

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Marko Razpotnik

# **LINEARNI PREMİK FAZE**

Seminarska naloga  
pri predmetu

**ELEKTRONSKA VEZJA**

V Ljubljani, april 2007

## Kazalo:

<u>Uvod.....</u>	<u>3</u>
<u>Primeri različnih vrst detektorjev kovin:.....</u>	<u>4</u>
<u>Osnovni princip delovanja detektorja kovin.....</u>	<u>5</u>
<u>Problemi pri meritvah na detektorju kovin.....</u>	<u>6</u>
<u>Sprememba faze.....</u>	<u>7</u>
<u>Opis merilne opreme.....</u>	<u>10</u>
<u>Izsledki meritev na senzorju detektorja TKDE 200/100.....</u>	<u>10</u>
<u>Zaključek.....</u>	<u>16</u>
<u>Viri.....</u>	<u>17</u>

## Uvod

V svoji seminarski nalogi sem predstavil kratki osnovni princip delovanja detektorja kovin, nato pa se posvetil problemu, zaradi katerega sem se tudi odločil za seminarsko nalogo. In sicer tako imenovani spremembi faze, kjer merimo karakteristike senzorja - amplitudni odziv detektorja v odvisnosti od faze signala.

Izdelal sem vezje, ki signalu linearno spreminja fazo za 180 stopinj neodvisno od frekvence. Frekvenčna meja je od 16kHz pa do 250kHz.

Predstavil sem meritve, ki sem jih izvajal na senzorju TKDE 200/100 pri različnih frekvencah brez in z vključitvijo danega vezja v elektroniko.

S tem sem prikazal kakšen vpliv ima lahko spreminjanje faze signala pri prehodu tujka skozi elektromagnetno polje pri različnih frekvencah.

Velik pomen ima tudi produkt, ki potuje skozi senzor, ki ga v moji seminarski nalogi nisem testiral. Le-ta ima tudi določen amplitudni odziv, ki je odvisen od faze signala in ga je potrebno kompenzirati.

Cilj tega je, s pomočjo izdelanih karakteristik senzorjev, izbrati pravo frekvenco senzorja, fazo signala, pri kateri bo imel testirani produkt najmanjši vpliv na elektromagnetno polje.

Osnovni cilj pa seveda tudi ugotoviti ali sem z dodatkom vezja izboljšal oz. olajšal delo pri merjenju karakteristik.

Primeri različnih vrst detektorjev kovin:

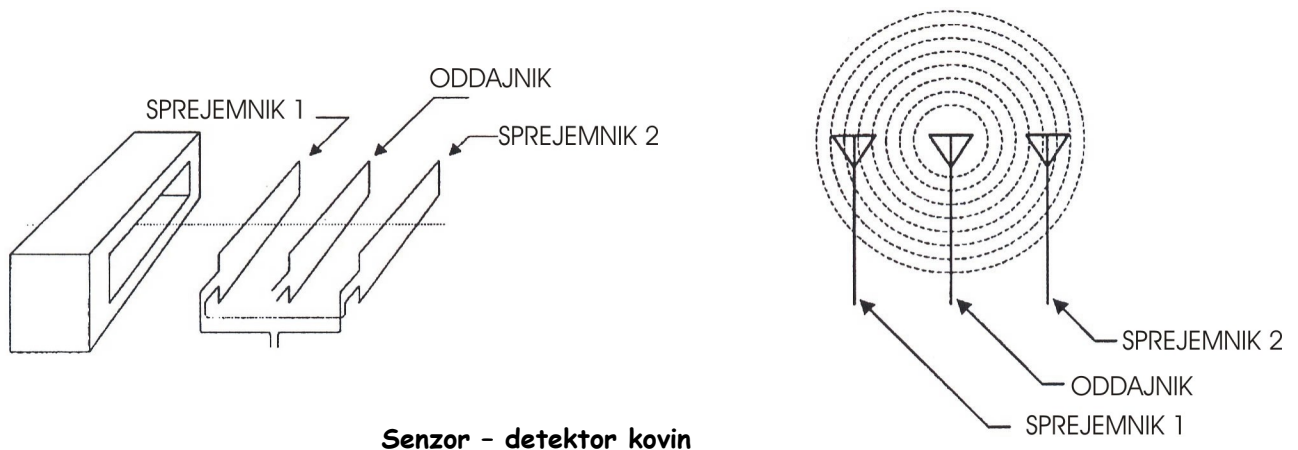


## Osnovni princip delovanja detektorja kovin

Večina detektorjev kovin deluje na principu uravnoveženega polja - »full loop systema« (zaključena zanka v sistemu).

