Jakub Labryszewski 251001

Filip Sołdon 249454

Etap III: Wyniki pomiarów

1. M-PSK

   Przedstawiamy poniżej wyniki pomiarów dla różnych wersji PSK (M = 2,4,8,16,32,64), różnych poziomów zaszumienia w kanale (20 dB, 10 dB, 1 dB, 0.1 dB) oraz różnej liczby liczb (1000 i 10000 liczb – różnica w ilości przesyłanych bitów wynika z różnej szybkości transmisji). Na wyjściu prezentujemy poziom błędów BER.

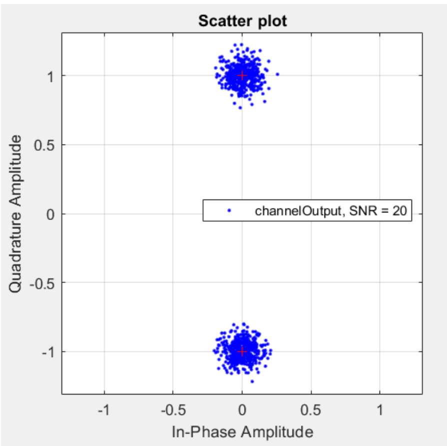
   SNR - stosunek mocy sygnału do mocy szumu.
   Szybkość transmisji - ilość bitów przesyłanych w jednym okresie fali nośnej
   Liczba przesłanych bitów = bity na symbol * ilość liczb = $\log_2 M * 1000$

   a) M = 2 (BPSK)

      Przesunięcie fazy = π/M = π/2.
      Szybkość transmisji = $\log_2 M = 1\frac{b}{T}$

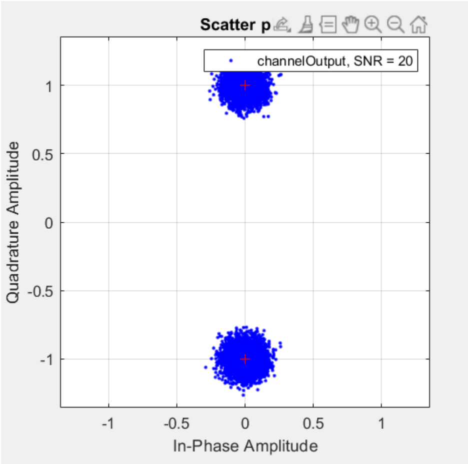
      i. SNR = 20 dB

         Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 = \log_2 2 * 1000 = 1000$




```
SNR = 20
Ilość bitów:
       1000

Ilość błędów:
     0

BER:
     0
```

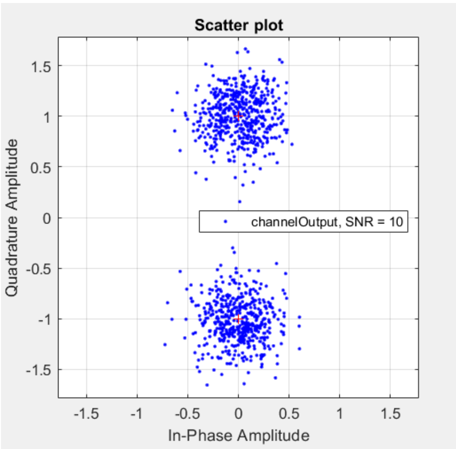
Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \; = \log_2 2 * 10000 = 10000$




```
SNR = 20
Ilość bitów:
        10000

Ilość błędów:
      0

BER:
      0
```

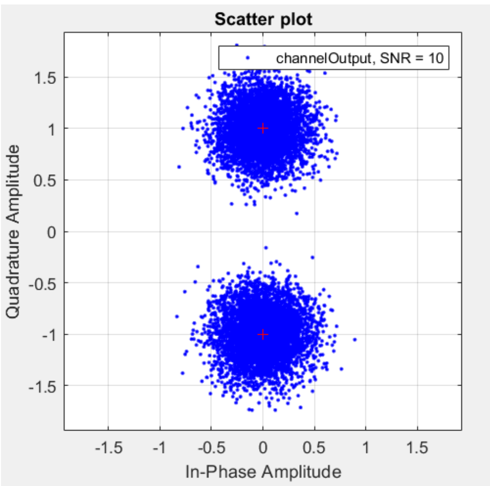
ii. SNR = 10 dB

Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \; = \log_2 2 * 1000 = 1000$




```
SNR = 10
Ilość bitów:
        1000

Ilość błędów:
      0

BER:
      0
```

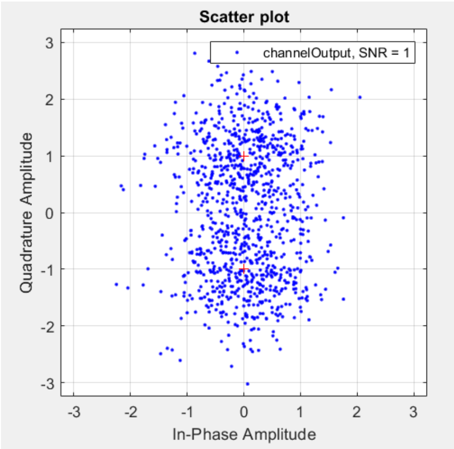
Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \; = \log_2 2 * 10000 = 10000$




```
SNR = 10
Ilość bitów:
        10000

Ilość błędów:
      0

BER:
      0
```

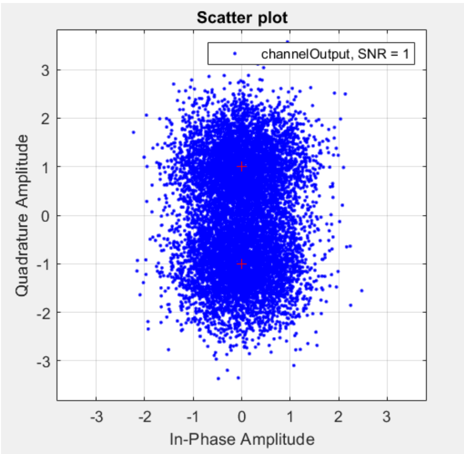
iii. SNR = 1 dB

Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \ = \log_2 2 * 1000 = 1000$




```
SNR = 1
Ilość bitów:
        1000

Ilość błędów:
    67

BER:
    0.0670
```

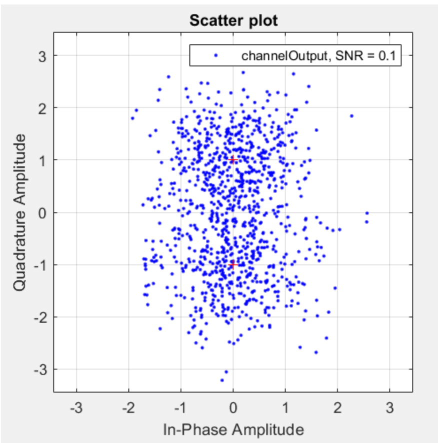
Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \ = \log_2 2 * 10000 = 10000$




```
SNR = 1
Ilość bitów:
        10000

Ilość błędów:
    584

BER:
    0.0584
```

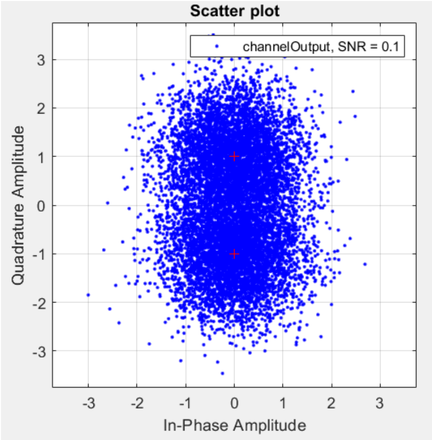
iv. SNR = 0.1 dB

Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \ = \log_2 2 * 1000 = 1000$




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
        1000

Ilość błędów:
    70

BER:
    0.0700
```

Liczba przesłanych bitów = $\log_2 M * 1000 \ = \log_2 2 * 10000 = 10000$



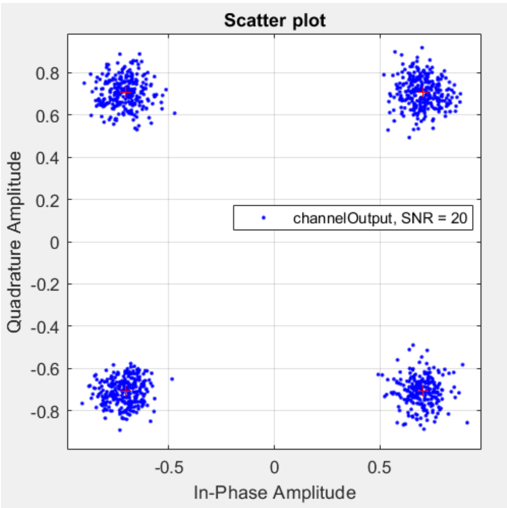

```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      10000

Ilość błędów:
   759

BER:
    0.0759
```

b) M = 4 (QPSK)

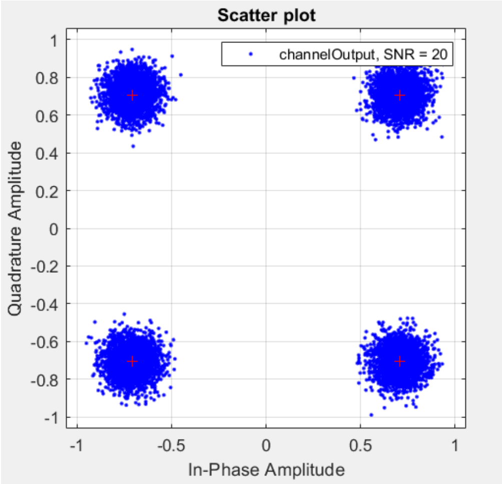
Przesunięcie fazy = π/M = π/4.

Szybkość transmisji = $\log_2 M \ = 2\frac{b}{T}$

i. SNR = 20 dB




