetlające przebiegi czasowe.

Istnieje możliwość dowolnego przełączania między "Wykresami" a głównym okienkiem programu (schemat), pod warunkiem, że schemat nie będzie modyfikowany*.

* Schemat zostaje zmodyfikowany, jeżeli wstawimy nowy obiekt, usuniemy, przesuniemy lub obrócimy istniejący obiekt, albo jeżeli zmodyfikujemy parametr elementu. Użycie przycisków pokazywania/ukrywania nazwy/napięcia/prądu oraz zmiany kierunku napięcia/prądu formalnie nie powoduje modyfikacji schematu.

Bezpośrednio z okienka 'Wykresy' można dokonać nowego wyboru przebiegów (skali), bez konieczności ponownego przeprowadzania symulacji (wszystkie przebiegi są przecież w pamięci wirtualnej komputera!) i bez konieczności powrotu do okienka głównego; można również przeprowadzić symulację (np. z innym czasem lub inną ilością iteracji) a także kontynuować symulację (szczegółowe informacje na temat wszystkich funkcji dostępnych z okienka wykresów pod hasłem **Okienko 'Wykresy'** w rozdziale 4).

8. Transmitancja

A. Przeprowadzanie symulacji częstotliwościowej

Gdy gotowy jest już schemat obwodu elektrycznego utworzonego w trybie <Transmitancja>, a dla elementów określono parametry, można przystąpić do symulacji częstotliwościowej, której wynikiem jest są transmitancje napięciowe wszystkich elementów obwodu odniesione do napięcia wejściowego. Aby uzyskanie transmitancji było możliwe, obwód musi więc zawierać element "Napięcie wejściowe", określające napięcie odniesienia obwodu.

Wywołujemy pole dialogowe 'Transmitancja' poprzez kliknięcie przycisku 'Transmitancja', wybranie z menu 'Symulacja' analogicznego polecenia lub naciśnięcie klawisza <F9>.

Po określeniu zakresu częstotliwości naciskamy przycisk 'OK' lub klawisz <Enter>. Jeżeli coś jest w tym momencie nie w porządku, wyświetlony zostanie odpowiedni komunikat błędu. Przebieg procesu symulacyjnego sygnalizowany jest na ekranie paskiem postępu. Po zakończeniu obliczeń pasek ten znika, a przyciski 'Przebiegi' i 'Wykresy' na palecie narzędzi uaktywniają się.

Wyniki symulacji częstotliwościowej, tzn. wartości zespolone potencjałów wszystkich węzłów są zapisane w pamięci wirtualnej komputera. Od tej chwili wszystkie wykresy częstotliwościowe uzyskane w procesie symulacji są dostępne dla użytkownika.

Wybranie z menu 'Symulacja' polecenia 'Transmitancja+Wykresy' wykonuje symulację częstotliwościową przy aktualnych ustawieniach (bez wywoływania pola dialogowego transmitancji) i automatycznie wyświetla wybrane wykresy. Można również nacisnąć klawisze <Ctrl+F9>.

B. Wybieranie i oglądanie wykresów

W celu obejrzenia wyników symulacji (wykresów częstotliwościowych) należy wybrać interesujące nas transmitancje korzystając z pola dialogowego 'Przebiegi', które może zostać wywołane poprzez kliknięcie przycisku 'Przebiegi', wybranie z menu 'Symulacja' polecenia 'Przebiegi...' lub naciśnięcie klawisza <F11> (szczegóły pod hasłem **Pole dialogowe 'Przebiegi'** w rozdziale 4).

Po wybraniu transmitancji możemy przejść do ich oglądania. Kliknięcie przycisku 'Wykresy', wybranie analogicznego polecenia z menu 'Symulacja' lub naciśnięcie klawisza <F12> wywołuje okienko wyświetlające wykresy częstotliwościowe. Mamy możliwość oglądania trzech rodzajów wykresów: moduł transmitancji, kąt transmitancji lub transmitancja zespolona. Wyboru dokonujemy za pomocą pola dialogowego 'Przebiegi' (szczegółowe informacje pod **hasłem Pole dialogowe 'Przebiegi'** w rozdziale 4).

Istnieje możliwość dowolnego przełączania między "Wykresami" a głównym okienkiem programu (schemat), pod warunkiem, że schemat nie będzie modyfikowany*.

* Schemat zostaje zmodyfikowany, jeżeli wstawimy nowy obiekt, usuniemy, przesuniemy lub obrócimy istniejący obiekt, albo jeżeli zmodyfikujemy parametr elementu. Użycie przycisków pokazywania/ukrywania nazwy/napięcia/prądu oraz zmiany kierunku napięcia/prądu formalnie nie powoduje modyfikacji schematu.

