

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
Urad RS za intelektualno lastnino

(10) **SI 22825 A**

(12)

PATENT(21) Številka prijave: **200800136**

(51) Int. Cl. (2009)

H03F 1/32(22) Datum prijave: **27.05.2008**(45) Datum objave: **31.12.2009**

(72) Izumitelji: **LEMUT Primož, 5220 Tolmin, SI;**
PAGLOVEC Peter, 5253 Čepovan, SI;
URŠIČ Rok, 5000 Nova Gorica, SI;
KOŠIČEK Andrej, 5000 Nova Gorica, SI;
KARČNIK Tomaž, 1000 Ljubljana, SI

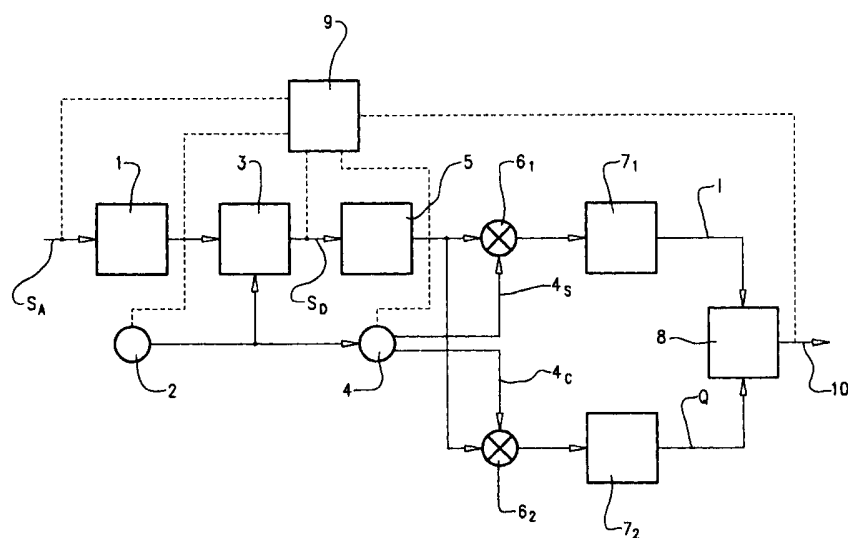
(73) Imetnik: **Instrumentation Technologies d.o.o.,**
Velika pot 22, 5250 Solkan, SI

(74) Zastopnik: **INVENTIO d.o.o., Dolenjska cesta 11, p.p. 2410, 1001 Ljubljana, SI**

(54) **POSTOPEK KOMPENZACIJE NELINEARNIH POPAČENJ VISOKOFREKVENČNIH SIGNALOV IN NAPRAVA
ZA IZVEDBO POSTOPKA**

(57) Predloženi izum se nanaša na postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom. Izum se nanaša tudi na napravo za izvedbo omenjenega postopka. Pri tem je

po izumu predvideno, da je razmerje med frekvenco f_{IN} vhodnega signala S_A in frekvenco f_S vzorčenja, ki diktira delovanje analogno digitalnega pretvornika (3), poljubno iracionalno število.

**SI 22825 A**

5

10 **Postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih
signalov in naprava za izvedbo postopka**

- 15 Predloženi izum se nanaša na postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom. Izum se nanaša tudi na napravo za izvedbo omenjenega postopka.
- 20 Pri procesiranju visokofrekvenčnih signalov se že dolgo uporablja napravo, ki je na zadevnem področju znana kot digitalni radio. Slednji razdeli obdelovani digitalni signal na dva dela, ki ju meša z interno generiranim sinusnim in kosinusnim signalom iste frekvence. Signala, ki pri tem nastaneta na izhodu mešalnikov sta znana kot I in Q veji. Na ta način se informacija, ki je skrita v nosilni frekvenci, s pomočjo kvadraturene amplitudne
- 25 demodulacije prenese v osnovni frekvenčni pas.

