

# **8. MĚRENÍ UČESTANOSTI**

## 8.1. Uvod

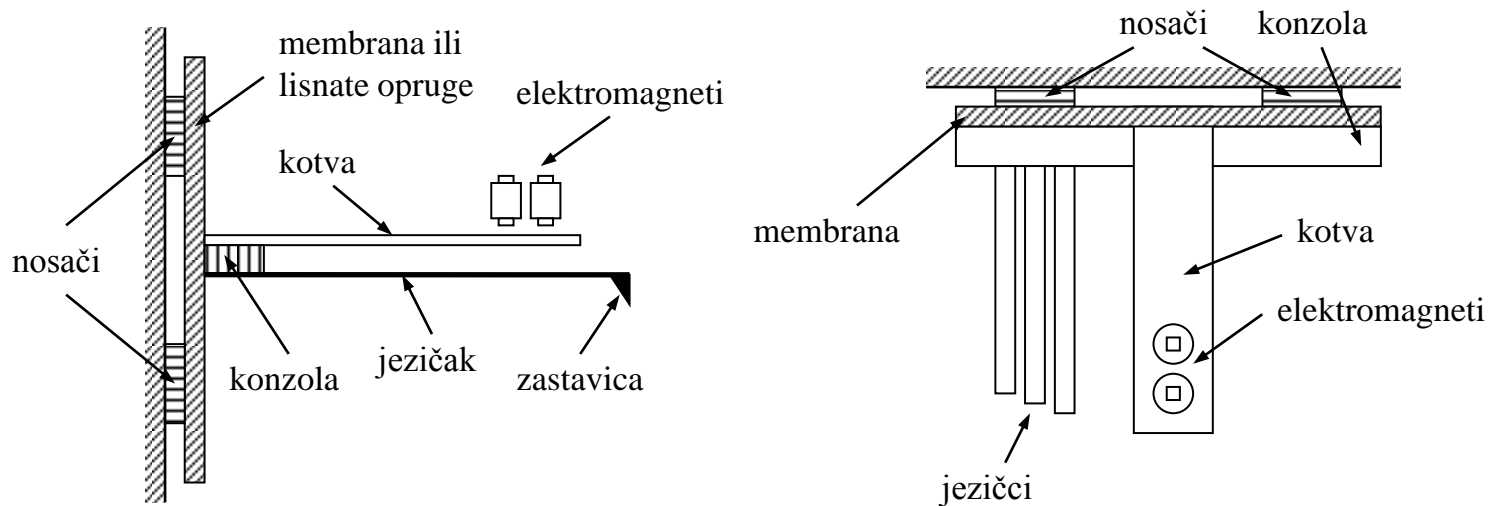
- Učestanost je veoma važan parametar svakog periodičnog signala.
- S druge strane, učestanost je posebno važna veličina u elektroenergetskim sistemima i jedan je od pokazatelja kvaliteta električne energije.
- Od učestanosti zavise gubici, merenje vremena, ponašanje motora.
- Učestanost daje važne informacije o nekim događajima u elektroenergetskim sistemima (kvarovi, porast i opadanje potrošnje i sl.).
- Učestanost je generalno jedinstvena veličina za ceo EES. Ona ima istu vrednost u svim tačkama EES-a.
- Standardne vrednosti su 50 Hz (Evropa) i 60 Hz (SAD i još neke zemlje).
- Postoji više principa prema kojima se može meriti učestanost. Na osnovu njih su razvijene različite metode za merenje.

## 8.1. Uvod

- U praksi se mogu sresti sledeće merne metode i uređaji za merenje učestanosti:
  - metode zasnovana na brzini obrtanja,
  - metode zasnovane na mehaničkoj rezonansi,
  - metode zasnovane na električnoj rezonansi,
  - metode sa usmeravanjem napona (struje),
  - digitalne metode
  - metode mosta,
  - osciloskopske metode.

## 8.2. Merenje učestanosti primenom mehaničke rezonanse

- Na osnovu principa mehaničke rezonanse razvijeni su instrumenti koji se nazivaju frekvencmetri sa vibracionim jezičcima ili lamelama.
- Koriste se za merenje frekvencije u oblasti industrijskih učestanosti, za slučajeve konstantnih ili približno konstantnih frekvencija.
- Prikaz poprečnih preseka instrumenta dat je na slici.