Bezpośrednio z okienka 'Wykresy' można dokonać nowego wyboru wykresów, ich rodzaju i skali, bez konieczności ponownego przeprowadzania symulacji (wszystkie przebiegi są przecież w pamięci wirtualnej komputera!) i bez konieczności powrotu do okienka głównego (szczegółowe informacje na temat wszystkich funkcji dostępnych z okienka wykresów pod hasłem **Okienko 'Wykresy'** w rozdziale 4).

9. Pomiar

A. Uwagi wstępne

Funkcja pomiaru udostępnia użytkownikowi narzędzie symulujące wskazania mierników elektrycznych. Owe mierniki mogą być "podłączone" w dowolnym miejscu badanego obwodu. Istnieje możliwość pomiaru napięcia, prądu oraz mocy elektrycznej.

RODZAJE POMIARU

Przy pomiarze napięcia i prądu mamy ponadto możliwość wyboru rodzaju wskazywanej wartości.

Prawdziwa wartość skuteczna (TRMS - True Root Mean Square) gwarantuje uzyskanie poprawnej wartości skutecznej przebiegu o dowolnym kształcie, jako że obliczana jest ona według definicji wartości skutecznej. W obwodach prądu zmiennego najczęściej stosowanym jest właśnie ten rodzaj pomiaru.

Wartość średnia prostowana (\sim AV) jest to wartość średnia przebiegu po jego dwupołówkowym wyprostowaniu. Wskazanie to może być wykorzystane np. do wyznaczania współczynnika kształtu przebiegów okresowych.

Wartość średnia DC (\equiv) jest obliczana na podstawie oryginalnego kształtu przebiegu. Wskazanie to symuluje miernik napięcia/prądu stałego. Pomiar mocy elektrycznej jest również pomiarem wartości średniej przebiegu czasowego mocy, reprezentującej moc czynną, przy czym wartość dodatnia to moc pobierana, a wartość ujemna to moc oddawana przez element.

UWARUNKOWANIA POPRAWNEGO POMIARU

'Częstotliwość' cyklu pomiarowego określana w polu dialogowym 'Pomiar (Real-Time)' jest kluczowym parametrem pomiaru, mającym bezpośredni wpływ na poprawność uzyskanych wyników. Określa ona okresy czasu wykorzystywane do obliczeń wskazań mierników. Wartość tego parametru powinna być związana ze spodziewaną częstotliwością składowej zmiennej występującej w obwodzie, a więc np. powinna to być częstotliwość źródła energii lub częstotliwość łączy zaworów, bądź też krotność owej częstotliwości. Dla obwodów prądu stałego dotrzymanie tego warunku nie jest tak istotne.

B. Przeprowadzenie pomiaru

Pomiar jest możliwy, gdy badany schemat został utworzony w trybie <Symulacja czasowa>.

CZYNNOŚCI PRZYGOTOWAWCZE

Aby rozpocząć proces pomiarowy, musimy otworzyć tzw. panel pomiarowy (rys.10). Dokonujemy tego naciskając przycisk 'Pomiar' lub wybierając z menu 'Pomiar' polecenie 'Otwórz panel pomiarowy' (nie jest istotnym, czy panel zostanie otwarty przed, w trakcie lub po utworzeniu schematu obwodu elektrycznego).

Drugim krokiem jest "podłączenie" mierników do elementów schematu. Zadanie to jest banalnie proste: zaznaczamy dany element i naciskamy jeden z trzech znajdujących się w górnej części panelu przycisków - 'Dodaj woltomierz' / 'Dodaj amperomierz' / 'Dodaj watomierz' - w zależności jaką wielkość chcemy mierzyć. Można również wybrać analogiczne polecenie z menu 'Pomiar' lub użyć

klawiszy <Ctrl+U>/<Ctrl+I>/<Ctrl+P>. Do dyspozycji mamy sześć mierników równocześnie znajdujących się na panelu.

Ponowne użycie przycisku opatrzonego tym razem podpowiedzią 'Zamknij pomiar', lub wybranie z menu 'Pomiar' polecenia 'Zamknij panel pomiarowy' ukrywa panel pomiarowy. Zawartość panelu nie jest jednak tracona.

CECHY I WŁAŚCIWOŚCI MIERNIKA

Miernik reprezentowany jest przez niewielki prostokątny panel (rys.10). W lewym górnym rogu miernika znajduje się etykieta pokazująca nazwę elementu, do którego "podłączony" jest miernik. Poniżej umieszczony jest czterocyfrowy wyświetlacz wartości. Na prawo od niego mamy jednostkę wskazywanej wartości, a dalej symbol oznaczający rodzaj wskazywanej wartości. W prawym górnym rogu znajdują się dwa przyciski: 'Zamknij' i 'Opcje'. Naciśnięcie przycisku 'Zamknij' usuwa miernik z panelu. Naciśnięcie przycisku 'Opcje' wywołuje pole dialogowe 'Opcje miernika', które umożliwia wybór wielkości mierzonej, wybór rodzaju wskazania, a także ustawienie zakresu wskazania. Ustawienie zakresu automatycznie sygnalizowane jest na mierniku przez dużą literę A w okręgu.