- Frekvenca vzorčenja je pri takem načinu obdelave signala običajno izbrana tako, da je enaka celoštevilčnemu mnogokratniku frekvence vhodnega signala. Vendar pri tem pride do težav zaradi nelinearnosti analogno digitalnih pretvornikov in drugih elektronskih
- 30 komponent. To nelinearnost lahko opišemo kot neko dodatno amplitudno modulacijo na vhodnem signalu, zaradi česar se v opazovanem frekvenčnem pasu poleg opazovanega signala pojavijo tudi signali z višjimi harmonskimi frekvencami, ki pokvarijo meritve amplitude opazovanega signala. Poleg tega pa celoštevilsko razmerje med frekvenco vzorčenja in vhodno frekvenco pomeni, da analogno digitalni pretvornik deluje le v N
- 35 točkah in ne na celotnem obsegu svojega delovanja. Frekvenca ponavljanja dodatne

modulacije se torej pojavi vsakih N točk. Problem je še bolj izrazit, če uporabljamo podvzorčenje.

Omenjeno težavo je delno rešil L. Doolittle (*L. Doolittle, H. Ma, Digital Low-Level RF Control Using Non-IQ Sampling, LINAC 2006*), ki je predlagal spremembo frekvence vzorčenja tako, da je razmerje med slednjo in frekvenco vhodnega signala v razmerju racionalnih števil, pri čemer ostane omenjeno razmerje, ko je enkrat izbrano, nespremenljivo. V tem primeru se signali z višjimi harmonskimi frekvencami odmaknejo od opazovane frekvence, analogno digitalni pretvornik pa deluje v več točkah, vendar še vedno ne na celotnem obsegu. Če analogno digitalni pretvornik deluje v več točkah, se frekvenca ponavljanja dodatne modulacije zmanjša. V izhodnem signalu se sicer pojavi več višjih harmonskih komponent, vendar se moč posamezne komponente zmanjša (celotna moč napake je vedno enaka).

Naloga izuma je ustvariti nov postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom, ki bo odpravil pomanjkljivosti znanih rešitev.

Nadaljnja naloga izuma je ustvariti napravo za izvedbo postopka kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom.

Postopek po izumu omogoča opazovanje amplitudno moduliranih signalov in poljubno izbiranje razmerja frekvence vzorčenja in frekvence vhodnega signala, ki je lahko tudi iracionalno. S tem dosežemo, da analogno digitalni pretvornik deluje na poljubno mnogo mestih, kar pomeni, da se moč napake pri posamezni frekvenci zmanjša. Signali z višjimi harmonskimi frekvencami izpadejo iz opazovanega frekvenčnega območja in ne kvarijo meritev. Opazovani signal ima nosilno frekvenco, ki je amplitudno modulirana s signalom, ki nas zanima. Poleg tega je omenjeni opazovani signal lahko amplitudno moduliran še s poljubno periodično motnjo.

Izum je v nadaljevanju podrobneje opisan s sklicevanjem na priloženo skico, kjer je shematsko prikazana naprava za kompenzacijo nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom po izumu.

Opazovani modulirani analogni signal S_A vodimo iz senzorjev (na skici niso prikazani) skozi pasovni filter 1, ki odreže signale pri višjih harmonskih frekvencah, v analogno digitalni pretvornik 3 (dalje AD pretvornik). AD pretvornik 3 deluje s frekvenco f_s vzorčenja, ki mu jo narekuje referenčni oscilator 2. Le-ta določa tudi frekvenco f_{NCO} lokalnega oscilatorja 4, ki generira dva signala in sicer sinusni signal 4_s in kosinusni signal 4_c , oba s frekvenco f_{NCO} , ki je enaka frekvenci f_{IN} vhodnega signala S_A .

Opazovani, iz AD pretvornika 3 izhajajoči digitalni signal S_D vodimo skozi ozkopasovni filter 5, ki odreže višje harmonske komponente in intermodulacijske produkte, ki se pojavijo zaradi nelinearnosti analognih elektronskih komponent. Iz ozkopasovnega filtra 5 izhajajoči signal razdelimo na dva dela, od katerih prvega množimo s sinusnim signalom 4_s iz lokalnega oscilatorja 4 v mešalniku 6_1 , drugega pa s kosinusnim signalom 4_c v mešalniku 6_2 . Vsakokratni pri množenju nastali signal I in Q vodimo v nizkopasovni filter 7_1 in 7_2 , ki prepusti samo signal v osnovnem frekvenčnem pasu, del z dvojno frekvenco pa odreže. S kvadraturno amplitudno demodulacijo v demodulatorju 8 iz signalov I in Q izluščimo amplitudo, ki nas zanima.

