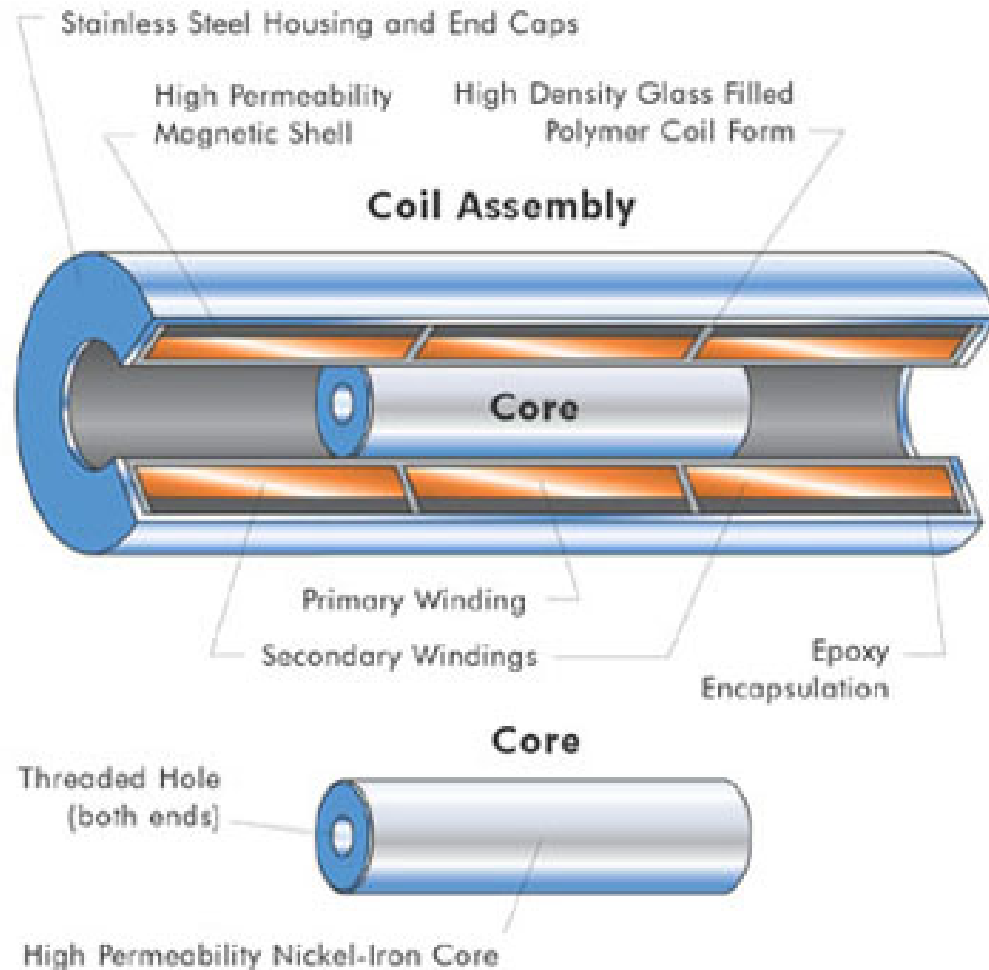


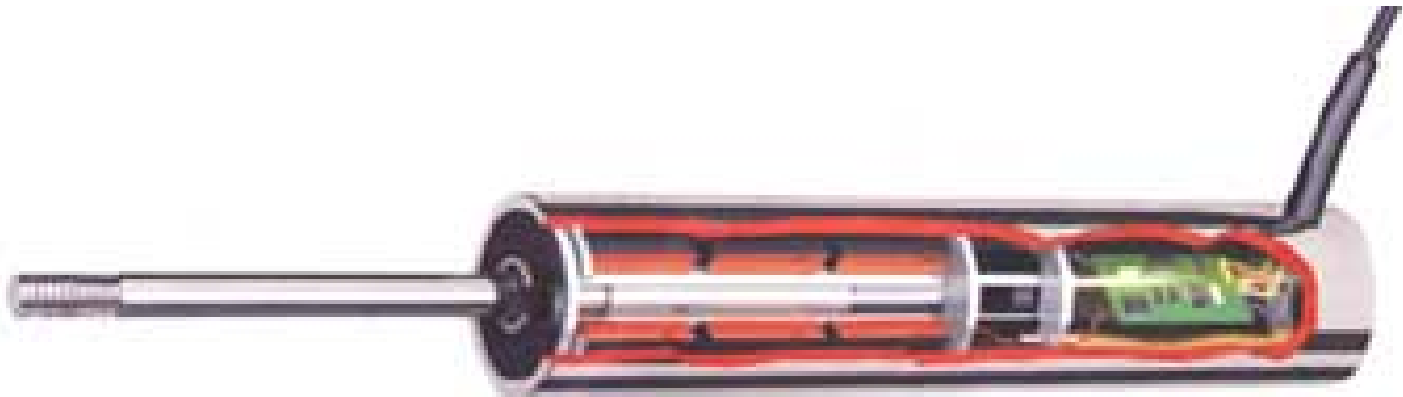
Što je to LVDT ?



