



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

QAM prenosni sistem

Seminarska naloga pri predmetu Digitalne komunikacije

Mentor: viš. pred. dr. Anton Umek

Avtorji: Nikola Balaban
Marko Balažič
Klemen Žagar

Ljubljana, 19. maj 2015

Kazalo

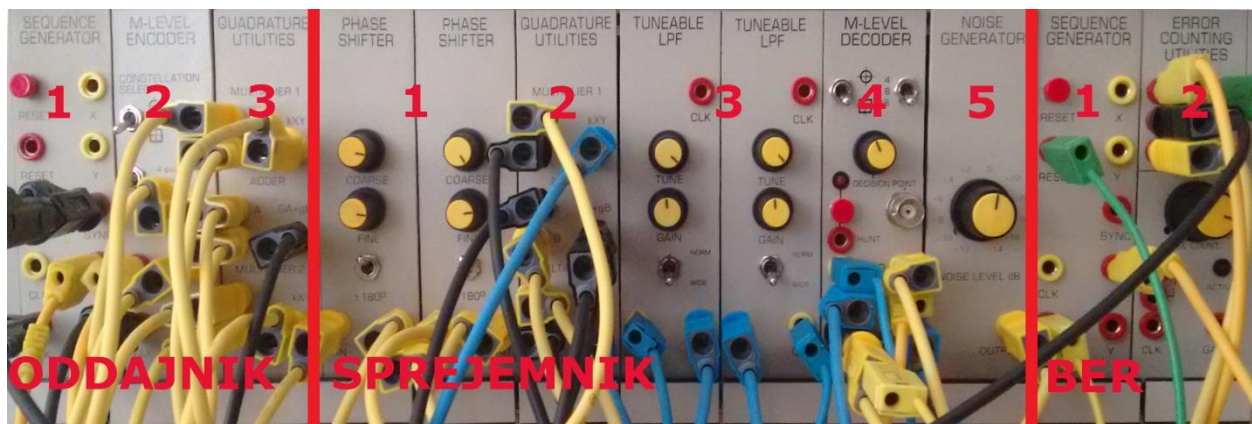
1. Povzetek	3
2. Predstavitev	4
2.1. Amplitudna Modulacija.....	4
2.2. Kvadraturna Amplitudna Modulacija	4
2.3. Konstelacijski Diagram	5
3. Sestavljanje QAM - 16 prenosnega sistema na TMS-u	6
4. Merjenje pogostosti napak na kanalu z belim šumom	8
5. Preverjanje učinka zasuka faze nosilca na pogostost napak v sprejemniku	10
6. Zaključek.....	11

1. Povzetek

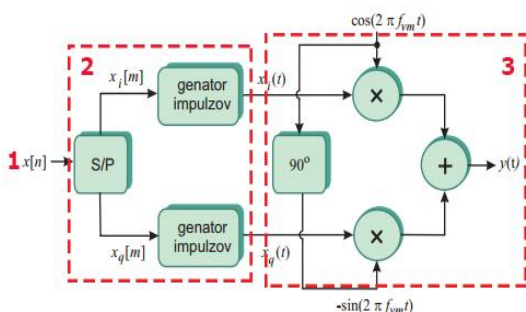
Projekt, ki smo si ga izbrali pokriva komunikacijo po sistemu Kvadrature Amplitudne Modulacije (QAM-16) . Simulacijo prenosa simbolov smo izvedli na TIMS modulih. Potrebno je bilo integrirati generator simbolov(Slika 1. (1)), QAM oddajnik, kanal za prenos, ter na koncu QAM sprejemnik. Izhodne signale smo preko sonde spravili na osciloskop, kjer smo jih lahko analizirali.

Ko smo osnovo postavili ter opravili test prenašanja simbolov, smo na kanal dodali modul Noise Generator(Slika 1. (5)), ki je skrbel za implementacijo belega šuma. Slednjega smo s pomočjo seštevalnika združili s signalom, ki smo ga prejeli preko kanala. Na tem mestu smo nastavljali različne vrednosti šuma in merili pogostost napak, ki jih je le-ta povzročil.

