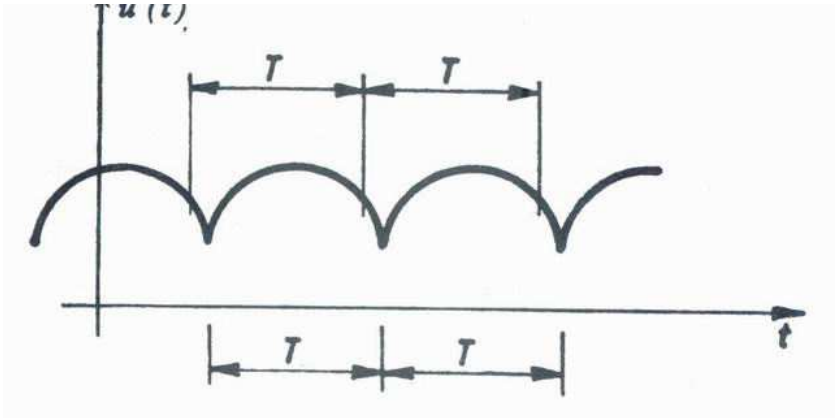
PERIODIČNE VELIČINE

- T – PERIOD
- UČESTANOST (Hz)
- $f = \frac{1}{T}$



$$f(t+nT) = f(t),\ n = \ldots,-2,-1,1,2,\ldots$$

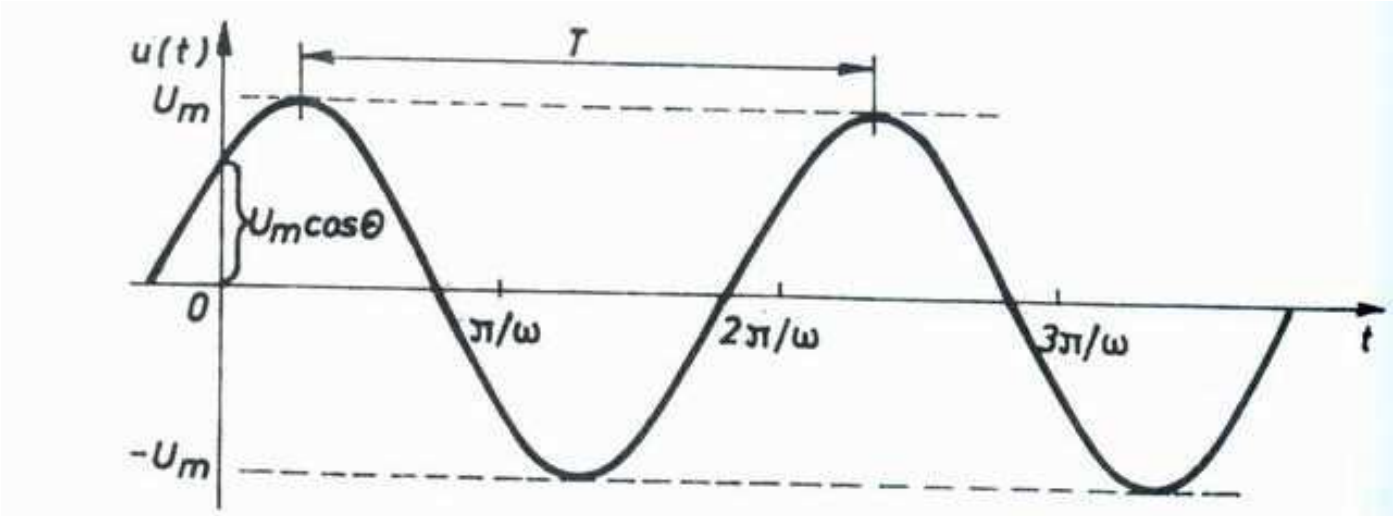
- IDUSTRIJSKA UČESTANOST 50 Hz
- PERNOS GOVORA 20-20kHz
- RADIODIFUZIJA 150 kHz-100 MHz