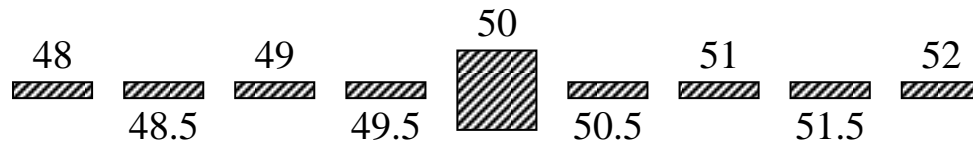


## 8.2. Merenje učestanosti primenom mehaničke rezonanse

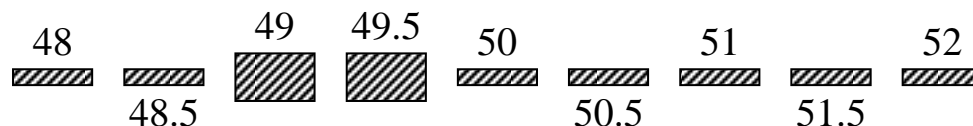
- Instrument se sastoji od niza jezičaka od elastičnog materijala (metalne, neferomagnetne trake).
- Svi jezički su različite dužine, pa imaju različite sopstvene mehaničke frekvencije oscilovanja.
- Svi jezički su pričvršćeni na zajedničku osnovu (konzola).
- Posredstvom elektromagneta kroz čije namotaje teče struja stvara se polje čija je učestanost jednaka učestanosti posmatrane pojave (kotva).
- Pod dejstvom polja dolazi do oscilovanja podloge na koju su učvršćeni jezički (membrana). Oscilovanje podloge prenosi se na jezičke.
- Ako se učestanost oscilovanja poklopi sa sopstvenom učestanošću jezička on osciluje odnosno javlja se mehanička rezonansa.
- Elektromagnetna sila je funkcija kvadrata struje, tako da ona ima dvostruku učestanost u odnosu na učestanost pojave.
- Samim tim, dužina jezičaka, odnosno njihova sopstvena učestanost odgovara dvostrukoj učestanosti pojave.

## 8.2. Merenje učestanosti primenom mehaničke rezonanse

- Pri merenju ceo sistem osciluje ali neprimetno.
- Jedino jezičak čija se sopstvena učestanost poklapa sa dvostrukom učestanosti pojave osciluje jače – u rezonansi je.
- To se manifestuje tako što je njegov lik, koji opisuje pri oscilovanju, izduženiji od ostalih.
- Na slici je dat prikaz jezičaka za slučaj kada je učestanost 50 Hz.



- Pokazalo se da je najpogodnije da razlika sopstvenih učestanosti jezičaka bude 1% od nominalne frekvencije. Za  $f_n = 50$  Hz to je 0.5 Hz.
- Na taj način frekvencija se meri sa tačnošću od 0.25 Hz. Za  $f = 49.25$  izgled jezičaka bi bio kao na slici:



## 8.3. Merenje učestanosti primenom električne rezonanse

- Šeme za merenje učestanosti primenom električne rezonanse su iste kao kod merenja induktivnosti.
- I kod merenja učestanosti menja se kapacitet kao i kod merenja induktivnosti.
- Kod naponske (redne) rezonanse kriterijum rezonanse je maksimalna struja u kolu. Kao što je ranije pokazano, uslov rezonanse je:

$$\omega^2 LC = 1$$

- Iz ovog uslova može se odrediti nepoznata učestanost preko izraza:

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

## 8.3. Merenje učestanosti primenom električne rezonanse

- Kod strujne (paralelne) rezonanse kriterijum rezonanse je minimalna struja. Uslov rezonanse u ovom slučaju je:

$$R^2C + \omega^2 L^2 C - L = 0$$

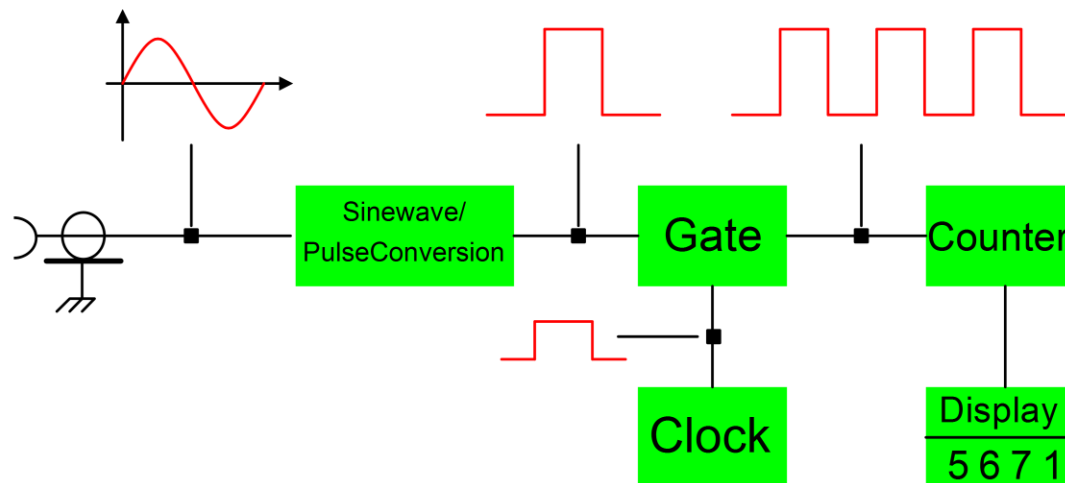
- Iz ovog uslova se dobija se vrednost merene učestanosti:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2}$$

- Očigledno je da je pogodnija naponska rezonansa, pošto za strujnu treba poznavati i aktivnu otpornost kalema, dok za naponsku to nije potrebno.

## 8.4. Merenje učestanosti digitalnim frekvencmetrom

- Frekvencija se može meriti i digitalnim instrumentom.
- On može da meri frekvenciju do oko 100 MHz.
- Digitalni frekvencmetar se obično naziva brojač pošto određuje frekvenciju elektronskim brojanjem broja ciklusa nepoznatog signala u standardnom vremenskom intervalu, obično 1 sekundu.
- Sledeća slika opisuje osnovni princip rada digitalnog merača frekvencija.



## 8.4. Merenje učestanosti digitalnim frekvencmetrom

- Blok konverzije impulsa pretvara sinusoidni signal u diskretni skup impulsa.
- Povorka diskretnih impulsa potom prolazi kroz kapiju koja ostaje otvorena određeno vreme.
- Elektronski brojač broji ove impulse iz izlaza kapije.
- Rezultujuća vrednost se prikazuje na glavnom ekranu merača.