

1 Uvod

Primjena senzora u procesima:

- prikupljanje relevantnih podataka
- kvalitetniji postupak odlučivanja i reguliranja

Primjeri mjerenja u industriji, vozilima i sl.:

- naprezanje osovine alatnog stroja
- torzija osovine kod prijenosa automobila

Potencijalna rješenja:

- beskontaktni senzori raznih električnih i/ili magnetskih modaliteta
 - slitina Terfenol-D – inverzni magnetostruktivski efekt

Suradnja na diplomskom radu:

- tvrtka HSTec d.d.
- agencija BICRO

2 Opis problema

Zadatak diplomskog rada:

- proučiti značajke materijala Terfenol-D
- proučiti mogućnosti korištenja materijala u mjerenju sile
- analizirati značajke materijala i eksperimentalno ih potvrditi
- predložiti izvedbu prototipa senzora sile

3 Materijal i metode

Ter(bium)fe(rrum)NOL-D(ysprosium):

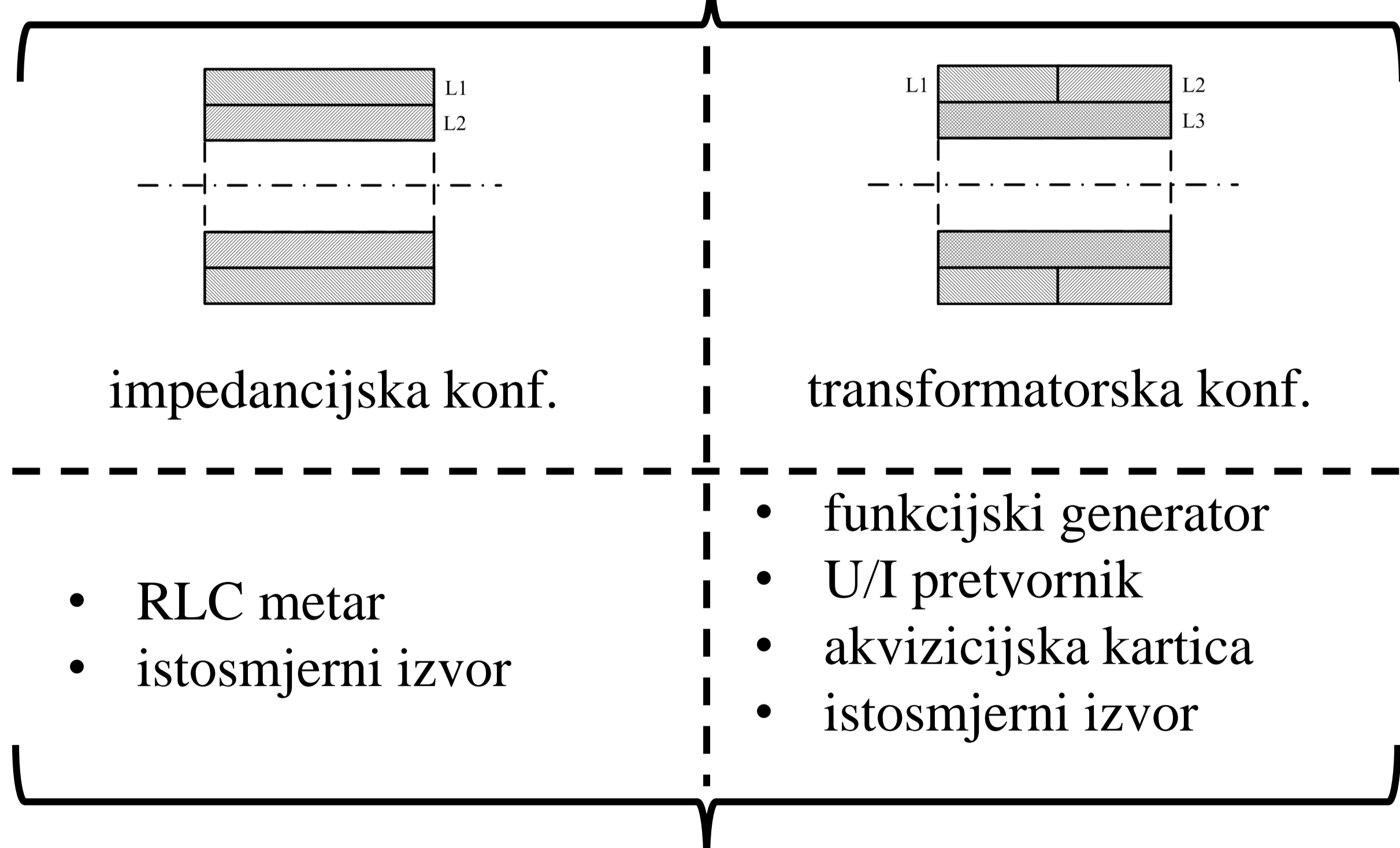
- izražena magnetostruktivcija (u zasićenju do 2000 ppm)
- visoka Curiejeva temperatura (380 °C)
- relativno malena anizotropija

