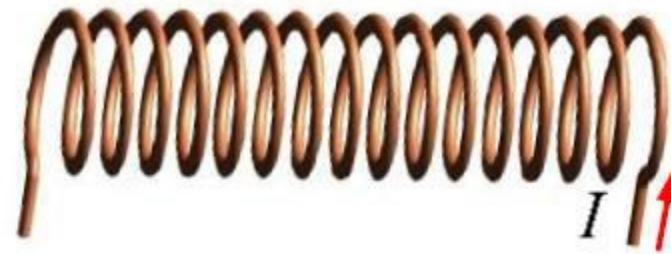
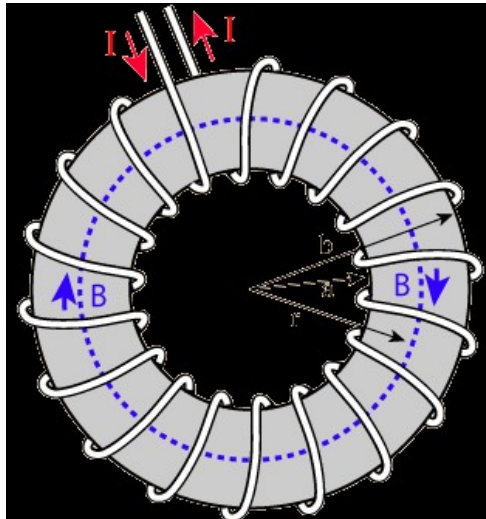
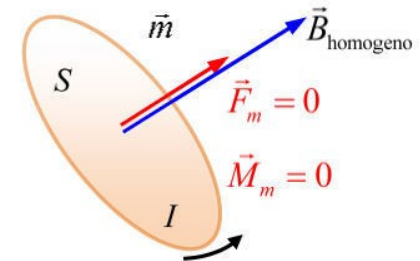
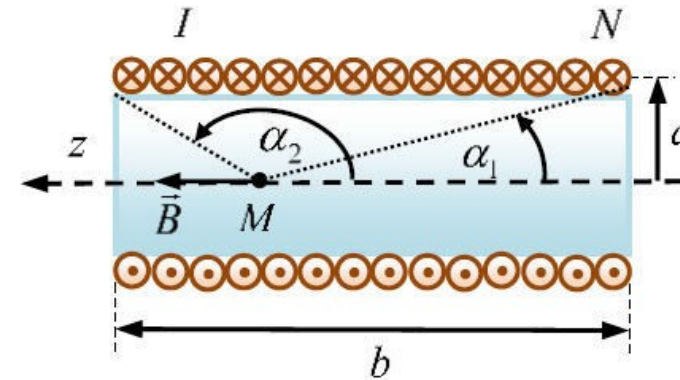


Induktivni senzori



Podsetnik

- Definicja magnetnog polja!!!
- $F = Il \times \vec{B}$, $F = q\vec{v} \times \vec{B}$,
- $\vec{B}$, $\vec{H}$,
- μ_0 , μ_r
- BiotSavarov Zakon
- Amperov Zakon
- Linije polja
- Magnenti fluks



Induktivni senzori

- Kategorija pasivnih senzora.
- zamena za Reed senzore
- Rad baziran na zavisnosti induktivnog kalema od promene otpora elektromagnetnog kola ili na elektromagnetnoj indukciji.
- reaguju uglavnom na metale, a moguće je i na neke druge materijale kao što je grafit.
- Proizvode se kao bezkontaktni delovi opreme

Primena

- kontrola, regulisanje, automatizovanje, pozicioniranje i nadgledanje proizvodnog procesa.
- industriji plastičnih masa, tekstilna, drvoprerađivački i auto industriji i automatizovani procesi
- . energetske industrije konstrukcija plosnatih transformatora, praćenje induktivnosti električnih komponenti
- detektovanje prisutnosti električnog napona u uređajima, i lošeg uzemljenja.

