Laboratorium 1

Autorzy: Krzysztof Zalewa 273032, Michał Pakuła 272828
Data: 24 Marca 2025

Ćwiczenie 1

Celem ćwiczenia było:

1. Napisanie skryptu w Pythonie umożliwiającego wczytywanie i wizualizację badanych sygnałów.
    - ekg1.txt – 12 kolumn odpowiada odprowadzeniom, fs = 1000 Hz
    - ekg100.txt – 1 kolumna, fs = 360 Hz
    - ekg_noise.txt – 1 kolumna: czas, 2 kolumna: wartości amplitud EKG, fs = 360 Hz
2. Umożliwienie obserwacji wycinka sygnału

In [21]:
```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

In [22]:
```
# Ładowanie wybranego pliku
def loadFile(file_name):
    file_path = "./src/"+file_name

    return pd.read_csv(file_path,sep="\\s+",header=None,engine="python")
```

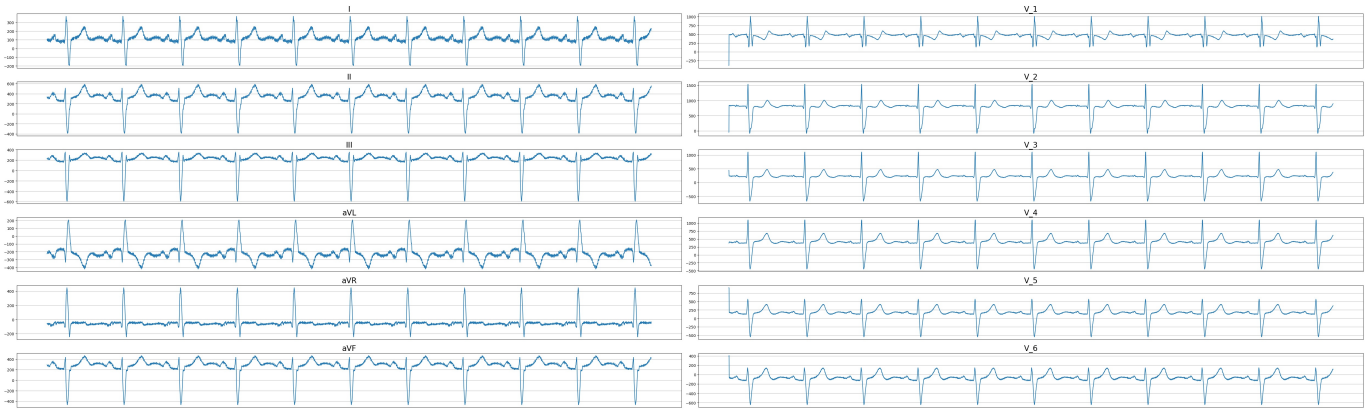
Po załadowaniu pliku .txt są trzy możliwości

1. Plik ma 12 kolumn z danymi
2. Plik ma 2 kolumny z danymi
3. Plik ma 1 kolumnę z danymi

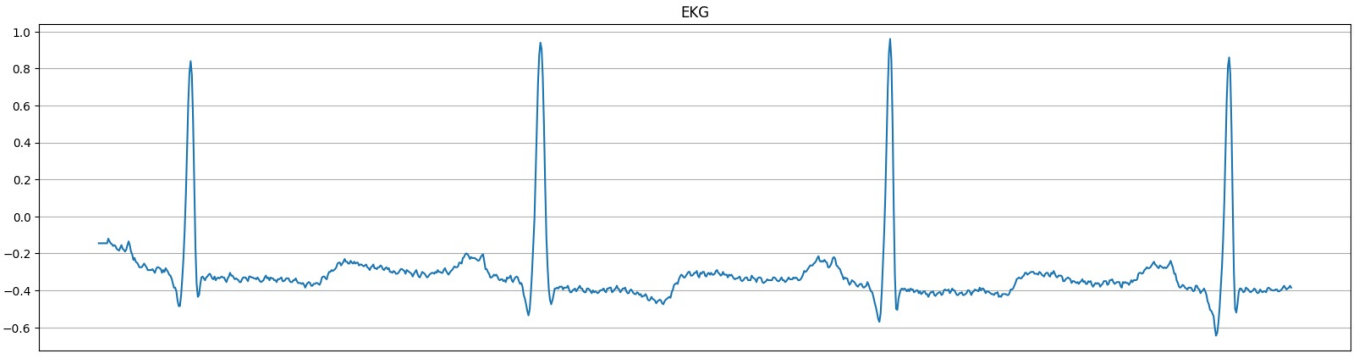
In [23]:
```
# Sprawdź liczbę kolumn
def displayEKG(data_frame,start,end):
    num_rows = len(data_frame)
    tick_rate = 72000
    if start == "":
        start = 0
    if end == "":
        end = num_rows

    x = list(range(int( start ),int( end )))
    new_data = data_frame.iloc[int( start ):int( end )].copy()
    font = {'size':20}
    num_rows = len(new_data)
    minutes = num_rows/tick_rate
    x_labels = np.linspace(0,minutes,int( minutes ))

    if len( data_frame.columns ) == 12:
        column_names = ['I','II','III','aVL','aVR','aVF','V_1','V_2','V_3','V_4','V_5','V_6']
        new_data.columns = column_names
        plt.figure(figsize=(50,15))
        j=0
        for i in range(1,12,2):
            plt.subplot(6,2,i)
            plt.plot(x,new_data[column_names[j]])
            plt.grid(True)
            plt.xticks(ticks=x_labels*tick_rate,labels=x_labels)
            plt.title(column_names[j],fontdict=font)
            j += 1
        for i in range(2,13,2):
            plt.subplot(6,2,i)
            plt.plot(x,new_data[column_names[j]])
            plt.xticks(ticks=x_labels*tick_rate,labels=x_labels)
            plt.grid(True)
            plt.title(column_names[j],fontdict=font)
            j += 1
        plt.tight_layout()
        plt.show()

    if len(new_data.columns) == 1:
        new_data.columns = ['data']
        font = {'size':20}
        plt.figure(figsize=(20,5))
        plt.plot(x,new_data['data'])
```

