

---

# Blazej Wieczorek

## Table of Contents

Parametry modelu .....	1
Symulacja i jej wyniki .....	1
Schemat układu .....	2
Analiza dla różnych wartości rezystancji wejściowej sieci .....	3
Analiza FFT dla wyłączanego układu PFC .....	4
Dopuszczalne harmoniczne prądu bez układu PFC .....	6
Analiza FFT prądu dla działającego układu PFC .....	9
Dopuszczalne harmoniczne prądu podczas pracy układu PFC .....	11
Analiza FFT napięcia zasilania .....	13

Sprawozdanie z projektu układu PFC

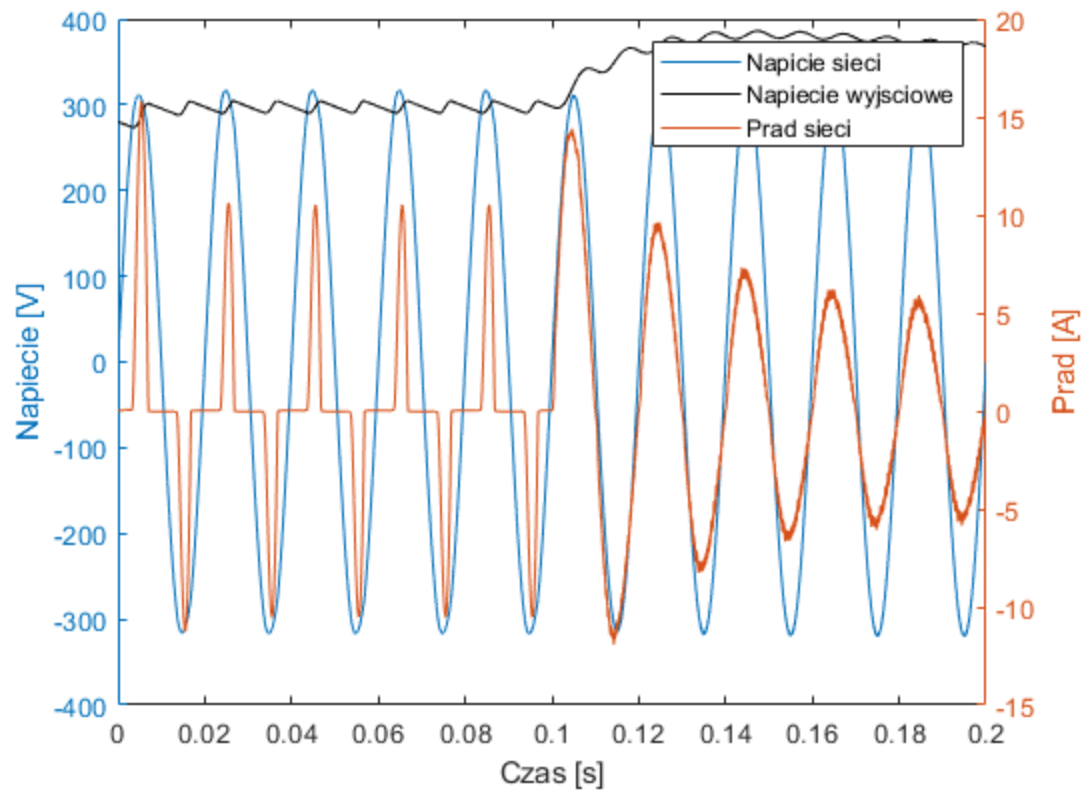
## Parametry modelu

```
clear; clc; close all;
warning('off')
L = 2000e-6; %indukcyjność cewki
Uz = 230; %wartość skuteczna;
fz = 50; %częstotliwość sieci zasilającej
Rload = 150; %obciążenie układu
C = 1000e-6; %pojemność układu
Rs = 1;
Ls = 10e-6;
Tsc = 1e-6; %czas próbkowania
```