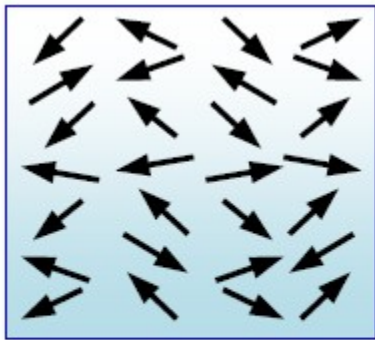


Prednosti

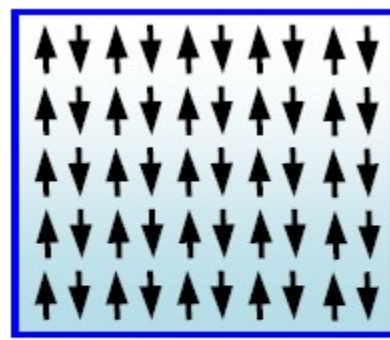
- beskontaktni princip (nema habanja, vek trajanja praktično neograničen)
- zaštićeni od suprotnog polariteta napajanja i kratkog spoja na izlazu
- neosetljivi na vibracije, prašinu i vlagu (mogu da rade pod ekstremno teškim uslovima)

PODELA MATERIJALA PREMA MAGNETNIM OSOBINAMA

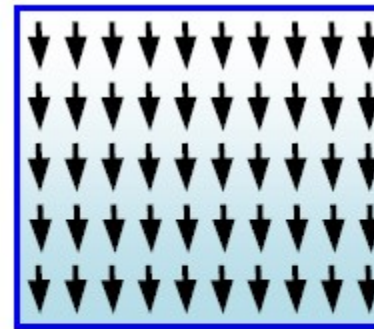
- ✓ paramagnetici (neznatno povećavaju magnetno polje)
- ✓ antifero-magnetici (neznatno povećavaju magnetno polje)
- ✓ **feromagnetici** (znatno povećavaju magnetno polje)
- ✓ ferimagnetici (znatno povećavaju magnetno polje)



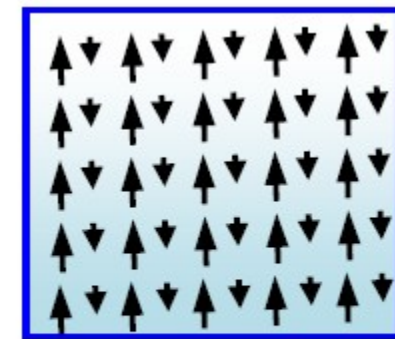
paramagnetici



antiferomagnetici



feromagnetici

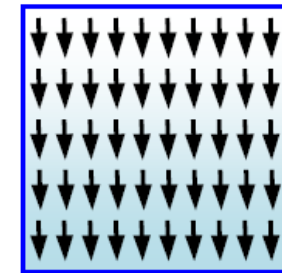
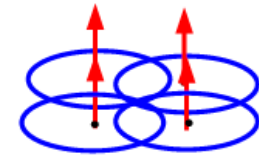


ferimagnetici



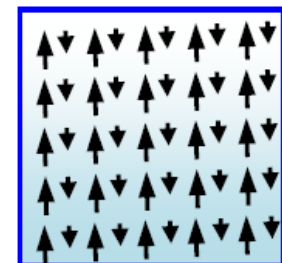
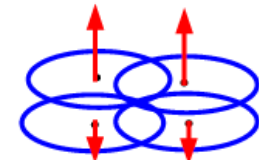
FERO-MAGNETICI

- m susednih atoma su paralelni i u istom su smeru.
- m atoma lako se orijentišu (preusmeravaju) u stranom polju B .
- U prisustvu fero-magnetika značajno se uvećava magnetna indukcija.
- Od velikog su značaja za praktičnu primenu.
- U fero-magnetne materijale spadaju:
 - - gvožđe, kobalt, nikal



FERI-MAGNETICI (FERITI)

- Sastavljeni su od više raznorodnih atoma:
- **mešavina** oksida Fe i nekog drugog metala
- Magnetni momenti susednih atoma su:
 - - antiparalelni,
 - - različitog intenziteta
- Imaju veliku specifičnu otpornost na višim učestanostima.