```
        plt.xticks(ticks=x_labels*tick_rate,labels=x_labels)
        plt.grid(True)
        plt.title("EKG")
        plt.show()

    if len(new_data.columns) == 2:
        new_data.columns = ['I','data']
        font = {'size':20}
        plt.figure(figsize=(20,5))
        plt.plot(x,new_data['data'])
        plt.xticks(ticks=x_labels*tick_rate,labels=x_labels)
        plt.grid(True)
        plt.title("EKG")
```

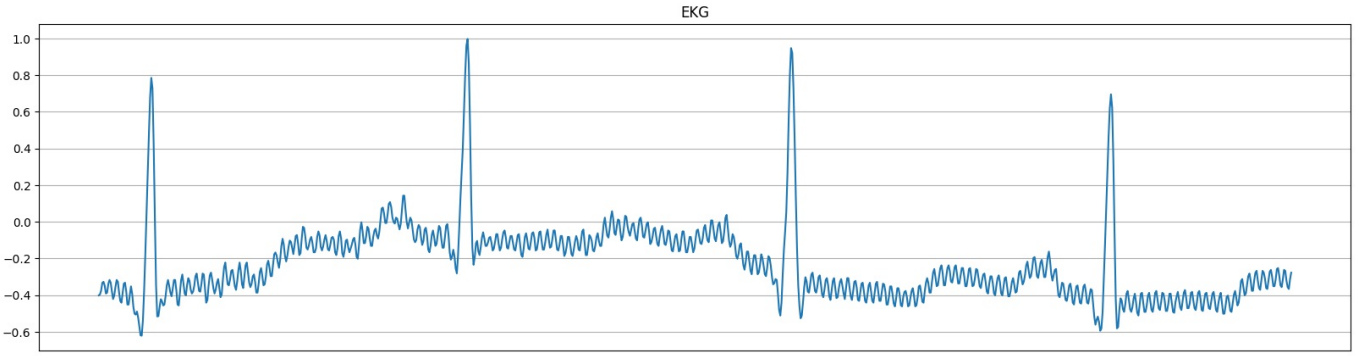
In [25]:
```
data_frame = loadFile(input("Podaj nazwe pliku z danymi: "))
start = input("Początek zakresu(Minimalnie 0): ")
num_rows = len(data_frame)
end = input("Koniec zakresu(Maksymalnie "+str( num_rows )+"): ")
displayEKG(data_frame,start,end)
```



In [ ]:
```
data_frame = loadFile("ekg100.txt")
displayEKG(data_frame,0,1000)
```



In [26]:
```
data_frame = loadFile("ekg_noise.txt")
displayEKG(data_frame,100,1100)
```



Sygnały zapisane w plikach ekg_noise.txt oraz ekg100.txt zostały ograniczone do 1000 próbek. W przypadku próby wyświetlenia całego sygnału ootrzymany obraz jest nie czytelny.

Ćwiczenie 2

Celem ćwiczenia było:

1. Wygeneruj ciąg próbek odpowiadający fali sinusoidalnej o częstotliwości 50 Hzi długości 65536.
2. Wyznacz dyskretną transformatę Fouriera tego sygnału i przedstaw jego widmo amplitudowe na wykresie w zakresie częstotliwości [0, fs/2], gdzie fs oznacza częstotliwość próbkowania.
3. Wygeneruj ciąg próbek mieszaniny dwóch fal sinusoidalnych (tzn. ich kombinacji liniowej) o częstotliwościach 50 i 60 Hz. Wykonaj zadanie z punktu 2 dla tego sygnału.
4. Powtórz eksperymenty dla różnych czasów trwania sygnałów, tzn. dla różnych częstotliwości próbkowania.
5. Wyznacz odwrotne transformaty Fouriera ciągów wyznaczonych w zadaniu 2 i porównaj z ciągami oryginalnymi.

In [31]:
```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

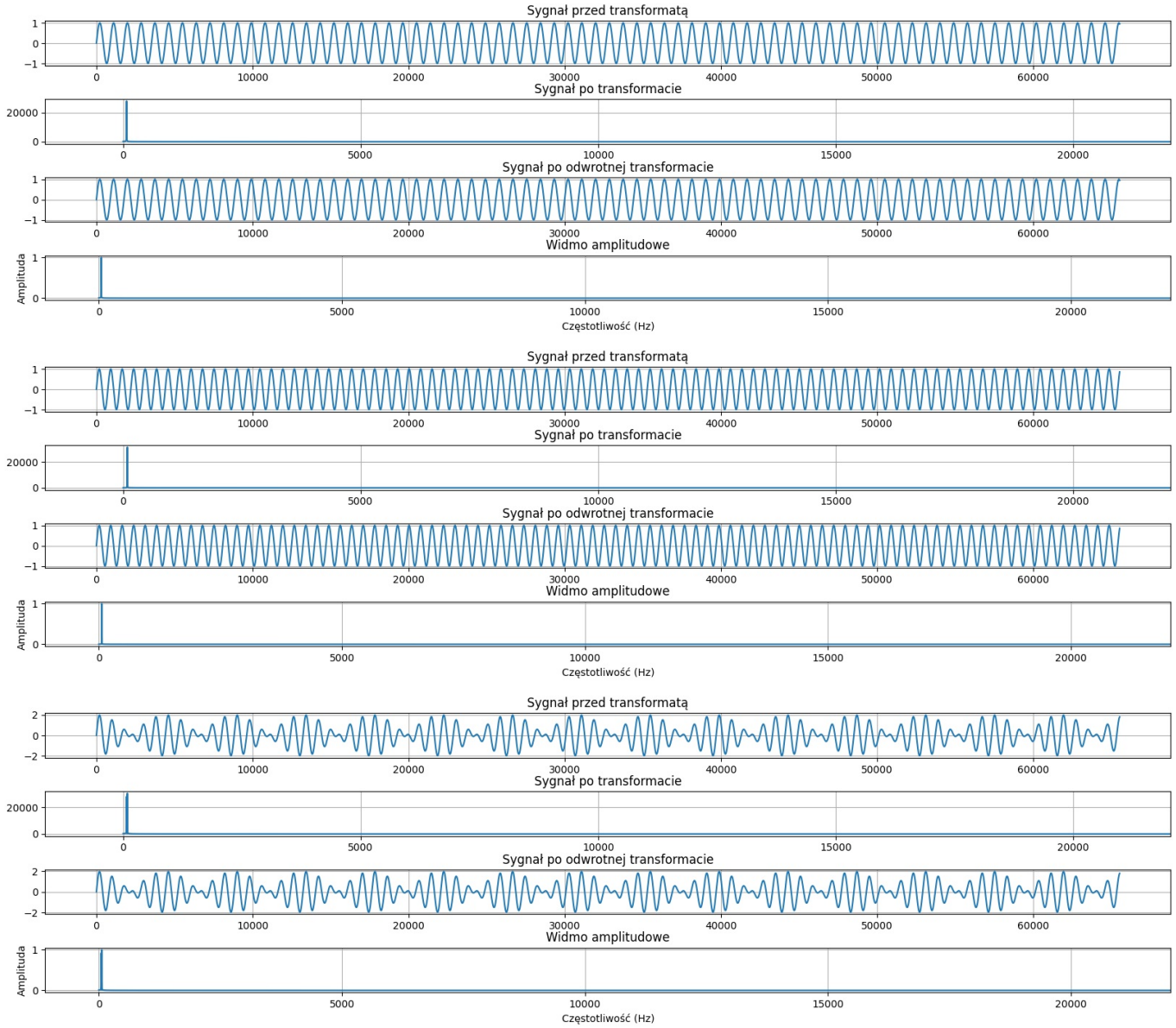
In [ ]:
```
#Generacja widma sygnału sin_wave1 na podstawie fft

def displayWave(wave,fs,length,name):
    t = np.arange(length) / fs
    plt.figure(figsize=(20,5))
    plt.subplot(4,1,1)
    plt.plot(wave)
    plt.grid(True)
    plt.title(f"Sygnał {name} przed transformatą")

    fourier1 = np.fft.fft(wave)

    widmo = np.abs(fourier1)
    abs_widmo = widmo / np.max(widmo)
    freq = np.fft.fftfreq(len(t),1/fs)
    pos_freq = freq[:len(freq)//2]
    pos_widmo = abs_widmo[:len(abs_widmo)//2]

    plt.subplot(4,1,2)
    plt.plot(widmo[:length//2])
    plt.xlim(right = fs/2)
    plt.grid(True)
    plt.title(f"Sygnał {name} po transformacie")

    fourier2 = np.fft.ifft(fourier1)

    plt.subplot(4,1,3)
    plt.plot(fourier2)
    plt.grid(True)
    plt.title(f"Sygnał {name} po odwrotnej transformacie")

    plt.subplot(4,1,4)
    plt.plot(pos_freq,pos_widmo)
    plt.xlim(right = fs/2)
    plt.grid(True)
    plt.title("Widmo amplitudowe")
    plt.xlabel('Częstotliwość (Hz)')
    plt.ylabel('Amplituda')

    plt.subplots_adjust(hspace=0.75)
    plt.show()
```

