

PRZYKŁAD C3

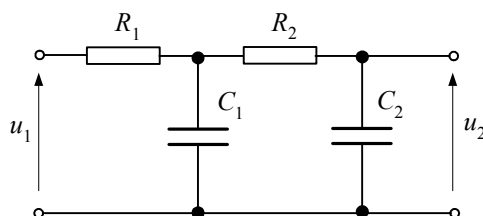
Zaprojektować filtr odcinający 2 rzędu w postaci dwóch ogniw RC (rys. 1). Dobrać częstotliwość odcięcia i związane z nią parametry filtru, jeśli częstotliwość próbkowania w torze wejść analogowych $f_c = 1$ kHz.

Zgodnie z podaną powyżej zależnością, przyjmujemy: $f_c = 0,375 f_p = 375$ Hz. Transmitancja układu z rys. 1 ma następującą postać:

$$H(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{a}{s^2 + abs + a}, \text{ gdzie: } a = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}, \quad b = R_1 C_2 + R_1 C_1 + R_2 C_2$$

Wartość współczynników a i b , a zatem i parametrów filtru, można określić, wychodząc z warunku, że kwadrat jego charakterystyki widmowej dla pulsacji odcięcia jest równy $\frac{1}{2}$. W tym przypadku otrzymujemy ($s = j\omega$):

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{a^2}{-\omega^2 + jab\omega + a} = \frac{1}{2}, \quad \omega = \omega_c.$$



Rys. 1. Schemat zastępczy filtra analogowego

Warunek ten prowadzi do następującej zależności:

$$b^2 = \frac{1}{\omega_c^2} + \frac{2}{a} - \frac{\omega_c^2}{a^2}.$$

Na tej podstawie, łatwo można utworzyć relacje pomiędzy parametrami RC filtru. Widać, że część z tych parametrów musi być wstępnie założona. W celu ograniczenia liczby tych zakładanych parametrów, można przyjąć: $R_1 = R_2$, $C_1 = C_2$. Po nietrudnych przekształceniach otrzymujemy:

$$R_1 = \frac{59562,0}{f_c C_1} (\Omega)$$

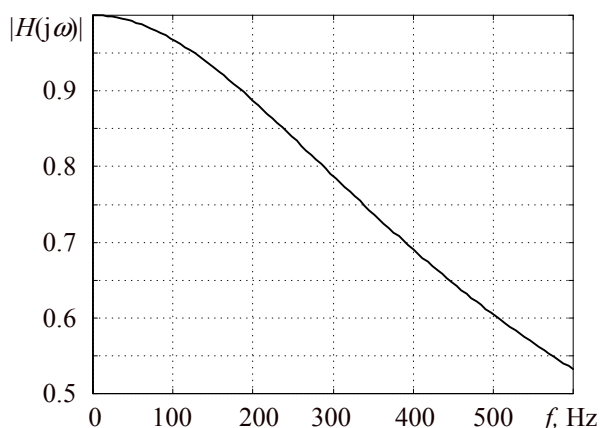
gdzie: f_c - częstotliwość odcięcia filtra (Hz), C_1 - założona wartość pojemności (μF).

Przyjmując $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$, otrzymamy:

$$R_1 = \frac{59562,0}{375 \cdot 1,0} = 1558,3 \Omega.$$

Charakterystyka częstotliwościowa otrzymanego filtra jest pokazana na rys. 2. Zgodnie z oczekiwaniami, filtr ma dosyć płaską charakterystykę w paśmie zaporowym i niezbyt szerokie pasmo przepustowe. Sprawia to, że wzmocnienie filtra dla częstotliwości Nyquista jest dosyć duże i wynosi aż 0,6046 (tłumienie 4,37 dB).

Przy wyborze parametrów filtra (w tym przypadku, jednej z wartości: C_1 lub R_1), należy pamiętać o tym, że powinien on mieć maksymalnie dużą impedancję wewnętrzną (na wejściu i wyjściu są sygnały napięciowe). Inne właściwości rozpatrywanego filtra w zakresie tłumienia wysokich częstotliwości zostaną pokazane w dalszej części tego przykładu.