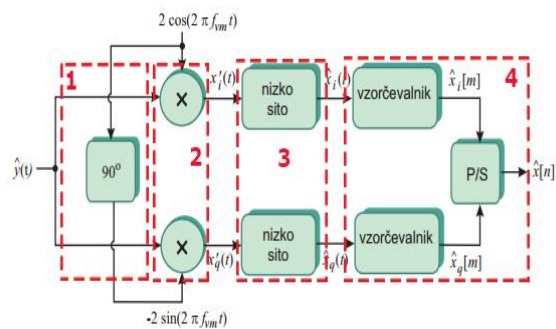
V vezje smo v nadaljevanju dodali še fazni sukalknik, s katerim smo regulirali fazni zasuk na nosilnem signalu. Ko smo v vezju vzpostavili skupno sinhronizacijo, smo lahko izmerili kakšen učinke ima fazni zasuk na pogostost pojavljanja napak na sprejemni strani. Pri korekciji signala smo si pomagali tudi s konstalcijskim diagramom. S tem poskusom smo vajo končali.



Slika 1. Celotni QAM sistem



Slika 2. QAM oddajnik



Slika 3. QAM sprejemnik

2. Predstavitev

2.1. Amplitudna Modulacija

Amplitudna modulacija je postopek, pri katerem za prenos informacije uporabimo modulacijo amplitude na nosilnem signalu. Frekvenca prenosa pa je vse skozi konstantna.

$$y(t) = 2x(t) \cos(2\pi f_{vm}t)$$

Modulacijski signal v tem primeru predstavlja niz impulzov. Za amplitudno modulacijo velja, da velik del moči signala predstavlja ravno nosilni signal. Da razmerje ni tako izrazito, moramo poskrbeti za modulacijski signal ne vsebuje enosmerne komponente. Zato mora zanj veljati:

$$x(t) = 0$$

Kar pa drži v primeru, če je signal, ki ga prenašamo enosmerno uravnotežen:

$$x[n] = 0$$

Iz spektralnega vidika nam amplitudna modulacija preslika spekter iz osnovnega pasu v levi ter desni bok okrog nosilca. Na ta način se pasovna širina prenosa podvoji.

2.2. Kvadratura Amplitudna Modulacija

Za to vrsto modulacije velja, da osnovni signal časovno razdelimo in ga pripnemo na dva nosilna signala za katera velja, da sta med seboj ortogonalna. Ortogonalnost poskrbi, da pri postopku demodulacije lahko oba signala zopet združimo v prvotno obliko, ki velja za prenosni signal. Moduliran signal lahko zapišemo kot:

$$y(t) = x_i(t) \cos(2\pi f_{vm}t) - x_q(t) \sin(2\pi f_{vm}t)$$

Za niz, ki smo ga razdelili na dve komponenti (fazna in kvadratura) velja, da imajo napram prvotnemu nizu polovično simbolno frekvenco $\frac{f_s}{2}$. Sledi pretvorba nizov v impulzno obliko. Obe komponenti nato zmnožimo z pripadajočim nosilcem (sinus oz. kosinus) in nato obe veji med seboj seštejemo. To predstavlja naš končni moduliran signal.

Kar se tiče pasovne širine osnovnega signala velja, da paralelnost nizov povzroči razpolovitev pasovno širine. Vendar pa se širina zopet podvoji pri množenju z nosilnim signalom. Postopek v

končni fazi ohrani pasovno širino. Napram PAM modulaciji, za katero velja, da postopek modulacije pasovno širino podvoji, je QAM iz spektralnega vidika bolj učinkovita.

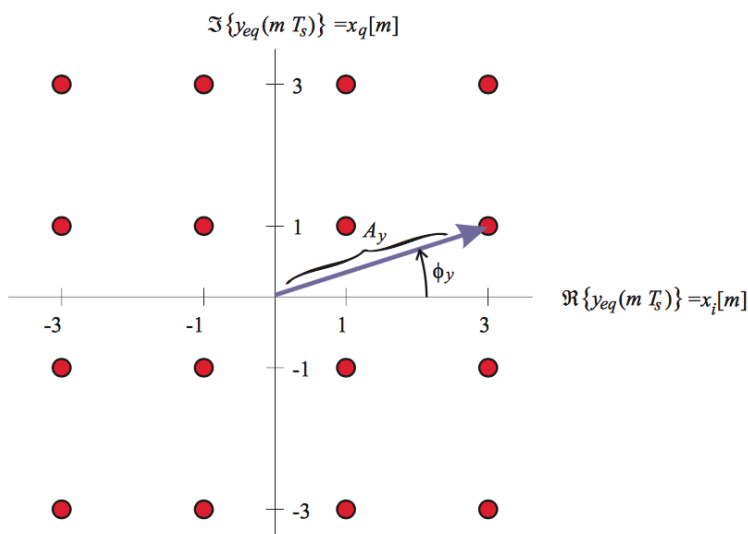
Postopek demodulacije signala je sledeč. Sprejeti signal prvo razdelimo na dve veji, ki ju množimo z ortogonalnima nosilcema. Zaradi dvakratne nosilne frekvence, dobimo stranske komponente, ki jih odstranimo z nizko-pasovnim sitom. Opravimo še postopek vzorčenja, nato pa lahko oba niza zopet združimo, za kar poskrbi paralelno-serijski pretvornik. Izhodni signal lahko zapišemo kot:

$$y(t) = A_y(t) \cos(2\pi f_{vm}t + \phi_y(t))$$

Amplituda v kompleksnem prostoru je sestavljena iz amplitude in faze. Le to lahko označimo kot ekvivalentni signal v osnovnem pasu. QAM je torej amplitudno fazna modulacija saj končni signal vsebuje tako fazno ($\phi_y(t)$) kot tudi amplitudno ($A_y(t)$) odvisnost.

2.3. Konstelacijski Diagram

Po vzorčenju dobimo diskretne vrednosti, ki lahko zavzemajo točno določene vrednosti. Vrednosti obeh nizov združimo v pare, ki jih lahko nato prikažemo v kompleksni ravnini. Tak prikaz imenujemo konstelacijski diagram. S pomočjo grafa lahko vidimo na enem mestu vse možne kombinacije ki jih tvorijo vrednosti faznega in kvadraturnega niza.



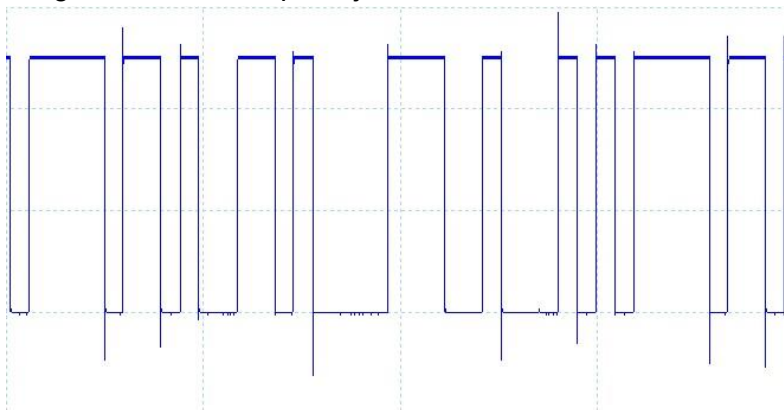
Slika 4. Primer konstelacijskega diagrama

V primeru 16QAM imamo 16 območij kjer se lahko nahajajo vrednosti. Vsak izmed oddanih simbolov je zapisan s 4 biti. Oddaljenost od izhodišča je enaka amplitudi signala, kot med točko in realno osjo pa predstavlja fazo posameznega simbola. Kvadrat razdalje od izhodišča je sorazmeren z energijo signala. Signalu lahko zmanjšamo moča tako, da se izogibamo skrajnim točkam diagrama. Z ustreznim kodiranjem ga lahko preoblikujemo v okroglo obliko.

3. Sestavljanje QAM - 16 prenosnega sistema na TIMS-u

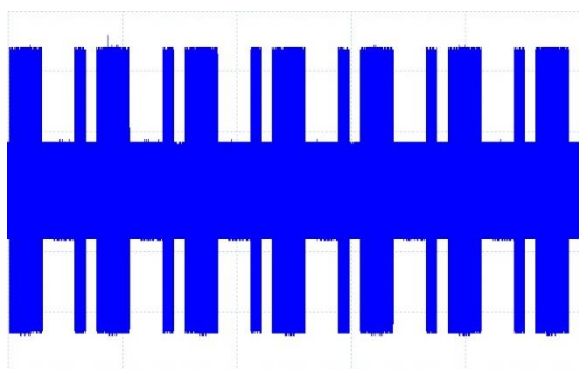
Pred samim začetkom sestavljanja smo rabili malo uvoda, zato nam je asistent dr. Anton Umek razložil vse kar smo rabili za začetek dela. Med samim povezovanjem smo se večkrat ustavili ter preverili če dobivamo željen signal na določenih delih vezja.

Začeli smo z sestavljanjem oddajnega dela sistema. V začetku smo rabili signal, ki ga bomo pošiljali preko sistema in za to smo uporabili sekvenčni generator, na katerem smo lahko ustvarili naključen signal z dolgim ali kratkim zaporedjem.