Zadanie nr1

Jednocześnie generowana jest fala sinusoidalna do zadania 2 oraz mieszanina próbek do zadania 3.

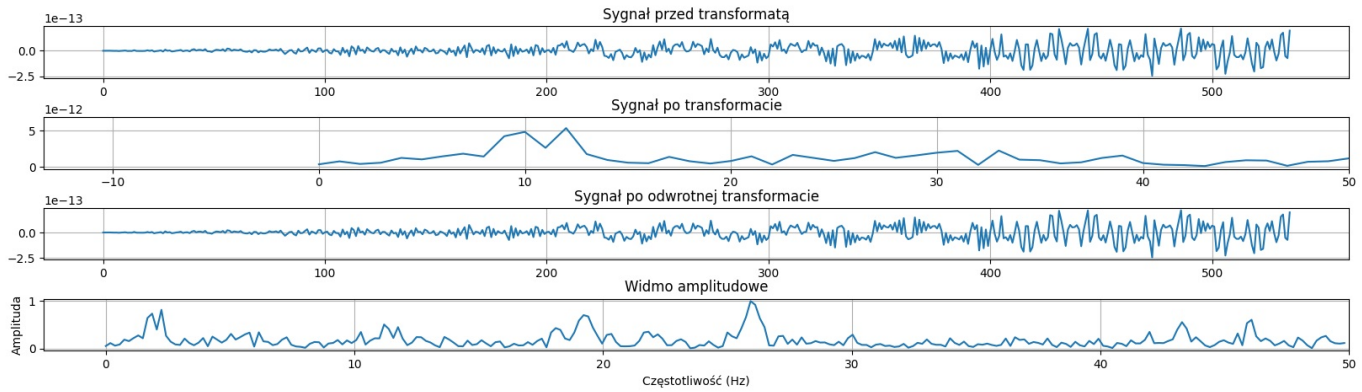
In [34]:
```
fs = 44100
freq1 = 50
freq2 = 60
length = 65536

t = np.arange(length) / fs
sin_wave1 = np.sin(2 * np.pi * freq1 * t)


t = np.arange(length) / fs
sin_wave2 = np.sin(2 * np.pi * freq2 * t)

mixed_wave = sin_wave1 + sin_wave2

displayWave(sin_wave1,fs,length)
```

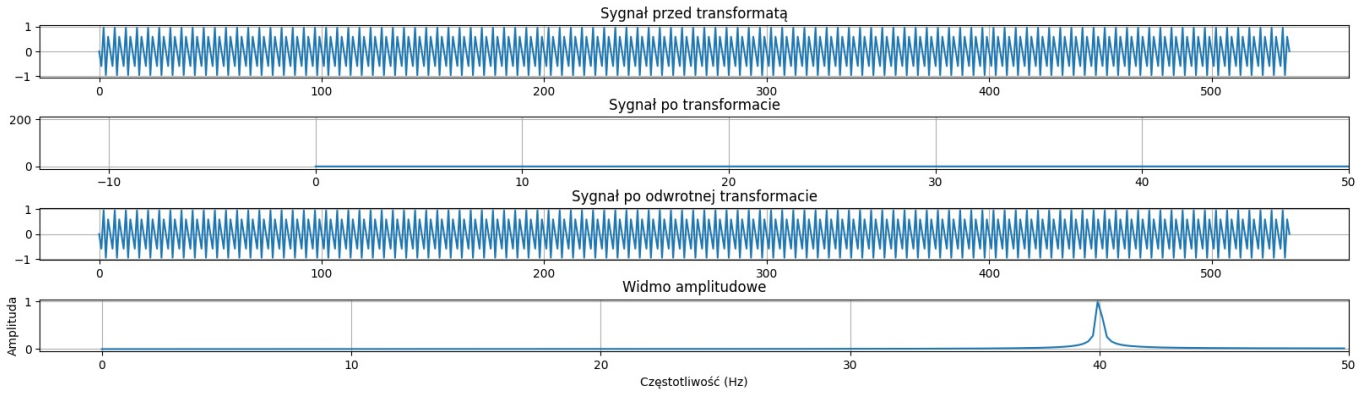
```
displayWave(sin_wave2,fs,length)
displayWave(mixed_wave,fs,length)
```

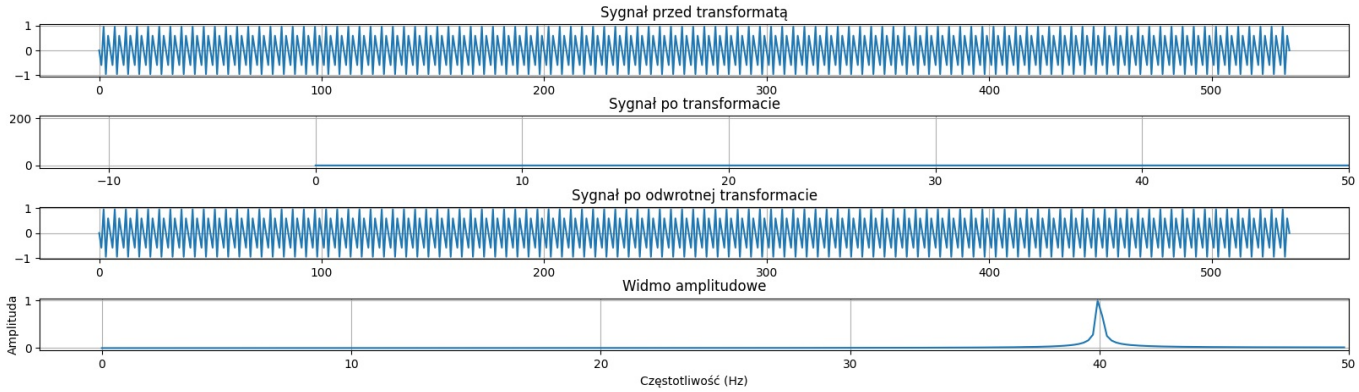


Do dalszych badań wybrano częstotliwości próbkowania 100Hz oraz 120Hz (Dwukrotności częstotliwości sygnału)