Induktivnost kalemova

- $\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$

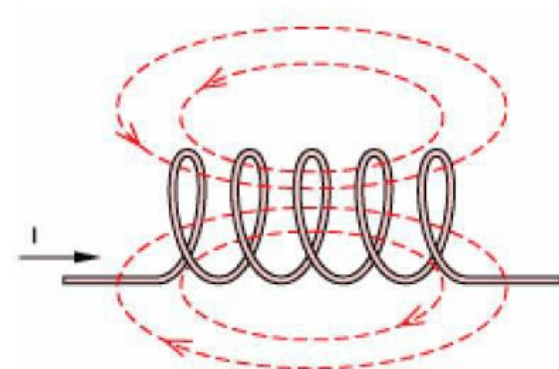
Faradejev zakon elektromagnetne indukcije

- Φ fluks vektora magnetne indukcije

- Promena fluksa indukuje elektromotornu silu

L induktivnost kalema

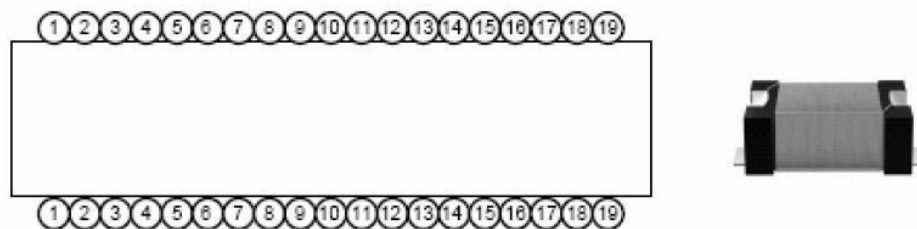
$$\Phi = LI$$



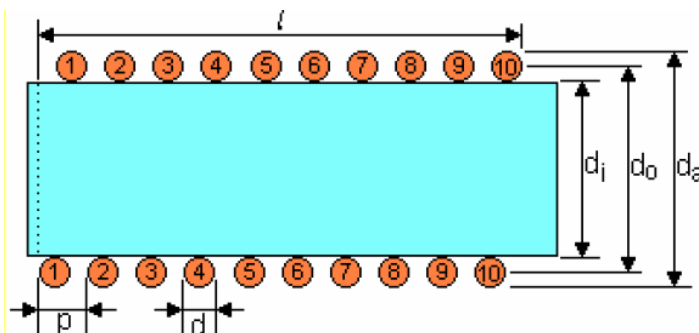
$$X_L = \omega L .$$

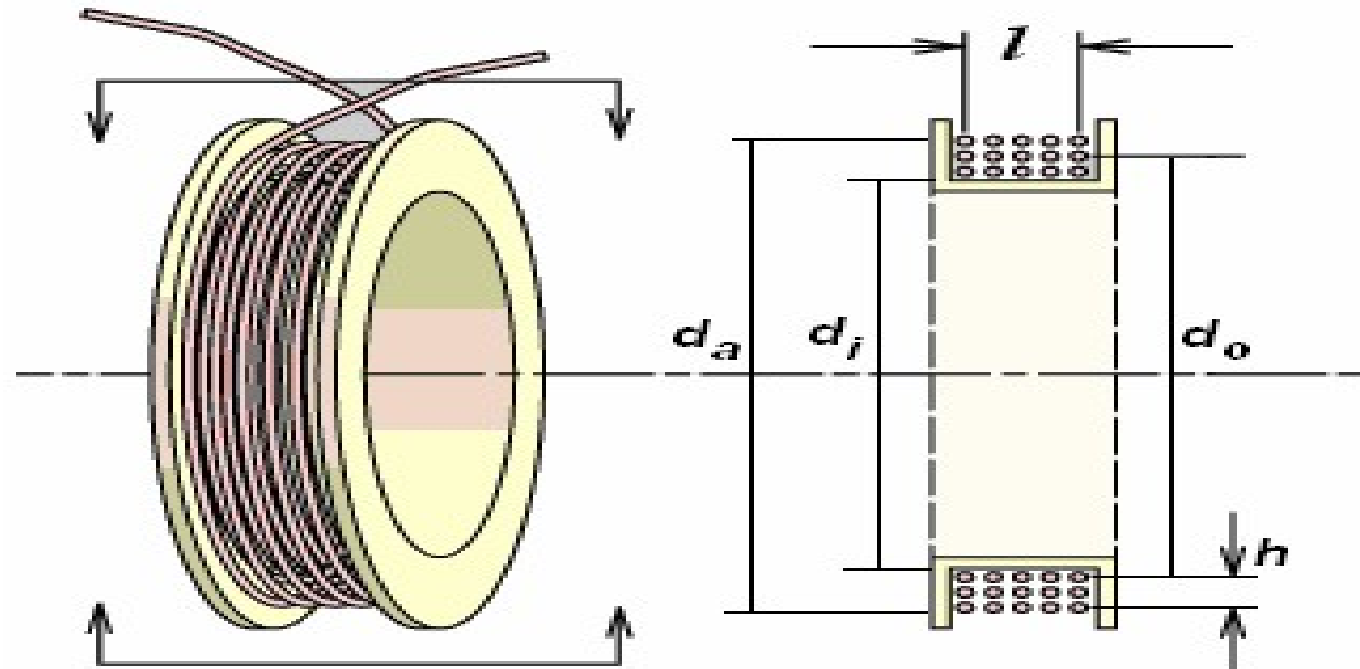
Kalemska tela i vrste namotaja

- Kalemska tela su obično cilindričnog oblika sa glatkom ili rebrastom površinom od lakootbradivih materijala
- Jednoslojni i višeslojni
- **jednoslojnih** kalemova zavojci su jedan do drugoga – **bez koraka**