```
SNR = 20
Ilość bitów:
      2000

Ilość błędów:
     0

BER:
     0
```

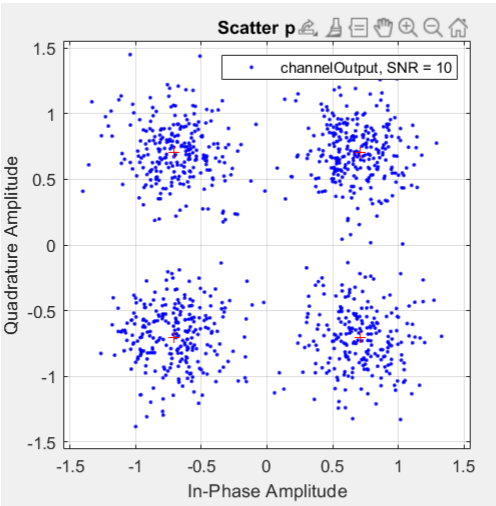


SNR = 20
Ilość bitów:
20000

Ilość błędów:
0

BER:
0

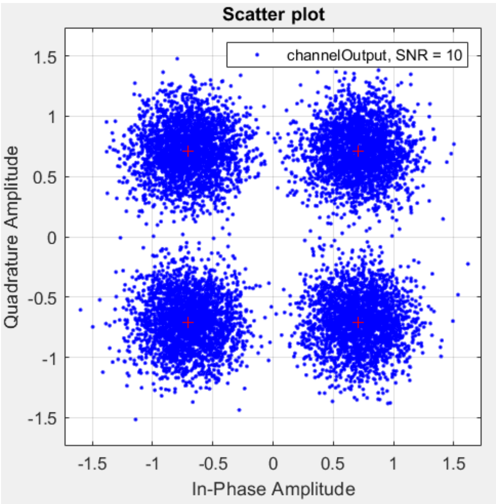
ii. SNR = 10 dB



SNR = 10
Ilość bitów:
2000

Ilość błędów:
0

BER:
0

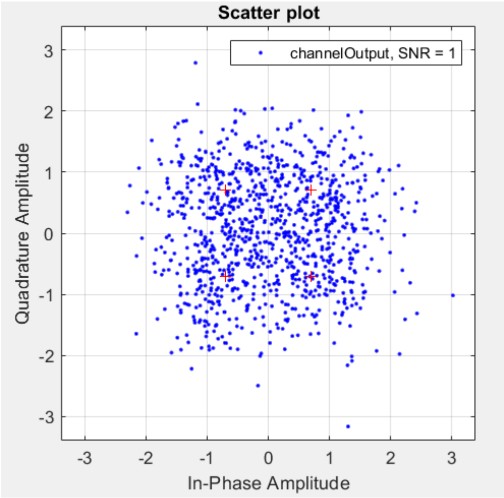


SNR = 10
Ilość bitów:
20000

Ilość błędów:
23

BER:
0.0011

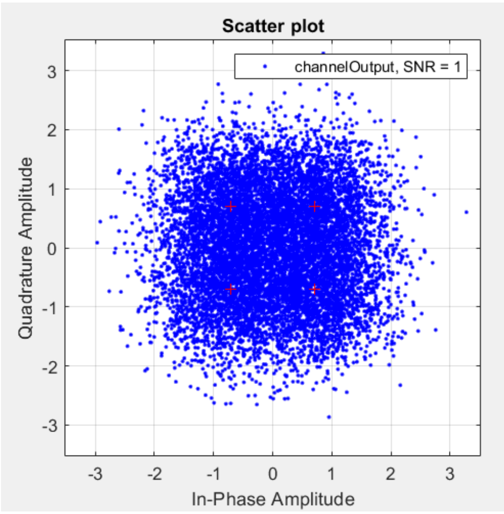
iii. SNR = 1 dB



SNR = 1
Ilość bitów:
2000

Ilość błędów:
261

BER:
0.1305

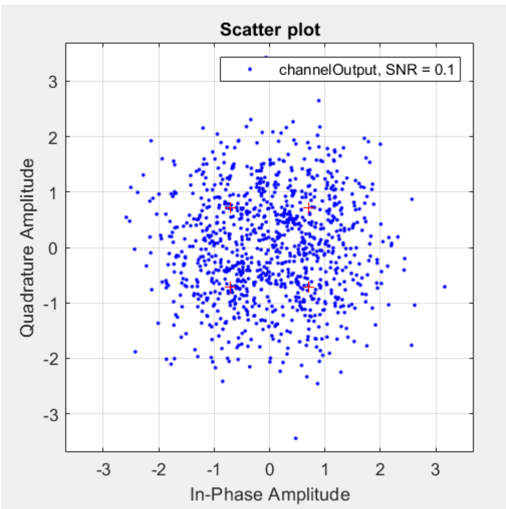


SNR = 1
Ilość bitów:
20000

Ilość błędów:
2535

BER:
0.1268

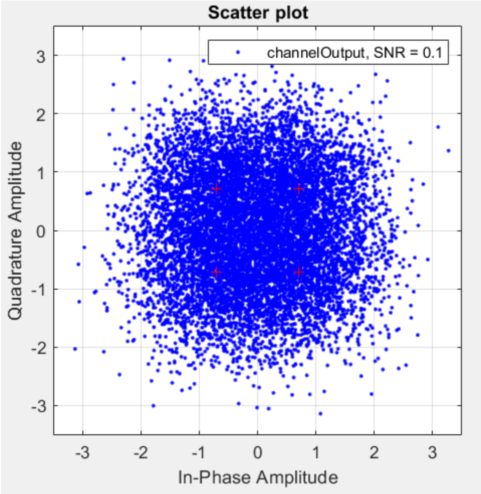
iv. SNR = 0.1 dB



SNR = 0.1
Ilość bitów:
2000

Ilość błędów:
291

BER:
0.1455



SNR = 0.1
Ilość bitów:
20000

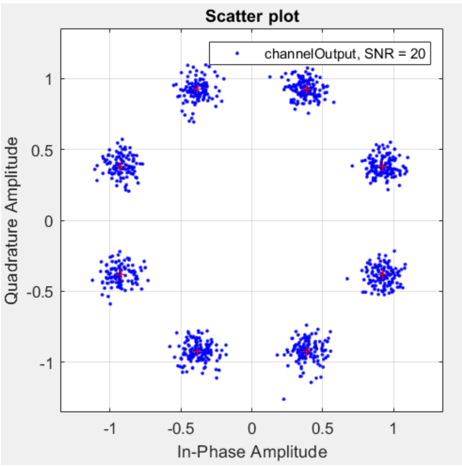
Ilość błędów:
3145

BER:
0.1573

c) M = 8

Przesunięcie fazy = π/M = π/8.
Szybkość transmisji = $\log_2 M = 3\frac{b}{T}$

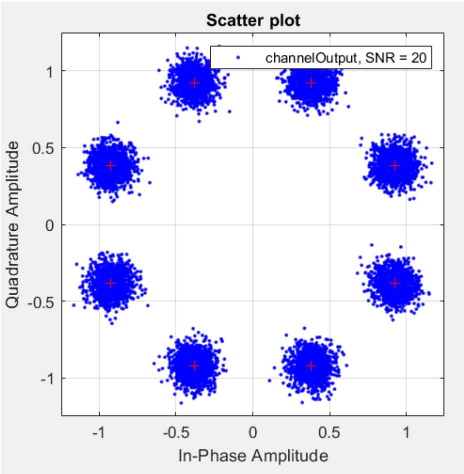
i. SNR = 20 dB



SNR = 20
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
0

BER:
0

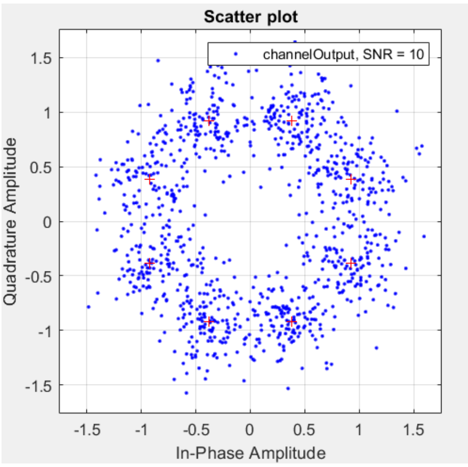


SNR = 20
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
0

BER:
0

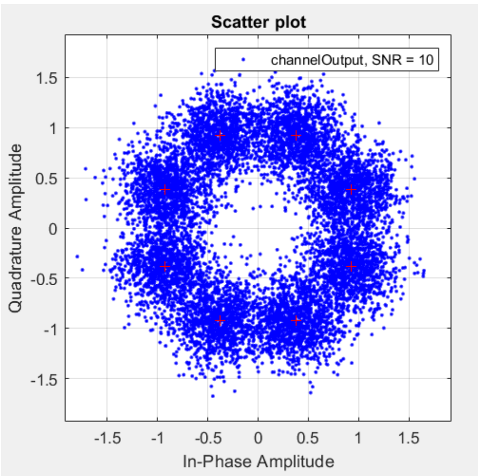
ii. SNR = 10 dB



SNR = 10
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
73

BER:
0.0243

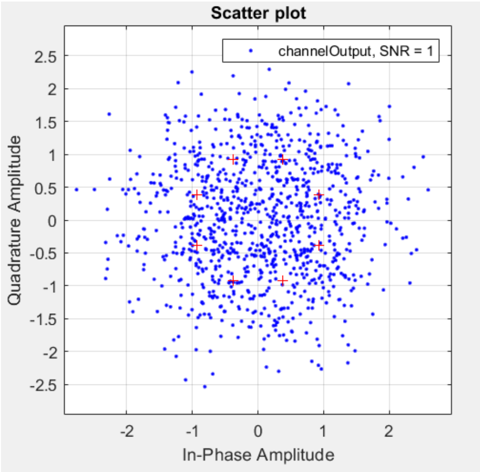


SNR = 10
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
807

BER:
0.0269

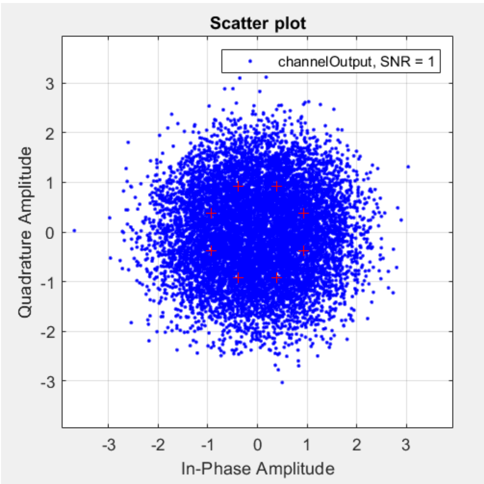
iii. SNR = 1 dB



SNR = 1
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
651

BER:
0.2170

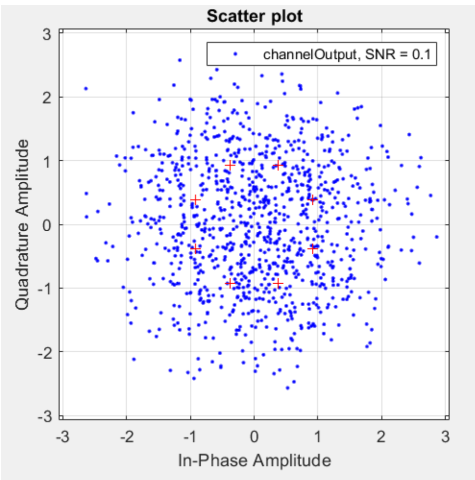


SNR = 1
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
6391

BER:
0.2130

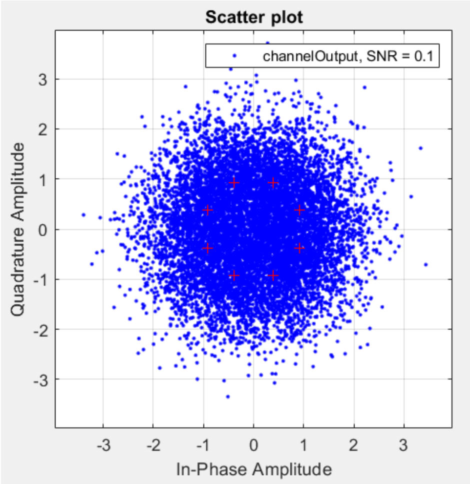
iv. SNR = 0.1 dB



SNR = 0.1
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
682

BER:
0.2273



SNR = 0.1
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
7239

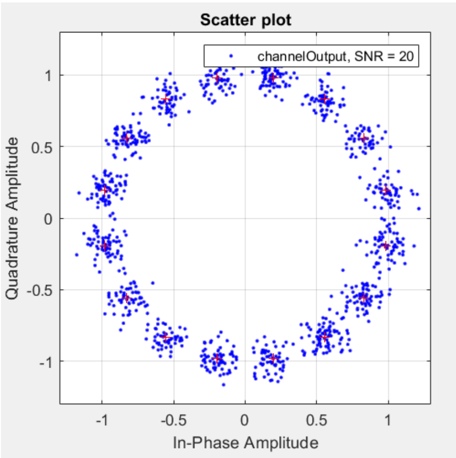
BER:
0.2413

d) M =16

Przesunięcie fazy = π/M = π/16.

Szybkość transmisji = $\log_2 M = 4\frac{b}{T}$

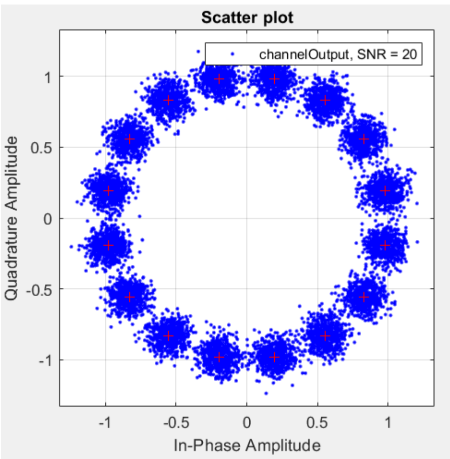
i. SNR = 20 dB



SNR = 20
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
12

BER:
0.0030

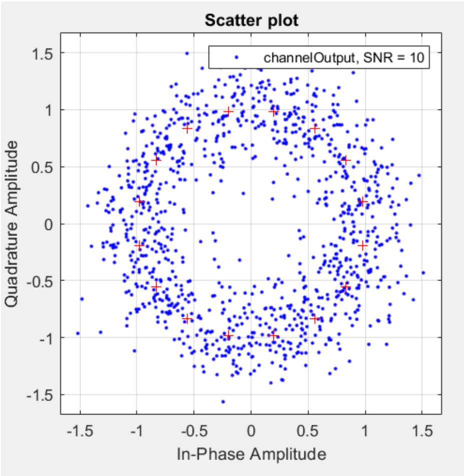


SNR = 20
Ilość bitów:
40000

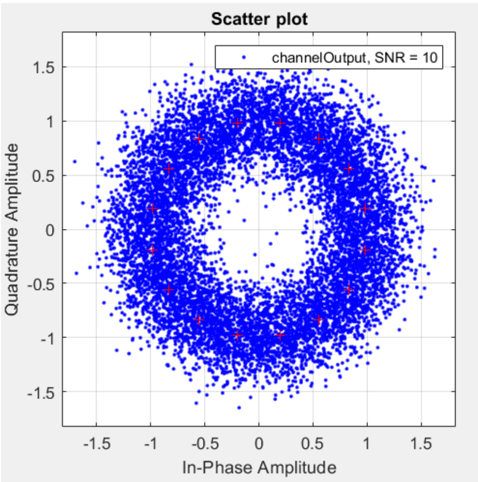
Ilość błędów:
67

BER:
0.0017

ii. SNR = 10 dB

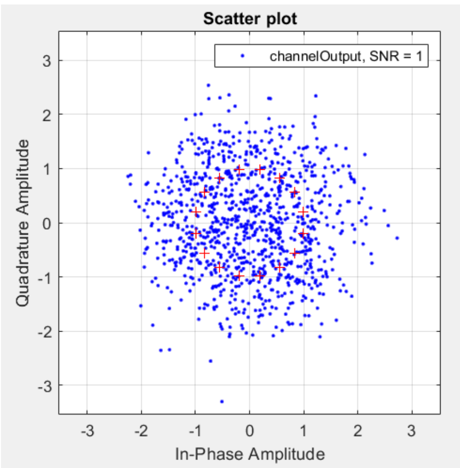