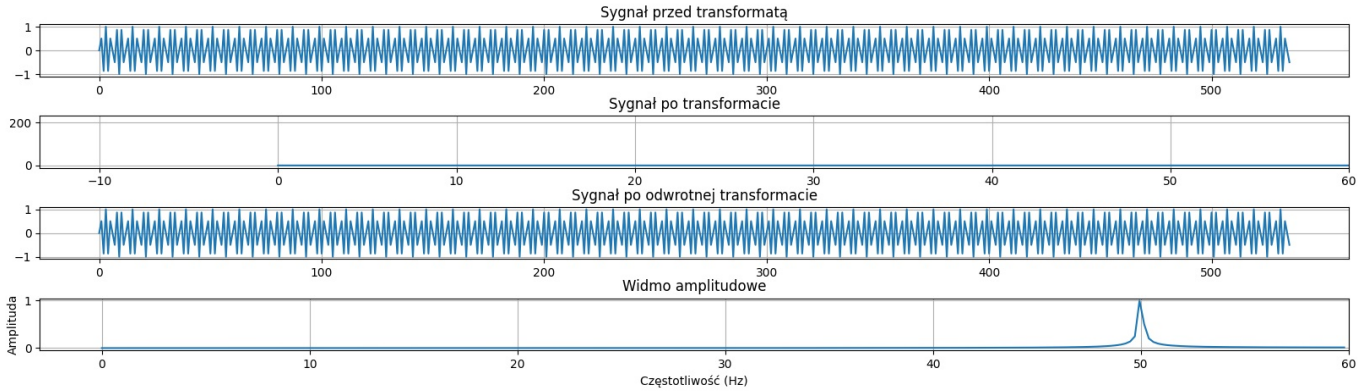
In [ ]:
```
fs = 100
freq1 = 50
freq2 = 60
length = 536

t = np.arange(length) / fs
sin_wave1 = np.sin(2 * np.pi * freq1 * t)


t = np.arange(length) / fs
sin_wave2 = np.sin(2 * np.pi * freq2 * t)

displayWave(sin_wave1,fs,length)
displayWave(sin_wave2,fs,length)
```

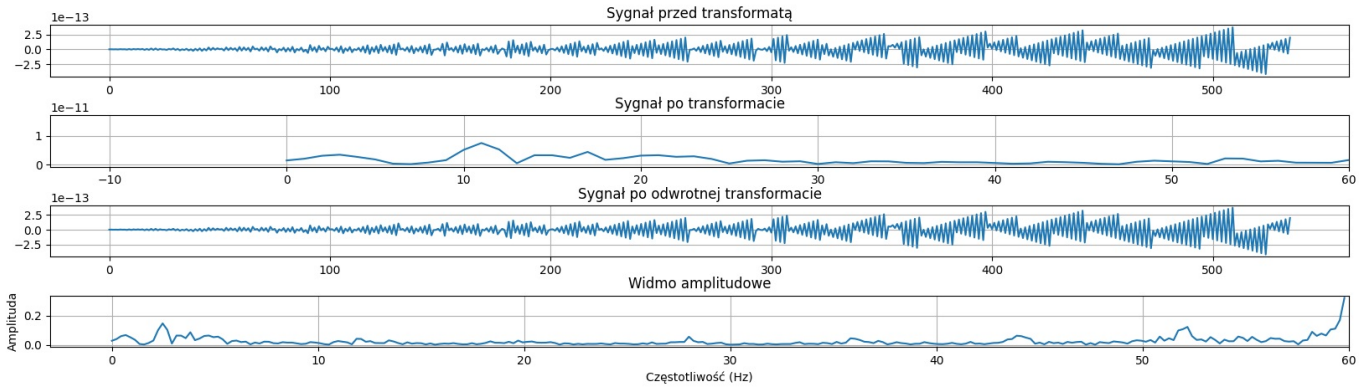


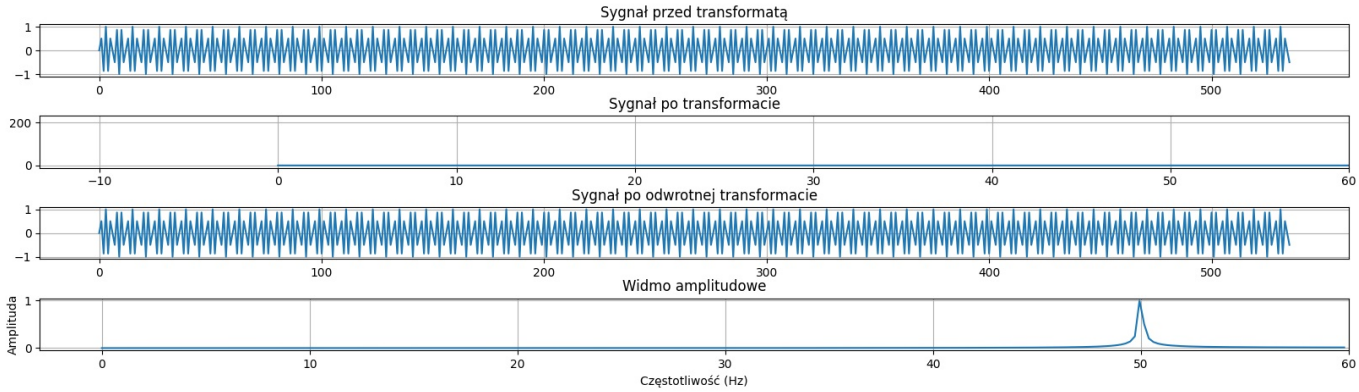




In [ ]:
```
fs = 120
freq1 = 50
freq2 = 60
length = 536

t = np.arange(length) / fs
sin_wave1 = np.sin(2 * np.pi * freq1 * t)

t = np.arange(length) / fs
sin_wave2 = np.sin(2 * np.pi * freq2 * t)

displayWave(sin_wave1,fs,length)
displayWave(sin_wave2,fs,length)
```






Sygnał przed transformatą
Sygnał po transformacie
Sygnał po odwrotnej transformacie
Widmo amplitudowe
Amplituda
Częstotliwość (Hz)

Ćwiczenie 3.

Celem ćwiczenia jest obserwacja widma sygnału EKG.

