

**Instytut Informatyki Stosowanej**

**Automatyzacja Obliczeń Inżynierskich**

*Laboratorium*

**Ćwiczenie 2a.**

**Analiza harmoniczna FFT w środowisku arkusza kalkulacyjnego**

**Opracował: dr hab. inż. Jacek Kucharski**

**dr inż. Piotr Urbanek**

## **Analiza sygnału pomiarowego za pomocą rozkładu na szereg Fouriera.**

*Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności analizowania widma przykładowego sygnału pomiarowego za pomocą rozkładu na szereg Fouriera.*

Dany jest sygnał pomiarowy zapisany w pliku pomiary.txt. Jest to sygnał zmian temperatury zarejestrowany w kanale wylotowym zespołu turbodoładowującego silnik Diesla. Aby poprawnie określić jego cechy (np. wartość skuteczną sygnału), należy dokonać analizy harmonicznej, czyli rozkładu na szereg Fouriera. Zabieg taki odpowiada na pytanie, z ilu, czyli sinusoid o określonej amplitudzie i częstotliwości składa się na sygnał oryginalny. Dzięki takiej analizie można dokonać również procesu filtracji, czyli pozbowienia sygnału większości harmonicznych, które mogą stanowić niekorzystny szum pomiarowy. Współcześnie wykorzystywana jest dyskretna transformata Fouriera (DFT), określona wzorem:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot [\cos(2\pi nm / N) - j \sin(2\pi nm / N)] \quad (1)$$

gdzie:

$X(m)$  - m-ta składowa sygnału wyjściowego po transformacie DFT,

$m$  - indeks współczynników wyjściowych DFT w dziedzinie częstotliwości,  $m=0,1,2,\dots,N-1$ ,

$x(n)$  - ciąg próbek sygnału wejściowego,

$n$  - indeks próbek wejściowych w dziedzinie czasu,  $n=0,1,2,\dots,N-1$ ,

$$j = \sqrt{-1}$$

$N$  - liczba próbek sygnału wejściowego oraz liczba współczynników wyjściowych.

W arkuszu kalkulacyjnym jest możliwość automatycznego rozkładu sygnału na szereg Fouriera. Warunkiem rozkładu jest analiza sygnału składającego się z  $2^n$  próbek, gdzie  $n$  jest liczbą naturalną. Przykładowo dla  $n=10$  liczba próbek wynosi 1024.

Aby dokonać analizy Fouriera sygnału należy:

1. Dokonać importu zawartości pliku pomiary.txt do środowiska arkusza kalkulacyjnego.
2. Wykonać analizę widmową sygnału za pomocą rozkładu sygnału na szereg Fouriera.  
Do analizy należy wybrać taką liczbę próbek do analizy, aby obejmowała ona co najmniej jeden okres sygnału.

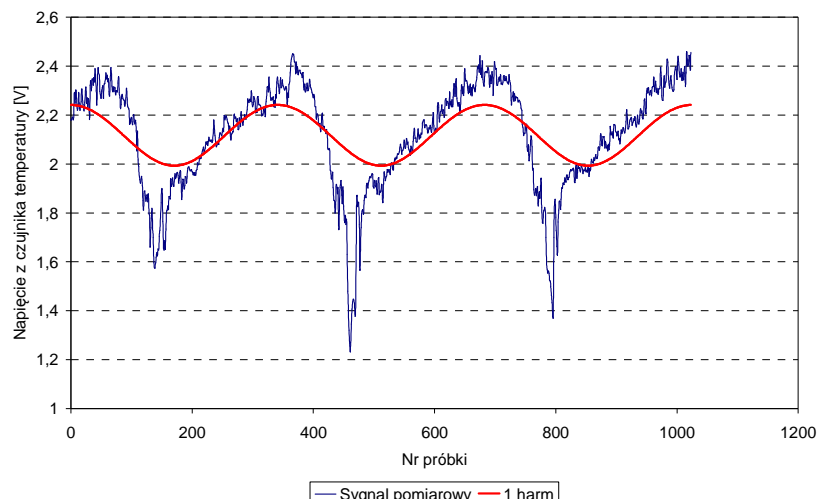
3. Obliczyć i przedstawić na wykresie widmo sygnału pomiarowego.
4. Dokonać redukcji oryginalnego widma sygnału oryginalnego do kilku harmoniczných (podanych przez prowadzącego zajęcia).
5. Dla sygnału ze zredukowaną liczbą wyższych harmoniczných dokonać odwrotnej transformaty Fouriera, odtworzyć na tej podstawie sygnał i przedstawić go na wykresie razem z oryginalnym sygnałem pomiarowym.

Przykładowy arkusz kalkulacyjny jest pokazany na rys. 1.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Czas	Nr próbki	Sygnal pomiarowy	FFT	Moduł FFT	Odw FFT	1 harm
2	0	0	2,18017578	2168,03711014	2168,03711	2,24138062283719	2,241380623
3	0,00015	1	2,18017578	19,476422805472+5,16130102744325i		0,2,24135958840113+2,28532220150018E-003i	2,241360753
4	0,000299	2	2,1875	12,5662745017977-4,19027475956164i		0,2,24129649222017+4,56987005263368E-003i	2,241301151
5	0,000449	3	2,19238281	120,382716744525+40,8867788372734i	127,1366476	2,2411913556736+6,8528694654119E-003i	2,241201833
6	0,000599	4	2,18017578	-21,7930317452643-14,4080418139276i		0,2,24104421438551+9,13354687651355E-003i	2,241062827
7	0,000749	5	2,20214844	-10,7941537798664-6,63881843823299i		0,2,24085511821272+1,1411129509396E-002i	2,240884173
8	0,000898	6	2,29248047	5,31037485977159-45,7267221959193i		0,2,24062413122791+1,36848456361403E-002i	2,240665922
9	0,001048	7	2,24853516	-16,4756890560465+28,8765641688337i		0,2,24035133169787+1,59539248389404E-002i	2,240408136
10	0,001198	8	2,30224609	-5,30049315955223+14,8090417250797i		0,2,24003681205701+1,82175982711488E-002i	2,24011089
11	0,001347	9	2,29980469	-25,3312837026926+8,09528073026643i		0,2,23968067887605+2,04750989177903E-002i	2,239774268
12	0,001497	10	2,24365234	15,9766209440102+4,9576227520134i		0,2,23928305282587+2,27256618554538E-002i	2,239398367
13	0,001647	11	2,21923828	7,50972723784177+3,50808955995308i		0,2,23884406863664+2,49685245114767E-002i	2,238983294
14	0,001796	12	2,23632813	6,40297306958245+10,9035431539473i		0,2,23836387505221+2,72029269223323E-002i	2,238529168
15	0,001946	13	2,29248047	-9,31962236108678-10,2608095870458i		0,2,23784263477963+2,94281119911329E-002i	2,238036119
16	0,002096	14	2,24853516	-1,30518071779767-4,0103846789464i		0,2,23728052443409+3,16433257441617E-002i	2,237504289

Rys. 1. Arkusz realizujący rozkład sygnału na szereg Fouriera oraz wyodrębnienie z niego podstawowej harmonicznej.

Efekt rozkładu w postaci graficznej ilustruje rysunek 2.



Rys. 2. Graficzny efekt wyodrębnienia z pełnego widma sygnału podstawowej harmonicznej.