PROSTOPERIODIČNE VELIČINE – MENJAJU SE PO SINUSNOM ILI KOSINUSNOM ZAKONU

PROSTOPERIODIČNE FUNKCIJE

- U_m- MAKSIMALNA VREDNOST (AMPLOTUDA)
- ω- UGAONANILI KRUŽNA UČESTANOST
- θ- POČETNA FAZA

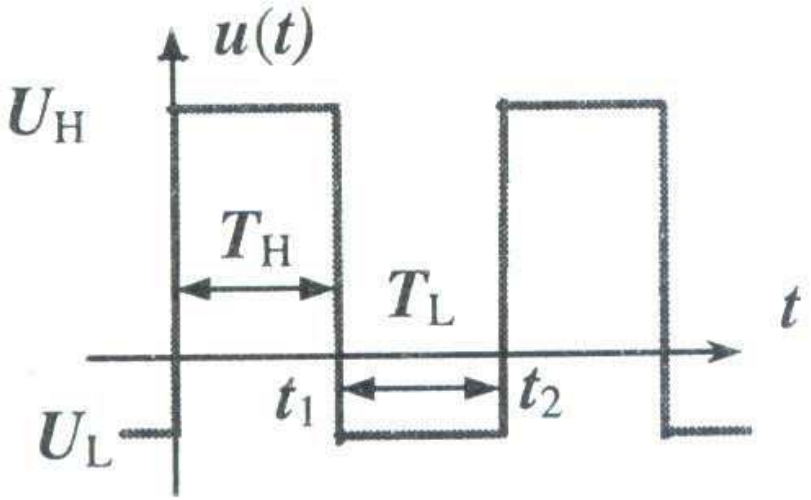
$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \omega = 2\pi f \qquad u(t) = U_m \cos(\omega t + \theta)$$



SREDNJA VREDNOST

$$I_{sr} = \frac{1}{T}\int_0^T i(t)dt$$

- PRIMER



$$\overline{u(t)} = \frac{T_H U_H + T_L U_L}{T_H + T_L}$$

EFEKTIVNA VREDNOST

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}$$

- PRIMER PROSTOPERIODIČNE VELIČINE:

$$U = \sqrt{\frac{U_m^{\ 2}}{T}\int \cos^2(\tfrac{2\pi t}{T})dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

JAČINA STRUJE KROZ OSNOVNE PASIVNE ELEMENTE PRIKLJUČENE NA PROSTOPERIODIČAN NAPON

- **OTPORNIK**

$$i(t) = \frac{u(t)}{R} = \frac{U_m}{R}\cos(\omega t + \theta)$$

- STRUJA KROZ OTPORNIK JE U FAZI SA NAPONOM
- **KALEM**

$$u_L = L\frac{di_L}{dt}$$

$$i(t) = \frac{1}{L}\int U_m \cos(\omega t + \theta)dt + I_0 = \frac{U_m}{\omega L}\sin(\omega t + \theta) + I_0$$

$$i(t) = \frac{U_m}{\omega L}\cos(\omega t + \theta - \pi/2)$$

- **STRUJA KROZ KALEM KASNI ZA π/2 U ODNOSU NA NAPON**

- KONDENZATOR

$$i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$$

- STRUJA KROZ KONDENZATOR PREDNJAČI NAPONU ZA π/2

$$i(t) = C\frac{d}{dt}[U_m \cos(\omega t + \theta)]$$

$$i(t) = -\omega C U_m \sin(\omega t + \theta) = \omega C U_m \cos(\omega t + \theta + \pi/2)$$

- SNAGA

$$p(t) = u(t)i(t)$$

- SREDNJA SNAGA (AKTIVNA SNAGA)

$$P = UI\cos\phi$$

- REAKTIVNA SNAGA PRIJEMNIKA

$$Q = UI\sin\phi$$

IMPEDANSA I ADMITANSA

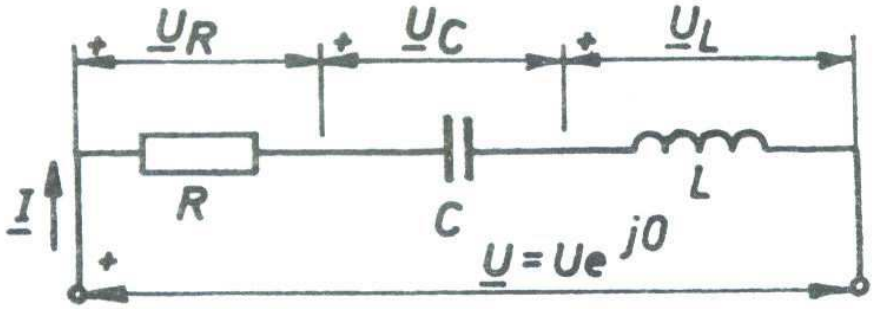
- $Z_R=R$ IMPEDANSA OTPORNIKA
- $Z_L=j\omega L$ IMPEDANSA KALEMA
- $Z_C=1/(j\omega C)$ IMPEDANSA KONDENZATORA
- $U=Z\cdot I$
- U OPŠTEM SLUČAJU $Z=R+jX$
- R- REZISTANSA, X- REAKTANSA