1. Wczytać sygnał ecg100.txt i ocenić go wizualnie na wykresie
2. Wyznaczyć jego dyskretną transformatę Fouriera i przedstawić widmo amplitudowe sygnału w funkcji częstotliwości w zakresie [0, fs/2], gdzie fs oznacza częstotliwość próbkowania.
3. Wyznaczyć odwrotną dyskretną transformatę Fouriera ciągu wyznaczonego w punkcie 2 i porównać otrzymany ciąg próbek z pierwotnym sygnałem ecg100 (można wyznaczyć różnicę sygnałów).

In [20]:
```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

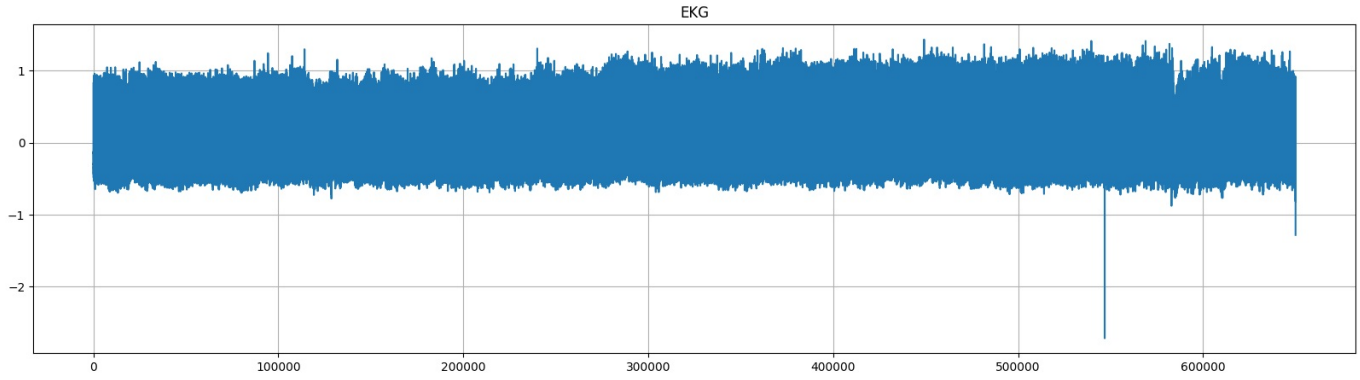
In [33]:
```
file_name = "./src/"+input("Podaj nazwe pliku z danymi: ")
data_frame = pd.read_csv(file_name,sep="\\s+",header=None,engine="python")
```

Zadanie nr1

Wczytano plik ekg100.txt zgodnie z treścią ćwiczenia.
W celu oceny wizualnej wykorzystano bibliotekę matplotlib w celu wizualizacji funkcji wynikajacej z treści pliku tekstowego.

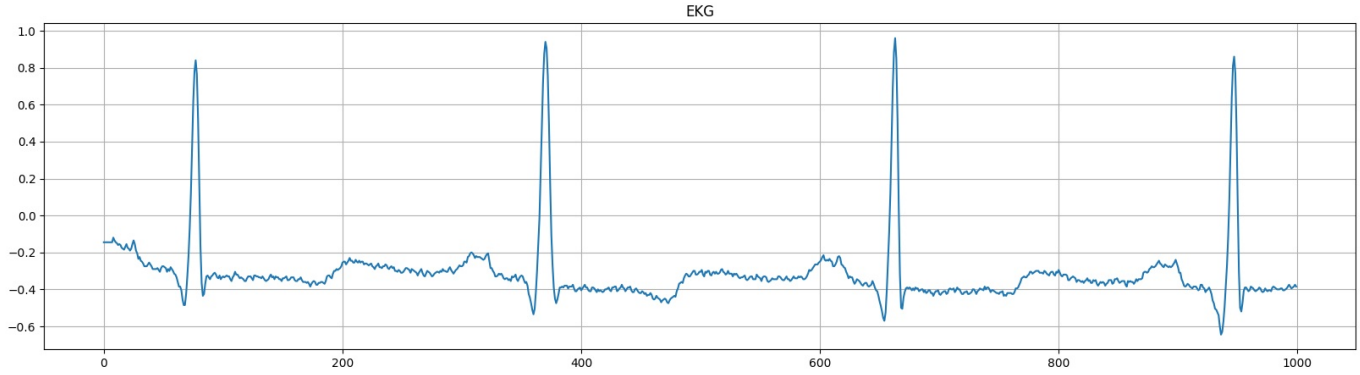
In [22]:
```
#Wykres EKG (Na podstawie pobranych danych) w zakresie start : end
def displayEKG(start,end):
    data_frame.columns = ['data']
    new_data = data_frame.iloc[ start :end ].copy()
    plt.figure(figsize=(20,5))
    plt.plot(new_data['data']) #rysowanie wykresu
    plt.grid(True)
    plt.title("EKG")
    plt.show()
```

In [23]:
```
displayEKG(0,len(data_frame))
```



Przy próbie wyświetlenia całego sygnału widać że jest on mało czytelny. Można więc ograniczyć wyświetlany sygnał do 1000 próbek

In [24]:
```
displayEKG(0,1000)
```



Po ograniczeniu zakresu widać że pobrany sygnał wyświetla się poprawnie i jest czytelny.

Zadanie nr2

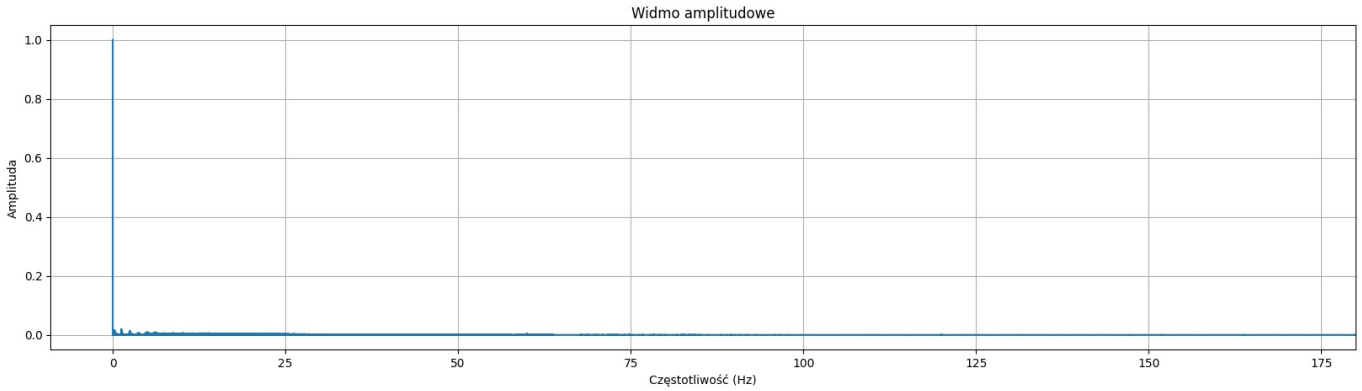
Wyznaczono transformantę Fouriera korzystając z biblioteki numpy oraz funkcji fft. Na podstawie transformanty przedstawiono widmo

amplitudowe w funkcji częstotliwości.

Korzystając z zewnętrznych źródeł wykonano dodatkowe kroki w celu prawidłowego wyznaczenia widma amplitudowego:

- Wyprowadzono amplitudę transformanty Fouriera,
- Znormalizowano zakres amplitudy aby maksymalną wartością było 1,
- Wygenerowało prawidłowe częstotliwości dla zadanego zakresu,
- Wyznaczono widmo w dodatnim zakresie częstotliwości,

In [25]:
```
#Generacja i wyświetlenie widma sygnału
fs = 360
t = len(data_frame)