Mjerni postav:

- uzorak štapićastog oblika:
 - jezgra zavojnice
- aksijalno naprezanje:
 - škripac
- referentno mjerenje sile:
 - tenzometarski most

$Tb_x Dy_{1-x} Fe_2$
Otkriven je 1970-ih u Naval Ordnance Laboratory u SAD-u u sklopu razvoja podmorničkog sonara. Cijena je 200 \$/cm³.

Konfiguracije zavojnica



Mjerna instrumentacija

Programska obrada:

- sinkrona amplitudna demodulacija
- adaptivna demodulacija
- ternarno pretraživanje
 - temeljeno na zlatnom rezu

Adaptivna demodulacija

Demodulacija impedancije u smjeru informacije o sili

$$Z_a = \text{Re}\{Z^* e^{-j\varphi_{opt}}\}$$

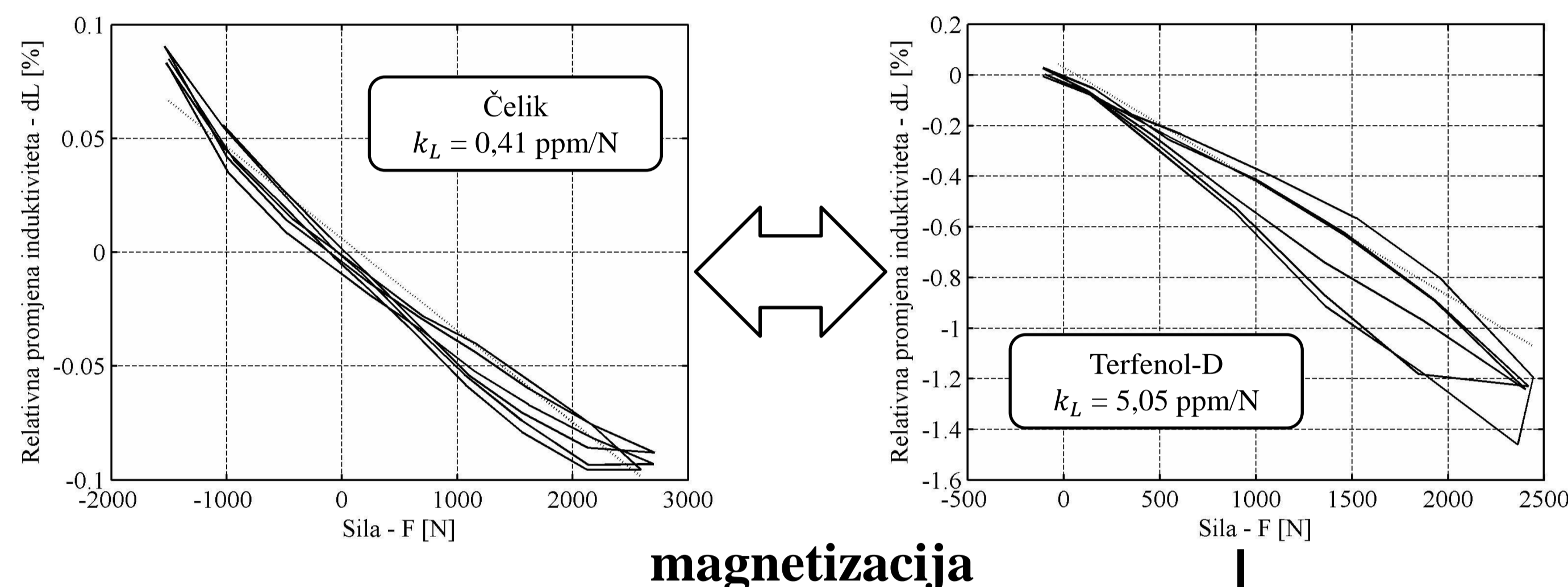
$$\rho_{Z,F} = \max. \rightarrow \varphi = \varphi_{opt}$$