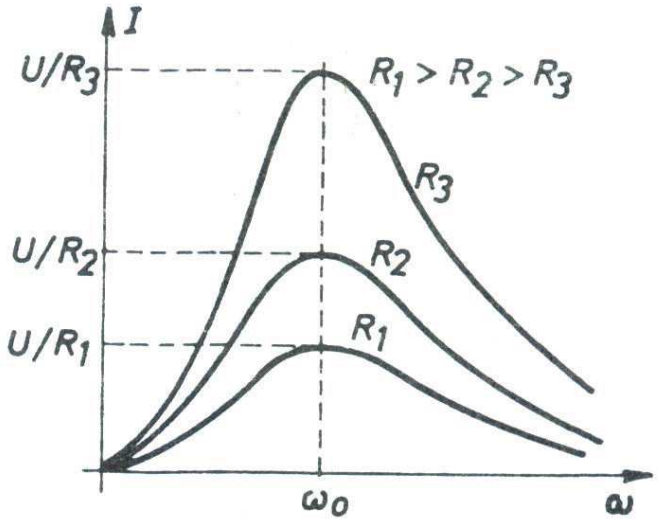
- $Y=1/Z$ ADMITANSA
- $Y=G+B$, G- KONDUKTANSA, B-SUSCEPTANSA

PROSTO REZONANTNO KOLO

- REZONANTNA UČESTANOST:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$





KONDENZATORI

- ELEMENT U KOME SE ELEKTRIČNA ENERGIJA AKUMULIŠE U ELEKTROSTATIČKU
- KONDENZATOR OBRAZUJU DVA PROVODNA TELA RAZDVOJENA IZOLATOROM, NAELEKTRISANA JEDNAKIM KOLIČINAMA NAELEKTRISANJA SUPROTNOG POLARITETA

$$Q = C(V_+ - V_-) = CU$$

U- RAZLIKA POTENCIJALA

C- KAPACITIVNOST

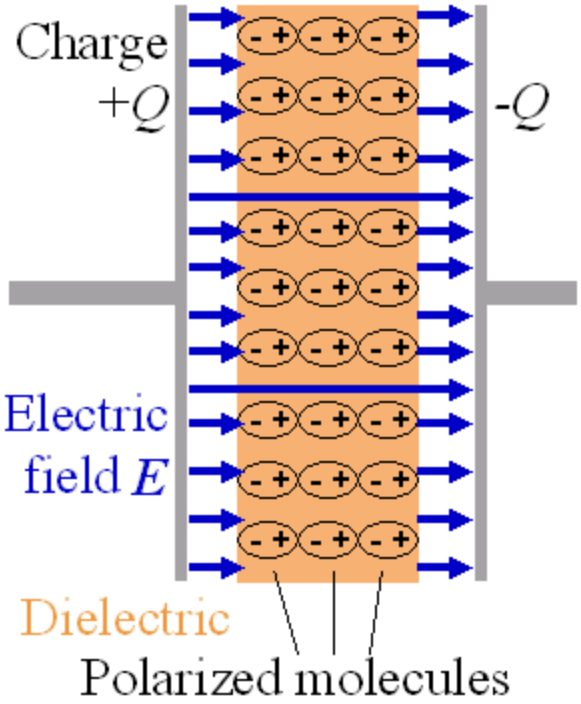
- U OPŠTEM SLUČAJU ELEKTRIČNA KAPACITIVNOS ZAVISI OD OBLIKA I MEĐUSOBNOG POLOŽAJA OBA TELA KAO I OD OSOBINA DIELEKTRIKA