fourier1 = np.fft.fft(data_frame['data']) #transformata fouriera

#dodatkowe kroki
widmo = np.abs(fourier1)
abs_widmo = widmo / np.max(widmo)
freq = np.fft.fftfreq(t,1/fs)
pos_freq = freq[:len(freq)//2] #częstotliwości w zakresie [0,fs/2]
pos_widmo = abs_widmo[:len(abs_widmo)//2] #widmo amplitudowe (część dodatnia)
#koniec dodatkowych kroków

plt.figure(figsize=(20,5))
plt.plot(pos_freq,pos_widmo)
plt.xlim(right = fs/2)
plt.grid(True)
plt.title("Widmo amplitudowe")
plt.xlabel('Częstotliwość (Hz)')
plt.ylabel('Amplituda')

plt.show()
```

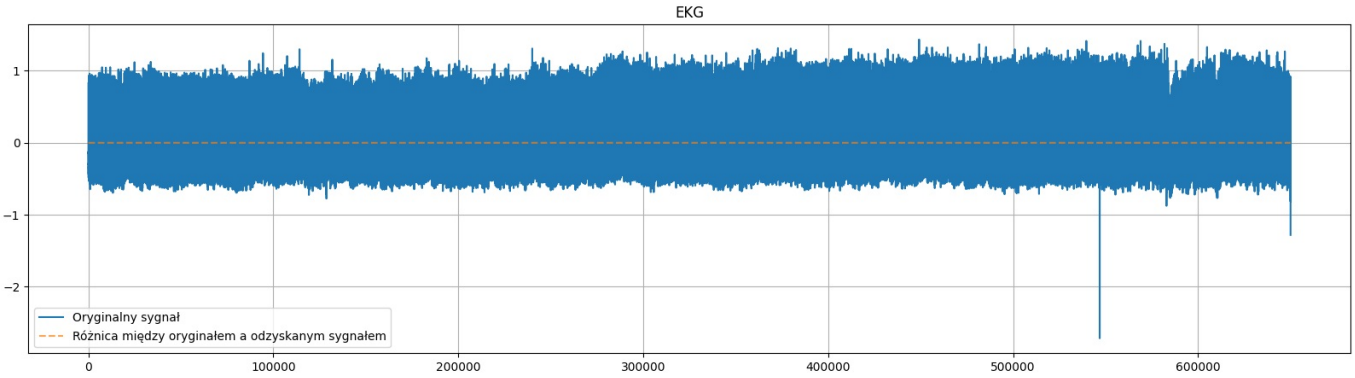


Wyznaczono odwrotną tranformantę Fouriera oraz porównano otrzymany ciąg z pierwotnym sygnałem.

Wyznaczoną różnicę zaznaczono pomarańczową linią przerywaną.

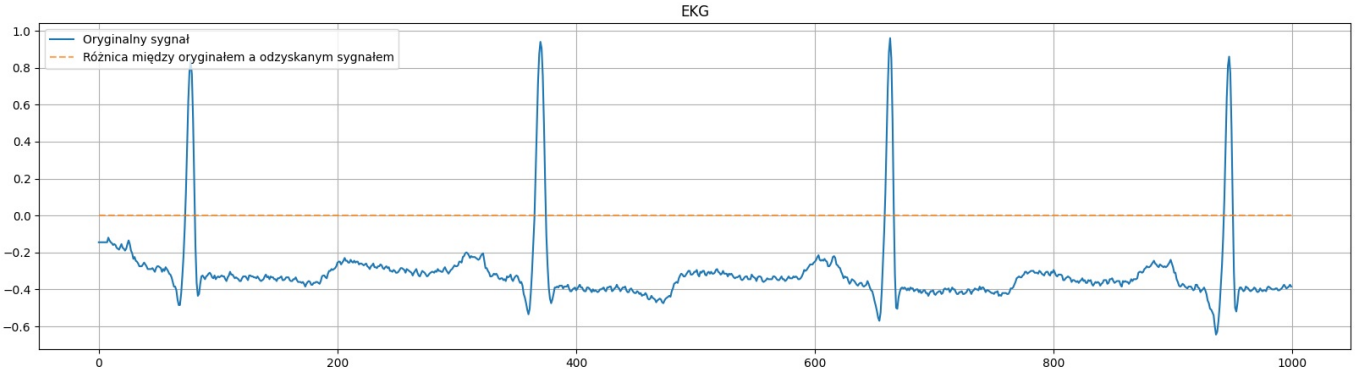
In [29]:
```
#Wizualizacja różnicy odwrotnej transformaty(Utworzonej na podstawie widma) i sygnału
def displayFourier(start,end):
    inv_fourier = np.fft.ifft(fourier1).real
    inv_fourier = data_frame['data'] - inv_fourier
    inv_fourier = inv_fourier.values[start:end]
    plt.figure(figsize=(20,5))
    plt.plot(data_frame['data'][start:end], label="Oryginalny sygnał")
    plt.plot(inv_fourier, linestyle="dashed", alpha=0.7, label="Różnica między oryginałem a odzyskanym sygnałem
    plt.grid(True)
    plt.legend()
    plt.title("EKG")
    plt.show()
```

In [27]:
```
displayFourier(0,len(data_frame))
```



Podobnie jak w poprzednim wypadku cały sygnał jest nie czytelny więc ograniczamy go do 1000 próbek.

In [30]:
```
displayFourier(0,1000)
```



Można łatwo zauważyć że różnica sygnałów nieistnieje lub jest bardzo znikoma i wręcz nieodczytywalna.

Ćwiczenie 4

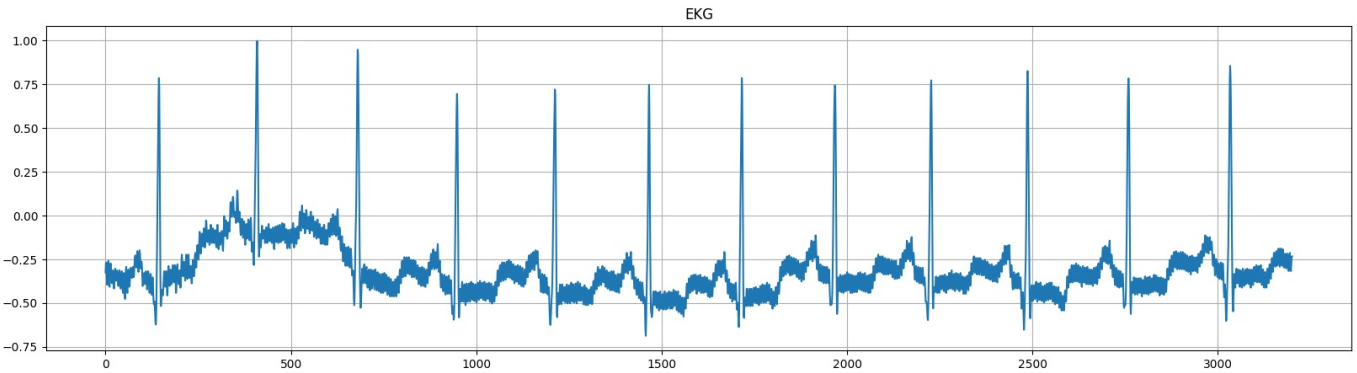
Celem ćwiczenia jest praktyczne wypróbowanie działania filtrów w celu wyeliminowania niepożądanych zakłóceń z sygnału EKG. Proszę wybrać rodzaj filtra do eksperymentowania, np. Butterwortha lub Czebyszewa. Do filtracji wykorzystać gotowe funkcje z biblioteki scipy.signal. Biblioteka posiada również funkcje wspomagające projektowanie filtrów, które można zastosować.

1. Wczytaj sygnał ekg noise.txt i zauważ zakłócenia nałożone na sygnał. Wykreślić częstotliwościową charakterystykę amplitudową sygnału.
2. Zbadaj filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 60 Hz w celu redukcji zakłóceń pochodzących z sieci zasilającej. Wyznacz parametry filtra, wykreśl jego charakterystykę (zależność tłumienia od częstotliwości), przebieg sygnału po filtracji oraz jego widmo. Można też wyznaczyć różnicę między sygnałem przed i po filtracji i widmo tej różnicy.
3. Zastosuj następnie, do sygnału otrzymanego w punkcie 2, filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 5 Hz w celu eliminacji pływania linii izoelektrycznej. Sporządź wykresy sygnałów jak w punkcie 2.

In [1]:
```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import scipy.signal as sci
import os
```

In [ ]:
```
if os.name == 'nt':
    file_name = "../src/"+input("Podaj nazwe pliku z danymi: ")
elif os.name == 'posix':
    file_name = "..//src//"+input("Podaj nazwe pliku z danymi: ")
else:
    print("Nieznany system")
data_frame = pd.read_csv(file_name,sep="\s+",header=None,engine="python")