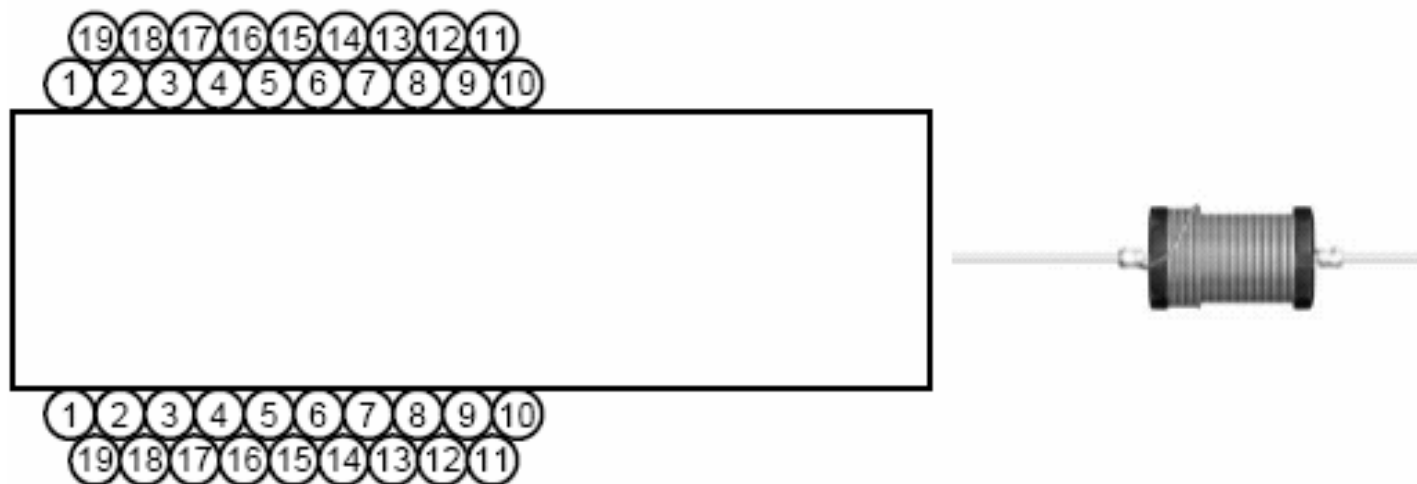


- **jednoslojni sa korakom**





Višeslojni kalemovi



Za namotaje se najčešće kori-ste lakom izolovane bakarne žice. Pored masivne žice, ko-riste se i visokofrekventni (VF) gajtani. VF gajtan se sastoji od upredenih tankih, lakom izolovanih bakarnih ži-lica, debljine (0,05÷ 0,1) mm

- Elektronska komponenta koja poseduje reaktivnu otpornost direktno proporcionalnu učestanosti dovedenog signala na tu komponentu; koeficijent proporcionalnosti između otpornosti i učestanosti predstavlja induktivnost tog kalema



KALEMOVI BEZ JEZGRA

Induktivnost dugačkih jednoslojnih cilindričnih kalemova.