## Symulacja i jej wyniki

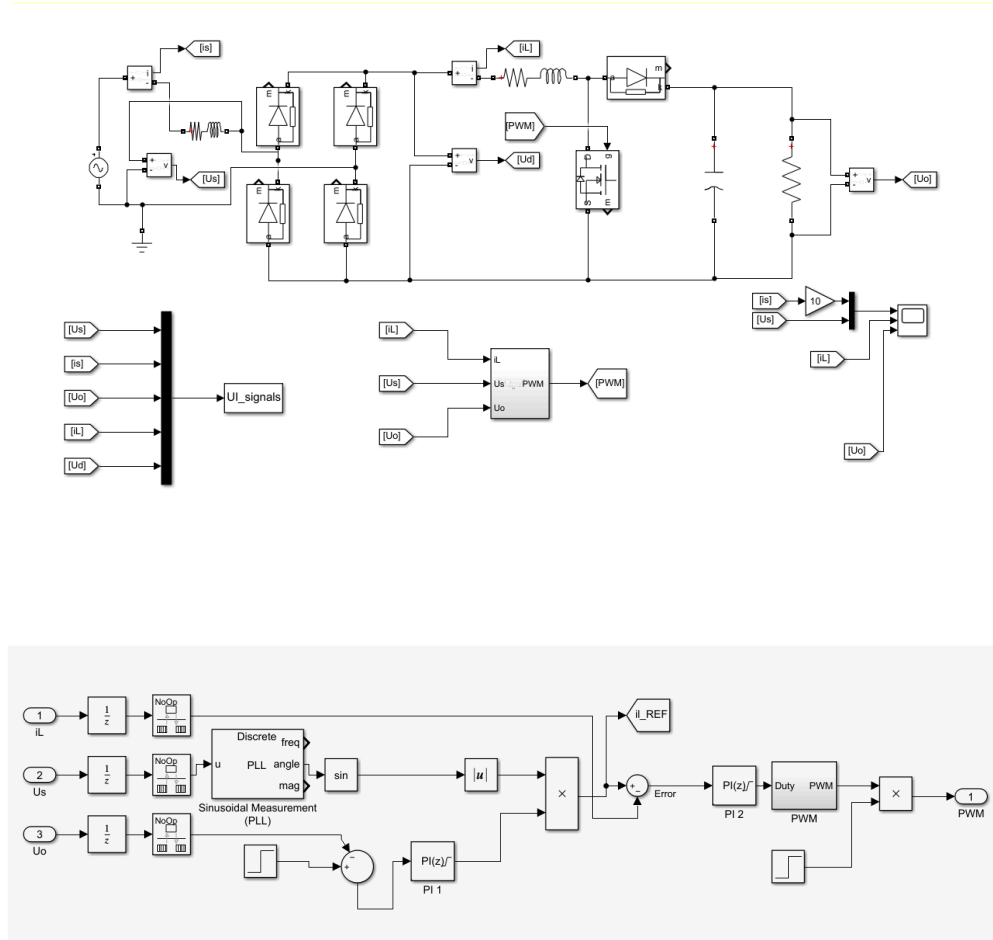
```
sim('PFC', 0.2);
time = UI_signals.time;
Us = UI_signals.signals.values(:,1);
Is = UI_signals.signals.values(:,2);
Uo = UI_signals.signals.values(:,3);
iL = UI_signals.signals.values(:,4);
Ud = UI_signals.signals.values(:,5);
figure();
yyaxis left
plot(time, Us);
hold on;
plot(time, Uo, 'k-');
yyaxis right
plot(time, Is);
xlabel('Czas [s]');
ylabel('Prąd [A]');
yyaxis left
ylabel('Napięcie [V]');
```

```
legend('Napiecie sieci','Napiecie wyjscowe','Prad sieci');
```



## Schemat układu

```
figure();
imshow('schemat.png');
figure();
imshow('schemat2.png');
```

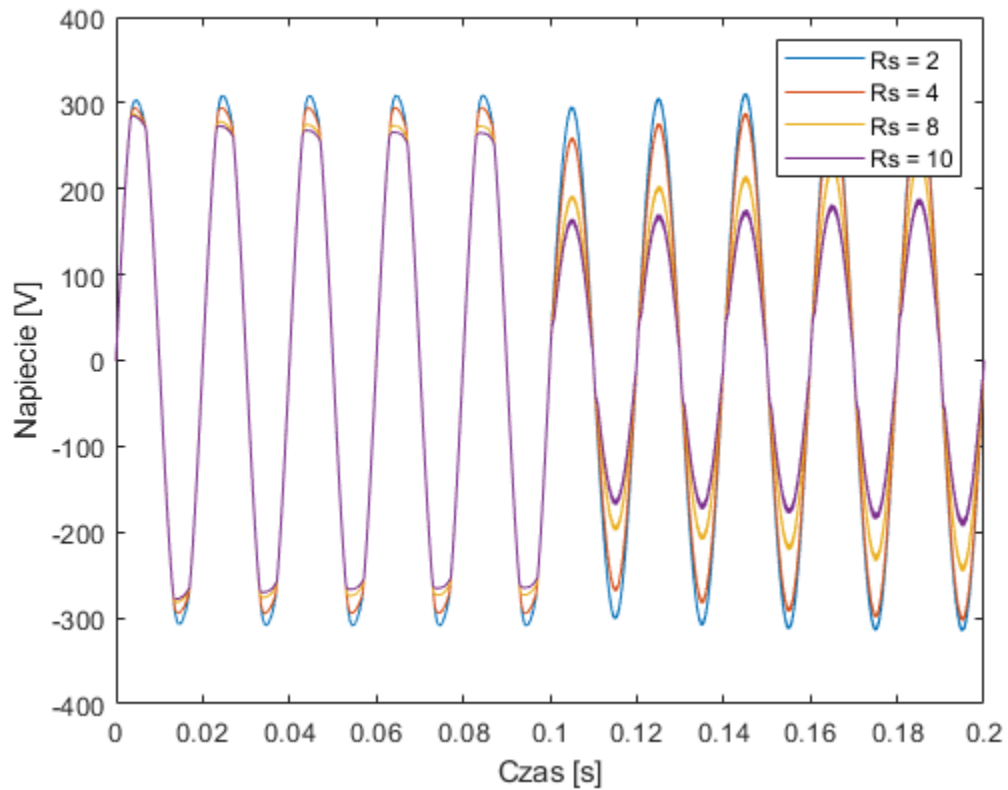


## Analiza dla roznych wartosci rezystancji wejsiowej sieci

Przeprowadzono analize napiecia sieci w zaleznosci od rezystancji wejsiowej. Dla duzych rezystancji dla wyłączonego układu PFC sinusoida wykazuje mocne spłaszczenie szczytu. Nie występuje to dla działającego układu PFC.

```
rs = [2, 4, 8, 10];
figure()
for i = 1:length(rs)
    Rs = rs(i);
    sim('PFC', 0.2);
    plot(UI_signals.time, UI_signals.signals.values(:,1)); hold on;
    if i == length(rs)
        xlabel('Czas [s]')
        ylabel('Napiecie [V]');
        legend('Rs = 2', 'Rs = 4', 'Rs = 8', 'Rs = 10');
    end
end
```

```
Rs = 1;  
sim('PFC', 0.2);
```