4 Rezultati

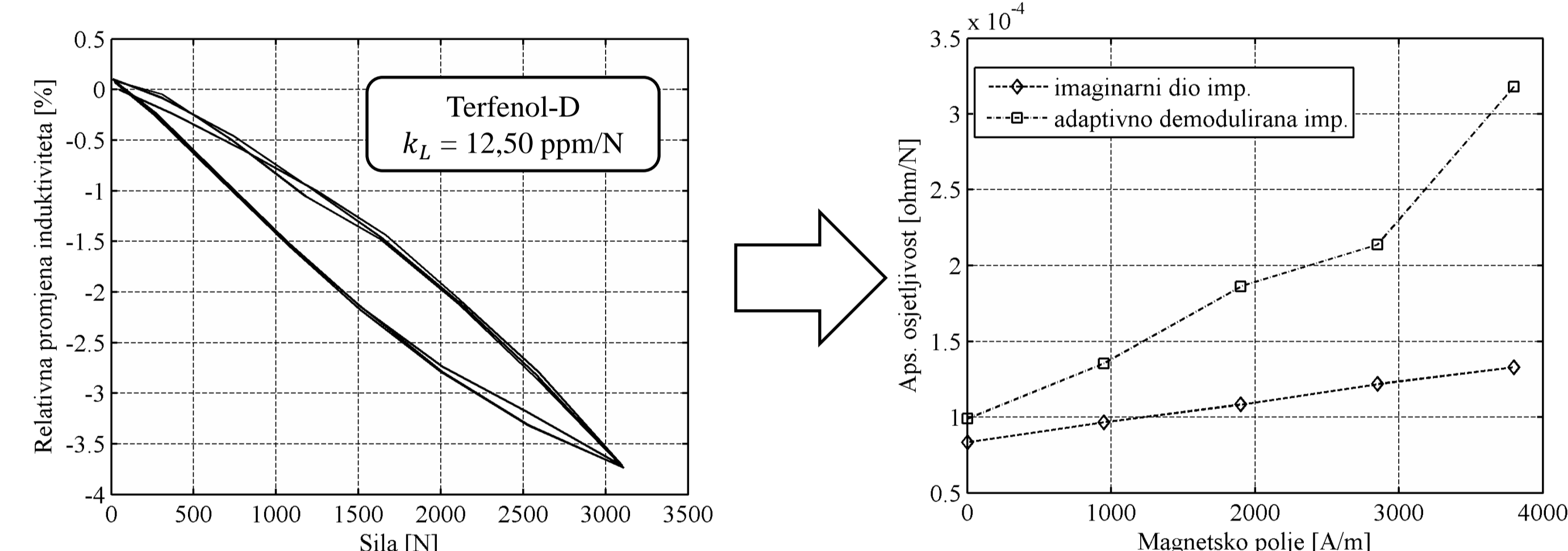
Eksperimentalno su istraženi:

- magnetostruktivcija i njena ovisnost o magnetizaciji i prednapreznju
- temperaturna ovisnost mjerenja
- frekvencijska karakteristika sustava i njena ovisnost o sili
- rezonantna frekvencija i odziv na impuls

