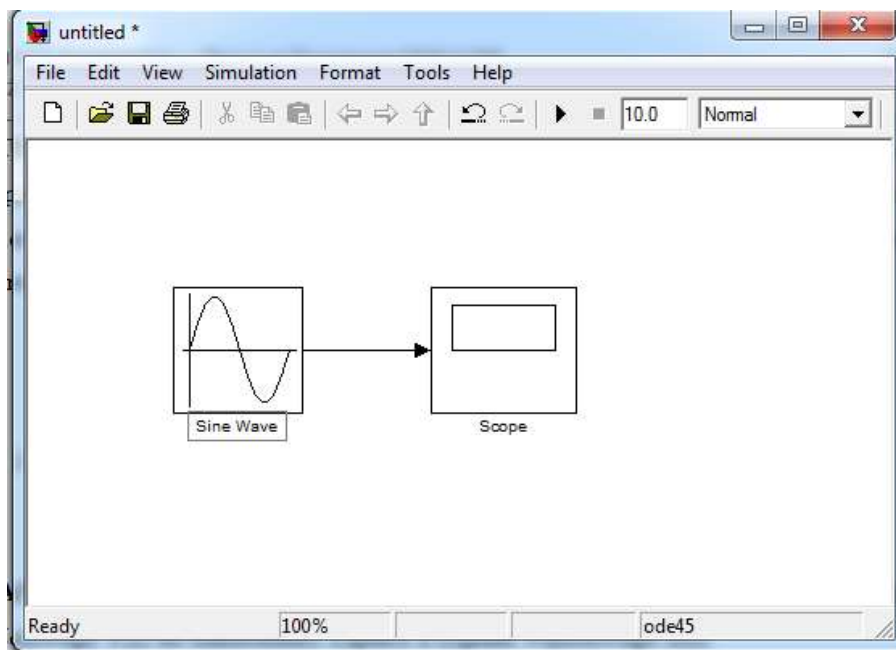
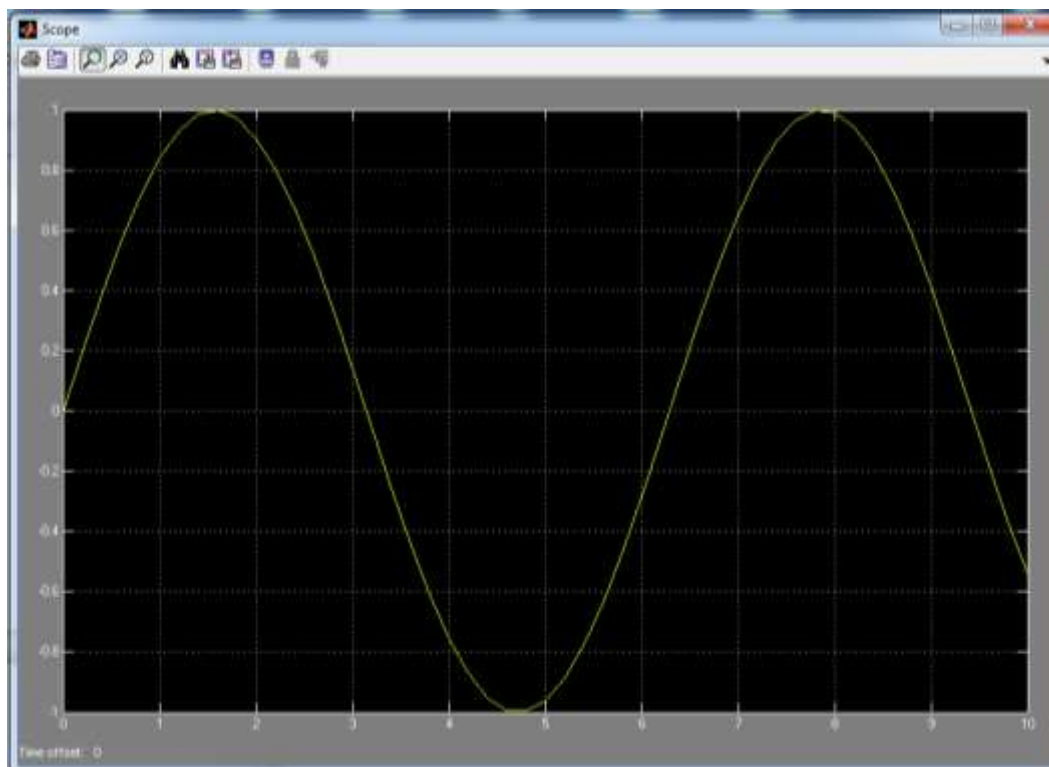


SIMULINK – część pakietu numerycznego MATLAB (firmy MathWorks) służąca do przeprowadzania symulacji komputerowych. Atutem programu jest interfejs graficzny (budowanie układów na bazie logicznie połączonych blozków), rezultaty symulacji można obserwować w trybie ciągłym.