- Pod dugačkim kalemom podrazumeva se kalem kod kojeg je dužina l najmanje 10 puta veća od njegovog prečnika.

$$L = \pi^2 \frac{d_o^2 N^2}{l} \cdot 10^{-3} \text{ (}\mu\text{H)},$$

Induktivnost kratkih jednoslojnih cilindričnih kalemova

$$L = 2,26 \cdot 10^{-2} \frac{d_o N^2}{1 + 2,25 \frac{l}{d_o}} \text{ (}\mu\text{H)}.$$

- **Induktivnost kratkih višeslojnih cilindričnih kalemova.** Za izračunavanje induktivnosti kratkih višeslojnih cilindričnih kalemova, koji se najčešće motaju unakrsno ili nasumično, koristi se Vilerov (Wheeler)

$$L = 78,7 \frac{d_o^2 N^2}{3d_o + 9l + 10h} \cdot 10^{-3} \text{ (}\mu\text{H)}.$$

Induktivnost pločastih kalemova. Pločasti kalem je onaj kod kojeg je dužina kalema l veoma mala i manja od visine namotaja h i srednjeg prečnika d_o ; kod njih se, sa dimenzijama u cm, induktivnost rač

$$L = \pi^2 \frac{d_o^2 N^2}{h} \cdot 10^{-3} \text{ (}\mu\text{H)}.$$

KALEMOVI SA JEZGROM

- Veća induktivnost
- kao jezgra, magnetodielektrici, feriti- dominantni
- ✓ pri vrlo visokim učestanostima jezgra od magnetodielektrika imaju prevelike gubitke usled vihornih struja.
- ✓ Feriti jedinjenja oksida gvožđa (Fe_2O_3) i dvovalentnih oksida metala (ZnO , MnO , NiO , BaO , CuO i dr.)



$$L = \mu_{app} L_o ,$$

μ_{app} prividna permeabilnost.

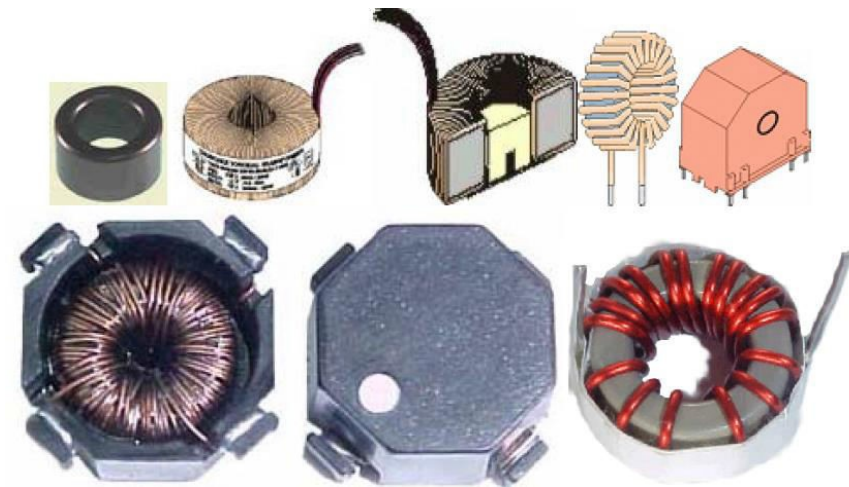
Torusna jezgra

- Najbolje iskorišćenje magnetnih osobina
- Nema rasipanja magnetog fluksa!!!!

$$L_{j(tor)} = \mu_{tor} L_0$$

$$Q_{j(tor)} = \frac{\mu_{tor} Q_0}{1 + \frac{R_j}{R_0}}$$

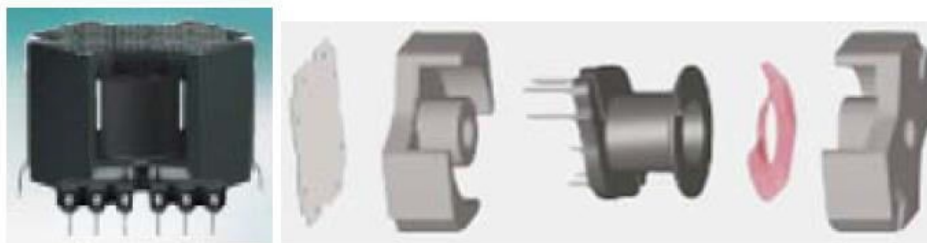
L_0 , Q_0 i R_0 induktivnost, Q-faktor i gubici torusnog kalema bez jezgra, R_j gubici u jezgru