V senzorju so navite tri antene skozi katere potuje produkt, ki ga testiramo. V centru zaprtega sistema je tako imenovana oddajna antena. Oddajna antena oddaja razširjen radijsko frekvenčni signal ter ustvarja elektromagnetno polje.

Na vsaki strani oddajne antene se nahajata dva sprejemnika, ki sta zaključeni zanki. Prav tako je zaključena zanka tudi oddajna antena.



Detektor kovin proizvede elektromagnetno polje in večino tega polja se nahaja znotraj senzorja, toda nekaj polja uide iz naprave na obe strani detektorja kovin. Detektor bo tako detektiral kakršenkoli kovinski tujek v produktu, ki bo prišel v elektromagnetno polje. Samo polje bo močno zanihalo zaradi motnje, ki jo bo ali jo je povzročil magnetni ali električno prevoden delec. Vsi kovinski delci imajo eno ali celo obe lastnosti (magnetni, električno prevodni), tako da jih bo detektor detektiral, če je velikost signala dovolj velika.

## Problemi pri meritvah na detektorju kovin

S pomočjo spreminjanja faze signala ugotovimo, kdaj ima produkt najmanjši vpliv na elektromagnetno polje, ki ga proizvaja detektor kovin. S pravo fazo lahko sedaj pregledujemo produkt ne da bi le ta vplival na detekcijo detektorja kovin. Tako lahko detektor kovin izloči kovinske tujke v produktu.

Seveda hočemo imeti pri merjenju karakteristik čimbolj linearno spremembo faze signala. Težava, ki se je pojavljala v mojem primeru pa je bila, da je prišlo pri večjih frekvencah do precej velikih nelinearnosti pri spreminjanju faze signala.

Glavni problem je, da se na karakteristiki pojavijo tako imenovane »špice« oz. po amplitudi zelo različen odziv na izhodu pri najmanjši spremembi faze.

V ta namen sem izdelal vezje, ki bi premikalo fazo signala neodvisno od frekvence.

## Sprememba faze

### 1.) Dosedanje vezje

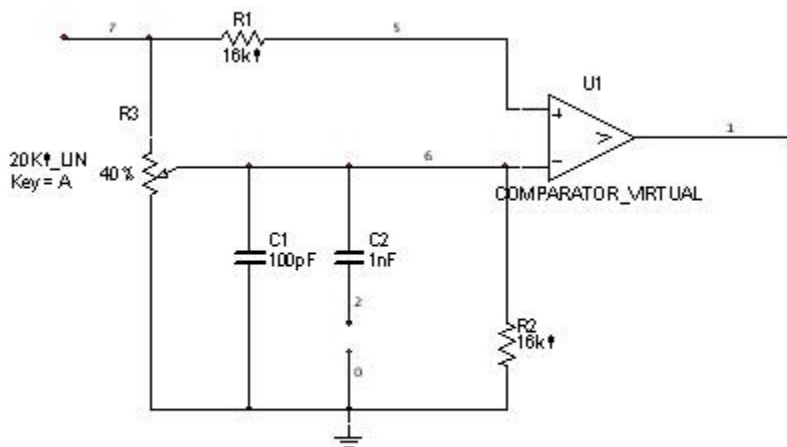
V dosedanjem vezju se faza signala spreminja na način, ki je prikazan na sliki. Imamo sinusni signal na vhodu, ki ga s pomočjo digitalnega potenciometra spreminjamo po amplitudi in fazi, ta signal pa se nato primerja z osnovnim sinusom na vhodu.

Vezje namreč signal vedno spremeni za 180 stopinj vendar pa je to spreminjanje faze signala zelo nelinearno.