## Analiza FFT dla wylaczonego ukladu PFC

Wartosc  $t_{hd}$  otrzymywana w tej analizie dotyczy pradu pobieranego przez uklad dla czesci przebiegu bez dzialania regulatora PFC.

```
figure();  
t2 = 80e-3;  
t1 = t2-20e-3;  
rows = find(time>=t1 & time<=t2);  
time20 = time(rows);  
fs = 1/(time20(2)-time20(1));  
x20 = Is(rows);  
time20 = (0:length(time20)-1)'/fs;  
plot(time20,x20);  
xlabel('Czas [s]');  
ylabel('Prad [A]');  
title('Wycinek pradu do analizy FFT brak PFC');  
X_cmplx = fft(x20)/length(x20)*2;  
X_cmplx(1) = X_cmplx(1)/2;  
N_h = floor(length(X_cmplx)/2)-1;  
if N_h > 20  
    N_h = 20;  
end
```

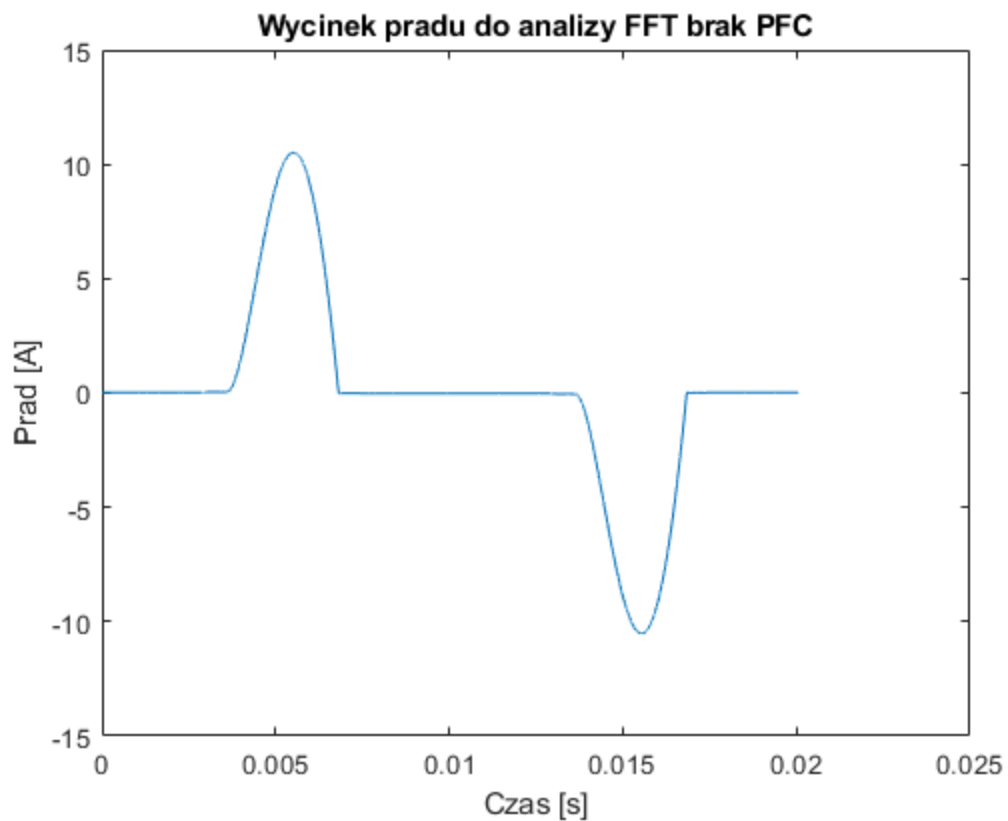
```
X_cmplx = X_cmplx(1:N_h +1);
X = abs(X_cmplx);
d_f = fs/length(x20);
f_h = (0:N_h)'+d_f;
X = X(1:N_h+1);
X = X/sqrt(2);
figure()
bar(f_h/1, X, 'linewidth', 0.1);
xlabel('Czestotliwosc [Hz]');
title('Analiza FFT sygnalu dla wartosci skutecznych bez PFC');
grid on;
Is20rms_OFF_PFC = rms(x20)
thd_OFF_PFC = (100*(sqrt(Is20rms_OFF_PFC^2-(X(2))^2))/(X(2)))
```

