

17-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
14-oji užduotis Nr. FT17-14 / 2024 04 22 – 2024 05 19

Junginys

Sąlyga / FT17-14 ▼

Kaip reiktų sujungti solenoidą ir kondensatorių su $R = 6,3 \text{ k}\Omega$ varžu $f = 50 \text{ Hz}$ dažnio $U = 6,3 \text{ V}$ efektinės vertės kintamosios įtampos tinkle, kad elektros srovės solenoide ir kondensatoriuje būtų $n = 14$ kartų stipresnės nei tinkle? Pateikite junginio elektrinę schemą ir raskite:

- 1) Solenoido induktyvumą;
- 2) Kondensatoriaus talpą;
- 3) Jų elektrines varžas;
- 4) Elektros srovės stiprių amplitudines vertes;
- 5) Šiluminę galią.

Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 04 21.

Aiškinamasis sprendimas / FT17-14 ▼

Duota: $R = 6300 \Omega$; $f = 50 \text{ Hz}$; $U = 6,3 \text{ V}$; $n = 14$.

Rasti: L ; C ; Z_L ; Z_C ; I_{mR} ; I_{mL} ; P .

Jei sujungtume tris elektrinės grandinės elementus R , L ir C nuosekliai, tai pilnoji varža (bendras impedansas) būtų didesnė nei R ir netenkintų užduoties sąlygos, nes elektros srovė dėl solenoido ir kondensatoriaus prijungimo tik susilpnėtų:

$$|Z| = \left| R + 2\pi f L i - \frac{i}{2\pi f C} \right| = \sqrt{R^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C} \right)^2} > R.$$

Net ir įtampų rezonanso atveju ($|Z| = R$), kai elektros srovės stipris didžiausias, jis būtų vienodas visuose elementuose.

Nuosekliai sujungtus solenoidą ir kondensatorių, tokio dalinio junginio impedansas:

$$|Z_{LC}| = \left| 2\pi f L i - \frac{i}{2\pi f C} \right| = 2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}.$$

Tą prijungus lygiagrečiai varžui ir pagal Omo dėsnį randamus elektros srovių stiprius bandant susieti pagal duotą užduoties sąlygą, gautume tik vieną lygtį su dviem ne konkrečiai apibrėžtais nežinomaisiais, kai vieną iš jų tektų pasirinkti laisvai, o kitą apskaičiuoti:

$$\frac{U}{|Z_{LC}|} = n \frac{U}{R}; \quad 2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C} = \frac{R}{n}.$$

Taip jungti irgi netinka, nes užduoties sąlygoje prašoma konkrečių, o ne laisvai pasirinktų solenoido induktyvumo ir kondensatoriaus elektrinės talpos verčių.

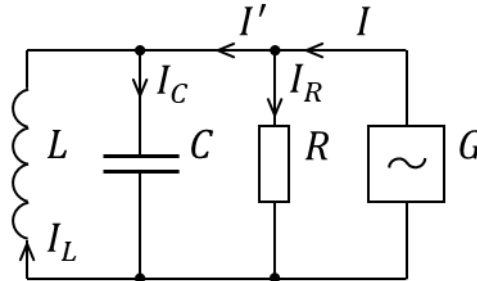
Sujungus visus elementus lygiagrečiai, gaunamas taip vadinamas srovių rezonansas, kuomet elektros srovės stipris varže I_R bent jau apytiksliai lygus elektros srovės stipriui tinkle I ($I' = I_C -$

$I_L \ll I_R; I = I_R + I' \approx I_R$, o solenoide ir kondensatoriuje srovių stipriai yra vienodi ($I_L \approx I_C$) ir priešingų kryptčių:

$$|Z_L| = |2\pi f L i| = 2\pi f L; |Z_C| = \left| -\frac{i}{2\pi f C} \right| = \frac{1}{2\pi f C}; \frac{U}{|Z_L|} = \frac{U}{|Z_C|} = n \frac{U}{R};$$

$$L = \frac{R}{2\pi f n}; L = \frac{6300}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 14} \approx 1,43 \text{ (H)}; C = \frac{n}{2\pi f R}; C = \frac{14}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 6300} \approx 7,1 \text{ (\mu F)};$$

$$Z_L = Z_C = \frac{R}{n}; Z_L = \frac{6300}{14} = 450 \text{ (\Omega)}.$$



Įtampos amplitudė $U_m = \sqrt{2}U$, tai pagal Omo dėsnį elektros srovių stiprių amplitudės:

$$I_{mR} = \frac{U_m}{R} = \frac{\sqrt{2}U}{R}; I_{mR} = \frac{\sqrt{2} \cdot 6,3}{6300} \approx 1,4 \text{ (mA)};$$

$$I_{mL} = I_{mC} = \frac{U_m}{Z_L} = \frac{\sqrt{2}U n}{R}; I_{mL} = I_{mC} = \frac{\sqrt{2} \cdot 6,3 \cdot 14}{6300} \approx 19,8 \text{ (mA)}.$$

Pagal turimus duomenis galime įvertinti tik varžo išilimą, todėl šiluminė galia:

$$P = \frac{U^2}{R}; P = \frac{6,3^2}{6300} \approx 6,3 \text{ (mW)}.$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 04.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT17-14 ▼

Junginį su tarpusavyje lygiagrečiai sujungtais solenoidu ir kondensatoriumi, kai pasiekiamas srovių rezonansas, pasirinko tik vienas turnyro dalyvis.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 04.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT17-14 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Junginio elektrinė schema	2
2.	Induktyvumas ir talpa	3
3.	Kompleksinės varžos	1
4.	Srovės stiprių amplitudinės vertės	2
5.	Galia	2
6.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	-1
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 04.