Rys. 1. Okno programu SIMULINK



Rys. 1a. Wynik symulacji układu z rys. 1 obserwowany w oknie SCOPE, sygnał sinusoidalny (czas symulacji 10 s)

FUNKCJA $G(t)$ - (w dziedzinie czasu t) charakterystyka czasowa układu regulowanego.

OPERATOR S - zmienna zespolona s to operator Laplace'a (nazywany częstotliwością zespoloną), przy czym $s = \sigma + j\omega$, gdzie ω oznacza pulsację.

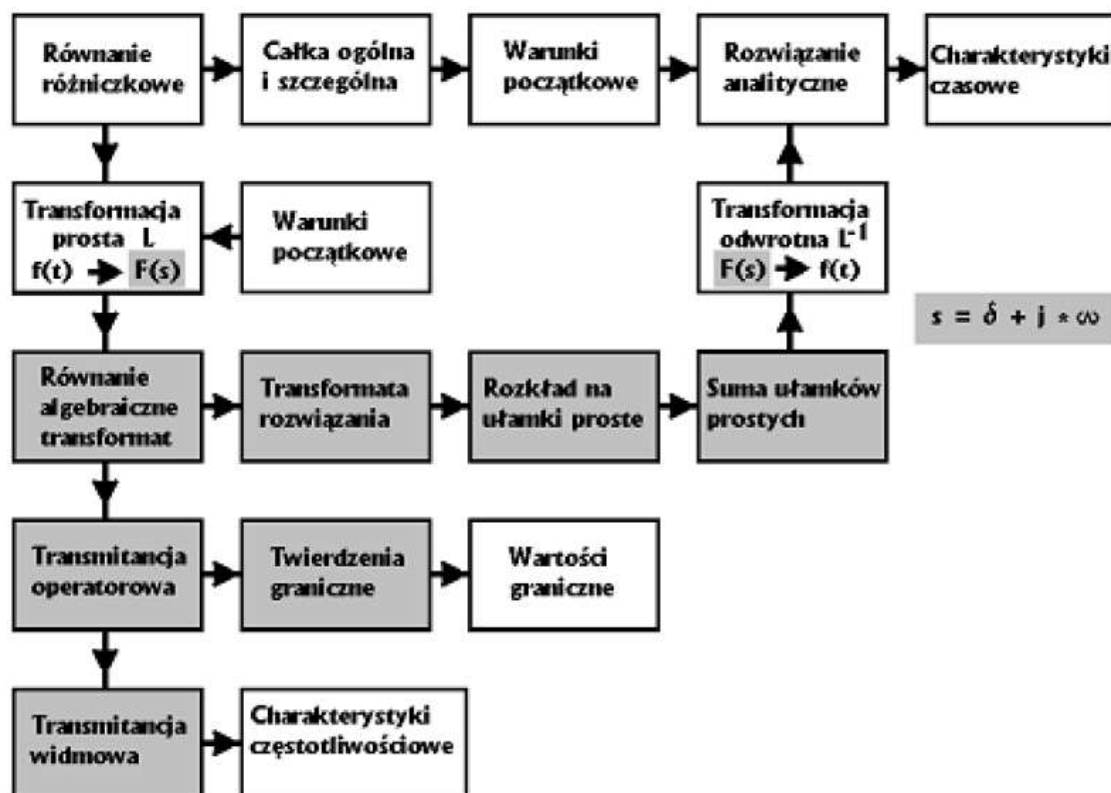
TRANSFORMATA LAPLACE'A - przekształcenie Laplace'a dokonuje transformacji funkcji w dziedzinie czasu $f(t)$ na funkcję zmiennej zespolonej s , $F(s)$. Funkcję $f(t)$ nazywamy oryginałem i oznaczamy małą literą, natomiast funkcję $F(s)$ nazywamy transformatą funkcji określoną w dziedzinie zmiennej zespolonej s .

FUNKCJA $G(s)$ – (w dziedzinie operatora s) proste przekształcenie Laplace'a dokonuje transformacji funkcji czasu $f(t)$ na funkcję $F(s)$ zmiennej zespolonej s . Z kolei przekształcenie odwrotne dokonuje transformacji funkcji zespolonej $F(s)$ na funkcję czasu $f(t)$.

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$
$$f(t) = L^{-1}\{F(s)\} = \frac{1}{2\pi \cdot j} \int_{c-j\omega}^{c+j\omega} F(s)e^{st} ds$$

RACHUNEK OPERATOROWY - oparty jest na transformacie Laplace'a i polega na transformacji równania różniczkowego z dziedziny funkcji czasu $f(t)$ (dziedzina oryginałów) do dziedziny funkcji zmiennej zespolonej $F(s)$ (dziedzina transformat).