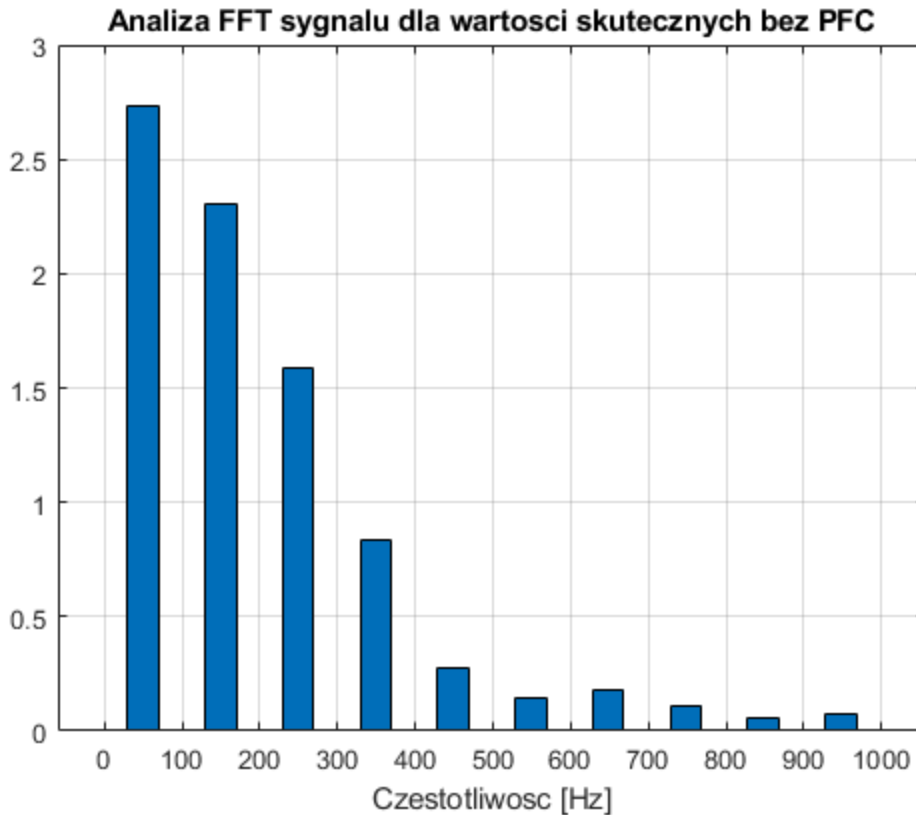
*Is20rms\_OFF\_PFC* =

4.0200

*thd\_OFF\_PFC* =

107.5364





## Dopuszczalne harmoniczne prądu bez układu PFC

Projektowany układ znajduje się w klasie A. Wartości prądów wyższych harmonicznych są przekroczone dla układu z wyłączonym modulem PFC. Przekroczenie występuje dla 3, 5 oraz 7 harmonicznej. Wartości zostały przeskalowane do wartości skutecznych każdej harmonicznej.

```
figure();
imshow('harmoniczne.png');
disp('Numer harmonicznej - Wartość skuteczna harmonicznej');
disp([(0:20)', X]);
```

```
Numer harmonicznej - Wartość skuteczna harmonicznej
0 0.0000
1.0000 2.7375
2.0000 0.0008
3.0000 2.3008
4.0000 0.0012
5.0000 1.5855
6.0000 0.0011
7.0000 0.8349
8.0000 0.0006
9.0000 0.2715
10.0000 0.0002
11.0000 0.1463
```

12.0000	0.0003
13.0000	0.1835
14.0000	0.0003
15.0000	0.1118
16.0000	0.0002
17.0000	0.0587
18.0000	0.0002
19.0000	0.0751
20.0000	0.0002

Rząd harmonicznej	Klasa odbiornika			
	A	B	D	C
	Maksymalny dopuszczalny prąd harmonicznej [A]			Maksymalny dopuszczalny prąd harmonicznej [%]
Harmoniczne nieparzyste				
3	2,30	3,45	2,30	$30 \cos \varphi$
5	1,10	1,65	1,14	10
7	0,77	1,16	0,77	7
9	0,40	0,60	0,40	5
11	0,33	0,5	0,33	3
13	0,21	0,32	0,17	3
$13 \leq n \leq 39$	$0,15 \cdot (15/n)$	$0,23 \cdot (15/n)$	$0,23 \cdot (8/n)$	3
Harmoniczne parzyste				
2	1,08	1,62	Nie dotyczy	Nie dotyczy
4	0,43	0,65		
6	0,30	0,45		
$8 \leq n \leq 40$	$0,23 \cdot (8/n)$	$0,35 \cdot (8/n)$		



# Analiza FFT prądu dla działającego układu PFC

Wartość  $thd$  otrzymywana w tej analizie dotyczy prądu pobieranego przez układ dla części przebiegu z działającym PFC.