```
SNR = 10
Ilość bitów:
        4000

Ilość błędów:
    387

BER:
    0.0968
```

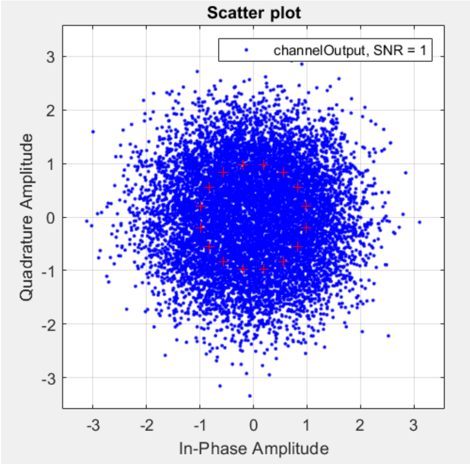



```
SNR = 10
Ilość bitów:
       40000

Ilość błędów:
        3973

BER:
    0.0993
```

iii. SNR = 1 dB




```
SNR = 1
Ilość bitów:
        4000

Ilość błędów:
        1126

BER:
    0.2815
```

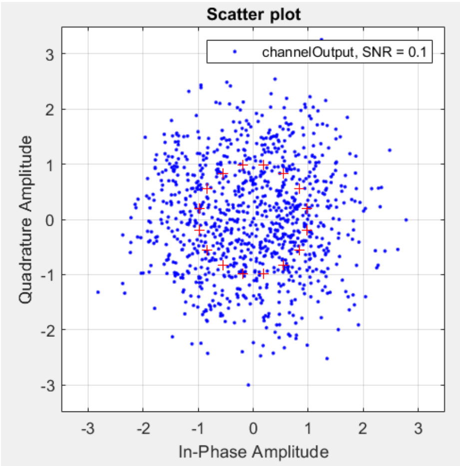


SNR = 1
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
11543

BER:
0.2886

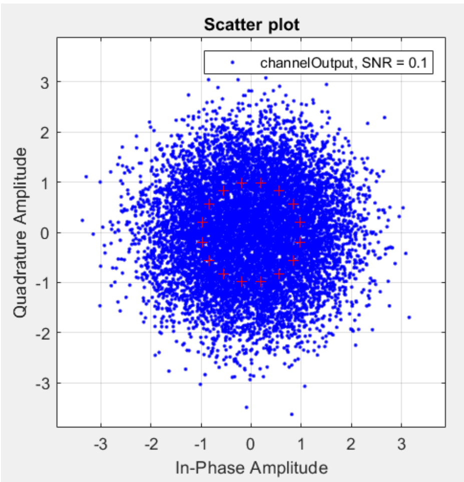
iv. SNR = 0.1 dB



SNR = 0.1
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
1206

BER:
0.3015



SNR = 0.1
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
12165

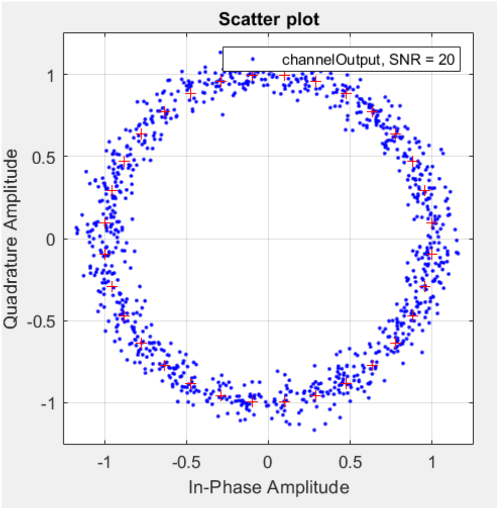
BER:
0.3041

e) M = 32

Przesunięcie fazy = π/M = π/32.

Szybkość transmisji = $\log_2 M = 5\frac{b}{T}$

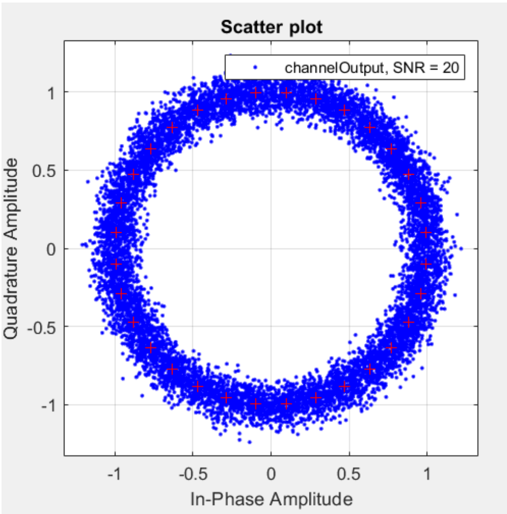
i. SNR = 20 dB



Ilość bitów:
5000

Ilość błędów:
159

BER:
0.0318

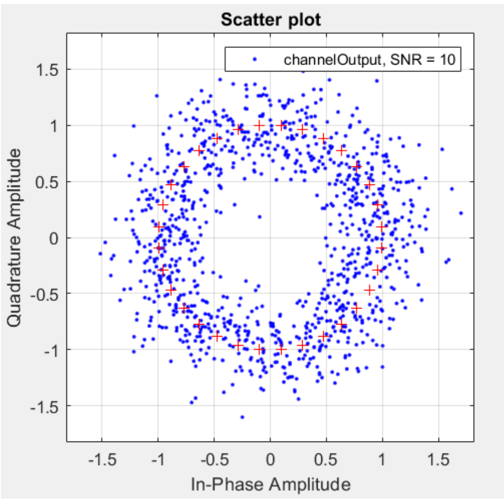


SNR = 20
Ilość bitów:
50000

Ilość błędów:
1662

BER:
0.0332

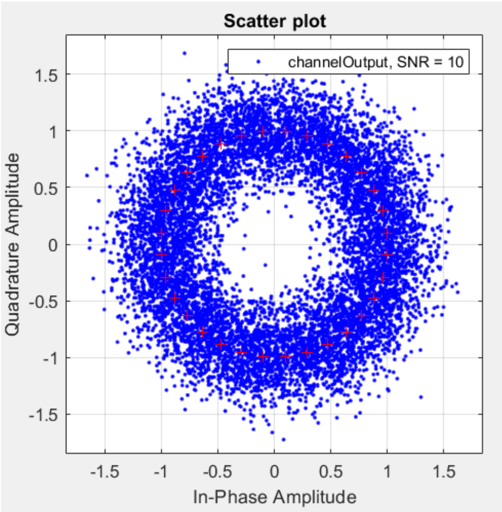
ii. SNR = 10 dB



SNR = 10
Ilość bitów:
5000

Ilość błędów:
884

BER:
0.1768

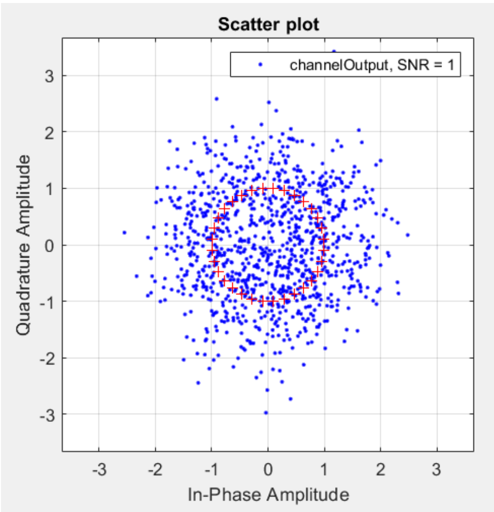


SNR = 10
Ilość bitów:
50000

Ilość błędów:
8655

BER:
0.1731

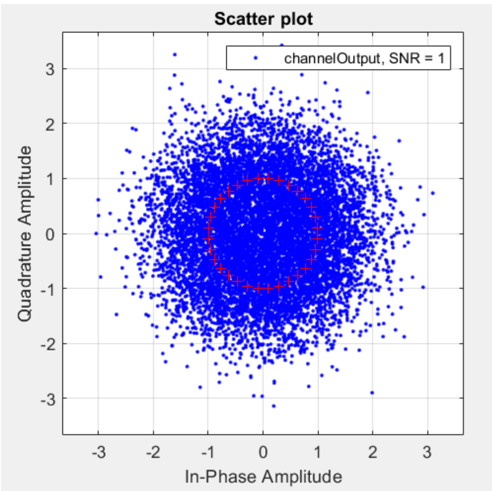
iii. SNR = 1 dB



SNR = 1
Ilość bitów:
5000

Ilość błędów:
1638

BER:
0.3276

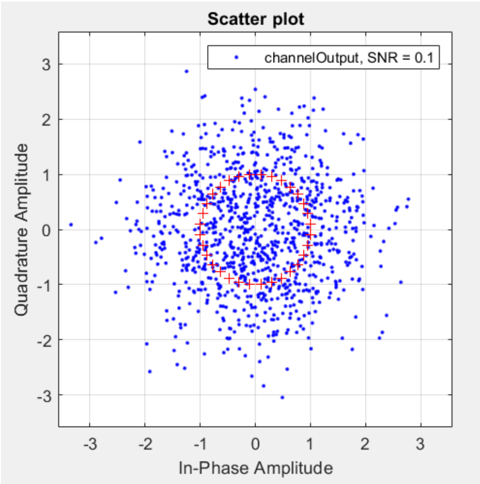


SNR = 1
Ilość bitów:
50000

Ilość błędów:
16416

BER:
0.3283

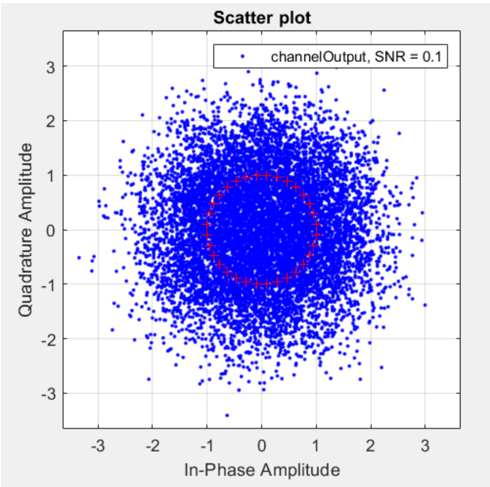
iv. SNR = 0.1 dB



SNR = 0.1
Ilość bitów:
5000

Ilość błędów:
1748

BER:
0.3496



SNR = 0.1
Ilość bitów:
50000

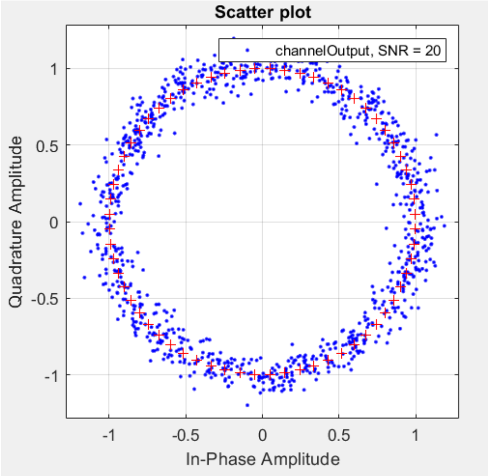
Ilość błędów:
17327

BER:
0.3465

f) M = 64

Przesunięcie fazy = π/M = π/64.
Szybkość transmisji = $\log_2 M = 6\frac{b}{T}$

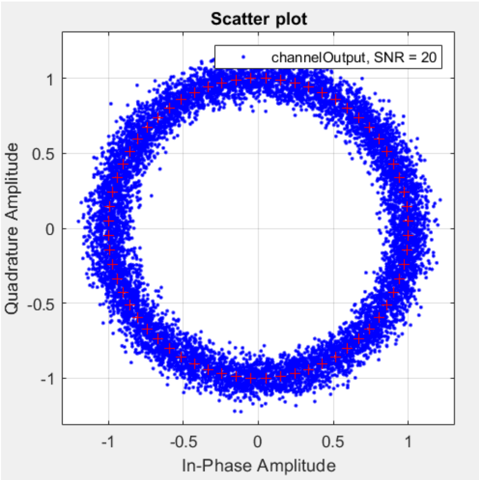
i. SNR = 20 dB



SNR = 20
Ilość bitów:
6000

Ilość błędów:
568

BER:
0.0947

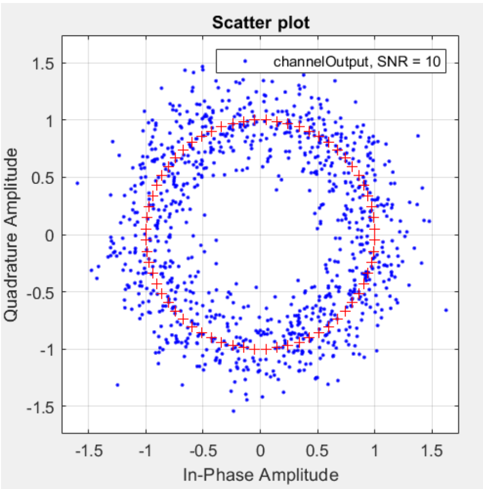


SNR = 20
Ilość bitów:
60000