- ELEKTRIČNA KAPACITIVNOST PLOČASTOG KONDENZATORA ODREĐENA JE FORMULOM
-

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

S – POVRŠINA PLOČA

d – RASTOJANJE IZMEĐU PLOČA



- PROMENA NAPONA Δu_C NA KRAJEVIMA KONDENZATORA

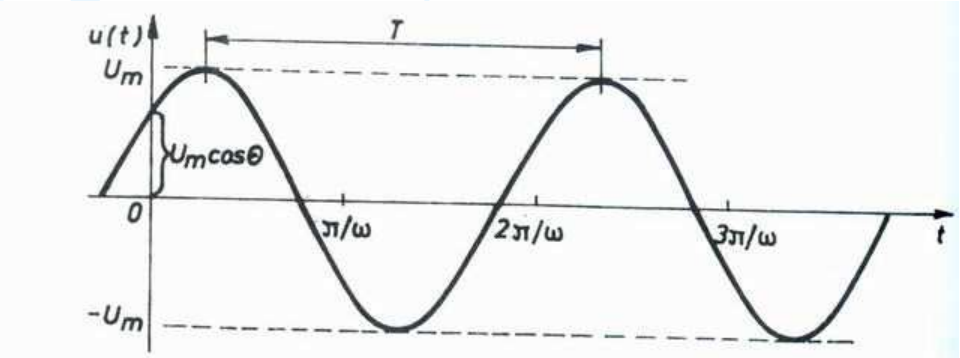
$$\Delta u_c = \frac{\Delta q}{C} = \frac{i_c}{C}\Delta t, \lim_{\Delta t \to 0} \Delta u_c = 0$$

NAPON NA KRAJEVIMA KONDENZATORA NE MOŽE TRENUTNO DA SE PROMENI

- U OPŠTEM SLUČAJU VAŽI

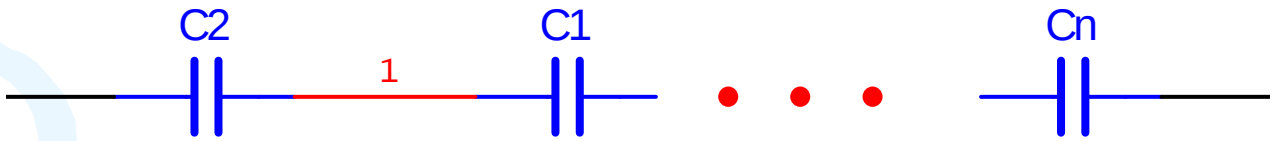
$$i_c(t) = \frac{du_c(t)}{dt} \qquad u_c(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i_c(\tau)d\tau + U_{C0}$$