L inearni
V arijabilni
D iferencijalni
T ransformator

Što je to LVDT ?

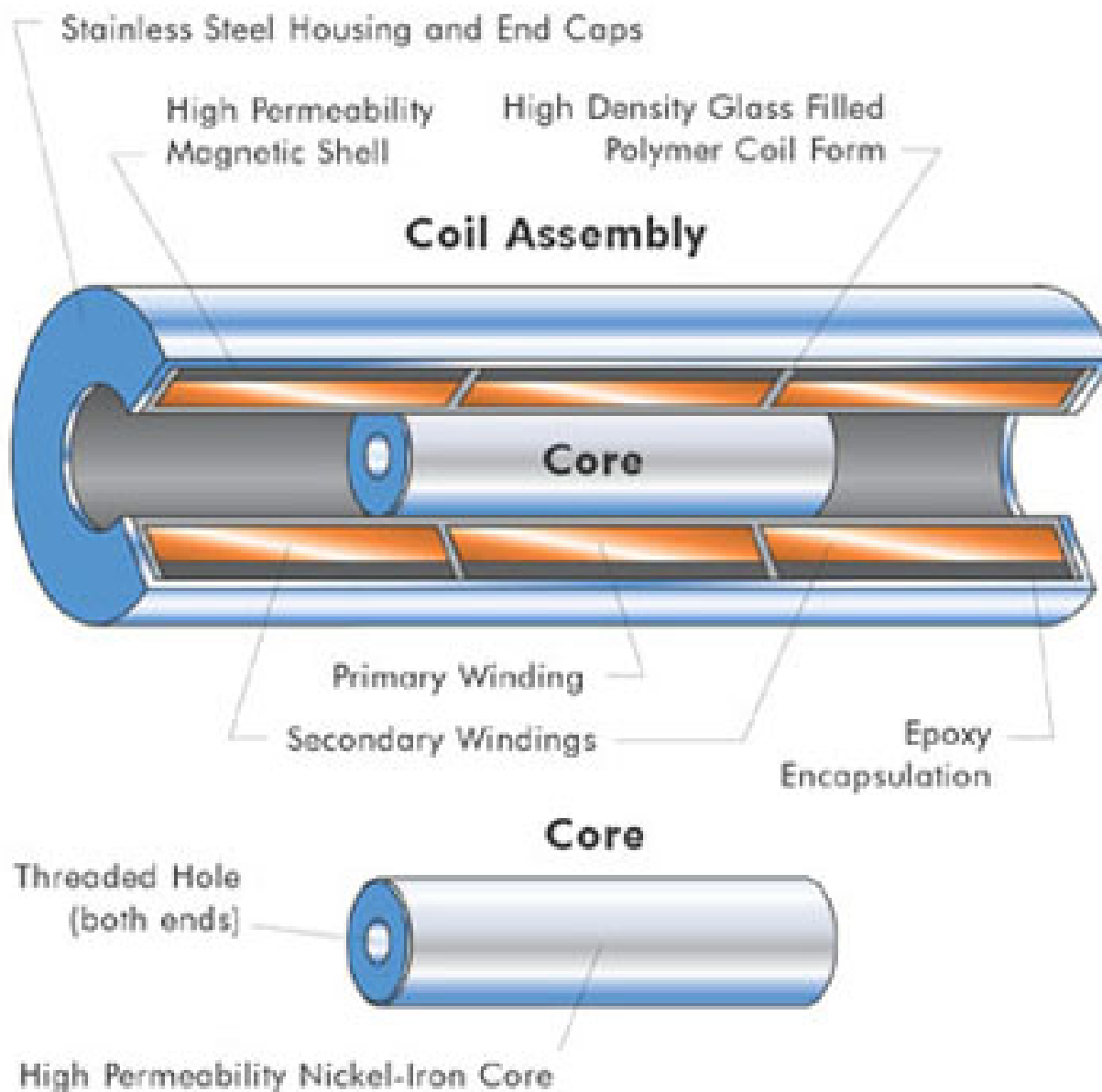
- **LVDT – *Linearni Varijabilni Diferencijalni Transformator*** je elektromehanički pretvarač koji pravocrtne pomake objekta za koji je mehanički pričvršćen pretvara u odgovarajući električni signal.
- Ovisno o izvedbi, moguće je mjerenje pomaka od tisućinke milimetra pa sve do $\oplus 0,5\text{m}$.