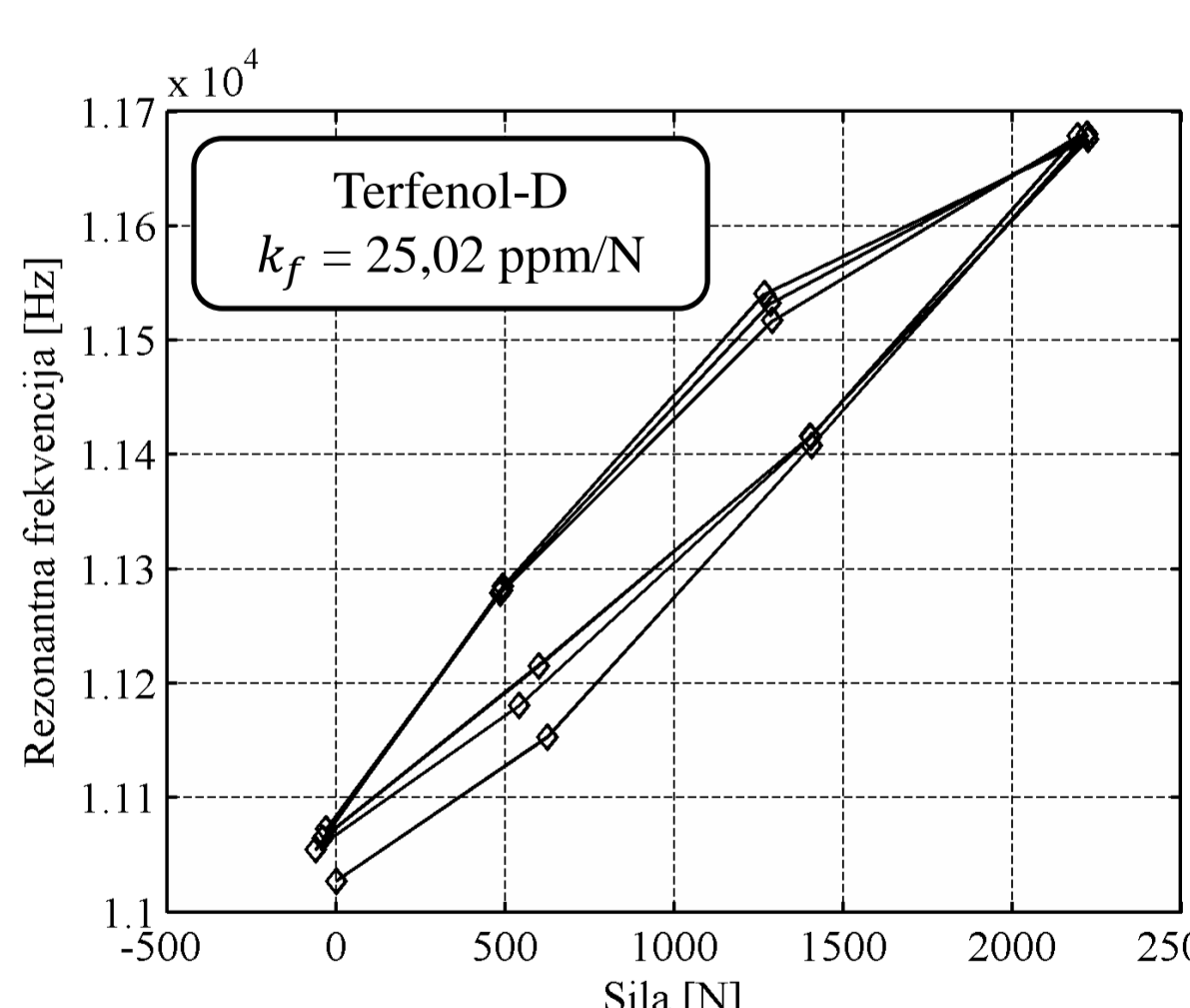