- (OBNAVLJANJE) PERIODIČNA POBUDA



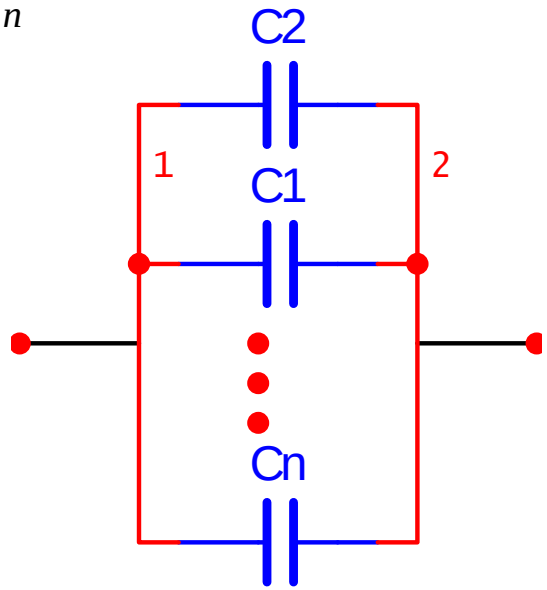
- PERIODA , UČESTANOST
- SREDNJA VREDNOST, EFEKTIVNA VREDNOST, IMPEDANSA

PARALELNA I REDNA VEZA KONDENZATORA



$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}$$

$$C_e = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$$



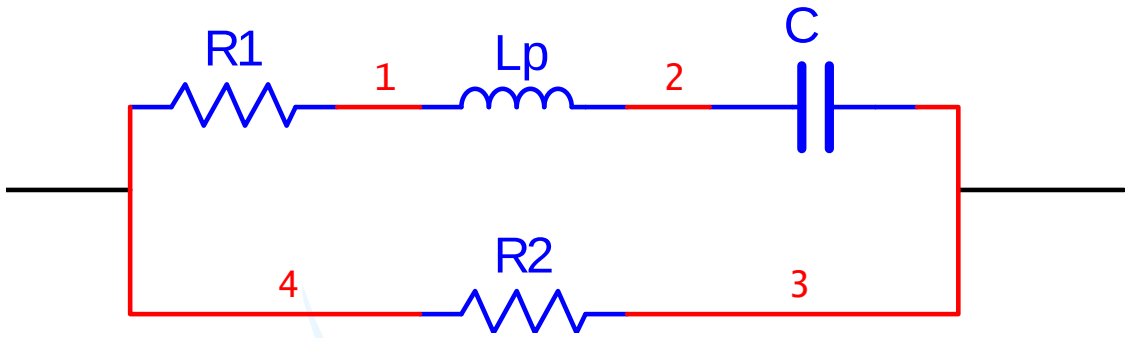
DRUGE BITNE KARAKTERISTIKE KONDENZATORA

- ELEKTRIČNA ČVSTOĆA KONDENZATORA

- PROBOJNI NAPON
- NAPON ISPITIVANJA
- RADNI (NOMINALNI) NAPON
- STABILNOST KONDENZATORA (NEPROMENLJIVOST OSOBINA PRI PROMENI RADNIH USLOVA, PRE SVEGA SPLJAŠNIH KLIMATSKIH I MEHANIČKIH UTICAJA)
- PROMENA SA TEMPERATUROM $C = C_0(1+\alpha_C \Delta T)$

- TAKOĐE UTIČU VLAŽNOST, ATMOSFERSKI PRITISAK, MEHANIČKI UTICAJI

KEKVIVALENTNO KOLO FIZIČKOG KONDENZATORA



- R1 – USLED DIELEKTRIČNIH GUBITAKA
- R2- USLED POSTOJANJA STUJE CURENJA I PRI KONSTANTNOJ STRUJI
- Lp – INDUKTIVNOST ELEKTRODA
- RAZLIKA IZMEĐU π/2 I UGLA ZA KOJI PREDNJAČI STRUJA NAPONU U SLUČAJU REALNOG KONDENZATORA – UGAO GUBITAKA δ

VRSTE KONDEZATORA

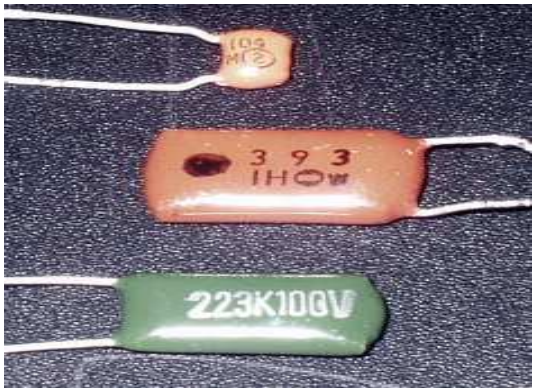
- **KERAMIČKI** – ε_r<1000 : MALI GUBICI,SKORO LINEARNA ZAVISNOST OT TEMP., 1000>ε_r >10000, MANJE DIMENYIJE ALI I NELINEARNA ZAVISNOST KAPACITIVNOSTI OD T I U, NESTO VECI GUBICI 35000>ε_r >50000, MALE DIM. ALI IZRAZENA NELINEARNA ZAVISNOSTOD T

  KERAMICKI KONDENZATORI IMAJU NAJMANJU PARIZITNU INDUKTIVNOST
- **METALIZOVANI PLASTICNI-** DIELEKTRIK SINTETICKI PLASTICNI MATERIJAL, MALE DIM, MALI GUBICI I DOBRA TEMP. STABILNOST
- **ELEKTROLITSKI** ALUMINIJUMSKI, TITAN, TANTAL KONDENZATORI

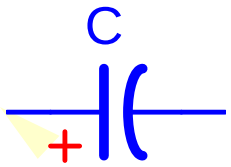
  ELEKTROLITSKI KONDENZATORI IMAJU NAJVECI KAPACITIVNOST PO JEDINICI ZAPREMINE

OZNAČAVANJE KONDENZATORA

- OZNAČAVANJE SE VRŠI NA VIŠE NAČINA:
- **KRAMIČKI** SE OBICNO OZNAČAVAJU IMPLICITNO PREKO BROJEVA NPR:
- 223=22 X 1000 pF