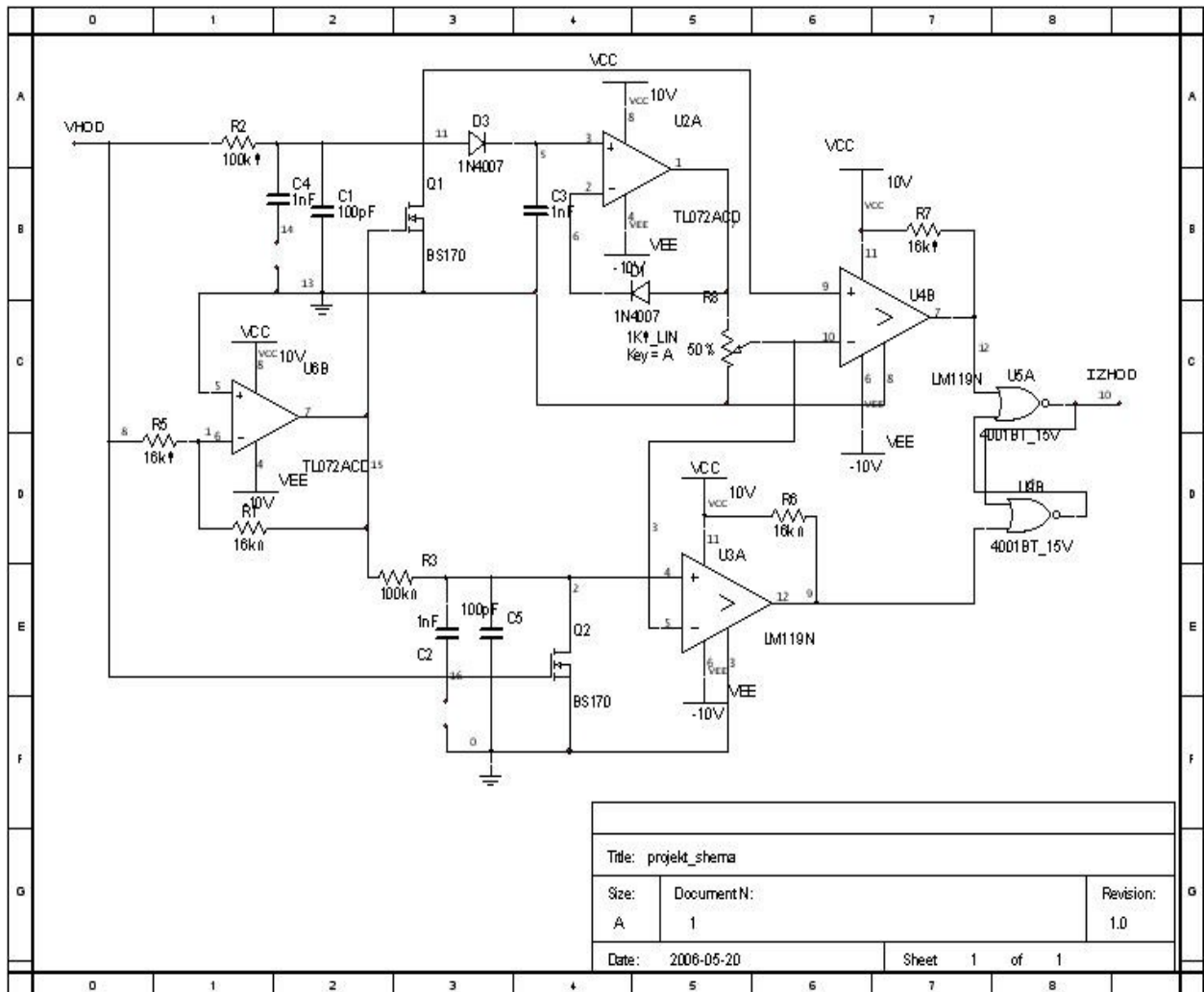
S pomočjo meritev sem ugotovil, da to vezje deluje najboljše pri 20kHz.

Primer pri 60kHz:

Ko digitalni potenciometer povečamo na polovico njegove vrednosti se signal premakne za 60 stopinj



## 2.) Novo vezje



### Ideja:

Na vhod pripeljemo pravokotni signal. Z ustreznim RC členom dobimo ven trikotni signal (kondenzator se lahko nabije največ do 10%).

Z FET tranzistorjem porežemo drugo polovico periode signala.

V nadaljevanju je vezje sestavljeno iz peak-detektorja, ki nabije kondenzator na vrednost signala. S potneciometrom se nato »sprehajamo« od ničle pa do vrha signala. Signal in enosmerno napetost pripeljemo na komparator. Izhod komparatorja nam da informacijo o fazi (različna širina impulza). Prvo polovico vezja ponovimo, vendar z invertiranim signalom. Oba



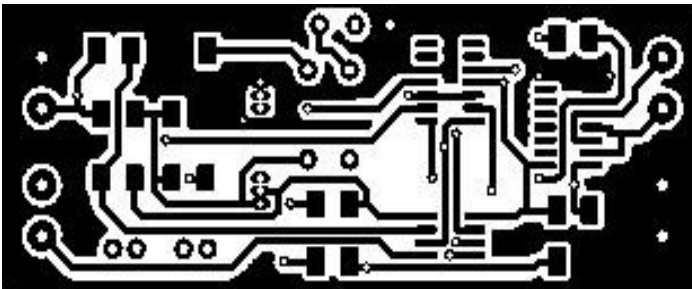
izhoda komparatorja peljemo na RS flip-flop, da dobim vseskozi enako širino impulza.