Komponente LVDT-a

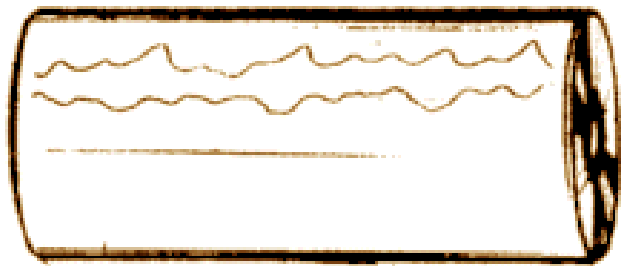
- ***Statički element:***
 - Središnji ***primarni*** namotaj smješten između para identičnih ***sekundarnih*** namotaja postavljenih simetrično oko primarnog.
 - Uzvojnice su namotane oko kompaktnog šupljeg cilindra izrađenog od termički stabilnog staklom ojačanog polimera, zaštićenog od utjecaja vlage magnetskim štitom visoke permeabilnosti, sve skupa smješteno u cilindričnom kućištu od nehrđajućeg čelika.
- ***Pokretni element:***
 - Odvojena cilindrična ***jezgra*** (Ni-Fe) mehanički povezana s mjernim tijelom koja se može uzdužno slobodno pomicati unutar statičkog elementa.

LVDT – pretvarač pomaka



Komponente LVDT-a

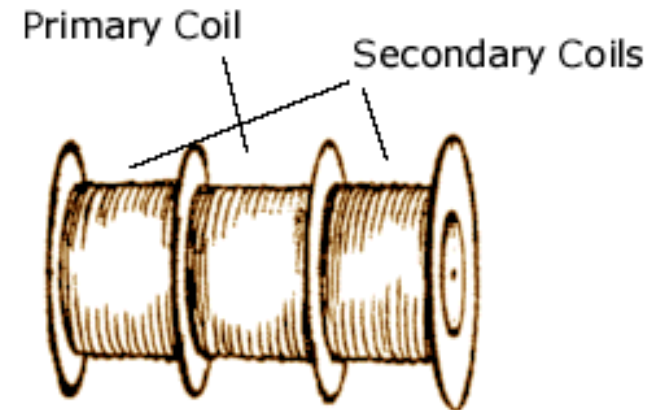
- Pri mjerenju, primarni se namotaj napaja izmjeničnom strujom odgovarajuće amplitude i frekvencije – primarna uzbuda.
- Električni izlazni signal s LVDT-a je diferencijalni AC napon između dva sekundarna namotaja, koji varira s promjenom uzdužnog položaja jezgre unutar uzvojnice. Izlazni AC signal se obično pretvara pomoću odgovarajućeg električnog strujnog kruga u visoku DC voltažu ili struju povoljniju za uporabu.



Transformer



Armature (Iron core)