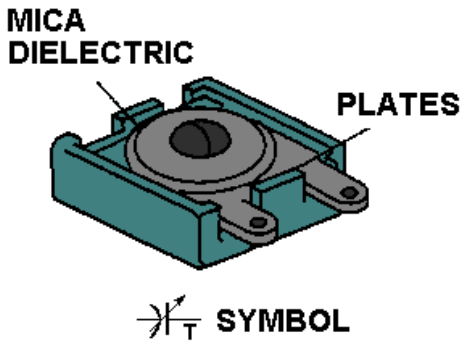


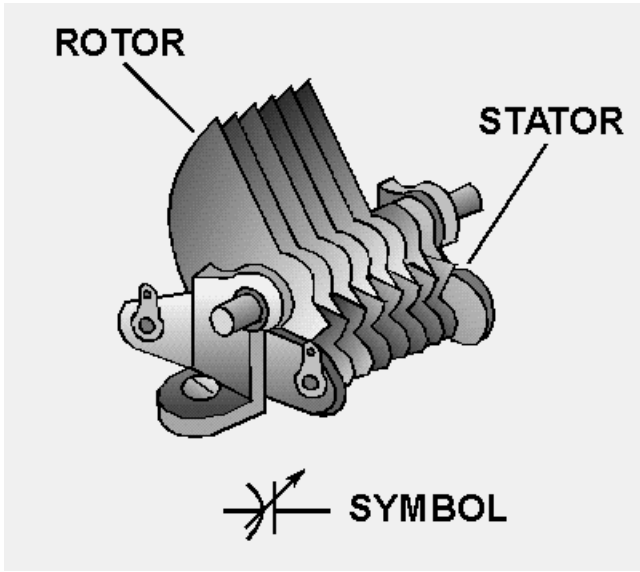
- ELEKTROLITSKI: EKSPLICITNO



PROMENLJIVI KONDENZATORI

- OBRTNI
- POLUPROMENLJIVI (TRIMERI)
- VARIKAP DIODE

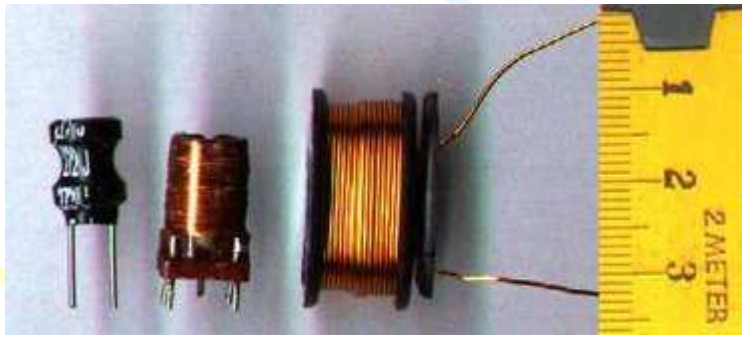




INDUKTIVNI ELEMENT KALEM

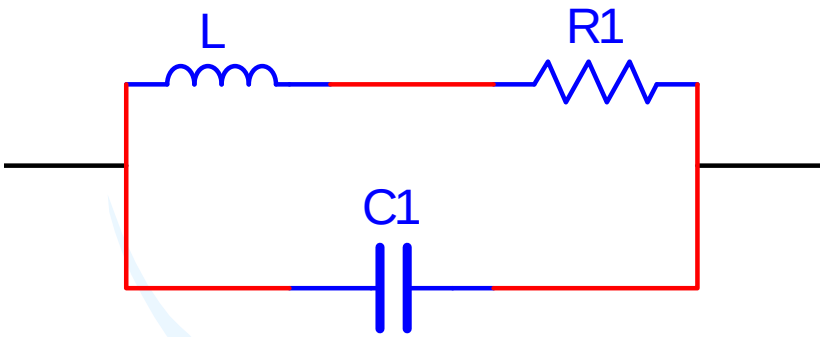
- ELEMENT U KOME SE ELEKTRICNA ENERGIJA AKUMULISE U MAGNETSKU
- VEZA IZMEĐU STRUJE I NAPONA IDEALNOG KALEMA

$$u_L(t) = L\frac{di_L(t)}{dt},\ i_L(t) = \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u_L(\tau)d\tau + I_{L0}$$