DZIEDZINA CZASU t VS. DZIEDZINA OPERATORA s



Rys. 2. Analiza układów regulacji z wykorzystaniem równań różniczkowych zwyczajnych klasyczną metodą podstawienia (tor górny) i metodą operatorową (tor dolny). (K. Cupiał, Elementy Automatyki, Częstochowa, 2012)

TRANSMITANCJA OPERATOROWA $G(s)$ – iloraz transformat sygnału wyjściowego $Y(s)$ i wejściowego $X(s)$ przy zerowych warunkach początkowych

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

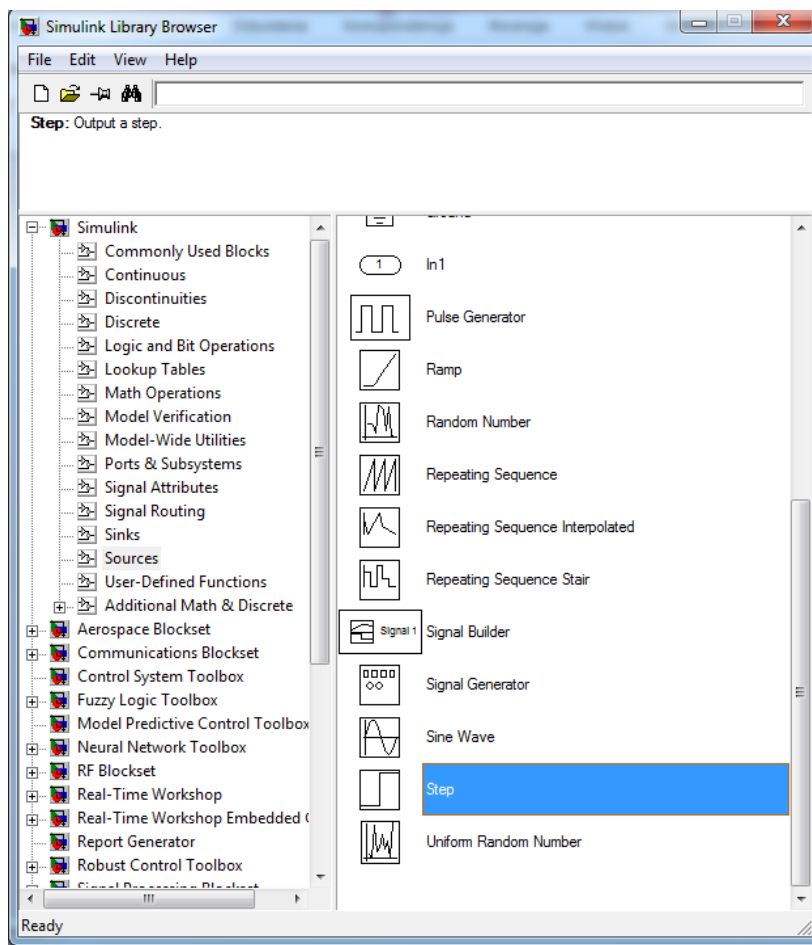
Transformatę sygnału wyjściowego otrzymuje się przez pomnożenie transmitancji przez transformatę sygnału wejściowego.

BIBLIOTEKI PROGRAMOWE – zawierają bloki elementów, każdy z nich wykonuje określone zadanie w zbudowanym układzie symulacyjnym. Wśród przykładowych bibliotek wyróżnia się:

- **SOURCES** - biblioteka zawierająca różnego rodzaju generatory, np. *Sine Wave* – generuje sygnał sinusoidalny, *Step* – generuje sygnał skoku jednostkowego.

- **MATH OPERATIONS** – biblioteka zawierająca bloki realizujące określone funkcje matematyczne, np. *Sum* – bloczek sumujący (opcjonalnie odejmujący) wartości sygnałów w węźle, *Gain* – bloczek wzmacniający, użytkownik określa wartość liczbową wzmocnienia.
- **CONTINUOUS** – biblioteka zawierająca bloki elementów funkcji liniowych, np. *Integrator* – bloczek realizuje działanie całkowania, *Derivative* – bloczek realizuje działanie różniczkowania, *Transfer Fcn* – bloczek umożliwiający określenie wartości transmitancji opisanej za pomocą wektorów współczynników wielomianów licznika i mianownika, *Transport Delay* – bloczek opóźniający wartość wejściową sygnału o określony czas.
- **SIGNAL ROUTING** – biblioteka zawierająca bloki przesyłające sygnały, np. *Mux* – bloczek tworzy sygnał wektorowy z kilku sygnałów skalarnych, *Demux* – bloczek rozdziela składowe sygnały wektorowego na sygnały wektorowe lub skalarne, działanie odwrotne do działania bloczka *Mux*.
- **SINKS** – biblioteka zawiera bloki (odbiorniki) służące do wizualizacji rezultatów symulacji, np. *Scope* – bloczek umożliwia obserwację poszczególnych sygnałów w układzie w funkcji czasu, *Display* – bloczek umożliwia wyświetlenie wartości liczbowych sygnału.