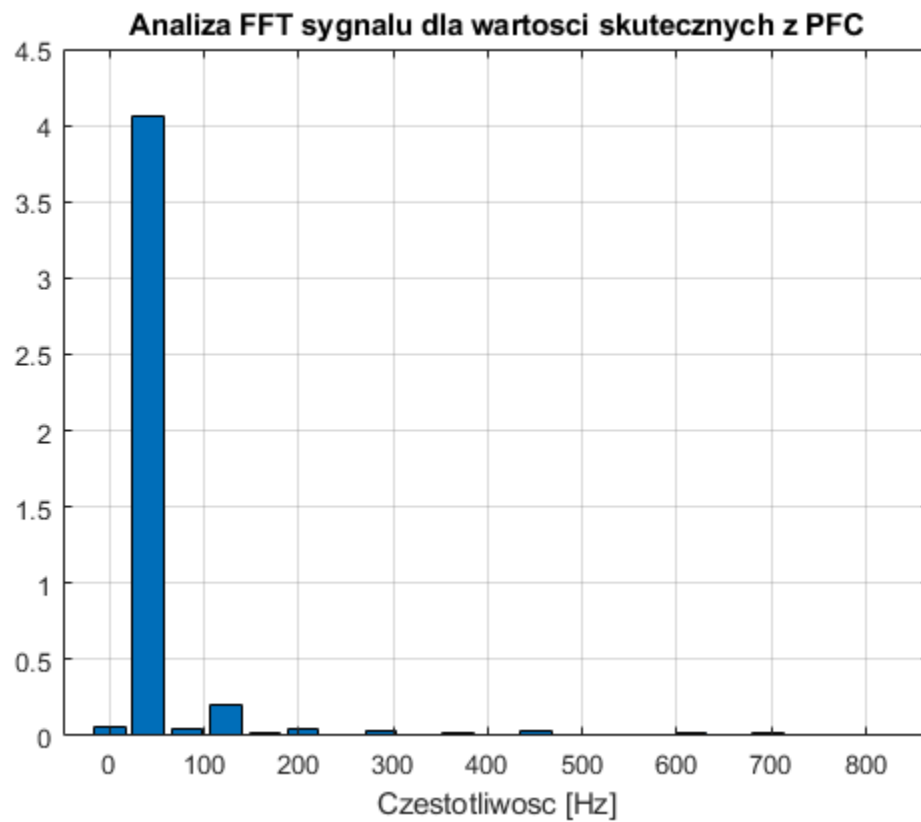
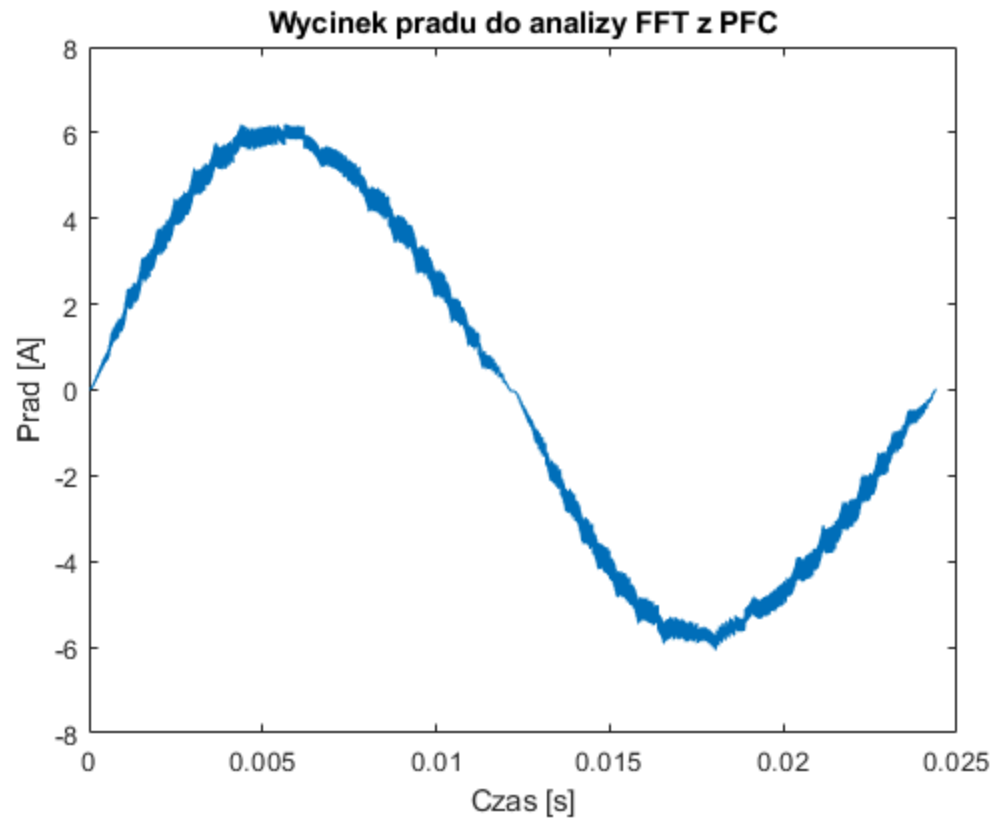
```
figure();
t2 = 180e-3;
t1 = t2-20e-3;
rows = find(time>=t1 & time<=t2);
time20 = time(rows);
fs = 1/(time20(2)-time20(1));
x20 = Is(rows);
time20 = (0:length(time20)-1)'/fs;
plot(time20,x20);
xlabel('Czas [s]');
ylabel('Prad [A]');
title('Wycinek prądu do analizy FFT z PFC');
X_cmplx = fft(x20)/length(x20)*2;
X_cmplx(1) = X_cmplx(1)/2;
N_h = floor(length(X_cmplx)/2)-1;
if N_h > 20
    N_h = 20;
end
X_cmplx = X_cmplx(1:N_h +1);
X = abs(X_cmplx);
d_f = fs/length(x20);
f_h = (0:N_h)'*d_f;
X = X(1:N_h+1);
X = X/sqrt(2);
figure()
bar(f_h/1, X, 'linewidth', 0.1);
xlabel('Częstotliwość [Hz]');
title('Analiza FFT sygnału dla wartości skutecznych z PFC');
grid on;
Is20rms = rms(x20)
thd = (100*(sqrt(Is20rms^2-(X(2))^2))/(X(2)))
```