- $\Delta i_L = \frac{u_L}{L}\Delta t, \quad \lim_{\Delta t \to 0} \Delta i = 0$
- 

STRUJA KROZ IDEALAN KALEM NE MOŽE TRENUTNO DA SE PROMENI

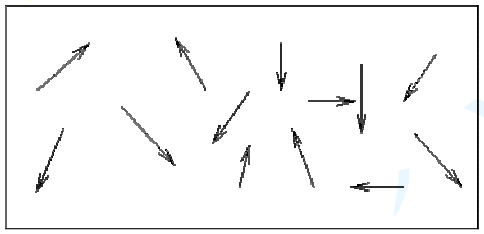
EKVIVALENTNA ŠEMA FIZIČKOG KALEMA

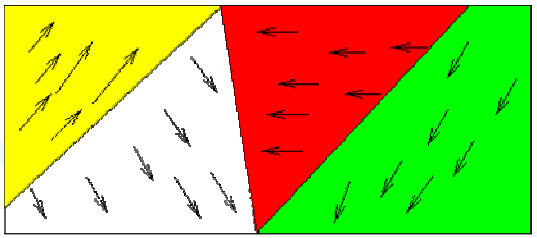


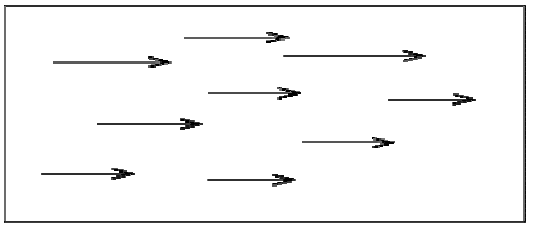
- R – GUBICI U JEZGRU, NAMOTAJIMA I DIELEKTRIČNI GUBICI
- C – PARAZITNA KAPACITIVNOST (DA BI SE SMANJILA KAPACITIVNOST: MOTANJE U OBLIKU PIRAMIDE, KALEMSKA TELA SA PREGRADAMA, UNAKRSNO MOTANJE KALEMOVA)

MAGNETNI MATERIJALI

- DIJAMAGNETSKI MATERIJALI: Cu,Ag,Zn, GRAFIT, VODA
- PARAMAGNETSKI MATERIJALI: Al, KISEONIK, VAZDUH
- FEROMAGNETSKI MATERIJALI: Fe, Ni,Co (imaju kristalnu strukturu, nema tečnih ili gasovitih feromagnetskih materijala)



