

16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
13-oji užduotis Nr. FT16-13 / 2023 03 13 – 2023 04 09

Sąlyga / FT16-13 ▼

Bendraašis kabelis

Cilindro formos bendraašio kabelio $l = 1$ m ilgio gabalas yra sudarytas iš $d_1 = 0,58$ mm skersmens varinės centrinės gyslos, ją supančių $d_2 = 3,7$ mm skersmens izoliacinio tarpiklio iš polietileno (santykinė dielektrinė skvarba $\varepsilon = 2,2$, santykinė magnetinė skvarba $\mu = 1$), plono varinio laido pynės ir viršutinio plastikinio apsauginio sluoksnio. Raskite jo elektrinę talpą, induktyvumą ir banginę varžą.

Elektrinė konstanta $\varepsilon_0 = 8,85$ pF/m. Magnetinė konstanta $\mu_0 = 1,256$ μ H/m.

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 2023 03 13.

Aiškinamasis sprendimas / FT16-13 ▼

Duota: $l = 1$ m; $d_1 = 5,8 \cdot 10^{-4}$ m; $d_2 = 3,7 \cdot 10^{-3}$ m; $\varepsilon = 2,2$; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m; $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ H/m.

Rasti: C ; L ; Z .

Tegu tiesaus kabelio centrinė gysla įelektrinta elektros krūviu, kurio ilginis tankis yra τ , o pynės priešingo ženklo elektros krūvio ilginis tankis yra $-\tau$. Tada elektrinis laukas yra tik tarpiklyje ($d_1 \leq x \leq d_2$), o jo stipris:

$$E(x) = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon x}.$$

Randame potencialų skirtumą (įtampą) ir elektrinę talpą:

$$U = \int_{0,5d_1}^{0,5d_2} E(x)dx = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon} \ln \frac{d_2}{d_1}; \quad C = \frac{\tau l}{U} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{d_2}{d_1}};$$

$$C = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,2 \cdot 1}{\ln \frac{3,7}{0,58}} \approx 66 \text{ (pF)}.$$

Tegu centrine gysla ir pyne teka vienodo stiprio I ir priešingų kryptių elektros srovės, tada magnetinis laukas yra tik tarpiklyje, o magnetinio srauto tankis (magnetinė indukcija) jame:

$$B(x) = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}.$$

Išsireiškę magnetinio lauko energiją cilindriniam tarpiklio sluoksnyje, kurio spindulys yra x , storis dx , ilgis l ir tūris $dV = 2\pi x dx l$, o ir energiją visame tarpiklyje, randame induktyvumą:

$$dW(x) = \frac{B^2}{2\mu_0} dV = \frac{\mu_0 I^2 l}{4\pi x} dx; \quad W = \frac{\mu_0 I^2 l}{4\pi} \ln \frac{d_2}{d_1};$$

$$L = \frac{2W}{I^2} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}; \quad L = \frac{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{3,7}{0,58} \approx 0,37 \text{ (}\mu\text{H)}.$$

Kabelio banginė varža išreiškiama kvadratine šaknimi iš induktyvumo ir elektrinės talpos santykio:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0 \epsilon}} \ln \frac{d_2}{d_1}; \quad Z = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1,256 \cdot 10^{-6}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,2}} \ln \frac{3,7}{0,58} \approx 75 (\Omega).$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 04 17.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-13 ▼

Užduotį teisingai išsprendė keturi turnyro dalyviai.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 04 17.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-13 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Elektrinė talpa	4
2.	Induktyvumas	4
3.	Banginė varža	2
4.	Nerodomi skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	-0,5
5.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-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 2023 04 17.