Ilość błędów:
5218

BER:
0.0870

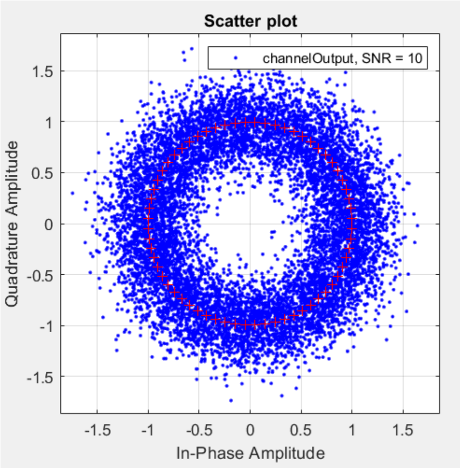
ii. SNR = 10 dB



SNR = 10
Ilość bitów:
6000

Ilość błędów:
1396

BER:
0.2327

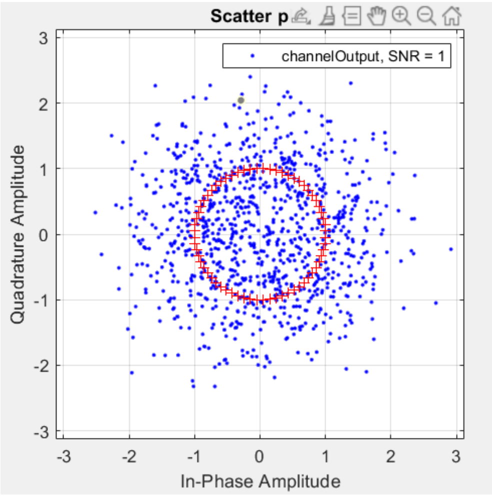


SNR = 10
Ilość bitów:
60000

Ilość błędów:
13692

BER:
0.2282

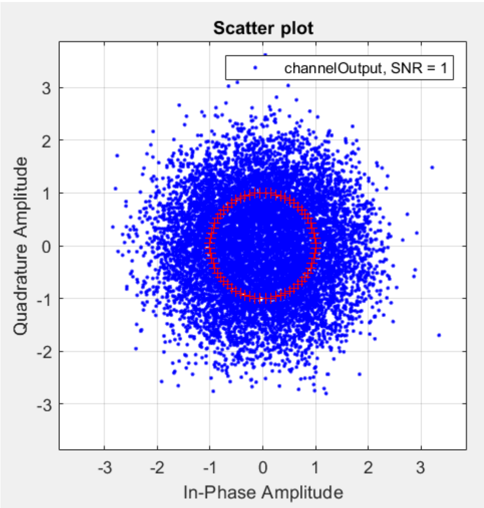
iii. SNR = 1 dB



SNR = 1
Ilość bitów:
6000

Ilość błędów:
2172

BER:
0.3620

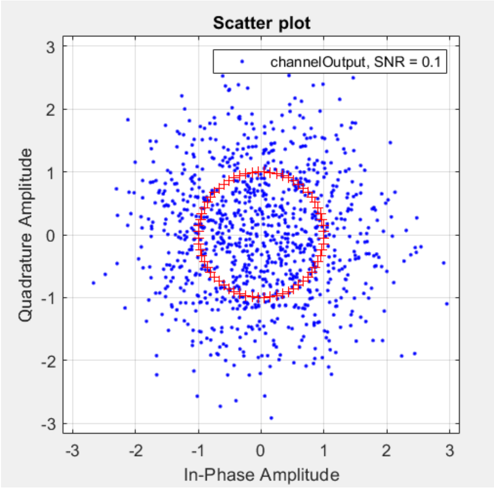


SNR = 1
Ilość bitów:
60000

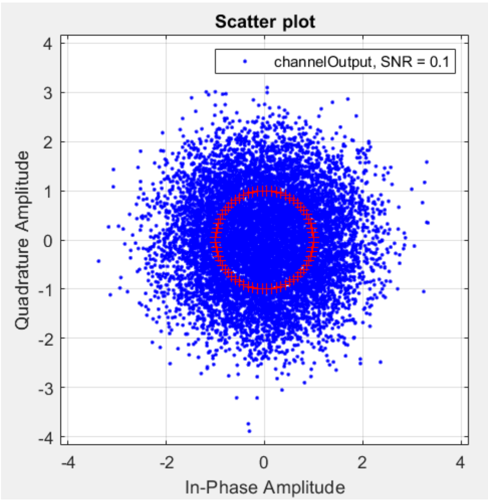
Ilość błędów:
21513

BER:
0.3585

iv. SNR = 0.1 dB




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      6000

Ilość błędów:
      2335

BER:
    0.3892
```




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      60000

Ilość błędów:
      22296

BER:
    0.3716
```

2. M-APSK

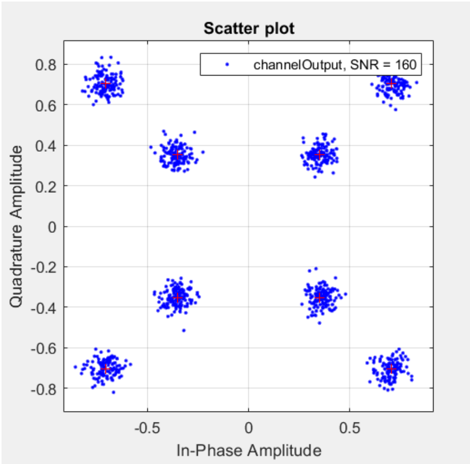
Do wykonania pomiarów dla wersji M-APSK napisaliśmy drugi program. Określamy w nim ilość „okręgów” na wykresie wskazowym, których promień odpowiada amplitudzie. Ilość bitów podobnie jak w przypadku punktu pierwszego to ilość liczb (1000 i 10000) razy ilość bitów które możemy przesłać w jednym okresie fali nośnej (jest to logarytm o podstawie dwa z ilości punktów konstelacji na wykrsie). Amplitudy to 0.5 i 1 odpowiednio dla mniejszego i większego okręgu.

g) M = [4 4] – 8 punktów w konstelacji.

Szybkość transmisji = log2(8) = 3 b/T
Przesunięcie fazowe dla obu okręgów wynosi π/4.
Amplitudy to 0.5 oraz 1.
Liczba bitów = liczba liczb * log2(sum(M))

A. SNR = 160

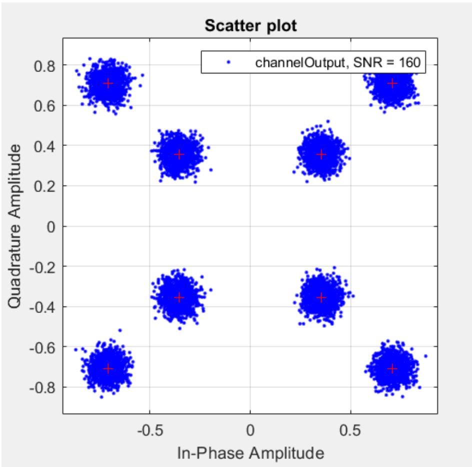
Amplitudy 0.5 i 1 :



SNR = 160
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
0

BER:
0

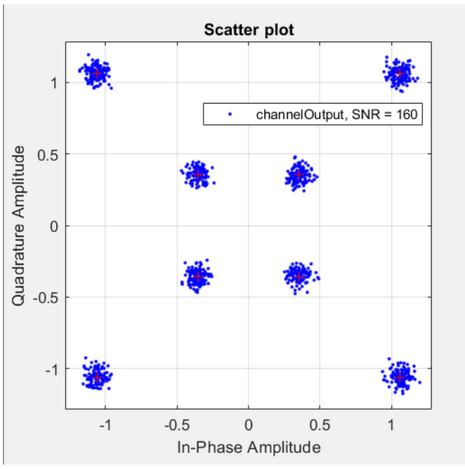


SNR = 160
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
0

BER:
0

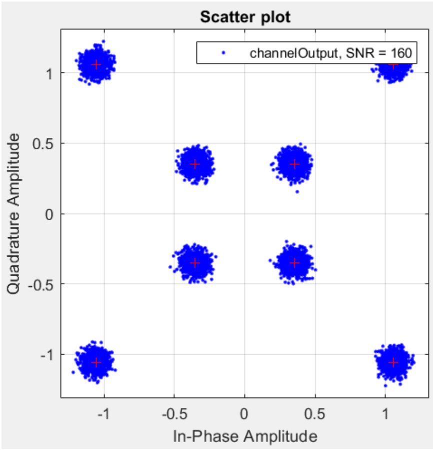
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 160
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
0

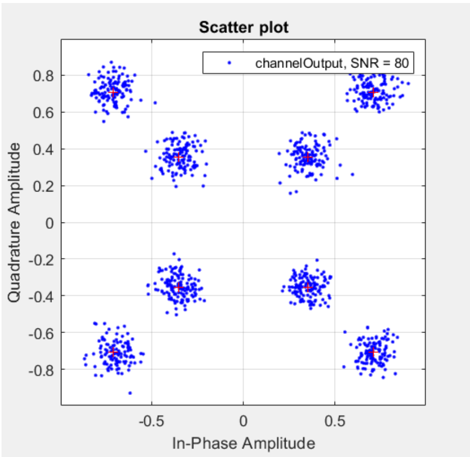
BER:
0



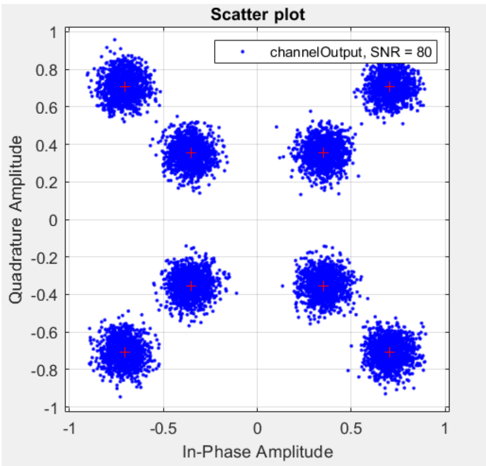