Popis komponent:

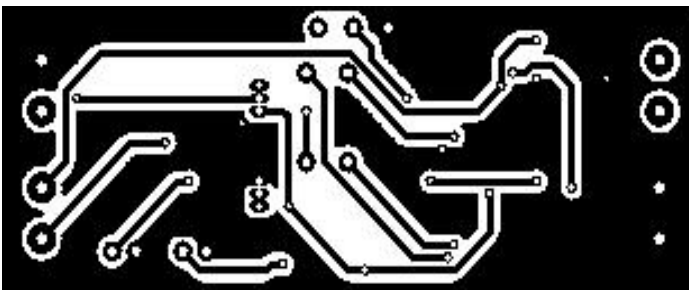
- LM319 dual comparator
- TL072 j-fet input operational ampfier
- CD4001 quad 2-input NOR gate
- 1N4007 2-krat
- BS170 N-fet tranzistor2-krat
- Kondenzator 1n 3-krat,100p 2-krat
- Upori: 16k 4-krat, 100k 2-krat

Tiskanina:

1.) Prednja stran



2.) Zadnja stran



## Opis merilne opreme

Merilna oprema je sestavljena iz senzorja-detektorja kovin, napajalnega in procesorskega modula in osciloskopa, s katerim sem odčitaval velikost odziva etalonov. Poleg te merilne opreme sem uporabljal še tipkovnico-nadzorni del s katerima sem spreminjal parametre (fazo, občutljivost, stabilnost,...). Pri meritvah sem uporabljal etalone premer Fe1.2mm, Inox 3.0mm, 2.5mm, 2.0mm.

## Izsledki meritev na senzorju detektorja TKDE 200/100

Takšna vrsta senzorja-detektorja kovin se uporablja predvsem za živilsko industrijo (Kraš, Žito Šumi, Vitaminka,...)

Z ojačanjem 184, stabilnostjo 1 in 2 je 15, občutljivostjo 233 ter faktorjem Q 100, ki nam pove da je senzor v ravnovesju in deluje pravilno, sem dobil sledeče rezultate .

Pri istih nastavitvah, sem meril karakteristike senzorja pri štirih različnih frekvencah: 19.4 kHz, 60.7 kHz, 101.2 kHz in 249.3 kHz.

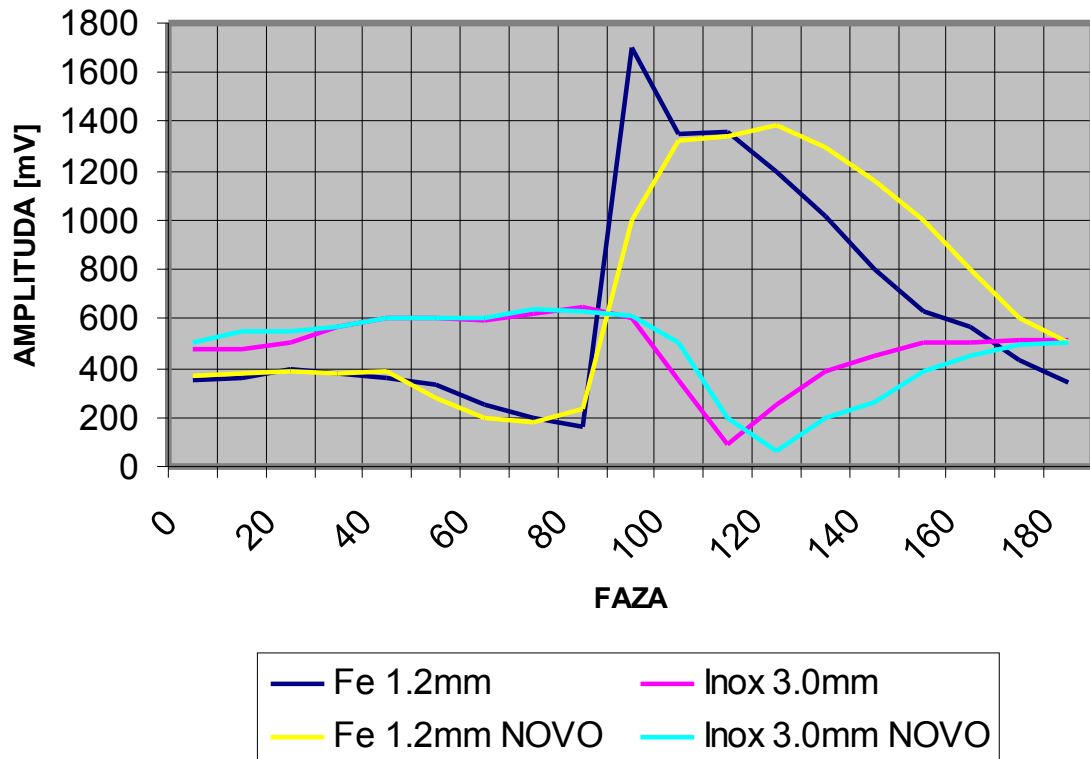
Za vsako frekvenco posebej sem moral senzor preurediti:

- oddajno anteno spraviti v resonanco z LC členom,
- sprejemno anteno spraviti v resonanco,
- detektor umeriti.

Rezultate posameznih frekvenc sem prikazal grafično na naslednjih straneh:

f = 19.4 kHz

### Senzor TKDE 200/100 f=19.4kHz



Kot vidimo ima nerjaveče železo (inox) pri frekvenci cca. 20 kHz precej majhne odzive glede na njegovo velikost z železom. Zato je to frekvenčno območje primerno za sisteme pri katerih ni potrebno precizno detektirati nerjaveče jeklo. Npr. kamnolomi, rudniki (večji kosi)

Izsledki meritev:

Kot vidimo se odzivi senzorja v odvisnosti od faze signala kar precej ujemajo.

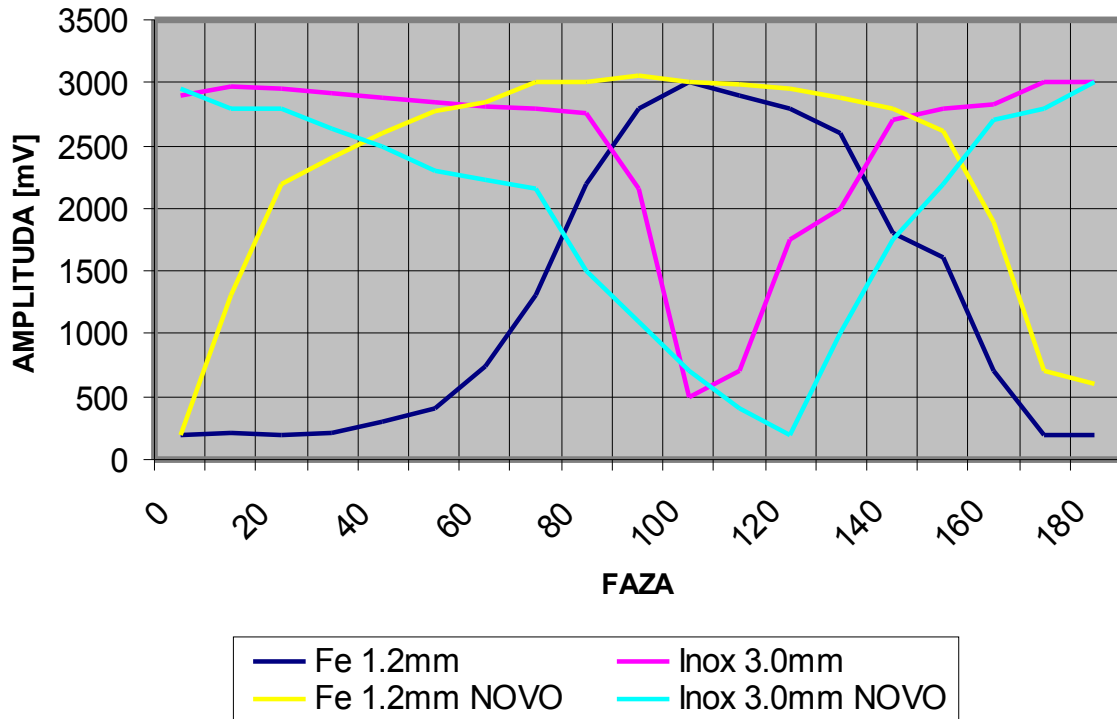
Novo vezje je odzive malce »pogladilo« vendar bistvenih sprememb ni.