print(data_frame)
```

In [21]:
```
#Wykres EKG (Na podstawie pobranych danych) w zakresie start : end
num_rows = len(data_frame)
start = input("Początek zakresu(Minimalnie 0): ")
end = input("Koniec zakresu(Maksymalnie "+str( num_rows )+"): ")
if start == "":
    start = 0
if end == "":
    end = num_rows
start = int(start)
end = int(end)

data_frame.columns = ['I','data']
new_data = data_frame.iloc[int( start ):int( end )].copy()
font = {'size':20}
plt.figure(figsize=(20,5))
plt.plot(new_data['data'])
plt.grid(True)
plt.title("EKG")
plt.show()
```

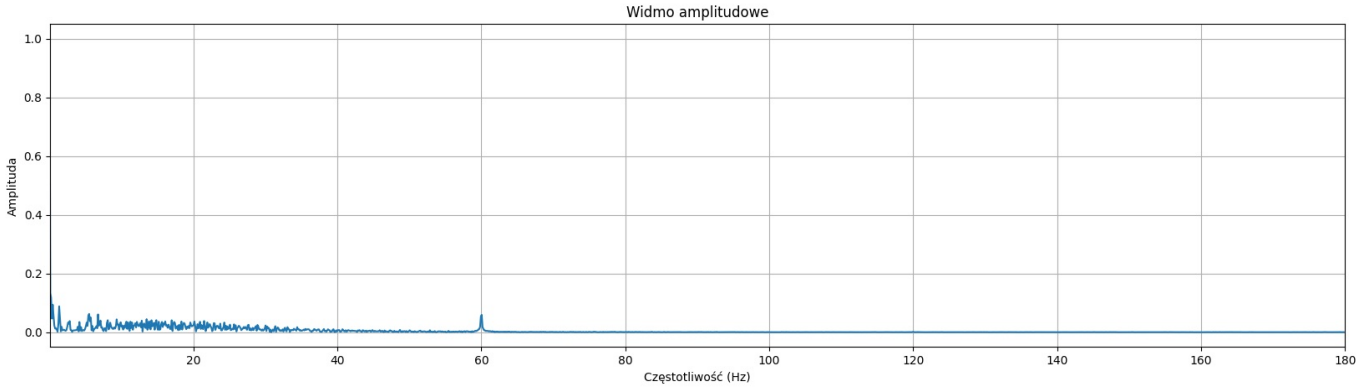


Zadanie 1

Wyznaczono widmo amplitudowe, na którego podstawie będą weryfikowane działania filtrów.

In [14]:
```
#Generacja i wyświetlenie widma sygnału
fs = 360
t = len(data_frame)

fourier1 = np.fft.fft(data_frame['data'])
```

```
widmo = np.abs(fourier1)
abs_widmo = widmo / np.max(widmo)
freq = np.fft.fftfreq(t,1/fs)
pos_freq = freq[:len(freq)//2]
pos_widmo = abs_widmo[:len(abs_widmo)//2]

plt.figure(figsize=(20,5))
plt.plot(pos_freq,pos_widmo)
plt.xlim(left = 0.1, right = fs/2)
plt.grid(True)
plt.title("Widmo amplitudowe")
plt.xlabel('Częstotliwość (Hz)')
plt.ylabel('Amplituda')