```
SNR = 160
Ilość bitów:
      30000

Ilość błędów:
   0

BER:
   0
```

B. SNR = 80

Amplitudy 0.5 i 1 :

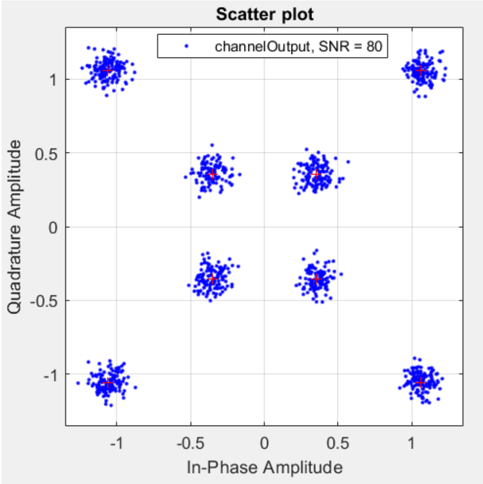



```
SNR = 80
Ilość bitów:
      3000

Ilość błędów:
   0

BER:
   0
```




```
SNR = 80
Ilość bitów:
      30000

Ilość błędów:
   0

BER:
   0
```

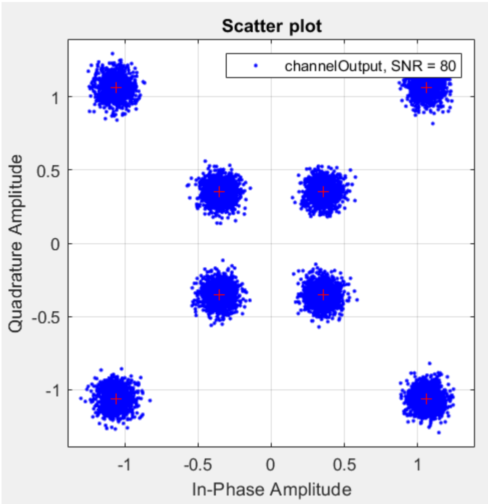
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 80
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
0

BER:
0



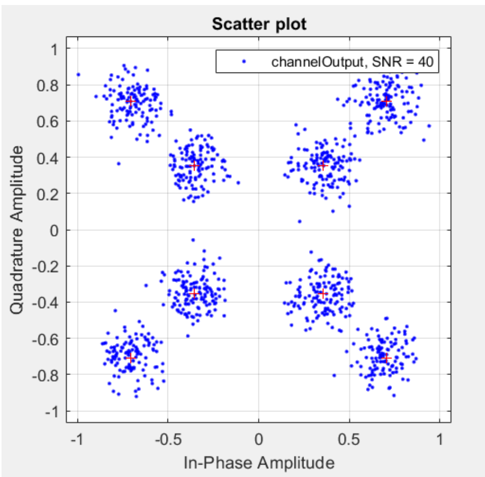
SNR = 80
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
0

BER:
0

C. SNR = 40

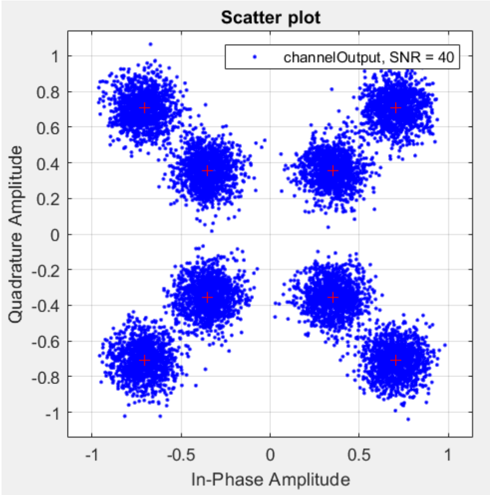
Amplitudy 0.5 i 1 :



SNR = 40
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
2

BER:
6.6667e-04

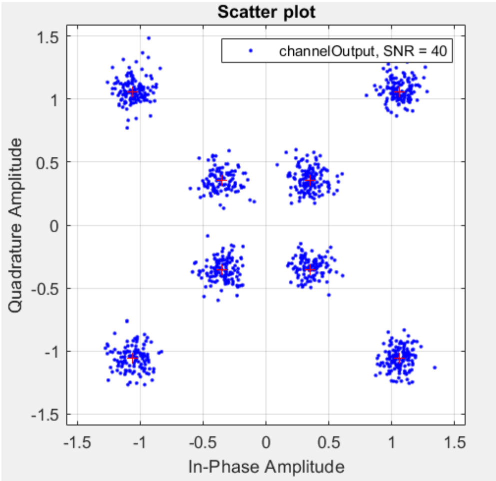


SNR = 40
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
30

BER:
1.0000e-03

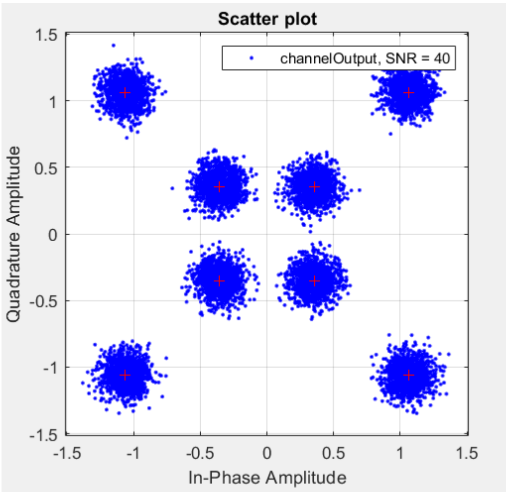
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 40
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
0

BER:
0



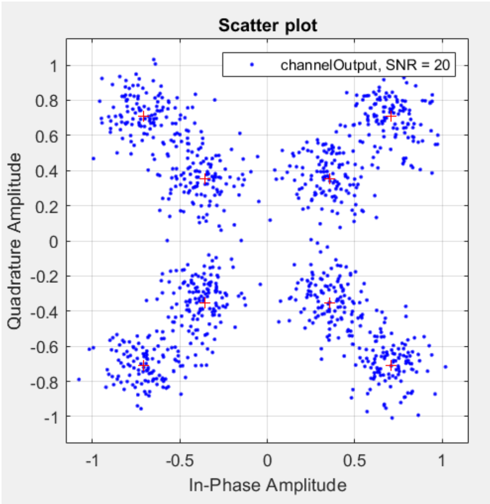
SNR = 40
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
0

BER:
0

D. SNR = 20

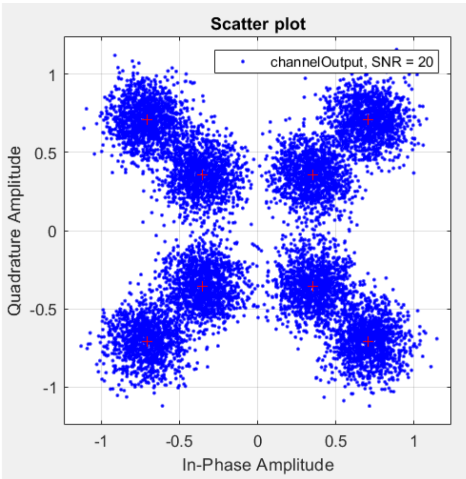
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 20
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
27

BER:
0.0090

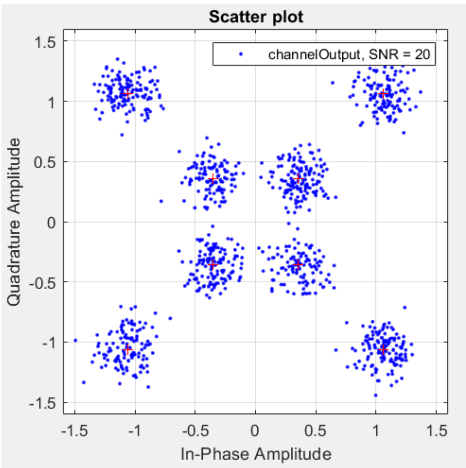


SNR = 20
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
255

BER:
0.0085

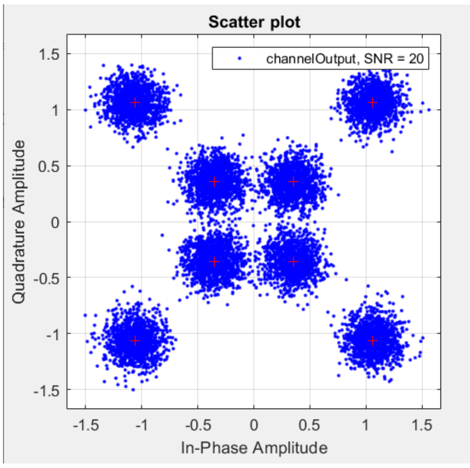
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 20
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
2

BER:
6.6667e-04



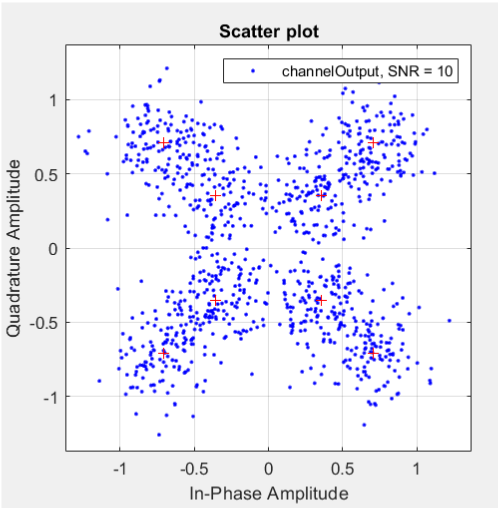
SNR = 20
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
25

BER:
8.3333e-04

E. SNR = 10

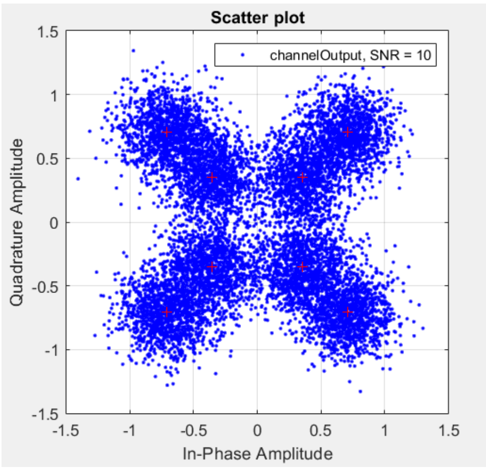
Amplitudy 0.5 i 1 :



SNR = 10