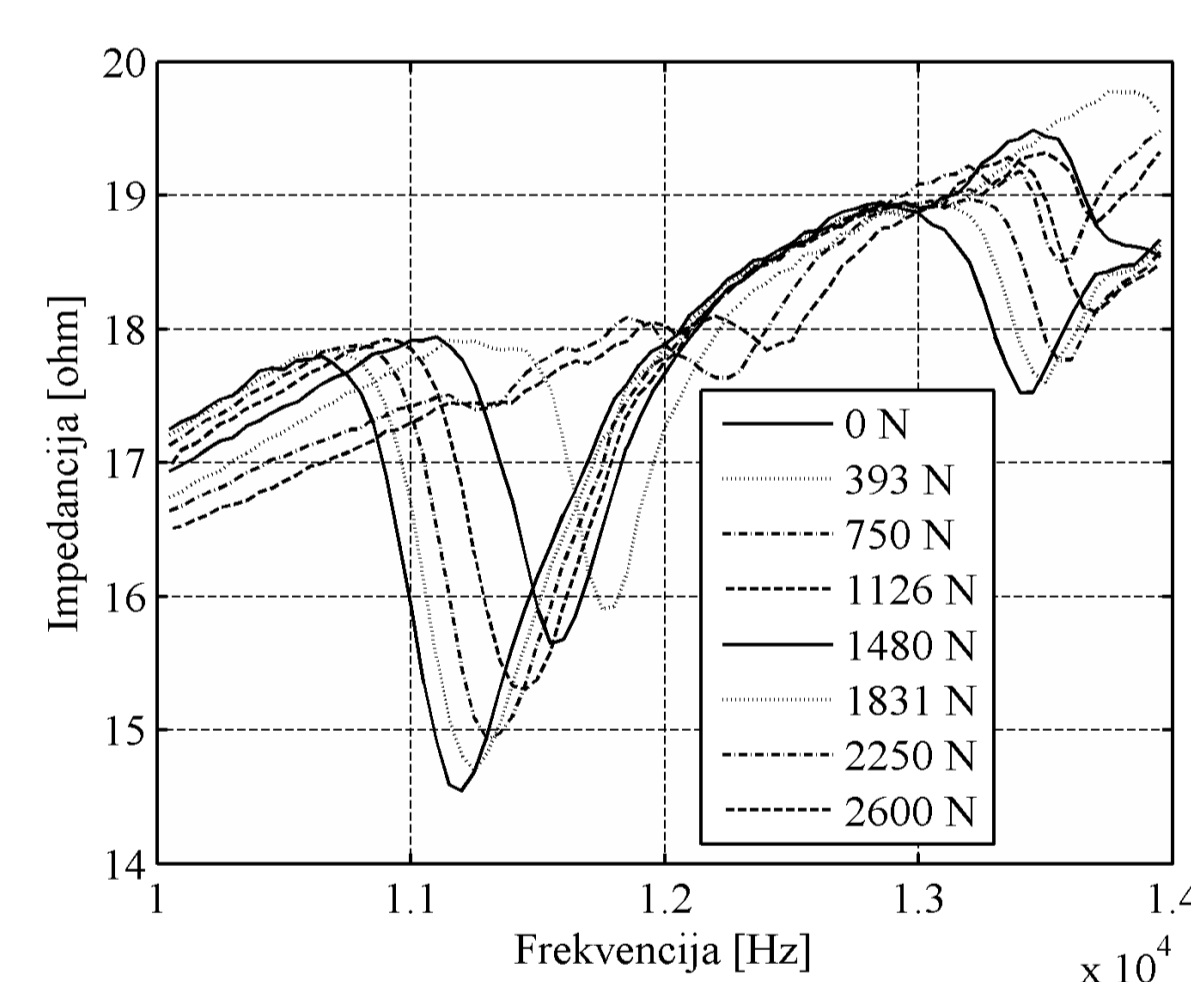
sila → impedancija