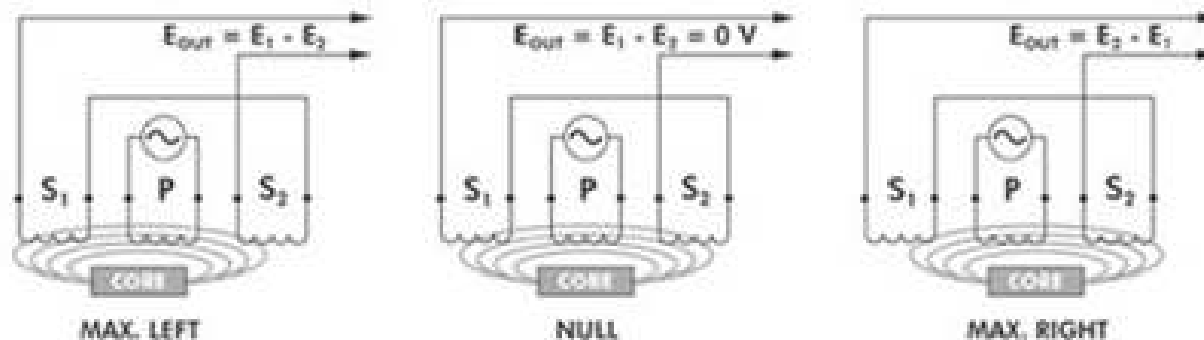


Inside a Transformer

AC – izmjenična struja
DC – istosmjerna struja

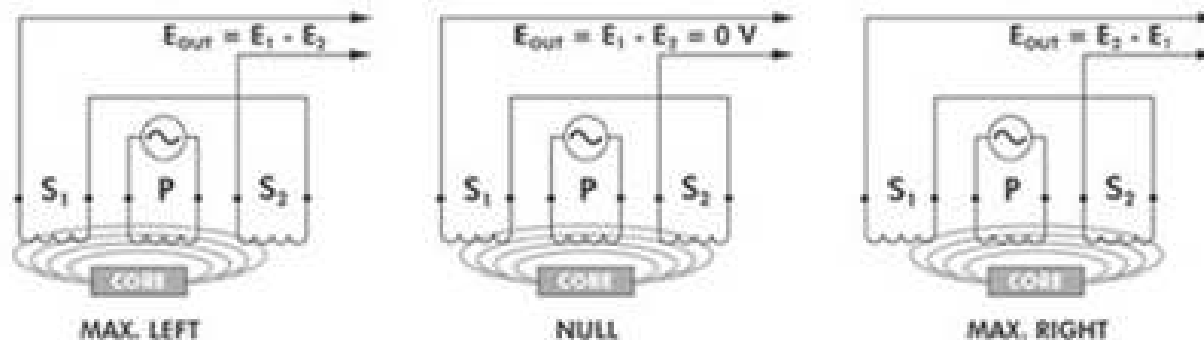
Kako radi LVDT?

- Primarni navoj P napaja se AC strujom konstantne amplitude;
- Nastaje magnetsko polje između jezgre i sekundarnih navoja S_1 i S_2 ;
- Dok je jezgra točno između dva sekundarna navoja S_1 i S_2 , njima odgovara jednaka magnetska struja a s time su podjednaki i u njima nastali naponi E_1 i E_2 ;
- Izlazna razlika napona $E_2 - E_1$ u tom položaju jezgre (nulta točka), prema tome, jednaka je nuli.

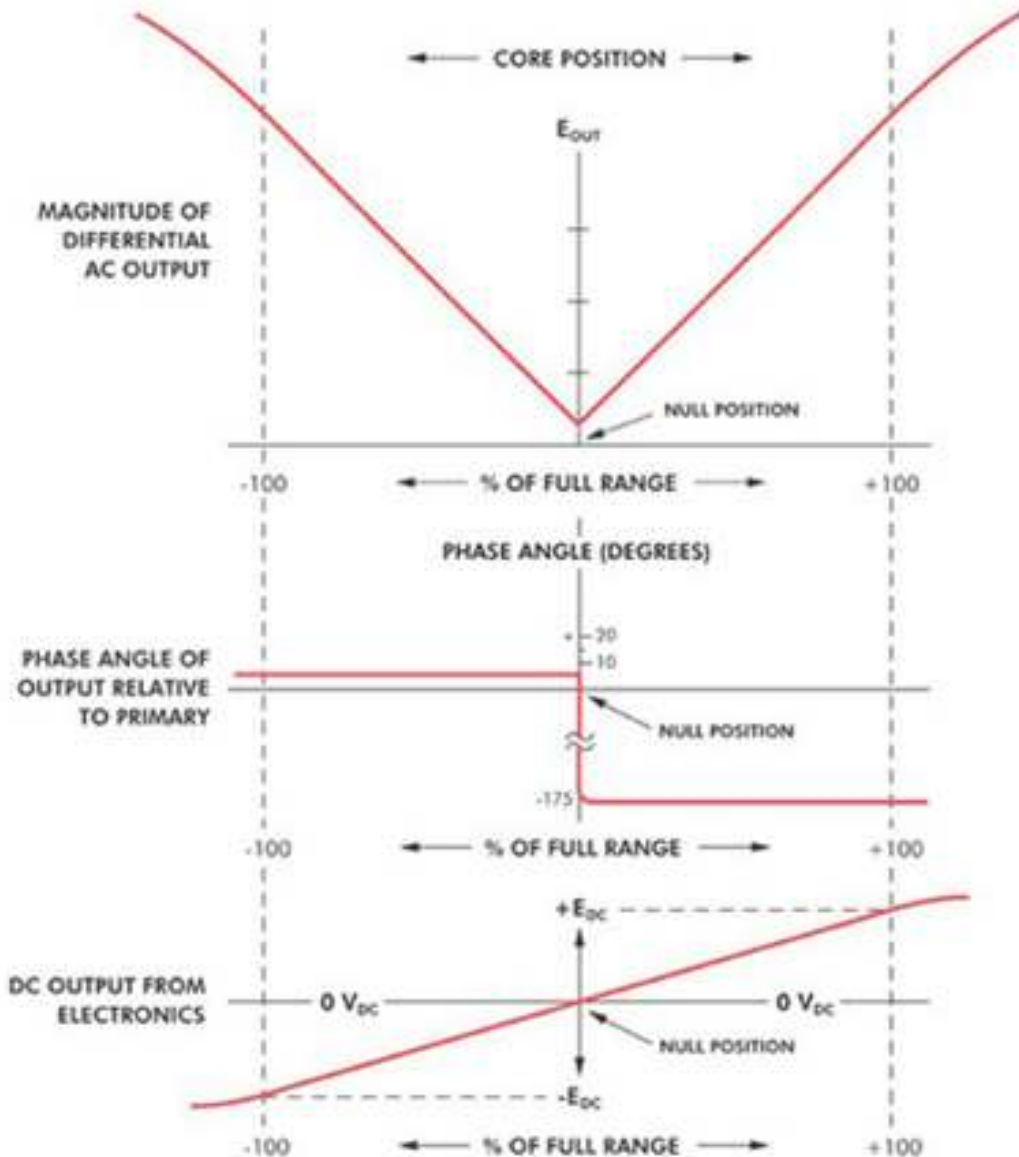


Kako radi LVDT?