$Is20rms =$

4.0695

$thd =$

6.9721



# Dopuszczalne harmoniczne prądu podczas pracy układu PFC

Zadna harmoniczna prądu nie przekracza wartości dopuszczalnej wymienionej w poniższej tabeli. Wartości zostały przeskalowane do wartości skutecznych każdej harmonicznej

```
figure();
imshow('harmoniczne.png');
disp('Numer harmonicznej ---- Wartość skuteczna harmonicznej');
disp([(0:20)', X]);
```

Numer harmonicznej ---- Wartość skuteczna harmonicznej	
0	0.0570
1.0000	4.0597
2.0000	0.0517
3.0000	0.2005
4.0000	0.0137
5.0000	0.0464
6.0000	0.0050
7.0000	0.0382
8.0000	0.0063
9.0000	0.0249
10.0000	0.0038
11.0000	0.0318
12.0000	0.0058
13.0000	0.0056
14.0000	0.0040
15.0000	0.0257
16.0000	0.0017
17.0000	0.0134
18.0000	0.0043
19.0000	0.0122
20.0000	0.0036

Rząd harmonicznej	Klasa odbiornika			
	A	B	D	C
	Maksymalny dopuszczalny prąd harmonicznej [A]			Maksymalny dopuszczalny prąd harmonicznej [%]
Harmoniczne nieparzyste				
3	2,30	3,45	2,30	$30 \cos \varphi$
5	1,10	1,65	1,14	10
7	0,77	1,16	0,77	7
9	0,40	0,60	0,40	5
11	0,33	0,5	0,33	3
13	0,21	0,32	0,17	3
$13 \leq n \leq 39$	$0,15 \cdot (15/n)$	$0,23 \cdot (15/n)$	$0,23 \cdot (8/n)$	3
Harmoniczne parzyste				
2	1,08	1,62	Nie dotyczy	Nie dotyczy
4	0,43	0,65		
6	0,30	0,45		
$8 \leq n \leq 40$	$0,23 \cdot (8/n)$	$0,35 \cdot (8/n)$		