Železo ima največji odziv pri fazi 100-140.

Inox pa ima konstanten odziv razen pri območju od 110-140.

f = 60.7 kHz

### Senzor TKDE 200/100 f=60.7 kHz



Inox ima pri frekvenci nad 60 kHz že malce večje odzive kot pri 20 kHz. To frekvenčno območje se uporablja pri produktih, ki so pakirani v aluminijasti foliji. Zaradi aluminija v foliji je potrebno le tega izločiti kot tujek v produktu.

Pri nižjih frekvencah so bistvene za odziv magnetne lastnosti materiala.

Izsledki meritev:

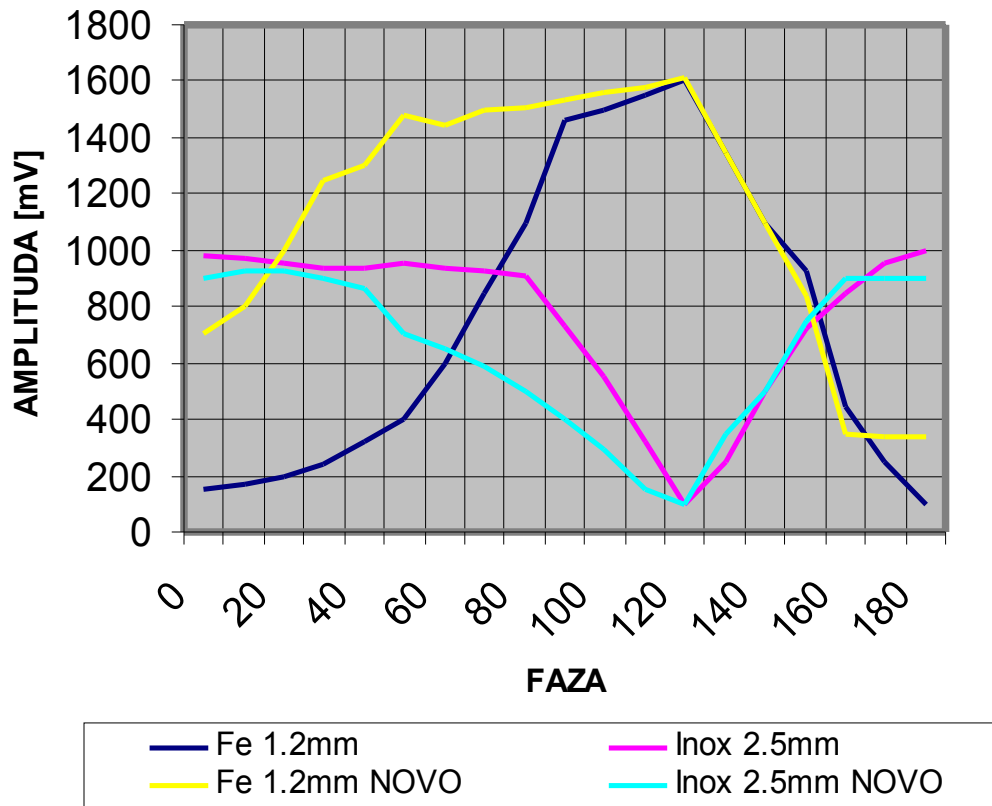
Krivulje z novim vezjem se že močno raztegnejo.

Odziv na železo je skoraj povsod konstanten.

Odziv na Inox pa ima najmanjši odziv pri fazi okrog 120 stopinj.

f = 101.2 kHz

### Senzor TKDE 200/100 f=101.2 kHz



To frekvenčno območje je podobno prejšnjemu, saj se ne razlikuje veliko in se tudi uporablja zaradi istih razlogov kot v prejšnjem primeru.

Vidimo, da smo pri tej meritvi že uporabljali etalon inox s premerom 2.5mm in ne več 3.0mm, saj so bili odzivi že preveliki.

Manjša nepazljivost je bila ker sem na vhodu v oddajnik pustil upor 1k in so zato amplitude malce manjše, vendar se oblika karakteristik ne spremeni.

Izsledki meritev:

Vidna raztegnjena karakteristika z novim vezjem.