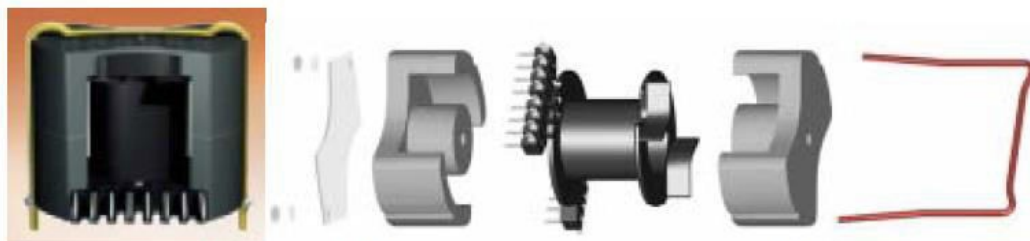




Kalem sa lončastim jezgrom i njegovi sastavni delovi



Kalem sa RM jezgrom i njegovi sastavni delovi



Kalem sa PM jezgrom i njegovi sastavni delovi



Sastavni delovi dva različita kalema sa E jezgrima

$$L = \mu_o \mu_e \frac{S_e}{l_e} N^2,$$

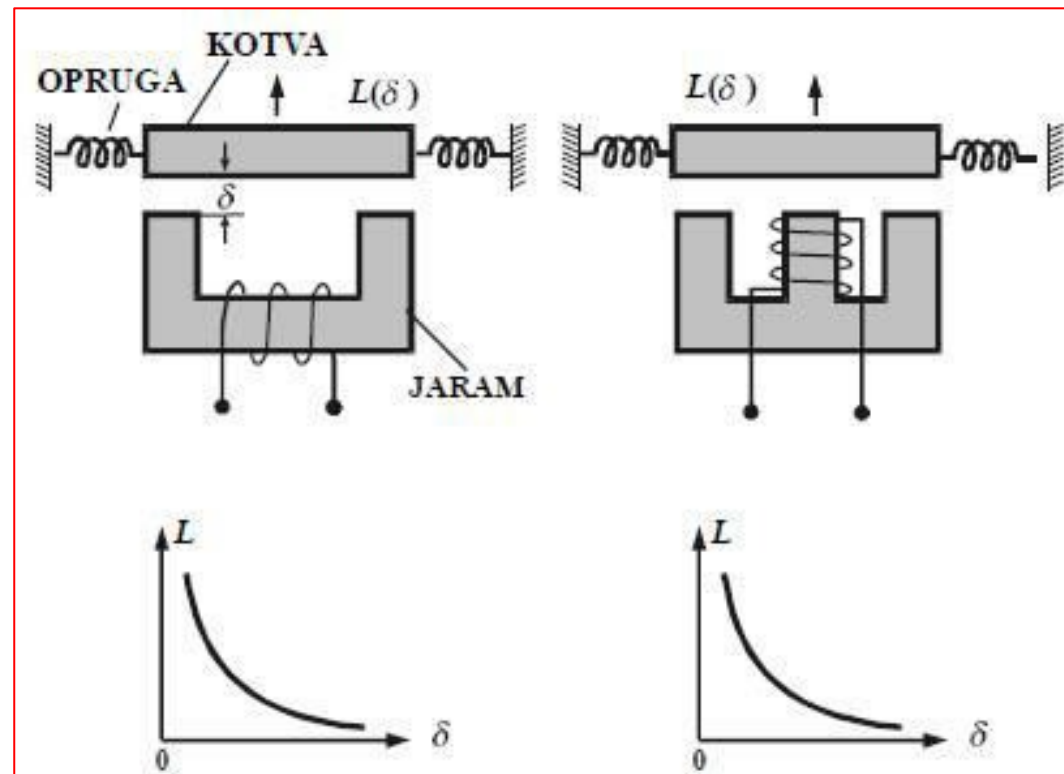
- ✓ Induktivnost kalemova sa jezgrom direktno zavisi od vrednosti efektivne magnetne permeabilnosti μ_e , koja umnogome zavisi od oblika i dimenzija jezgra, vrste materijala, a pogotovo od vrednosti vazdušnog procepa u magnetnom materijalu.
- ✓ **faktor induktivnosti** A_L - predstavlja induktivnost kalema sa jezgrom koji ima samo jedan zavojak – konstanta jezgra
- ✓ Induktivnost kalema sa N zavoja