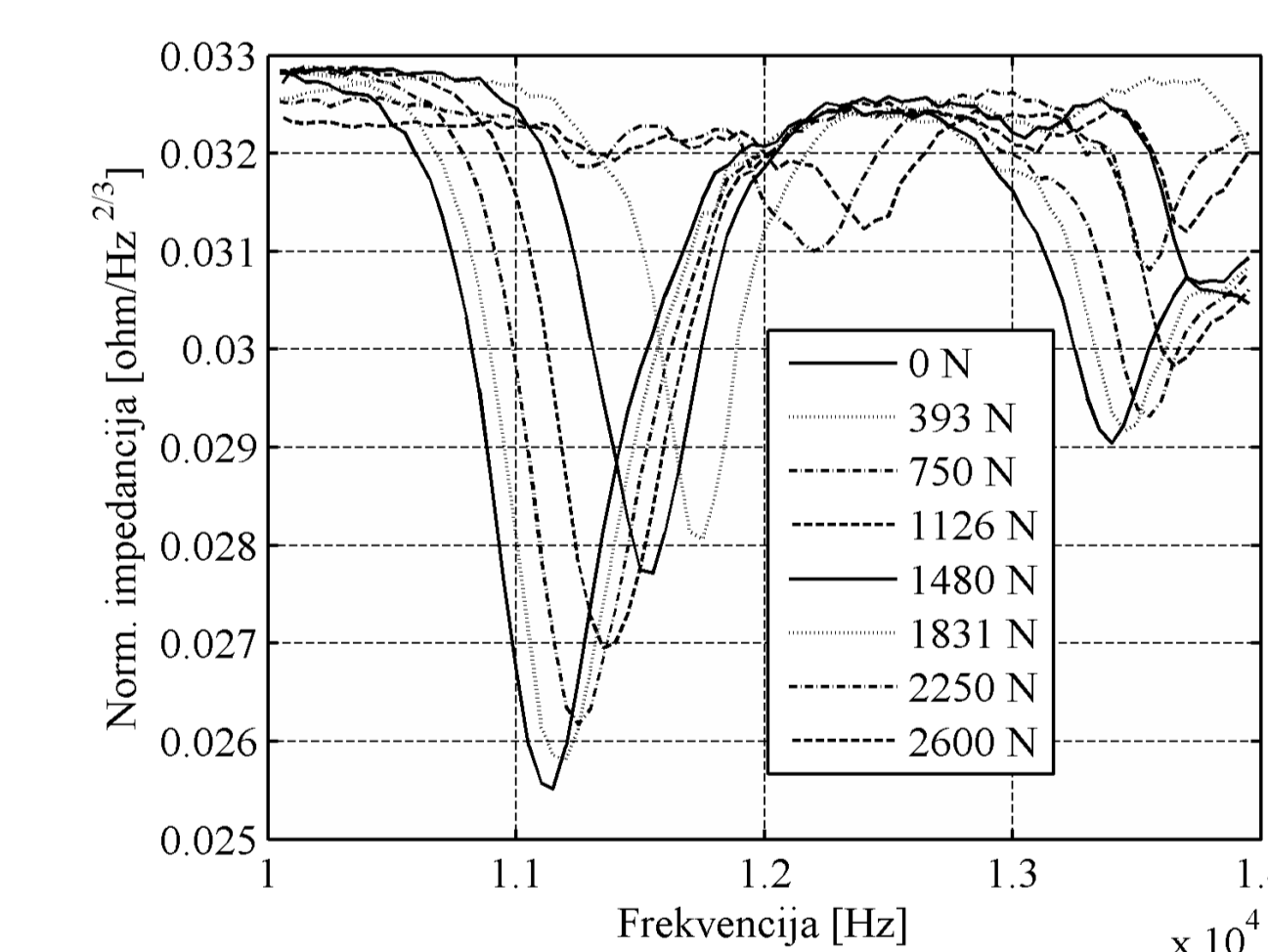
magnetizacija



sila → rezonantna frekvencija



normiranje



ternarno pretraživanje

5 Zaključak

Prijedlozi izvedbe prototipa senzora sile:

- temeljen na mjerenju impedancije
 - osjetljivosti do 12,50 ppm/N (moguće optimirati)
- temeljen na mjerenju rezonantne frekvencije
 - osjetljivosti do 25,02 ppm/N

Glavni nedostaci:

- vrlo izražena histereza
 - iznos histereze oko 20% (potreban je model histereze)
- visoka cijena materijala