- Pomakom jezgre bliže sekundarnom namotaju S_1 , pripada mu veći magnetski tok te raste nastali napon E_1 dok se E_2 smanjuje, što rezultira diferencijalnim naponom ($E_1 - E_2$);
- U suprotnom slučaju, pomakom jezgre bliže drugom sekundarnom namotaju S_2 , nastaje diferencijalni napon ($E_2 - E_1$).



LVDT – pretvarač pomaka



- Veličina diferencijalnog AC izlaza
- Fazni kut izlaza u odnosu na primarni namotaj
- DC izlaz sa elektroničkog uređaja

Karakteristike izlaznog signala s LVDT-a

Transformacijska formula

- Osnovna transformacijska formula:

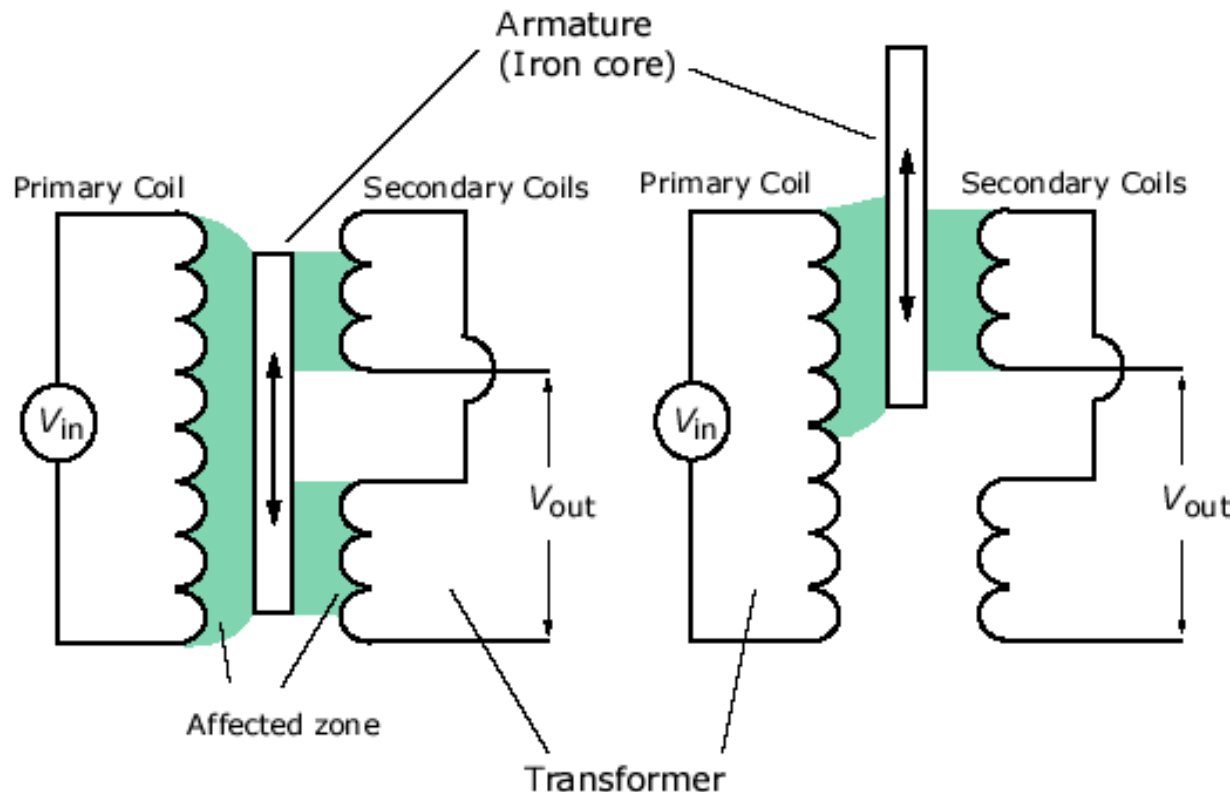
$$\frac{V_{izlaz}}{V_{ulaz}} = \frac{N_{izlaz}}{N_{ulaz}}$$