Zaradi nelinearnosti elektronskih komponent se v digitalnem signalu za AD pretvornikom 3 poleg signala, ki nas zanima, pojavijo tudi signali z višjimi harmonskimi frekvencami in intermodulacijski produkti. Zaradi preslikav v 1. Nyquistovo cono lahko pride tudi do prekrivanja posameznih frekvenčnih komponent. Ker je vhodni signal S_A lahko amplitudno moduliran (motnja), se ob osnovnem signalu pojavijo še stranske komponente, ki so od njega odmaknjene za večkratnik frekvence te modulacije. Te stranske komponente se pojavijo tudi ob vseh višjih harmonskih signalih. In ravno te stranske komponente se lahko prekrijejo z opazovanim osnovnim signalom in pokvarijo meritev amplitude le-tega.

Omenjeno težavo rešimo tako, da spremenimo frekvenco, s katero AD pretvornik 3 vzorči vhodni signal S_A , s čimer dosežemo, da se višje harmonske komponente odmaknejo od osnovnega signala in jih lahko odrežemo z ozkopasovnim filtrom 5. Če smo na referenčnem oscilatorju 2 spremenili frekvenco f_s vzorčenja, moramo seveda spremeniti tudi frekvenco f_{NCO} lokalnega oscilatorja 4, sicer rezultat ne bi bil v osnovnem frekvenčnem pasu.

Na začetku delovanja se na osnovi ocene vhodnega analognega signala S_A nastavi frekvenco referenčnega oscilatorja 2. Tekom celotnega postopka se s pomočjo strojno-programskega modula 9 preverja ali izhodni digitalni signal 10 in/ali na izhodu iz analogno

digitalnega pretvornika izhajajoči digitalni signal S_D in/ali vhodni analogni signal S_A če vsebuje motnje znotraj uporabnega frekvenčnega pasu. V primeru, da se omenjene motnje še pojavljajo, omenjeni modul 9 preračuna frekvenco f_s vzorčenja in frekvenco f_{NCO} interno generiranega referenčnega signala iz lokalnega oscilatorja 2 in ju nastavi na novo vrednost.

- 5 Pri tem je po izumu predvideno, da je razmerje med frekvenco vhodnega signala S_A in frekvenco f_s vzorčenja, ki diktira delovanje analogno digitalnega pretvornika 3, poljubno iracionalno število.

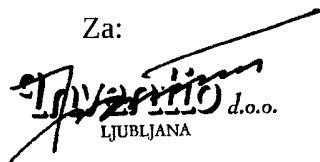
S spreminjanjem frekvence f_s vzorčenja in frekvence f_{NCO} interno generiranega referenčnega signala iz lokalnega oscilatorja 2 dosežemo, da višje harmonske komponente, 10 ki bi sicer motile meritve, izpadejo iz opazovanega frekvenčnega območja. Hkrati je razmerje med frekvenco f_s vzorčenja in frekvenco f_{IN} vhodnega signala lahko poljubno, kar pomeni, da signal vzorčimo na veliko različnih mestih glede na njegov potek in da je tudi AD pretvornik 3 enakomerno obremenjen na vsem svojem delovnem območju.

15

20

Instrumentation Technologies d.o.o.

Za:



Instrumentation Technologies d.o.o.
LJUBLJANA

Patentni zahtevki

1. Postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov, zlasti pri opazovanju amplitudno moduliranih signalov z ozkopasovnim sprejemnikom, *značilen po* naslednjih korakih:
 - a) da se na osnovi vhodnega analognega signala S_A oceni in nastavi frekvenco referenčnega oscilatorja,
 - b) da se analogni signal S_A , ki se ga obdeluje, vodi iz senzorjev skozi pasovni filter, ki odreže signale pri višjih harmonskih frekvencah, v analogno digitalni pretvornik,
 - c) da se iz analogno digitalnega pretvornika izhajajoči digitalni signal S_D vodi skozi ozkopasovni filter, ki odreže višje harmonske komponente in intermodulacijske produkte, ki se pojavijo zaradi nelinearnosti analognih elektronskih komponent,
 - d) da se iz omenjenega ozkopasovnega filtra izhajajoči signal razdeli na dva dela, od katerih se prvega vodi v prvi mešalnik, kjer se omenjeni signal množi s sinusnim signalom iz lokalnega oscilatorja, in kjer se drugega vodi v drugi mešalnik, kjer se omenjeni signal množi s kosinusnim signalom iz omenjenega lokalnega oscilatorja,
 - e) da se pri množenju po koraku c) nastali prvi in drugi signal vodi v vsakokratni nizkopasovni filter, ki prepusti samo del signala v osnovnem frekvenčnem pasu, del z dvojno frekvenco pa odreže,
 - f) da se omenjeni prvi in omenjeni drugi signal vodi v demodulator, kjer se s kvadraturno amplitudno demodulacijo izlušči amplitudo, ki nas zanima,
 - g) da se preveri, ali po prejšnjem koraku dobljeni izhodni digitalni signal in/ali na izhodu iz analogno digitalnega pretvornika izhajajoči digitalni signal in/ali vhodni analogni signal še vsebuje motnje znotraj uporabnega frekvenčnega pasu,
 - h) da se na osnovi rezultatov, dobljenih po prejšnjem koraku, ustrezno prilagodi frekvenco referenčnega oscilatorja in lokalnega oscilatorja.
2. Postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov po zahtevku 1, *značilen po tem*, da omenjeni analogno digitalni pretvornik deluje s frekvenco vzorčenja, ki mu jo narekuje referenčni oscilator.

3. Postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov po zahtevku 1 in 2, **značilen po tem**, da omenjeni referenčni oscilator določa frekvenco omenjenega lokalnega oscilatorja, ki generira sinusni signal in kosinusni signal, katerih frekvenca je enaka frekvenci vhodnega signala S_A .

5

4. Postopek kompenzacije nelinearnih popačenj visokofrekvenčnih signalov po kateremkoli od zahtevkov 1 do 3, **značilen po tem**, da je razmerje med frekvenco vhodnega signala S_A in frekvenco vzorčenja, ki diktira delovanje analogno digitalnega pretvornika, poljubno iracionalno število.

10

5. Naprava za izvedbo postopka po zahtevkih 1 do 4, **značilna po tem**, da obsega
- a) pasovni filter (1), v katerega vodimo vhodni analogni signal (S_A),
 - b) analogno digitalni pretvornik (3), v katerega vodimo v pasovnem filtru (1) prefiltrirani vhodni analogni signal (S_A),
 - c) ozkopasovni filter (5), v katerega vodimo iz analogno digitalnega pretvornika (3) izhajajoči digitalni signal S_D ,
 - d) mešalnika ($6_1, 6_2$), v katera vodimo iz ozkopasovnega filtra (5) izhajajoči signal, ki se v prvem od omenjenih mešalnikov ($6_1, 6_2$) množi s sinusnim signalom (4_s) in ki se v drugem od omenjenih mešalnikov ($6_1, 6_2$) množi kosinusnim signalom (4_c),
 - e) nizkopasovna filtra ($7_1, 7_2$), v katera vodimo iz omenjenih mešalnikov ($6_1, 6_2$) izhajajoča digitalna signala (I, Q),
 - f) demodulator (8), v katerega vodimo iz omenjenih nizkopasovnih filtrov ($7_1, 7_2$) izhajajoča signala (I, Q), in iz katerega izhaja iskani digitalni signal (10),
 - g) nastavljiv referenčni oscilator (2), ki diktira frekvenco vzorčenja analogno digitalnega pretvornika (3) in frekvenco lokalnega oscilatorja (4), ki ustvarja omenjeni sinusni signal (4_s) in omenjeni kosinusni signal (4_c),
 - h) strojno-programski modul (9), ki na osnovi vhodnega analognega signala (S_A) in/ali iz analogno digitalnega pretvornika (3) izhajajočega digitalnega signala (S_D) in/ali iz demodulatorja (8) izhajajočega iskanega digitalnega signala (10) spreminja frekvenco referenčnega oscilatorja (2).