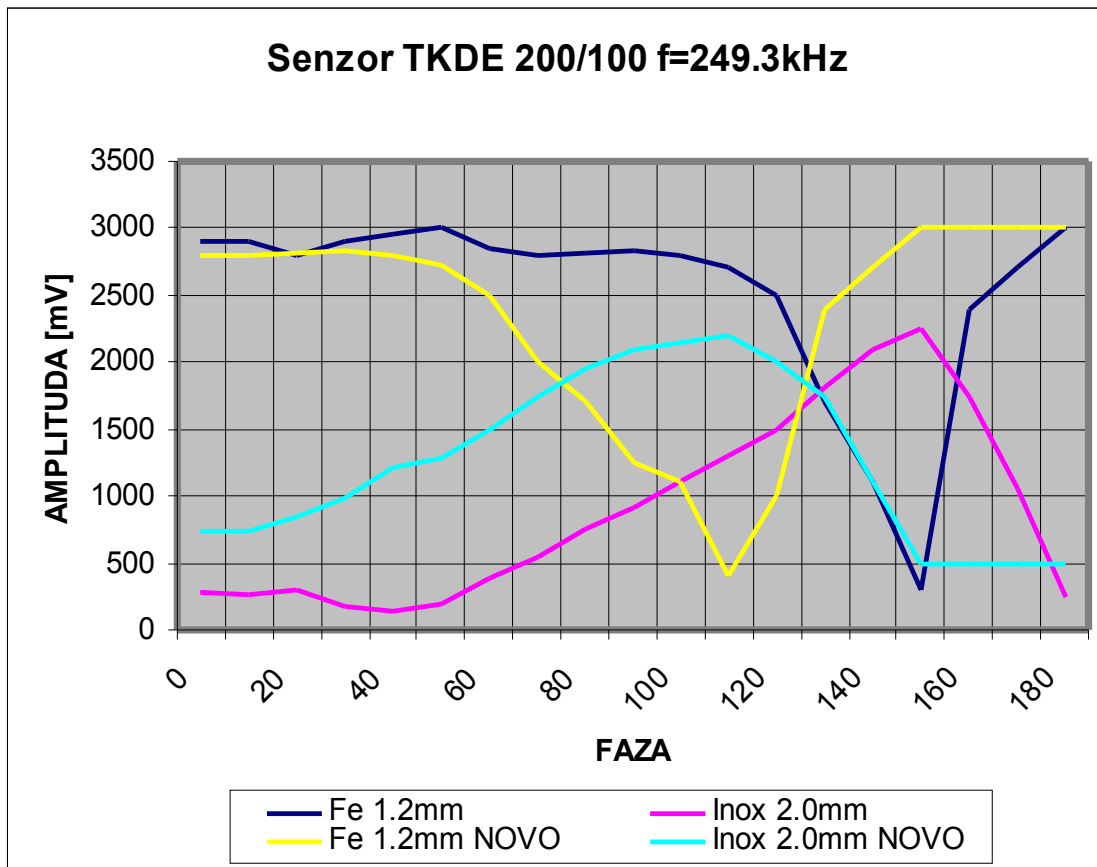
Železo ima največji odziv v območju od 60-120.

Inox ima najmanjši odziv pri 120-130. Od tu pa na obe strani enakomerno narašča.

Pri novem vezju je pri zamiku faz od 170-180 stopinj odziv povsem enak.

Razlog je v tem, da se z novim vezjem vhodni signal lahko fazno premakne od 0-170 stopinj in ne za 180 stopinj. Za to slabost mojega vezja je vzrok predvsem peak detektor. Signal na kondenzatorju se ne nabije do vrha, zato se tudi ne premakne do konca.

$f = 294.3 \text{ kHz}$



Vidimo, da ima pri tej frekvenci senzor z istimi nastavitvami veliko večji odziv na nerjaveče železo. Pri tej meritvi smo uporabljali etalon Inox premera 2.0mm.

Izsledki meritev:

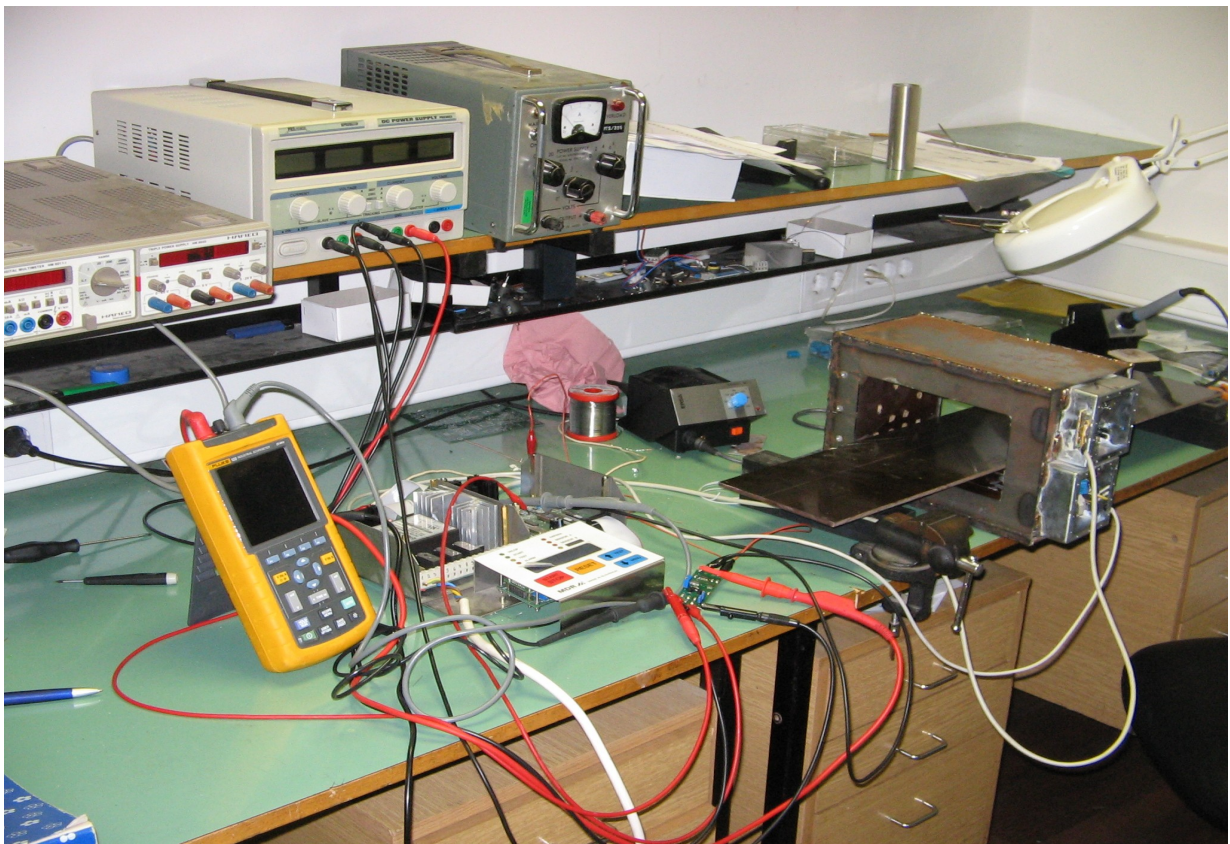
Pri tej frekvenci kot vidimo se karakteristike železa in inoxa precej spremenijo v primerjavi z karakteristikami pri nižjih frekvencah.

Železo s premerom 1.2mm ima svoj minimum pri 155, medtem ko z novim vezjem, ki raztegne signal pri okrog 115.

Inox pa ima pri teh istih fazah maksimume.

Vidimo, da se pri tej frekvenci še bolj opazi nepopolni zamik faze za 180 stopinj. Od 155 naprej se signal ne spreminja več, amplituda je enaka.

### Testiranje vezja in primerjava na senzorju



## Zaključek

Z novim vezjem sem precej popravil oziroma razširil karakteristike senzorja.

Lažje je določiti pravo fazo in ni več tako izrazitih »špic«.

Ima pa vezje tudi svoje slabosti. Ena od njih je prav gotovo masivnost vezja.

Novo vezje zavzame precej več prostora kot prejšnje za spreminjanje faze signala.

Druga očitna slabost pa je, da se pri frekvencah večjih od 100 kHz pojavi nepopolni zamik faze oz. signal na vhodu se zamakne za manj kot 180 stopinj in z večanjem frekvence se ta slabost le še večja.

Ena od rešitev bi bila še boljša kvaliteta elementov v vezju, vendar tega pojava v realnosti, s tem vezjem nikoli ne bi popolnoma rešil.



## Viri:

- dokumentacija MDR Kalin d.o.o.,
- metal detectors for food processing: <http://www.fapc.oksate.edu>,
- spletna stran MDR Kalin d.o.o. : <http://www.mdr.si>
- LM319 datasheet: <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM%2FLM319.pdf>
- CD4001 datasheet: <http://www.fairchildsemi.com/ds/CD%2FCD4011BC.pdf>
- TL072 datasheet: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl072.pdf>
- 1N4007 datasheet: <http://www.fairchildsemi.com/ds/1N%2F1N4007.pdf>