*N – broj namotaja,
V – očitani napon.*

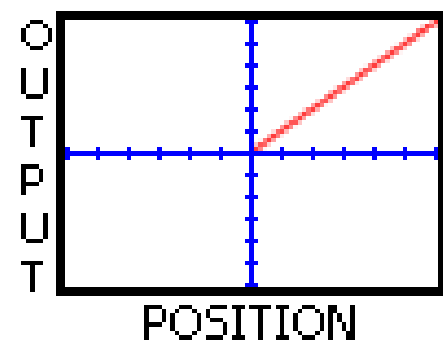
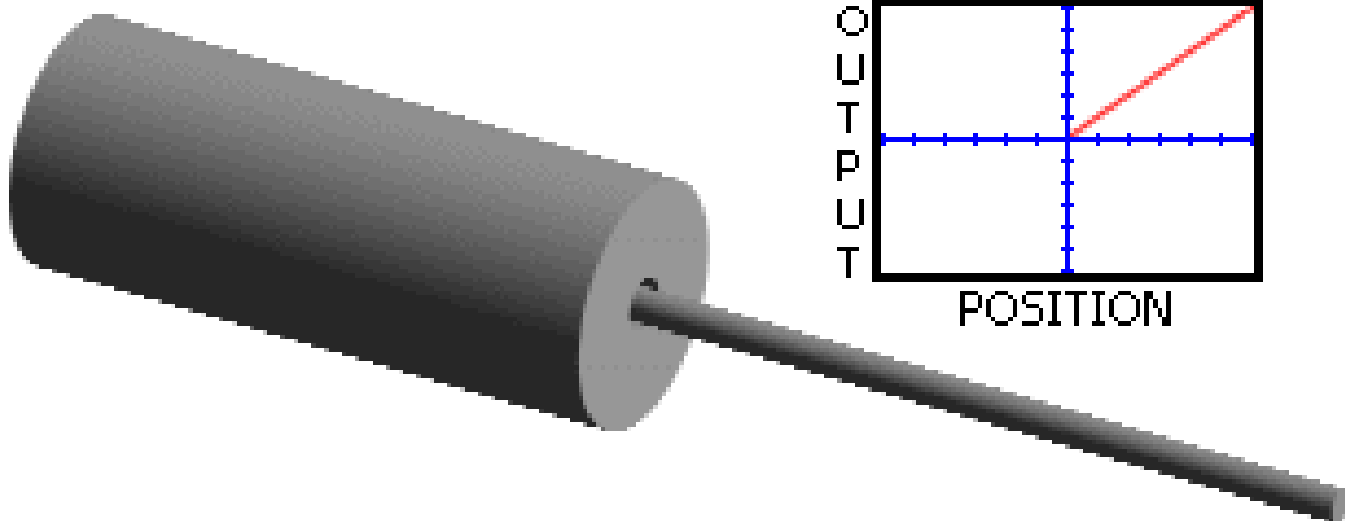
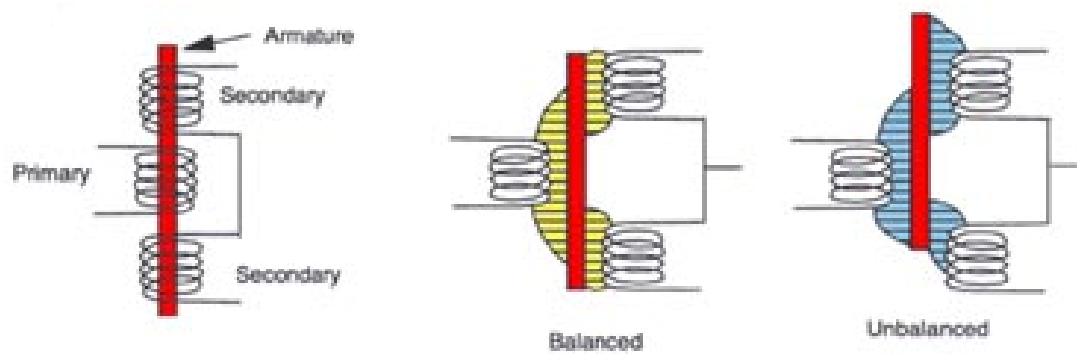
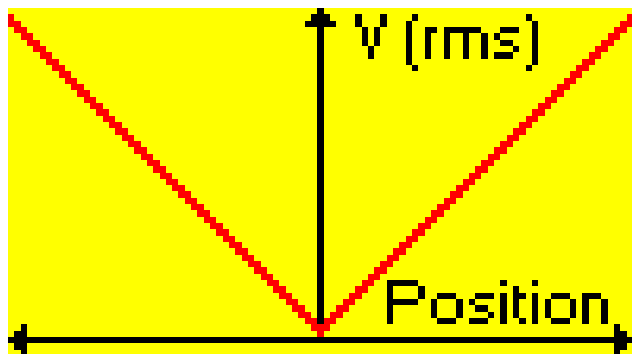
$$D = M \cdot V_{izlaz}$$