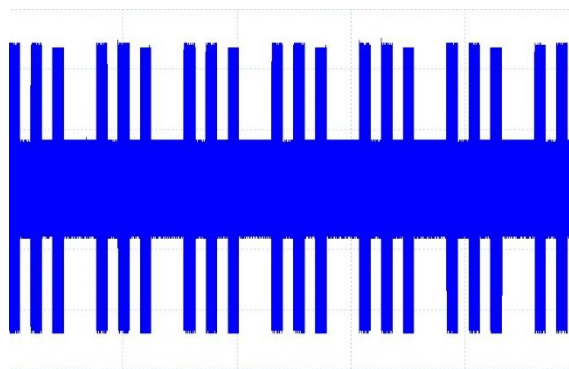


Slika 5. Oddani signal

Za QAM modulacijo smo uporabili M-Level Encoder, ki nam naredi serijsko paralelno pretvorbo ter nam z generatorjem impulzov naredi analogen kodiran signal za nadaljnje obdelovanje. Z nastavljanjem na tem kodirniku lahko nastavimo želeno QAM modulacijo. Sedaj imamo dva signala x_i in x_q .

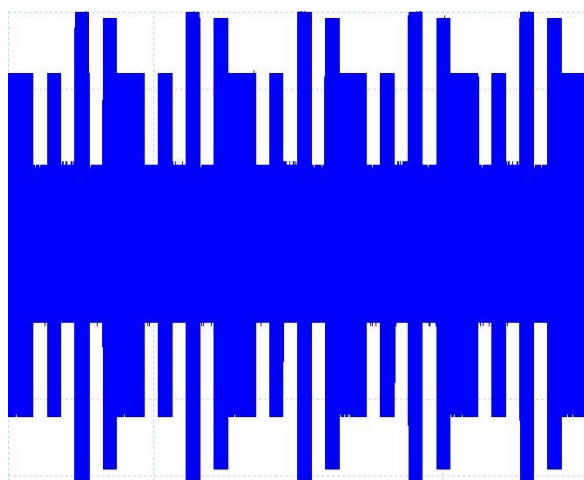


Slika 6. x_q veja na oddajniku



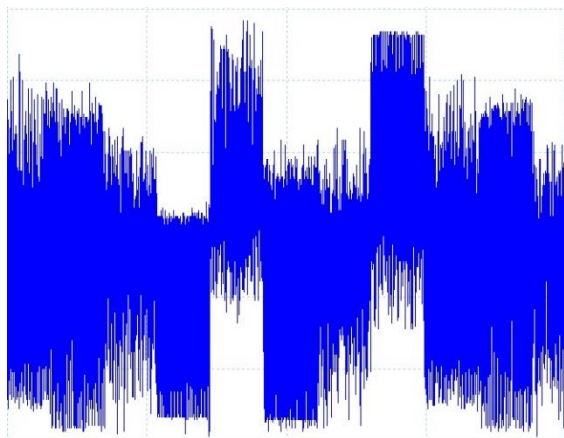
Slika 7. x_i veja na oddajniku

Z uporabo kvadratičnih orodij (Quadrature Utilities) se nam poenostavi vezava in pridobimo več prostora, ker rabimo dva množilnika in en seštevalnik, to pa je na tem modulu vse gor. Signal z i veje kodirnika množimo najprej z kosinusom frekvenca 100 kHz, ki smo ga našli že na TIMS-u, signal z veje q pa z sinusom iste frekvenca, ki se prav tako nahaja na TIMS-u. Ta dva zmnožena signala nato seštejemo in dobimo pripravljen signal za oddajanje.