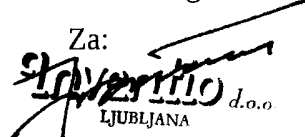
20

25

30

Instrumentation Technologies d.o.o.

35

Za:

 I. Veržič d.o.o.
 LJUBLJANA

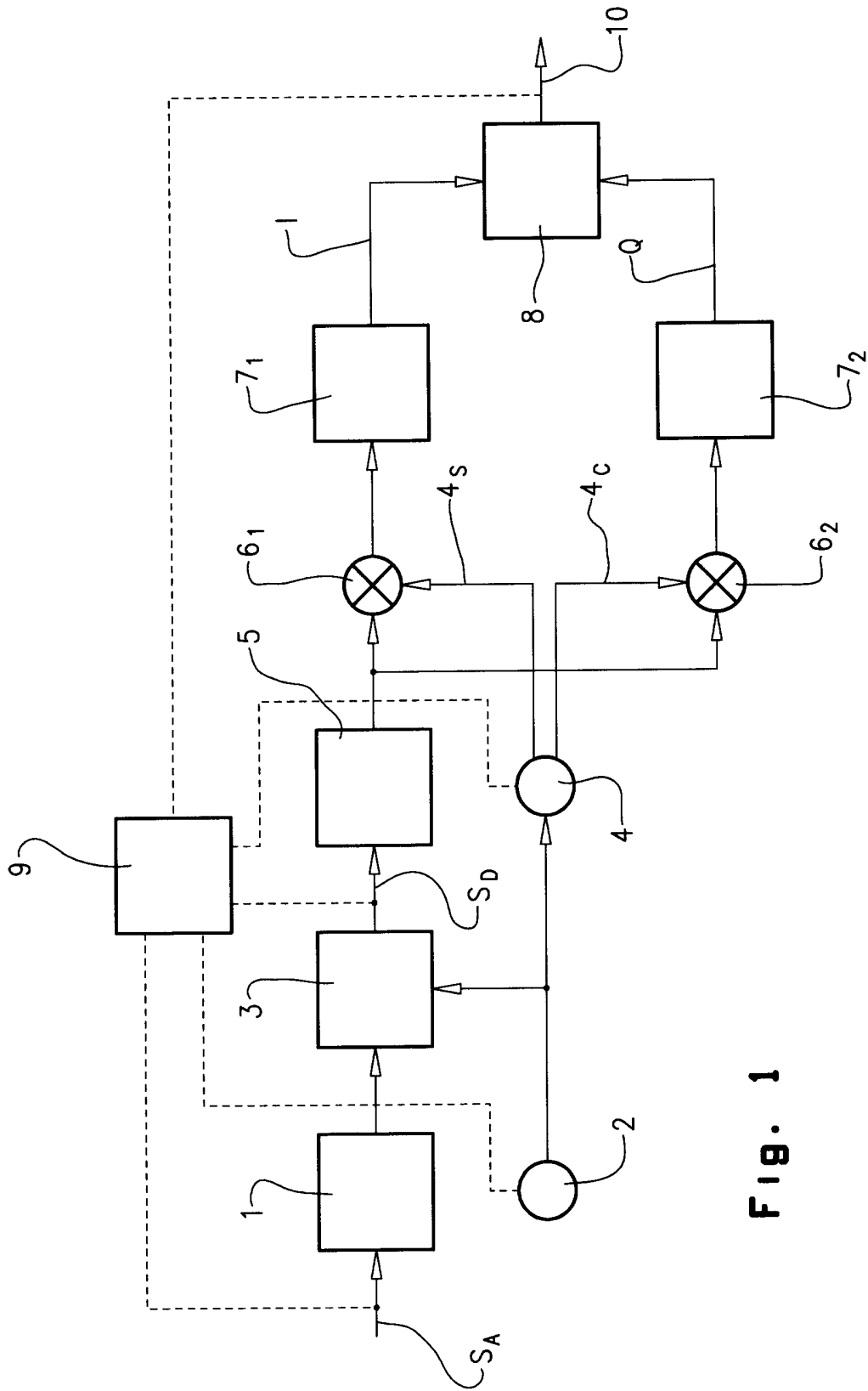


Fig. 1