Rys. 2. Charakterystyka rozpatrywanego filtra analogowego

Model filtra powinien spełniać powyższe wymagania, a także powinien być wygodny do stosowania. Poniżej zamieszczono tekst modułu programowego z modelem rozpatrywanego filtra. Numerycznymi wielkościami wejściowymi są: - pojemność C_1 (μF) oraz częstotliwość odcięcia f_c (Hz). W bloku DEP obliczana jest wartość rezystancji R_1 .

```
BEGIN NEW DATA CASE          -- NOSORT ---
C      Moduł reprezentujący filtr odcinający RC 2 rzędu
DATA BASE MODULE
$ERASE
C
ARG, WEZIN1, WEZIN2, WEZOU1, WEZOU2, _____C1, __CZESTOTL
```

```

NUM, _____C1, __CZESTOTL
DEP, _____R1
C
      =
      _____R1 = 59562.0/(__CZESTOTL*_____C1)
DUM, WEZELP          {DUM musi być na końcu
/BRANCH
$UNITS, 0., 0.
C
$VINTAGE, 1
C <BUSF><BUST><BUSF><BUST><      R      ><      L      ><      C      >
C ----- Dwa segmenty RC -----
WEZIN1WEZELP          _____R1
WEZELPWEZIN2          _____C1
WEZELPWEZOU1WEZIN1WEZELP
WEZOU1WEZOU2WEZELPWEZIN2
C
$VINTAGE, 0
C
$UNITS, -1., -1.
C
BEGIN NEW DATA CASE
C
$PUNCH, fanalog1.lib
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK

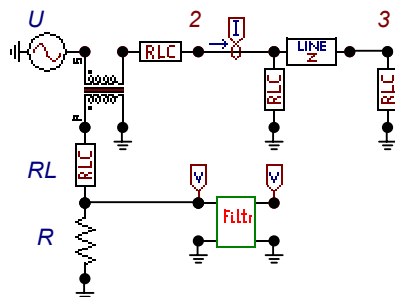
```

Tekst modułu jest zapisany w zbiorze *fanalog1.dat*. Warto tu zwrócić uwagę na kilka specyficznych komend i formatów użytych zmiennych:

- Format danych RLC został rozszerzony z 6-ciu do 16-tu pozycji. Służy do tego celu komenda *\$VINTAGE, 1*. Powrót do zwykłego formatu z sześcioma pozycjami danych następuje za pomocą komendy *\$VINTAGE, 0*. W bloku DEP dozwolona długość zmiennych wynosi 10 pozycji, więc tylko taka jest końcowa reprezentacja zmiennych.
- Pojemność wewnątrz modułu jest podawana w (μF). Zapewnia to komenda *\$UNITS, 0., 0.*, niezależnie od deklaracji użytkownika w głównym modelu. Powrót do nich następuje na podstawie komendy *\$UNITS, -1., -1.*

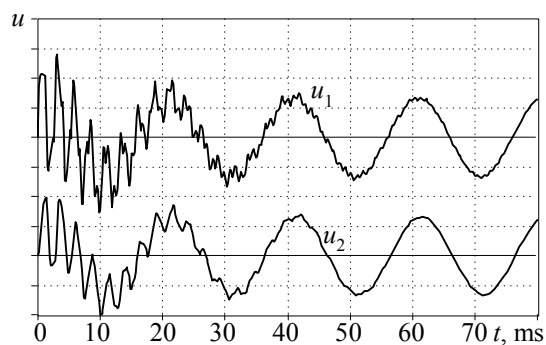
Zbiór uzyskany w wyniku kompilacji przyjmuje nazwę *fanalog1.lib*. Odpowiadający mu model ATPDraw jest zapisany w zbiorze *fanalog1.sup*.

Omawiany filtr został zastosowany w modelu sieci z Przykładu C1.1. Model tej sieci wraz z filtrem w obwodzie pomiarowym, przygotowany w programie ATPDraw jest pokazany na rys. 3.



Rys. 3. Schemat modelu ATPDraw rozpatrywanej sieci elektrycznej

Podobnie jak w Przykładzie C1.2, symulacja ma na celu badanie ładowania się linii po jej załączeniu, przy zerowych warunkach początkowych. Prąd jest mierzony za pomocą przekładnika prądowego, który jest tu reprezentowany za pomocą transformatora liniowego. Na jego zaciskach wtórnych, umieszczony jest dzielnik rezystancyjny (całkowita impedancja obciążenia wynosi ok. $2,1\Omega$). Napięcie na oporniku R jest proporcjonalne do prądu płynącego w linii. Przebiegi napięć na wejściu (u_1) i wyjściu (u_2) filtru są pokazane na rys. 4.



Rys. 4. Przebiegi na wejściu (u_1) oraz na wyjściu (u_2) filtru

Widać, że po filtracji przebieg jest wygładzony, bez szumu wysokiej częstotliwości.