# Analiza FFT napięcia zasilania

W tym punkcie zostanie przeprowadzona analiza FFT napięcia sieci dla układu podczas pracy modulatora PFC oraz bez niej. Do tego zostanie sprawdzona zgodność z normą dla pracy z oraz bez regulatora.

```
figure();
t2 = 180e-3;
t1 = t2-20e-3;
rows = find(time>=t1 & time<=t2);
time20 = time(rows);
fs = 1/(time20(2)-time20(1));
x20 = Us(rows);
time20 = (0:length(time20)-1)'/fs;
plot(time20,x20);
xlabel('Czas [s]');
ylabel('Napięcie [V]');
title('Wycinek napięcia do analizy FFT z PFC');
X_cmplx = fft(x20)/length(x20)*2;
X_cmplx(1) = X_cmplx(1)/2;
N_h = floor(length(X_cmplx)/2)-1;
if N_h > 20
    N_h = 20;
end
X_cmplx = X_cmplx(1:N_h +1);
X = abs(X_cmplx);
d_f = fs/length(x20);
f_h = (0:N_h)'*d_f;
X = X(1:N_h+1);
X = X/sqrt(2);
figure()
bar(f_h/1, X, 'linewidth', 0.1);
xlabel('Częstotliwość [Hz]');
title('Analiza FFT sygnału dla wartości skutecznych z PFC');
grid on;
Us20rms = rms(x20)
thd = (100*(sqrt(Us20rms^2-(X(2))^2))/(X(2)))

figure();
t2 = 80e-3;
t1 = t2-20e-3;
rows = find(time>=t1 & time<=t2);
time20 = time(rows);
fs = 1/(time20(2)-time20(1));
x20 = Us(rows);
time20 = (0:length(time20)-1)'/fs;
plot(time20,x20);
xlabel('Czas [s]');
ylabel('Napięcie [V]');
title('Wycinek napięcia do analizy FFT z PFC');