plt.show()
```



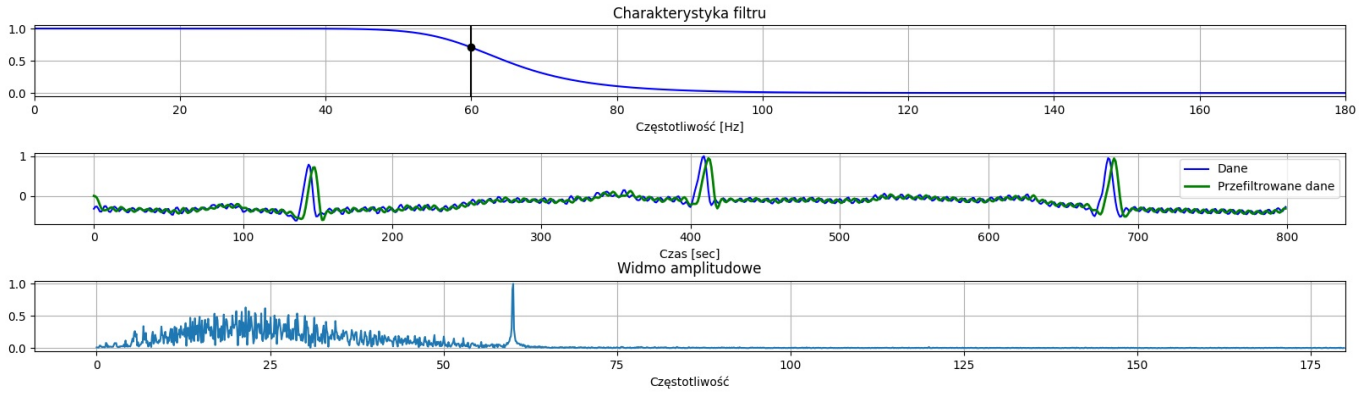
Zadanie 2

Przedstawiono graficznie działanie filtru dolnoprzepustowego o częstotliwości granicznej 60Hz

Następnie przedstawiono dane pierwotne sygnału oraz dane które zostały przetworzone przy pomocy filtru na jednym wykresie w celu łatwego zindentyfikowania różnic w przebiegu sygnału
Wyświetlono również widmo przetworzonego sygnału w celu dalszej analizy

In [9]:
```
#Zastosowanie dolnoprzepustowego filtru Butterwortha
order = 6
fs = 360
cutoff = 60

b,a = sci.butter(order,cutoff,fs=fs,btype='low',analog=False)

w, h = sci.freqz(b, a, fs=fs, worN=8000)

plt.figure(figsize=(20,5))
plt.subplot(3, 1, 1)
plt.plot(w, np.abs(h), 'b')
plt.plot(cutoff, 0.5*np.sqrt(2), 'ko')
plt.axvline(cutoff, color='k')
plt.xlim(0, 0.5*fs)
plt.title("Charakterystyka filtru")
plt.xlabel('Częstotliwość [Hz]')
plt.grid()

y = sci.lfilter(b, a, data_frame['data'])

plt.subplot(3, 1, 2)
plt.plot(data_frame['data'][start:end] , 'b-', label='Dane')
plt.plot( y[start:end], 'g-', linewidth=2, label='Przefiltrowane dane')
plt.legend()
plt.xlabel('Czas [sec]')
plt.grid()

fourier1 = np.fft.fft(data_frame['data']-y)

widmo = np.abs(fourier1)
abs_widmo = widmo / np.max(widmo)
freq = np.fft.fftfreq(t,1/fs)
pos_freq = freq[:len(freq)//2]
pos_widmo = abs_widmo[:len(abs_widmo)//2]

plt.subplot(3,1,3)
plt.plot(pos_freq,pos_widmo)
plt.xlim(right = fs/2)
plt.grid(True)
plt.title("Widmo amplitudowe")
plt.xlabel('Częstotliwość')
```

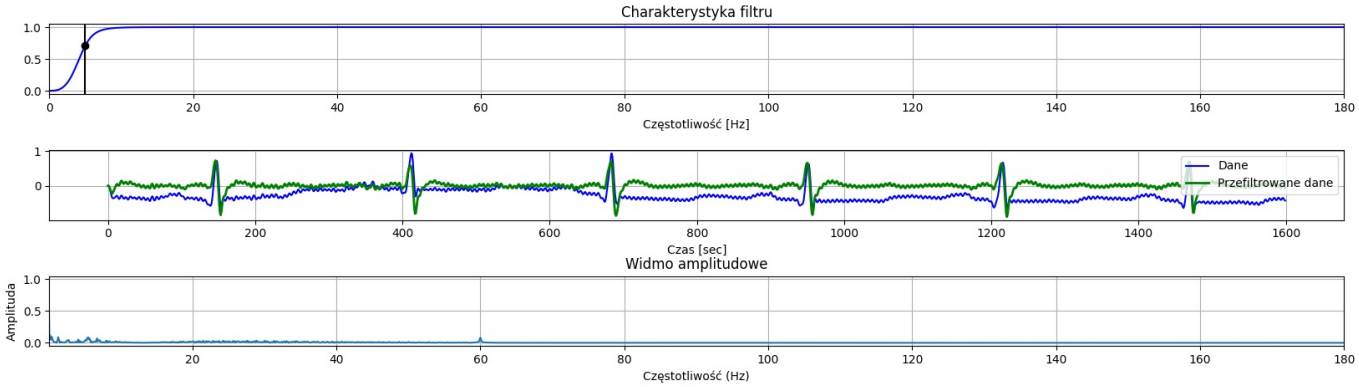
```
plt.subplots_adjust(hspace=0.8)
plt.show()
```



Zadanie 3

Po wyznaczeniu przebiegu sygnału po zastosowaniu filtruu dolnoprzepustowego, wyznaczono charakterystykę filtru górnoprzepustowego o wartości granicznej 5Hz
Sporządzono wykres, porównójący różnice z przebiegiem z zadania 2 oraz zwizualizowano widmo aplitudowe po zastosowaniu drugiego filtra.

In [20]:
```
#Zastosowanie górnoprzepustowego filtru Butterwortha
order = 3
fs = 360
cutoff = 5

b,a = sci.butter(order,cutoff,fs=fs,btype='hp',analog=False)

w, h = sci.freqz(b, a, fs=fs, worN=8000)
hy = sci.lfilter(b, a, y)

plt.figure(figsize=(20,5))

plt.subplot(3, 1, 1)
plt.plot(w, np.abs(h), 'b')
plt.plot(cutoff, 0.5*np.sqrt(2), 'ko')
plt.axvline(cutoff, color='k')
plt.xlim(0, 0.5*fs)
plt.title("Charakterystyka filtru")
plt.xlabel('Częstotliwość [Hz]')
plt.grid()

plt.subplot(3, 1, 2)
plt.plot(y[start:end] , 'b-', label='Dane')
plt.plot( hy[start:end], 'g-', linewidth=2, label='Przefiltrowane dane')
plt.legend()
plt.xlabel('Czas [sec]')
plt.grid()

fourier1 = np.fft.fft(data_frame['data']-hy)

widmo = np.abs(fourier1)
abs_widmo = widmo / np.max(widmo)
freq = np.fft.fftfreq(t,1/fs)
pos_freq = freq[:len(freq)//2]
pos_widmo = abs_widmo[:len(abs_widmo)//2]

plt.subplot(3,1,3)
plt.plot(pos_freq,pos_widmo)
plt.xlim(left= 0.1, right = fs/2)
plt.grid(True)
plt.title("Widmo amplitudowe")
plt.xlabel('Częstotliwość (Hz)')
plt.ylabel('Amplituda')

plt.subplots_adjust(hspace=0.8)
plt.show()
```



Otrzymany sygnał końcowy znacząco rożni się od początkowego, ze względu na nałożenie filtrów.
Najlepiej różnicę widać patrząc na widma amplitudowe kolejnych wykresów.