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
106

BER:
0.0353

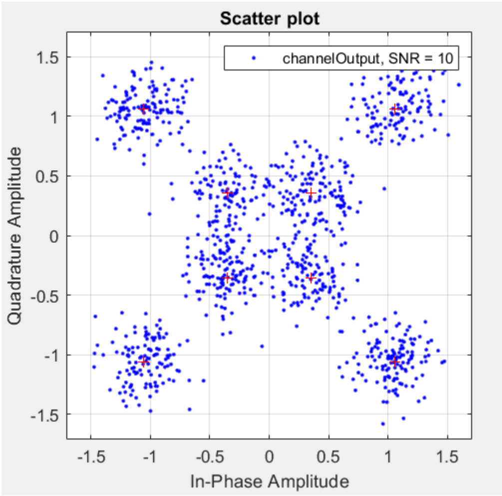


SNR = 10
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
1107

BER:
0.0369

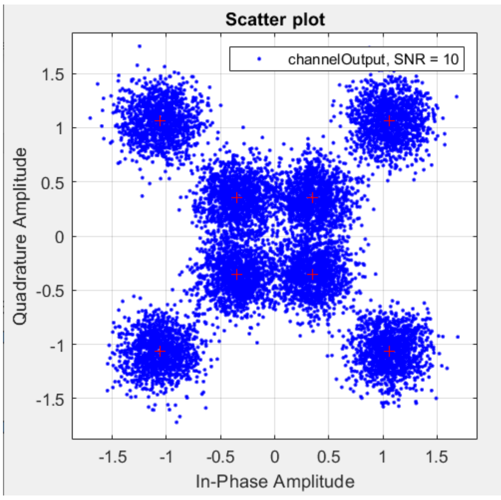
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 10
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
31

BER:
0.0103



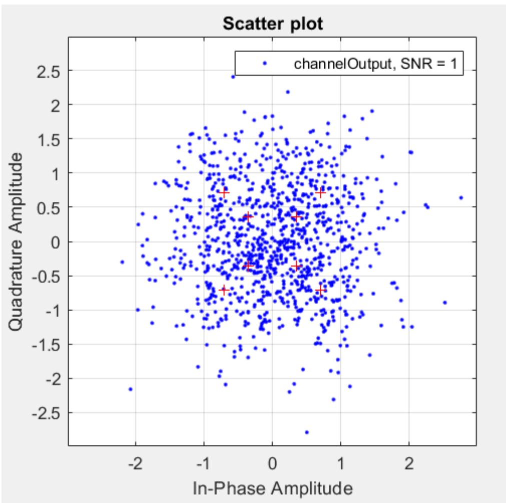
SNR = 10
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
262

BER:
0.0087

F. SNR = 1

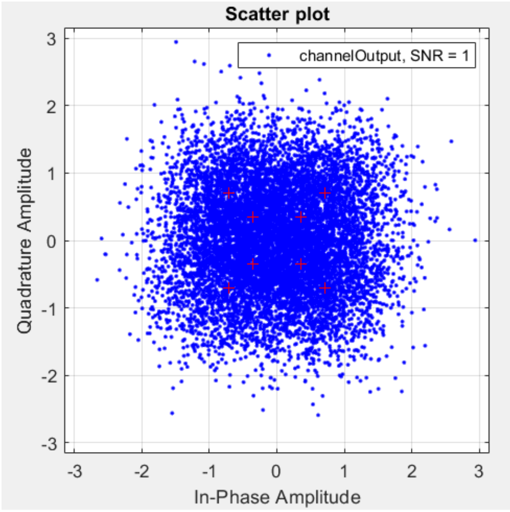
Amplitudy 0.5 i 1 :



SNR = 1
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
742

BER:
0.2473

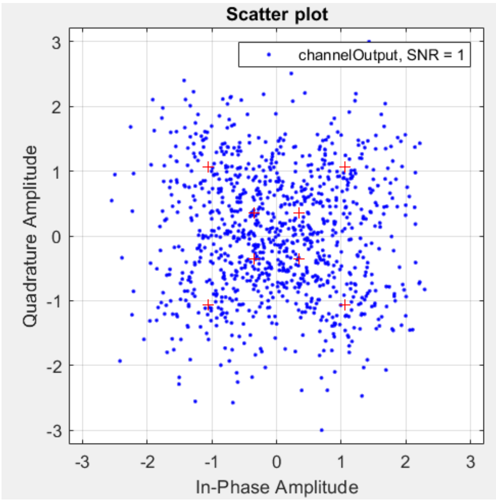


SNR = 1
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
7579

BER:
0.2526

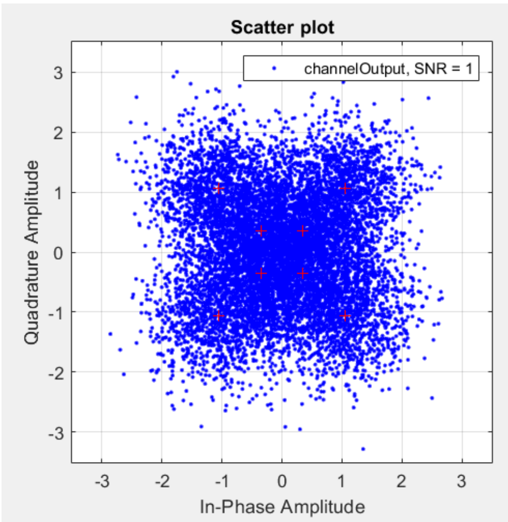
Amplitudy 0.5 i 1.5 :



SNR = 1
Ilość bitów:
3000

Ilość błędów:
535

BER:
0.1783



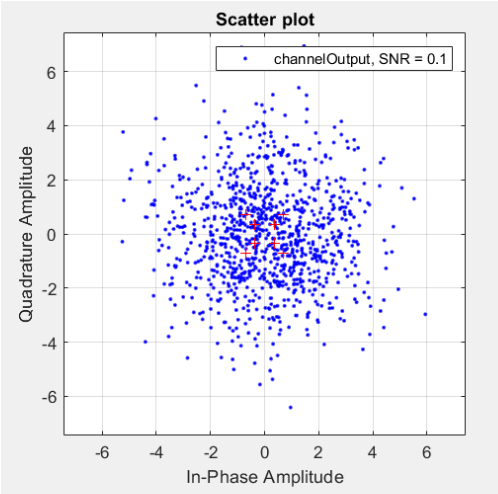
SNR = 1
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
5286

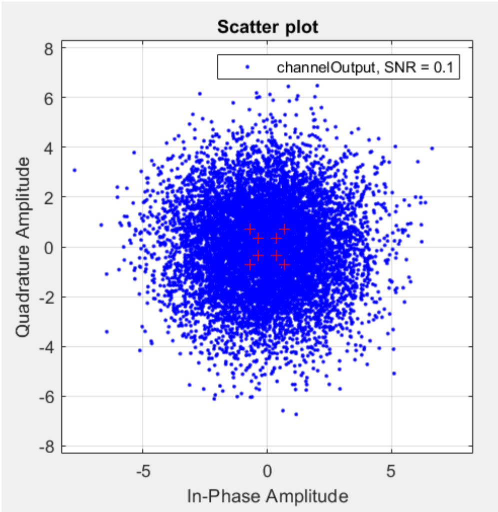
BER:
0.1762

G. SNR = 0.1

Amplitudy 0.5 i 1 :

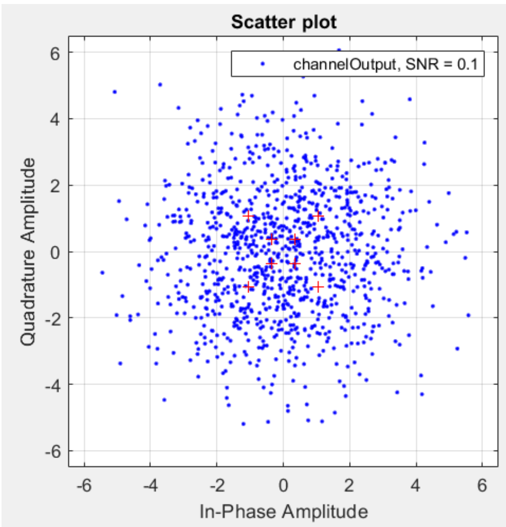



```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      3000

Ilość błędów:
      1275

BER:
    0.4250
```

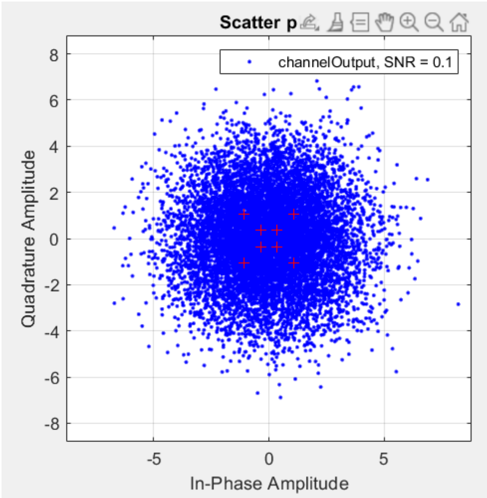



```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      30000

Ilość błędów:
      12676

BER:
    0.4225
```

Amplitudy 0.5 i 1.5 :




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
      3000

Ilość błędów:
      1147

BER:
    0.3823
```



SNR = 0.1
Ilość bitów:
30000

Ilość błędów:
11922

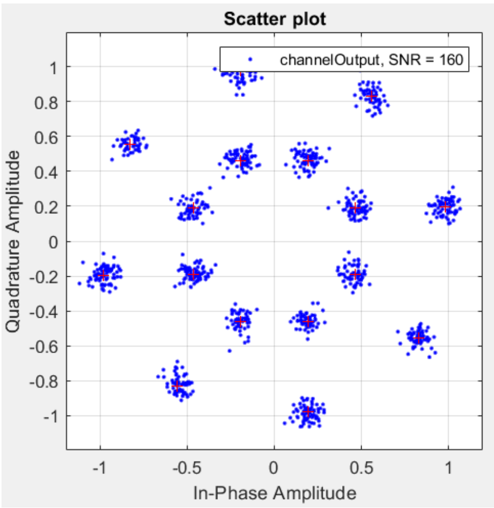
BER:
0.3974

h) M = [8 8]

Przesunięcie fazy pi/8 i pi/16

A. SNR = 160

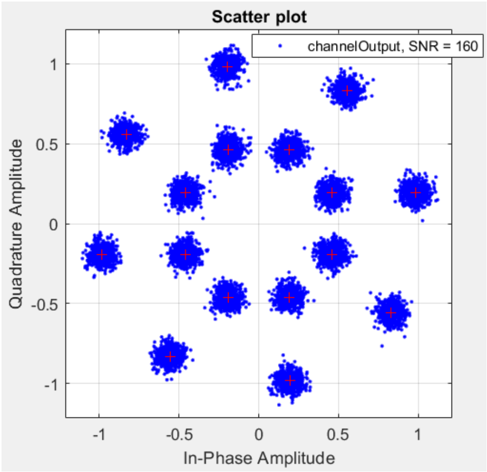
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 160
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
0