X_cmplx = fft(x20)/length(x20)*2;
X_cmplx(1) = X_cmplx(1)/2;
N_h = floor(length(X_cmplx)/2)-1;
if N_h > 20
```

```

    N_h = 20;
end
X_cmplx = X_cmplx(1:N_h +1);
X = abs(X_cmplx);
d_f = fs/length(x20);
f_h = (0:N_h)'*d_f;
X = X(1:N_h+1);
X = X/sqrt(2);
figure()
bar(f_h/1, X, 'linewidth', 0.1);
xlabel('Czestotliwosc [Hz]');
title('Analiza FFT sygnalu dla wartosci skutecznych z PFC');
grid on;
Us20rms = rms(x20)
thd_PFC_OFF = (100*(sqrt(Us20rms^2-(X(2))^2))/(X(2)))
if thd_PFC_OFF > 8
    disp('Wartosc thd napiecia przy braku dzialania PFC nie spelnia
wymagan normy');
else
    disp('Wartosc thd napiecia przy braku dzialania PFC spelnia
wymagania normy');
end

if thd > 8
    disp('Wartosc thd napiecia podczas dzialania PFC nie spelnia
wymagan normy');
else
    disp('Wartosc thd napiecia podczas dzialania PFC spelnia wymagania
normy');
end

Us20rms =

    224.3143

thd =

    1.3852

Us20rms =

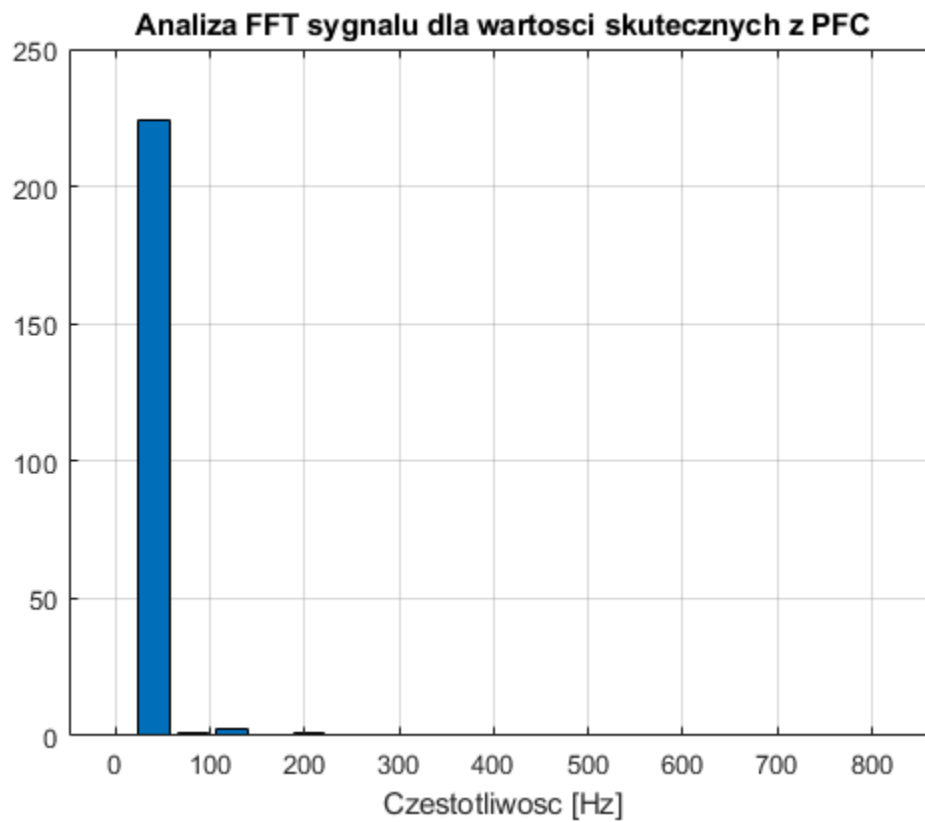
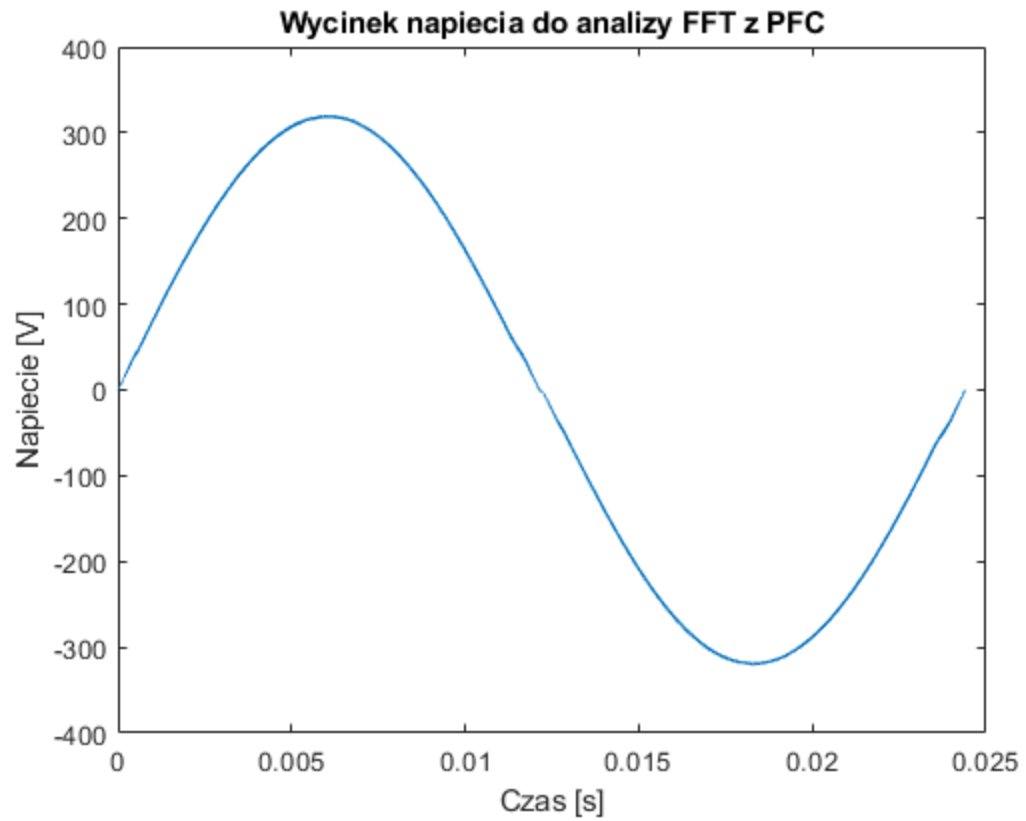
    227.3897

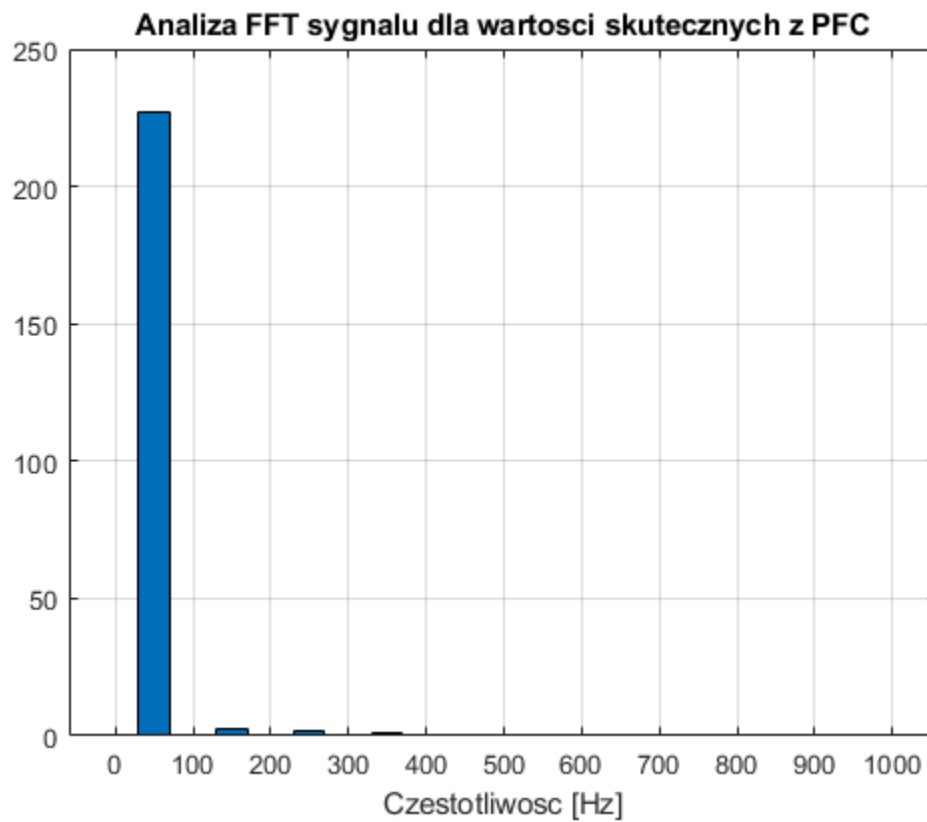
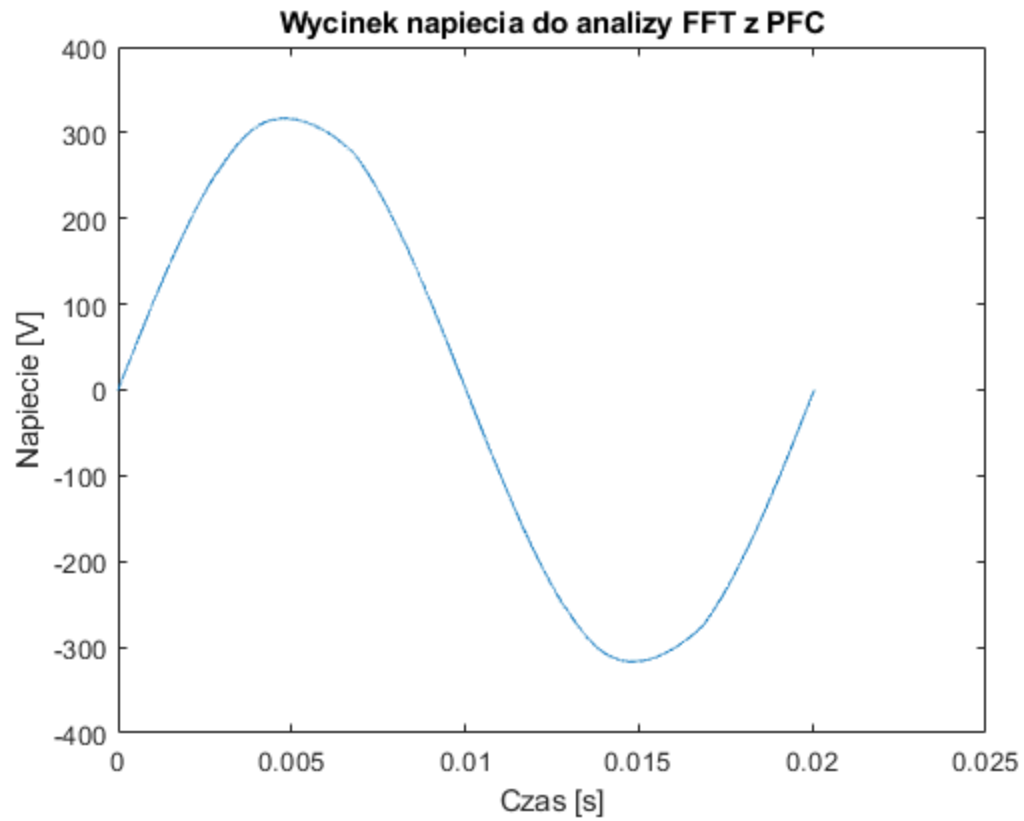
thd_PFC_OFF =

    1.3290

Wartosc thd napiecia przy braku dzialania PFC spelnia wymagania normy
Wartosc thd napiecia podczas dzialania PFC spelnia wymagania normy

```







*Published with MATLAB® R2019b*