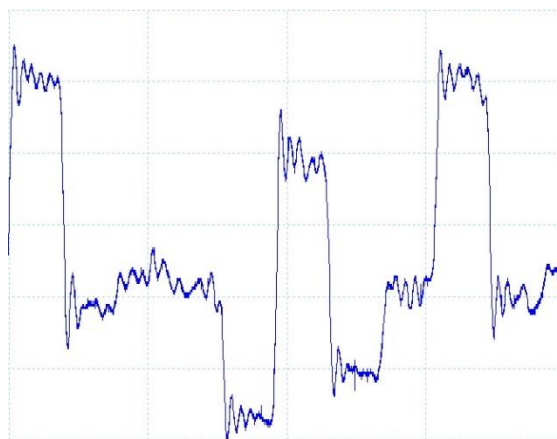


Slika 8. Signal za odajanje

Sprejeti signal peljemo spet na modul kvadratičnih orodij, mu prištejemo šum z generatorjem belega šuma, signal z prištetim šumom pa dvakrat povežemo v množilnik. V prvem množilniku ga množimo z kosinusom frekvence 100 kHz, kot prej, vendar smo si pripravili za poznejše preizkuse dva fazni sukalnika. V prvega pripeljemo osnoven signal kosinusa, tega potem povežemo v prvo vejo množilnika, z drugim sukalnikom pa zasukamo kosinus za 90 stopinj in tako dobimo sinus iste frekvence, tega pa nato povežemo v drug množilnik. Iz teh množilnikom smo pridobili signala x_i' in x_q' . Signala damo skozi nizkopasovni filter (Tuneable LPF) in s tem izločimo komponente pri dvakratni nosilni frekvenci, nato pa povežemo signala na M-Level Decoder, ki nam signala vzorči in spet združi v en niz z uporabo paralelno serijskega pretvornika.



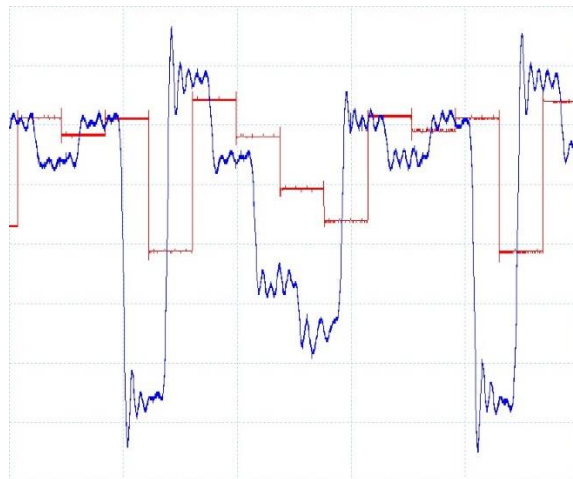
Slika 9. Signal ene veje pred nizkopasovnim sitom



Slika 10. Signal ene veje po nizkopasovnem situ

Z uporabo točke odločitve dekodirnika smo nastavili vse točke konstalcijskega diagrama v pravilno lego in razpon, ter se še potrudili z nastavljanjem filtrov in faznega zasuka kosinusa do

pravilne rešitve na izhodu. Takrat smo preverili vhodni signal in izhodni, ki sta bila z upoštevanjem zamika 8 bitov enaka.



Slika 11. Nivo odločanja

4. Merjenje pogostosti napak na kanalu z belim šumom

Sestavili smo še vezje za preverjanje napak. Dodali smo še en sekvenčni generator, ki nam bo služil kot referenca ter orodje za štetje napak (Error Counting Utilities), ki nam bo preverjalo naš vhodni signal z izhodnim. Zaradi problema zamika izhodnega signala 8 bitov smo rabili referenčni signal, ki bo enak vhodnemu vendar zamaknjen za 8 bitov. Ko smo v vezju izklopili generator šuma, je na izhodu prišel pravilen signal. Ta signal smo primerjali z našim referenčnim na orodju za štetje napak ter z povezavo na vhod ponastavitve generatorja sekvenc ponastavljali referenčni signal dokler ta ni bil enak pravilnemu izhodnemu signalu. Referenčni signal je bil pripravljen sedaj pa smo preizkušali kako vpliva šum na pravilnost delovanja sprejemnika. Z povečevanjem šuma na kanalu smo, kot pričakovano začeli dobivati čedalje več napak. Dobljeni rezultati so prikazani v tabeli in grafu spodaj.

N_0 [dB]	SNR_0 [dB]	BER [10^{-4}]
-47	54,5	0
-45	52,5	0
-43	50,5	0
-41	48,5	0
-39	46,5	17
-37	44,5	64
-35	42,5	110
-33	40,5	193
-31	38,5	231
-29	36,5	303
-27	34,5	334
-25	32,5	346

Tabela 1.