BER:
0



SNR = 160

Ilość bitów:

40000

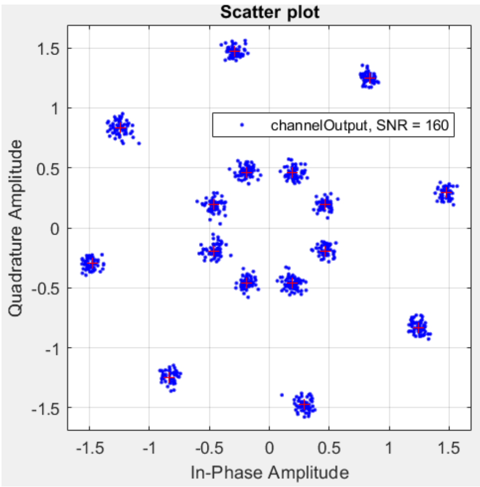
Ilość błędów:

0

BER:

0

Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 160

Ilość bitów:

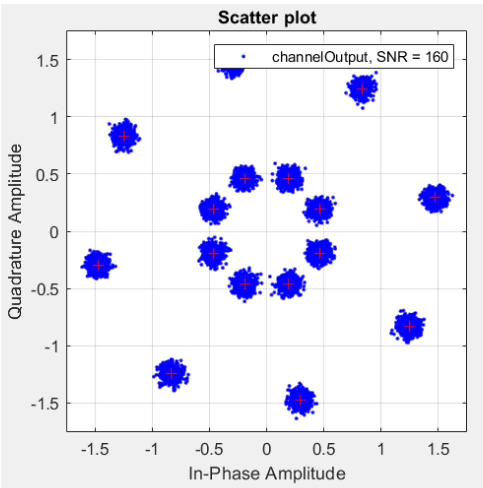
4000

Ilość błędów:

0

BER:

0



SNR = 160

Ilość bitów:

40000

Ilość błędów:

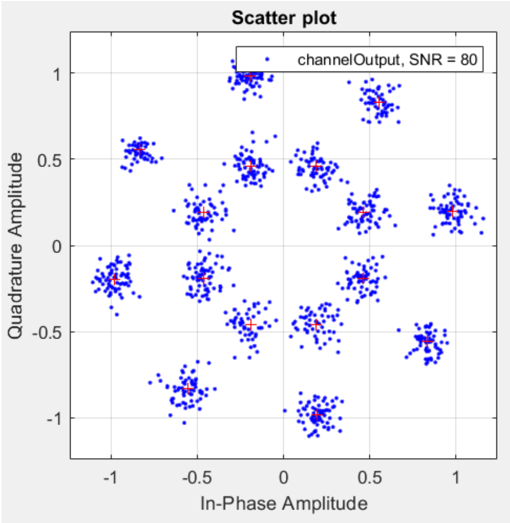
0

BER:

0

B. SNR = 80

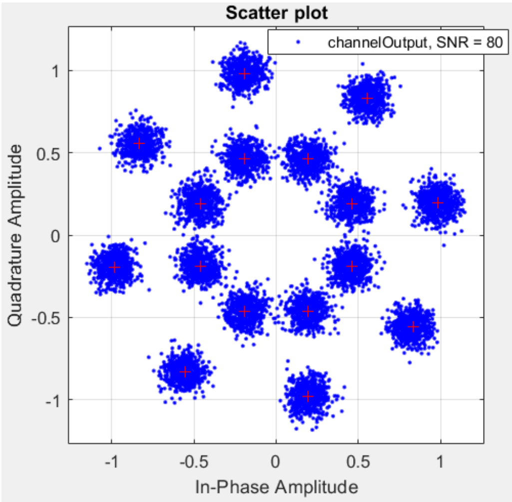
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 80
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
1

BER:
2.5000e-04

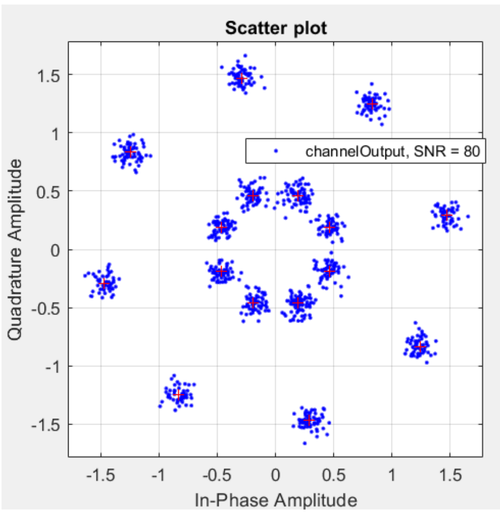


SNR = 80
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
14

BER:
3.5000e-04

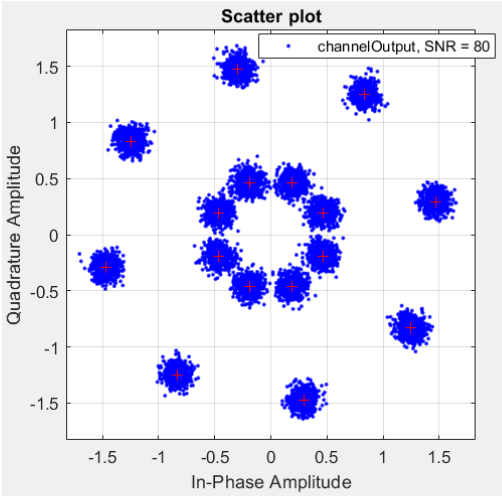
Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 80
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
2

BER:
5.0000e-04



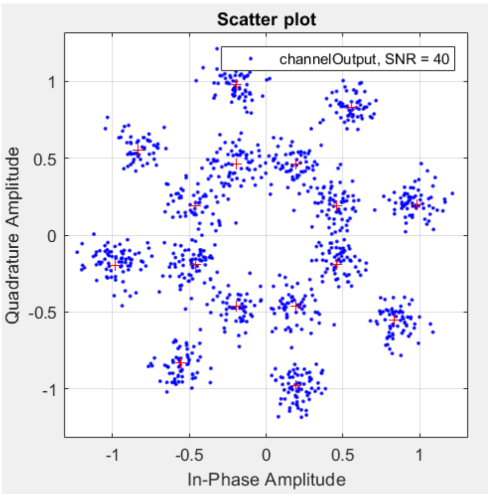
SNR = 80
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
12

BER:
3.0000e-04

C. SNR = 40

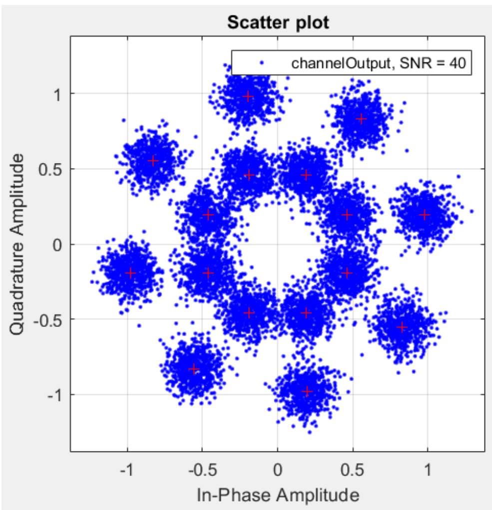
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 40
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
29

BER:
0.0073

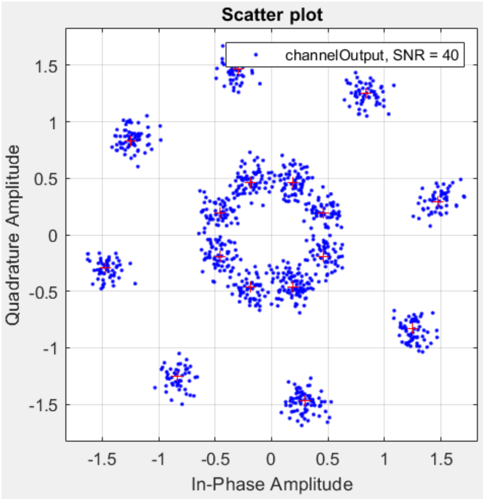


SNR = 40
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
213

BER:
0.0053

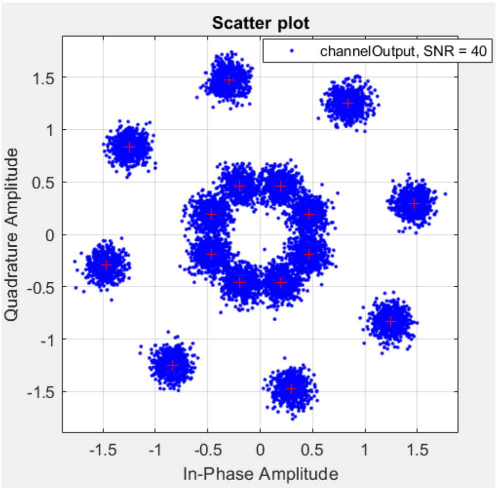
Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 40
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
16

BER:
0.0040



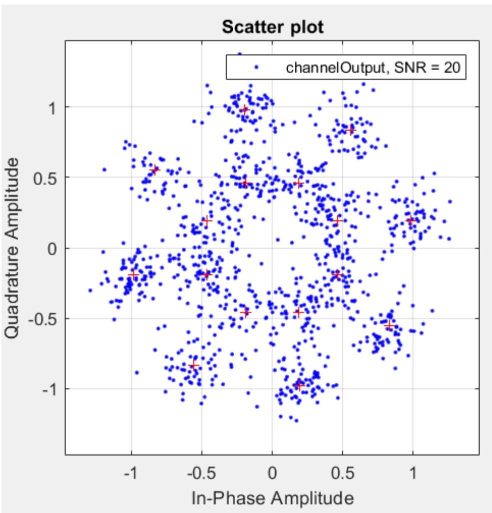
SNR = 40
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
155

BER:
0.0039

D. SNR = 20

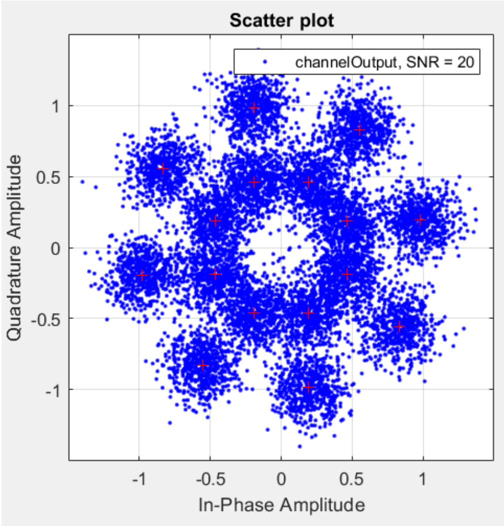
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 20
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
116

BER:
0.0290

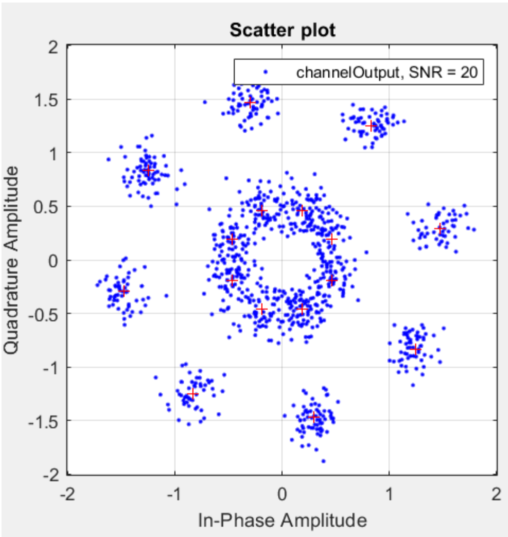


SNR = 20
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
1205

BER:
0.0301

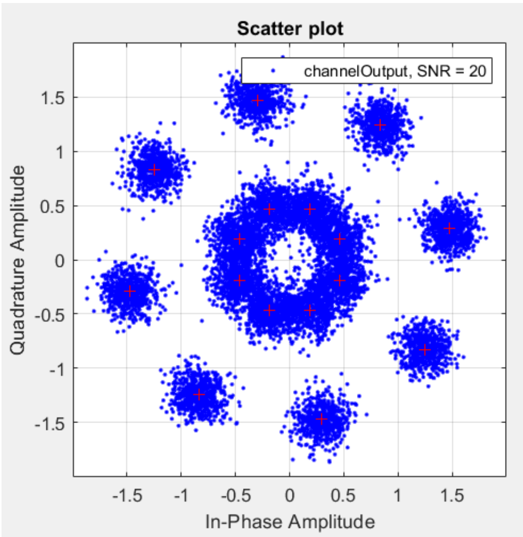
Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 20
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
76