$$L = A_L N^2 .$$

$$\mu_e = A_L \frac{l_e}{\mu_o S_e} .$$

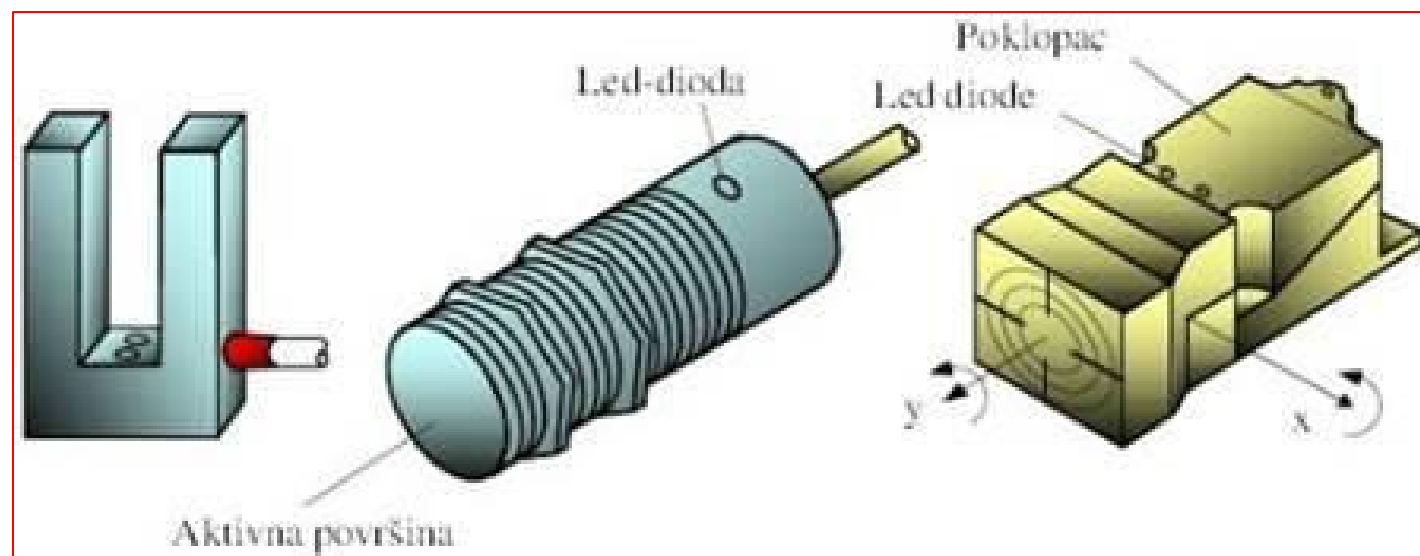
Konstrukcija i princip rada induktivnih senzora

- Induktivnost ovog senzora menja se zavisno od promene vazdušnog zazora jezgra (jarama) i pokretnog dela feromagnetika (kotve).
- Prosti induktivni senzori imaju jaram u obliku slova **U** ili **E**



- ✓ Kada se kotva približi zazor se smanji, induktivnost raste.
- ✓ Statička karakteristika je linearna samo za male relativne promene vazdušnog zazora.
- ✓ napajanje - napon frekvencije od 5 ili 50 kHz, a induktivnost je 5 ili 0.5 mH.
- ✓ nedostatak induktivnih senzora je nelinearnost statičke karakteristike i mali opseg promene zazora.
- ✓ Magnetni permabilitet, broj navoja i geometrija elektromagnetnog kola menjaju se pod uticajem mehaničkih veličina, te se na osnovu toga grade induktivni senzori.

Konstrukcija



Induktivni senzor kontrole brzine