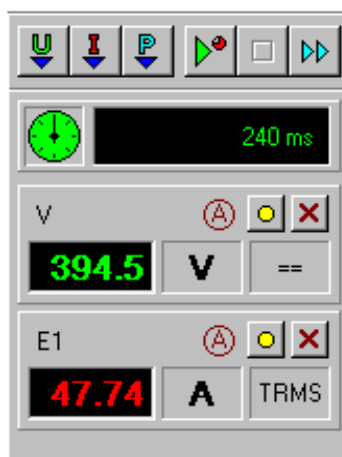
PROCES POMIAROWY

Aby rozpocząć pomiar należy wywołać pole dialogowe 'Pomiar (Real-Time)' poprzez naciśnięcie przycisku 'Pomiar (Real-Time)', wybranie z menu 'Pomiar' analogicznego polecenia lub naciśnięcie klawisza <F8>. Po określeniu parametrów pomiaru naciskamy 'Start'. Pomiar trwa, co widać w górnej części panelu na stoperze wskazującym biegnący czas pomiaru.

Możemy czekać do końca procesu pomiarowego (czas trwania określony parametrami pola dialogowego 'Pomiar (Real-Time)'), albo zatrzymać pomiar poprzez naciśnięcie przycisku 'Stop'.

Pomiar może być kontynuowany naciskając przycisk 'Kontynuuj', wybierając z menu 'Pomiar' analogiczne polecenie, lub naciskając klawisz <F10>.

Po wykonaniu pomiaru, o ile obwód nie będzie modyfikowany, możemy dowolnie "podłączać" i "odłączać" mierniki, zmieniać ich opcje, uzyskując wartości pomiarowe w chwili uwidocznionej na stoperze. Modyfikacja obwodu kasuje wskazania mierników, i do ponownego uzyskania wskazań potrzebny jest nowy pomiar.



Rysunek 10. Panel pomiarowy z dwoma miernikami

10. Drukowanie

Program umożliwia drukowanie zarówno schematu obwodu jak i wykresu przebiegów/transmitancji. Aby wydrukować schemat obwodu, należy nacisnąć przycisk 'Drukuj schemat', wybrać z menu 'Plik' analogiczne polecenie, lub nacisnąć klawisze <Ctrl+D>. Wywołane zostanie pole dialogowe 'Drukuj' umożliwiające wydruk tylko schematu.

Aby wydrukować wykres przebiegów/transmitancji, należy - będąc w okienku 'Wykresy' - nacisnąć przycisk 'Drukuj' albo kliknąć prawym przyciskiem myszki otwierając menu lokalne i wybrać polecenie 'Drukuj...', albo nacisnąć klawisze <Ctrl+D>. Wywołane zostanie pole dialogowe 'Drukuj' umożliwiające wydruk wykresu oraz/lub schematu.

Szczegółowe informacje pod hasłem **Pole dialogowe 'Drukuj'** w rozdziale 4.

11. Właściwości interfejsu graficznego

A. Właściwości obszaru roboczego

SIATKA

Aby pokazać lub ukryć siatkę należy wybrać z menu 'Właściwości' polecenie 'Pokaż siatkę' lub nacisnąć klawisz <F5>.

Aby zmienić rozmiar siatki należy z menu 'Właściwości' pozycja 'Rozmiar siatki' wybrać odpowiedni rozmiar (16 - 24 piksele) lub nacisnąć klawisze <Ctrl+1 ... 5>.

WIDOK

Aby zmienić skalę widoku, należy z menu 'Właściwości' pozycja 'Widok' wybrać odpowiednie powiększenie (100% - 400%) lub nacisnąć kombinację klawiszy <Shift+Ctrl+1 ... 4>.

KONFIGURACJA

Aby pokazać lub ukryć paletę narzędzi, paletę obiektów lub pasek stanu należy z menu 'Właściwości' wybrać odpowiednie polecenie.

B. Właściwości okienka 'Wykresy'

Polecenia dotyczące właściwości okienka 'Wykresy' są dostępne poprzez kliknięcie prawym przyciskiem myszki otwierając menu lokalne.

KOLOR TŁA

W celu zmiany koloru tła wykresów należy wybrać z menu lokalnego polecenie 'Kolor tła...' lub nacisnąć klawisz <F4>. Wywołane zostanie pole dialogowe wyboru kolorów.

LINIE POMOCNICZE SIATKI

Aby określić rodzaj linii pomocniczych siatki układu współrzędnych wykresów należy wybrać z menu lokalnego odpowiednie polecenie: 'Wyraźne linie siatki' / 'Delikatne linie siatki' / 'Brak linii siatki' lub nacisnąć klawisze <Ctrl+2> / <Ctrl+1> / <Ctrl+0>.