Uwaga: Bloki z biblioteki **SOURCES** mają tylko wejścia, natomiast z biblioteki **SINKS** mają tylko wyjścia.



Rys. 3. Biblioteka Sources

UKŁAD REGULACJI AUTOMATYCZNEJ (URA) – układ mający za zadanie regulowanie wartości wyjściowej sygnału $y(s)$ w zależności od wartości sygnału wejściowego $u(s)$ i innych czynników symulowanego modelu (rodzaju urządzenia, zakłóceń, itd.). Istotnym elementem układów URA jest sprzężenie zwrotne, które steruje wartością sygnału wyjściowego.

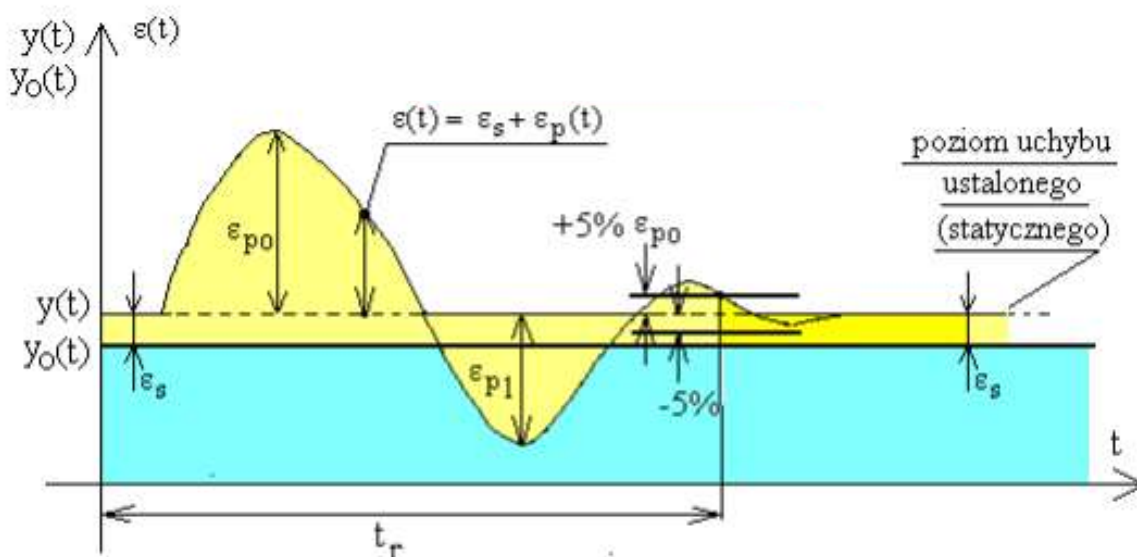
PARAMETRY WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH URA – wielkości charakterystyczne dla regulowanego sygnału (wielkości regulowanej – $y(s)$) pozwalające na ocenę pracy układu. Wyróżnia się trzy podstawowe wskaźniki regulacji, mianowicie, uchyb statyczny – ε_s , współczynnik przeregulowania – κ , czas regulacji – t_r .

UCHYB STATYCZNY – różnica między wartością zadaną sygnału $y_0(s)$ (wejściową) a wartością w stanie ustalonym $y(s)$ (wyjściową)

WSPÓŁCZYNNIK PRZEREGULOWANIA – iloraz największej wartości uchybu (ε_{p1}) o znaku przeciwnym do ε_{p0} i maksymalnej wartości uchybu przejściowego (ε_{p0})

$$K = \frac{\varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{p0}} \cdot 100\%$$

CZAS REGULACJI – przedział czasu od chwili wymuszenia do chwili, w której uchyb przejściowy nie przekroczy $\varepsilon_p(t) = \varepsilon(t) - \varepsilon_s$ nie przekroczy 5% wartości maksymalnej, ε_{p0}



Rys. 4. Przykładowy przebieg sygnału regulowanego $y(t)$ po pobudzeniu zakłóceniem skokowym ($y_0(t)$) z oznaczeniem uchybów ε_t , ε_s , $\varepsilon_{p(t)}$, czasem regulacji t_r i amplitudami uchybu przejściowego ε_{p0} , ε_{p1} . (źródło: <http://wste-eti.eu/wp-content/uploads/2013/01/Automatyka-wyk%C5%82ady.pdf>)