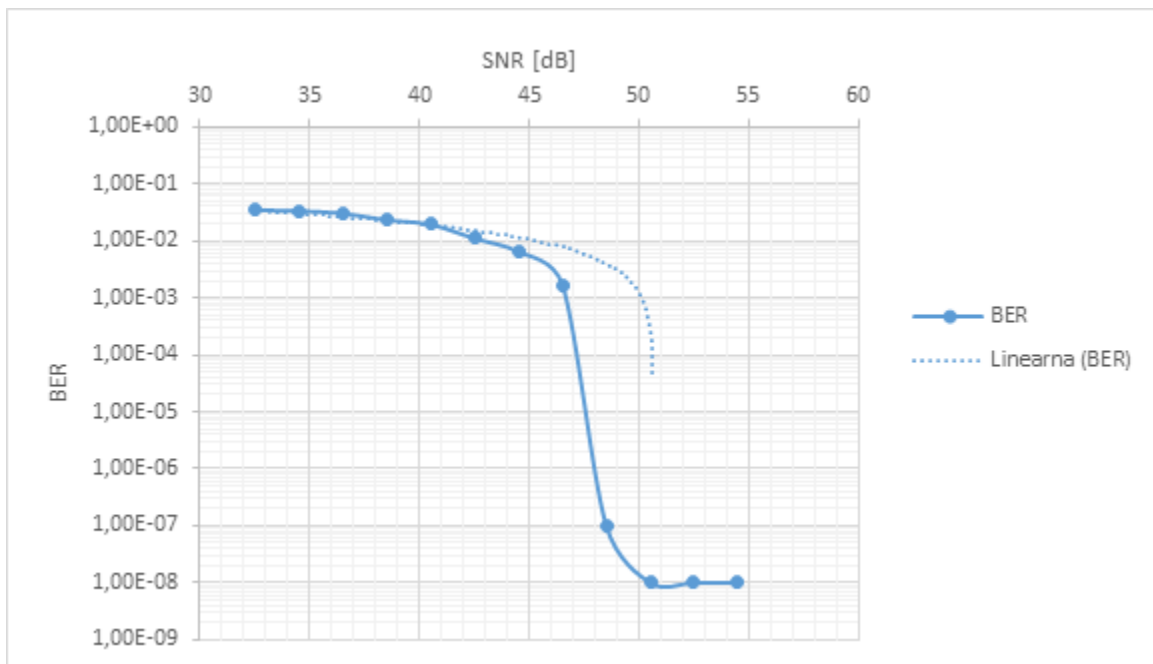
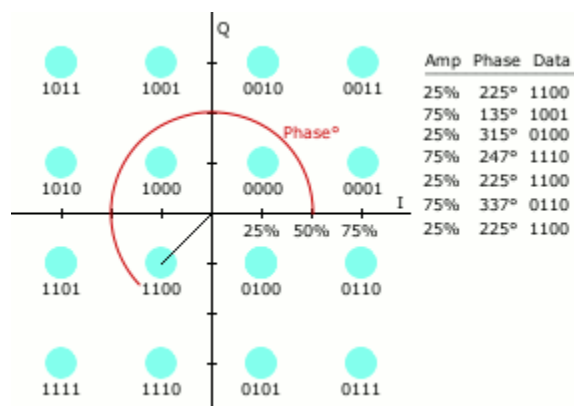


Diagram 1. Odvisnost pogostosti napak od razmerja signal-šum

5. Preverjanje učinka zasuka faze nosilca na pogostost napak v sprejemniku

Kot že prej povedano smo za ta preizkus sestavili dva fazna sukalnika. Drugega pustimo tako kot je prvega pa spreminjamo in opazujemo število napak. Takoj ko smo ga zavrteli za nekaj stopinj zasuka, so nam napake porasle precej visoko in potem je bilo zelo težko najti spet pravo vrednost tako da nebi bilo napak. Iz teorije smo izvedeli, da bi naj ta zasuk do 33 stopinj ne prinesel preveč napak zraven in bi še moglo vezje delovati pravilno. Seveda je pri nas težava v tem, da imamo vse nastavljeno na najboljšo delovanje in z premikom enega od parametrov izničimo to ravnovesje.



Slika 12. Konstelacijski diagram z fazama



Slika 13. Vpliv faznega zasuka na konstelacijski diagram

6. Zaključek

Značilnost QAM prenosnega sistema je v tem da točno vemo koliko lahko zasukamo fazo pri prenosu da se zmeri lahko dobimo pravilen signal (pri QAM-4 je to 45 stopinj in pri QAM-16 je to 33 stopinj) in da ima svojo karakteristično odvisnost napak od razmerja signal-šum, ki jo vidimo na diagramu 1. Vidimo da na začetku diagrama, ko začnemo večati SNR so napake skoraj nič in se ne povečujejo do ene mejne vrednosti od kje naprej začnejo napake strmo naraščati.

V realnih primerih se tak sistem uporablja pri prenosu analognih komponent barv pri NTSC in PAL televizijskih sistemih in pri prenosu stereo razlike zvok pri AM radiju. Pri digitalnem prenosu se uporablja pri optičnih sistemih.