BER:
0.0190



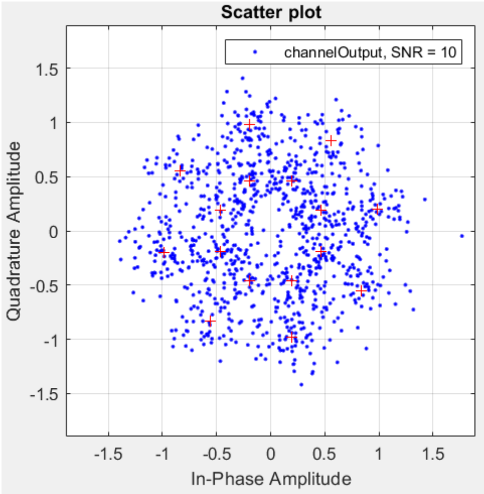
SNR = 20
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
675

BER:
0.0169

E. SNR = 10

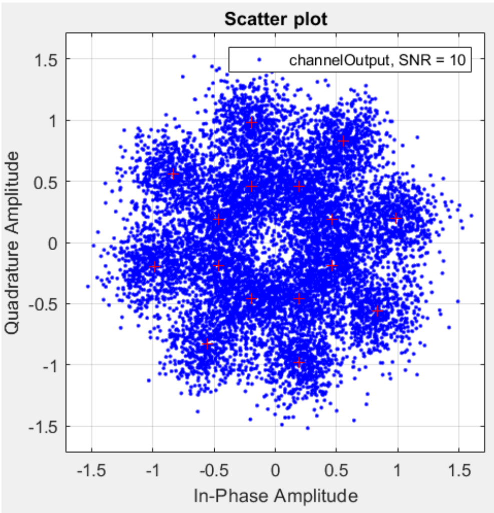
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 10
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
300

BER:
0.0750

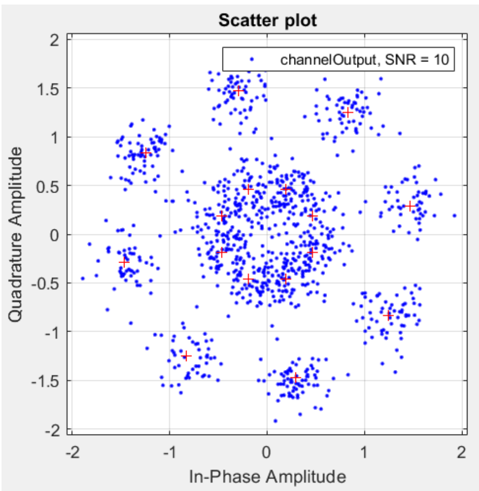


SNR = 10
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
3280

BER:
0.0820

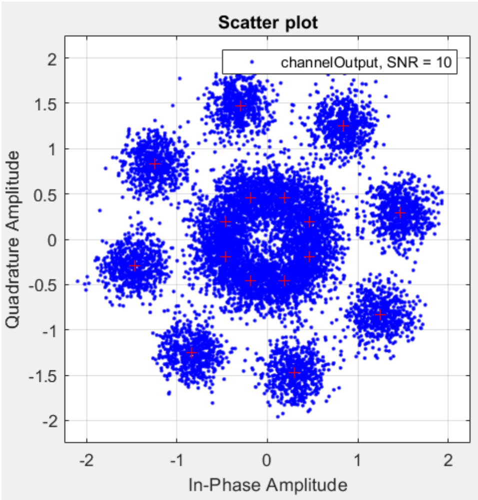
Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 10
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
176

BER:
0.0440



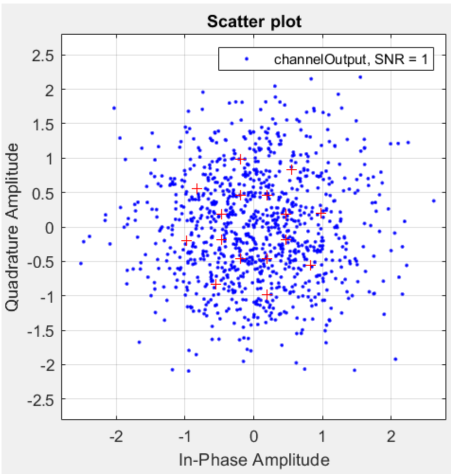
SNR = 10
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
1486

BER:
0.0372

F. SNR = 1

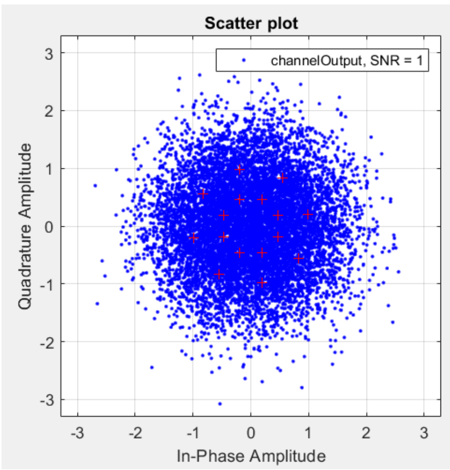
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 1
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
1266

BER:
0.3165

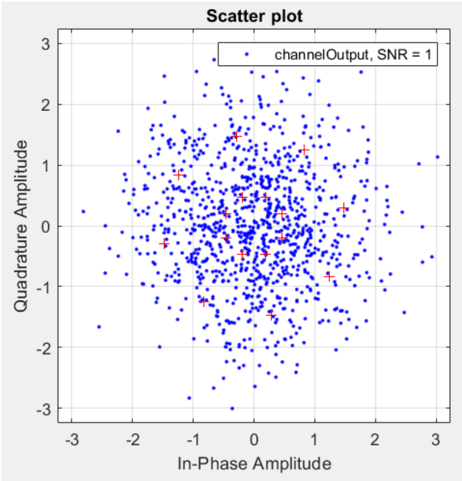


SNR = 1
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
12503

BER:
0.3126

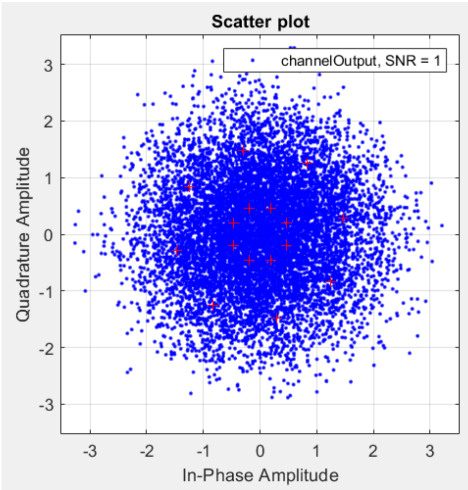
Amplitudy 0.5 i 1.5:



SNR = 1
Ilość bitów:
4000

Ilość błędów:
1012

BER:
0.2530



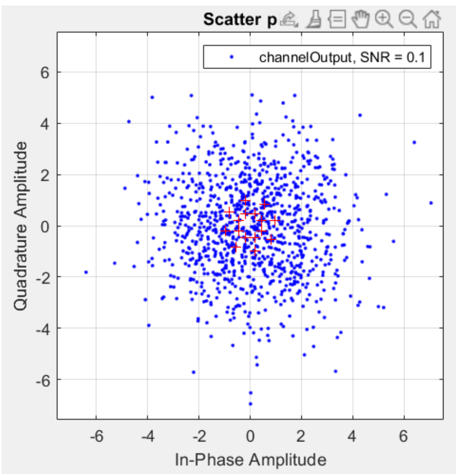
SNR = 1
Ilość bitów:
40000

Ilość błędów:
9879

BER:
0.2470

G. SNR = 0.1

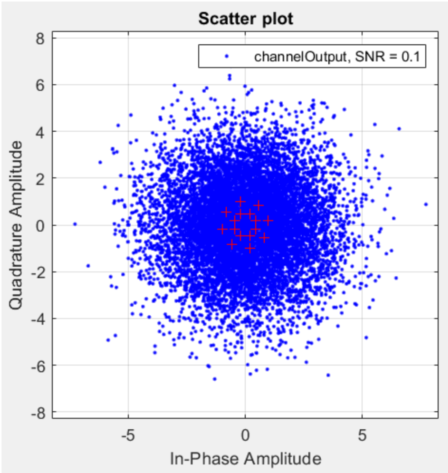
Amplitudy 0.5 i 1:



SNR = 0.1
Ilość bitów:
4000

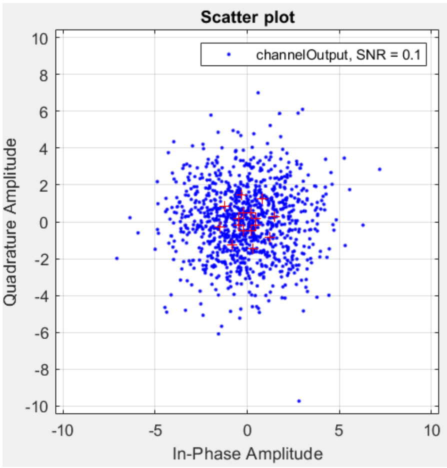
Ilość błędów:
1735

BER:
0.4338

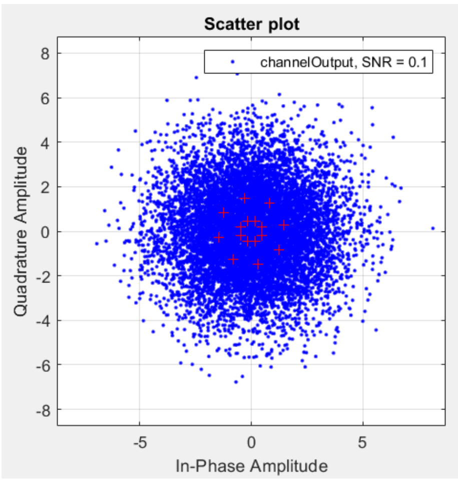



```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
       40000

Ilość błędów:
       17738

BER:
    0.4435
```

Amplitudy 0.5 i 1.5:




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
        4000

Ilość błędów:
        1724

BER:
    0.4310
```




```
SNR = 0.1
Ilość bitów:
       40000

Ilość błędów:
       16762

BER:
    0.4190
```

i) M = [16 16]

A. SNR = 160

B. SNR = 80
C. SNR = 40
D. SNR = 20
E. SNR = 10
F. SNR = 1
G. SNR = 0.1

j) M = [32 32]

A. SNR = 160
B. SNR = 80
C. SNR = 40
D. SNR = 20
E. SNR = 10
F. SNR = 1
G. SNR = 0.1

k)

A. SNR = 160
B. SNR = 80
C. SNR = 40
D. SNR = 20
E. SNR = 10
F. SNR = 1
G. SNR = 0.1

l)

A. SNR = 160
B. SNR = 80
C. SNR = 40
D. SNR = 20
E. SNR = 10
F. SNR = 1
G. SNR = 0.1

m)

n)