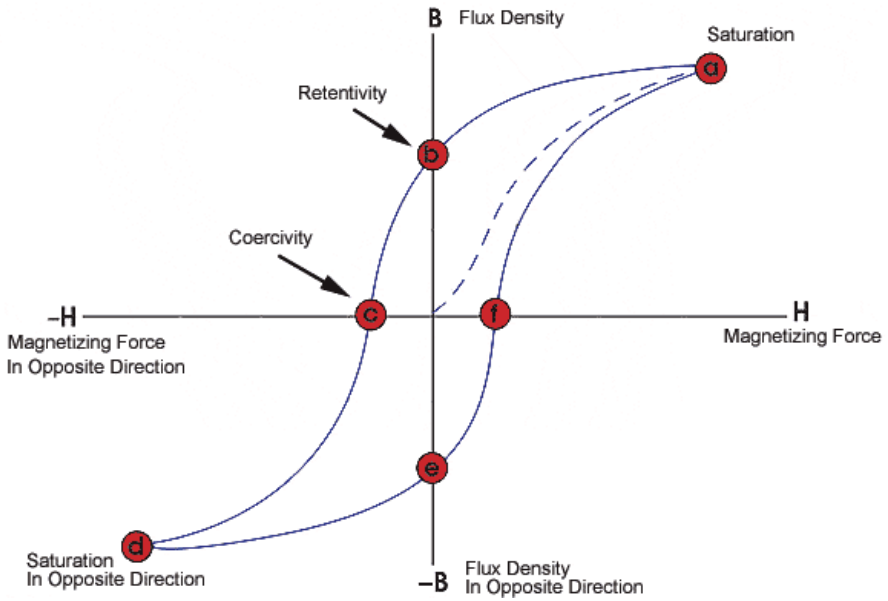




- PARAMGNETSKI FEROMAGNETSKI FERITI

FEROMAGNETNI MATERIJALI

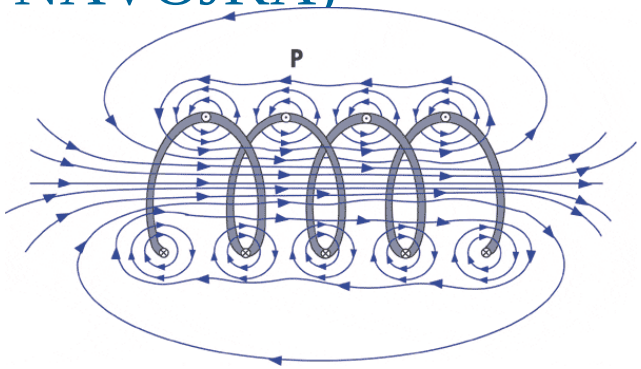
- HISTEREZISNA PETLJA
- MAGNETSKI MEKI MATERIJALI
- MAGNETSKI TVRDI MATERIJALI



INDUKTIVNOST

- OSNOVNA VELIČINA KOJA KARAKTERIŠE KALEM JE NJEGOVA INDUKTIVNOST L
- DEFINIŠE SE $$L = \frac{2W_m}{I^2}$$
- :KADA SE ZANEMARI UNUTRAŠNJA INDUKTIVNOST U LINEARNIM SREDINAMA: $$L = N\frac{\phi}{I}$$
- INDUKTIVNOST DUGAČKOG CILINDRIČNOG KALEMA (l >> PREČNIKA SREDNJEG NAVOJKA)

$$L = \mu_0 N^2 \frac{S}{l},\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{H}{m}$$



- SA JEZGROM:

$$L \approx \mu_0 \mu_r N^2 \frac{S}{l}$$

- INDUKTIVNI FAKTOR A_L $$L = A_L N^2$$

MAGNETNI MATERIJALI ZA JEZGRO

- KORISTE SE MAGNETNO MEKI MATERIJALI
- MATERIJAL U VIDU LIMA: OD LEGURE GVOŽĐA SA SILICIJUMOM ILI LEGURE GVOŽĐA I NIKLA
- MAGNETODIELEKTRIK: MATERIJAL U VIDU METALNOG PRAHA POMEŠANOG SA NEKIM DIELEKTRIKOM I PRESOVAN U HOMOGENU MASU; KORISTE SE ZA VISOKOFREKVENTNE KALEMOVE RADI SMANJENJA GUBITAKA USLED VIHORNIH STRUJA
- FERITI: MAGNETNI MATERIJALI KOJI IMAJU VISOKU SPECIFIČNU OTPORNOST PA SMANJUJU GUBITKE USLED VIHORNIH STRUJA VIŠE NEGO MAGNETODIELEKTRICI; KORISTE SE ZA IZRADU JEZGRA VISOKOFREKVENTNIH KALEMOVA

STABILNOST KALEMOVA

- PROMENA POD DEJSTVOM TEMPERATURE VLAGE I STARENJA
- PROMENA TEMPERATURE UTIČE INDIREKTNO USLED PROMENE SOPSTVENE OTPORNOSTI, SOPSTVENE KAPACITIVNOSTI I USLED PROMENE DIMENZIJA KALEMA I USLED PROMENE MAGNETNIH OSOBINA MATERIJALA JEZGRA
- TEMPERATURNI KOEFICIJENT INDUKTIVNOSTI TCL

$$TCL = \frac{\Delta L}{\Delta T} \cdot \frac{1}{L}$$

- TAKOĐE UTIČE VLAGA I STARENJE KOJE SE NAJČEŠĆE JAVLJA USLED MEHANIČKIH NAPREZANJA U MATERIJALU

KALEMOVI PROMENLJIVE INDUKTIVNOSTI (VARIOMETRI)

- VARIOMETRI SA PROMENLJIVIM BROJEM ZAVOJAKA
- VARIOMETRI SA PROMENLJIVOM UZAJAMNOM INDUKTIVNOŠĆU
- VARIOMETRI SA POKRETNIM MAGNETNIM JEZGROM
- VARIOMETRI SA NEMAGNETNIM JEZGROM