D – pomak jezgre u odnosu na pretvarač

M – osjetljivost (nagib krivulje pomak-napon)



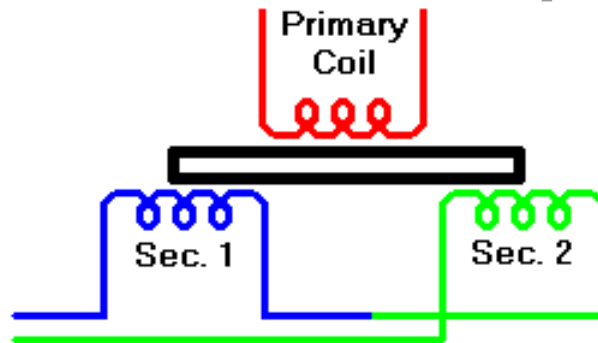
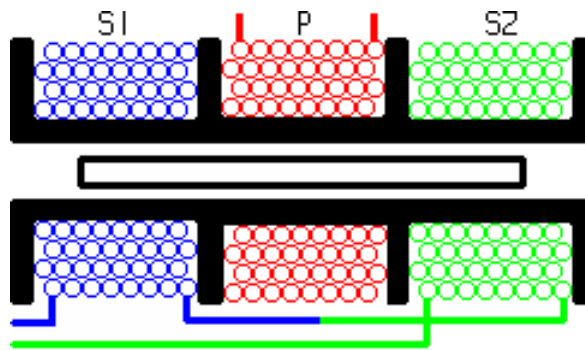
LVDT – pretvarač pomaka



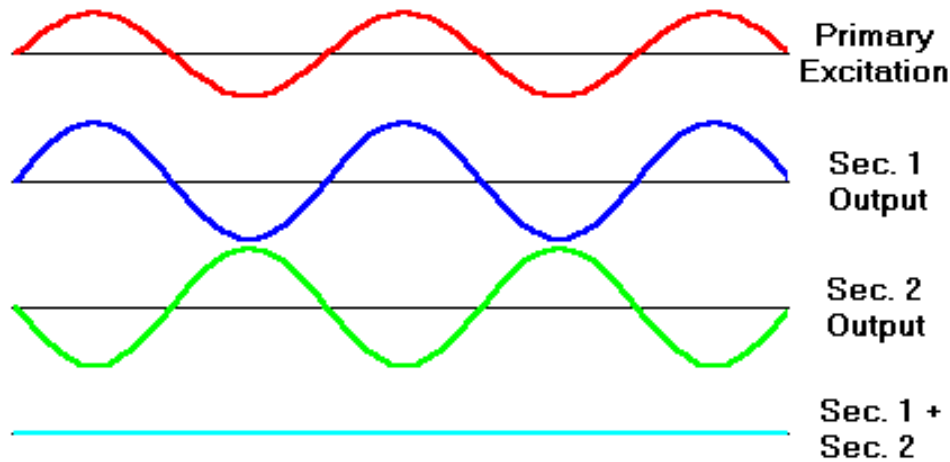
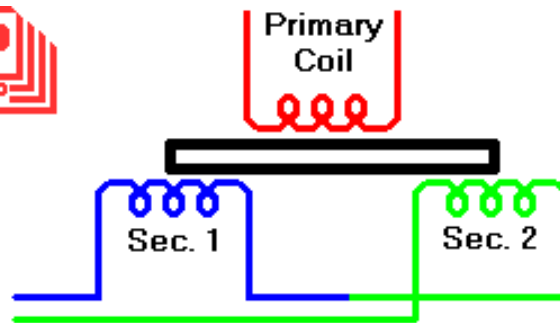
LVDT elektroničko okruženje

- Iako je LVDT u stvari električni pretvarač, traži AC napajanje amplitude i frekvencije različite od uobičajenih vrijednosti javne mreže (najčešće 0,5-5V i 1-30kHz), stoga je sastavni dio mjerne opreme LVDT-a uređaj za pripremu ulaznog signala;
- S druge strane, neophodno je izlazni niskonaponski AC signal s LVDT-a pretvoriti u visokonaponske DC signale koji su pogodniji za uporabu.

LVDT – pretvarač pomaka



RDP
GROUP



Zašto koristiti LVDT?

- ***Rad bez utjecaja trenja***
 - s obzirom da nema mehaničkog dodira između jezgre i namotaja
 - ispitivanje materijala, mjerenje vibracija;
- ***Beskonačno velika rezolucija***
 - Moguće je mjerenje infinitezimalno malih promjena položaja jezgre (ograničenja su posljedica šuma pretvaračkih elektroničkih uređaja i rezolucije izlaznog display-a);
 - Izuzetno velika ponovljivost mjerenja;
- ***Neograničena mehanička trajnost***
 - usljed navedenog izostajanja mehaničkog trenja (osobito važno u mjerenjima s potrebnom izuzetno velikom pouzdanosti).

Zašto koristiti LVDT?

- **Otpornost na oštećenja pri prekoračenju deklariranih pomaka**
 - Kako je unutarnji cilindar LVDT-a najčešće otvoren s oba kraja, pri eventualnom prijelazi jezgre izvan područja sekundarnih namota, nema oštećenja uređaja (npr. mjerenje vlačne čvrstoće do sloma kod destruktivnih ispitivanja);
- **Jednoosna osjetljivost**
 - LVDT odgovara na pomake jezgre duž osi instrumenta ali je općenito neosjetljiv na eventualne poprečne ili radijalne pomake jezgre;
- **Odvojena unutarnja građa**
 - Kako su statički i pomični dio LVDT-a potpuno odvojeni (veza se ostvaruje samo preko magnetskog polja), moguće je njegovo punjenje nekom tekućinom u cilju primjene kod mjerenja npr. hidrauličkih učinaka i slično.

Zašto koristiti LVDT?

- ***Otpornost na djelovanje okolnih uvjeta***
 - Materijali i način konstrukcije LVDT-a rezultirali su robusnim i trajnim senzorom otpornim na različite uvjete okoliša:
 - Otpornost na vlagu
 - Otpornost na iznenadne udare i vibracije u svim smjerovima
 - Unutarnje visoko permeabilno magnetsko polje minimizira utjecaje vanjskih AC polja
 - Otpornost na koroziju
 - Uobičajeni LVDT-i mogu se primijeniti u velikom opsegu vanjskih temperatura; uporabom specijalnih materijala pri konstrukciji LVDT-a moguće ih je primijeniti i u izrazito niskim i visokim temperaturama kao i u prostorima s povišenom radijacijom i drugim zračenjima.

Zašto koristiti LVDT?

- ***Ponovljivost nulte točke***
 - Položaj stvarne nul-točke LVDT-a je izrazito stabilan i ponovljiv i u slučajevima znatnih promjena temperature;
- ***Brz dinamički odziv***
 - Usljed već pominjanog izostajanja unutarnjeg mehaničkog trenja, LVDT može veoma brzo reagirati na promjene položaja jezgre,
 - Dinamički odziv LVDT-a limitiran je jedino inercijskim učincima mase jezgre i karakteristikama popratnih pretvaračkih uređaja.
- ***Apsolutni izlaz***
 - Za razliku od uređaja s tzv. inkrementalnim izlazom (to npr. znači da u slučaju gubitka napajanja, podaci o pomacima koje je LVDT poslao nisu izgubljeni a uspostavljanjem napajanja, izlazna vrijednost bit će jednaka onoj pri prekidu.

Vrste pretvarača pomaka



- *LVDT opće namjene*



- *Baždarni LVDT*



- *Podvodni senzori*



- *Senzori pomaka pri visokim temperaturama*



- *Visoka nuklearna radijacija*



- *Sustavi visoke sigurnosti*

Primjena u građevinarstvu

- ***Mjerenje svih vrsta pomaka osobito prilikom ispitivanja vlačne, tlačne i čvrstoće na savijanje;***
- ***Mjerenje širenja pukotina u betonu;***
- ***Mjerenje deformacija usljed skupljanja, puzanja i tečenja materijala;***
- ***Dinamička mjerenja;***
- ***Mjerenja umora materijala u konstrukciji;***
- ***itd.***



Glavni čimbenici te koraci pri odabiru linearnih senzora pomaka

- **Definirajte očekivane pomake**
- **Proučite mogućnost pristupa mjernom mjestu**
- **Odredite način pričvršćenja senzora**
- **Provjerite moguće utjecaje vibracija**
- **Provjerite moguće utjecaje udara**
- **Odredite moguće varijacije temperature kao i očekivane ekstreme**
- **Provjerite postoji li mogućnost djelovanja štetnih tekućina, plinova ili mehaničkih dijelova**
- **Traži li se povećana otpornost na koroziju**
- **Da li je mjerenje u području ili prostoru visokog rizika**
- **Vijek trajanja instrumenta tj. broj ponavljanja mjerenja**

Glavni čimbenici te koraci pri odabiru linearnih senzora pomaka

- ***Točnost mjernog instrumenta***
- ***Rezolucija senzora***
- ***Ponovljivost signala***
- ***Histerežno ponašanje instrumenta***
- ***Mogućnosti električnog napajanja***
- ***Traženi izlazni signal***
- ***Mogućnost utjecaja okolnih električnih signala i šumova***
- ***Cijena nabavke instrumenta***
- ***Mogućnost nabavke tj. dostupnost na tržištu***
- ***Iskustvo odabranog dobavljača.***

LVDT – pretvarač pomaka

Kalibracija LVDT-a

