

Ohjeet

- Tentissä on viisi samanarvoista tehtävää (10 p/teht). *Neljä parasta huomioidaan arvostelussa.*
- Sallittu oheismateriaali: *oppikirja* (Lindell: Aaltojohtoteoria) sekä *taskulaskin* (ohjelmoitavat ja graafiset laskimet kelpaavat myös).
- Palauta vastauspaperisi välissä *kaikki* saamasi yliopiston konseptiarkit - myös tyhjä ja suttupaperit. Tehtäväpaperin saat pitää.
- Ole tarkkana yksiköiden kanssa!

Tehtävät

1. Epähomogeenisen tasoallon sähkökenttä on

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_0 e^{-j\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}}, \quad \begin{cases} \mathbf{E}_0 = [3\mathbf{u}_x + (4 + 5j)\mathbf{u}_y] \frac{\text{V}}{\text{m}} \\ \mathbf{k} = \frac{k_0}{20} [(5 - 4j)\mathbf{u}_x + 3j\mathbf{u}_y] + 2k_0\mathbf{u}_z \end{cases}$$

missä k_0 on tyhjän aaltoluku.

- Määrää (sähkö)kentän polarisaatio, eli kätisyys ja elliptisyys.
- Määrää tasoallon etenemissuunta ja suunta johon aallon amplitudi pienenee jyrkimmin.
- Määrää väliaineen kompleksinen suhteellinen permittiivisyys, kun $\mu = \mu_0$.
- Laske aallonpituus ja tunkeutumissyvyys taajuudella $f = 1$ GHz.
- Olisiko tämä edelleen kelpo tasoaltoratkaisu valinnalla:

$$\mathbf{E}_0 = [3\mathbf{u}_x + (4 - 5j)\mathbf{u}_y] \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Miksi/miksi ei?

- Koaksiaalijohdon sisäjohtimen säde on $a = 1$ mm, ulkojohtimen säde on $b = 3$ mm ja eristeen permittiivisyys on $\epsilon_r = 2$. Sisäjohtimen on tehty kuparista ($\sigma_{\text{Cu}} = 58$ MS/m) ja ulkojohtimen alumiinista ($\sigma_{\text{Al}} = 35$ MS/m). Arvioi johtavuushäviöistä johtuva vaimennuskerroin taajuudella $f = 1$ GHz. Kuinka monta prosenttia tehosta häviää 10 m matkalla?
- Sunnittele suorakaiteen muotoisen tyhjän aaltoputken mitat a ja b ($a > b$) siten, että vain perusmuoto TE_{10} etenee taajuuskaistalla $4 \text{ GHz} < f < 6 \text{ GHz}$. Tehonkeston maksimoimiseksi halutaan mahdollisimman suuri putki joka täyttää ehdot. Mikä on perusmuodon aallonpituus ja aaltoimpedanssi taajuudella $f = 5$ GHz? Laske myös vaimennuskerroin desibeleissä, kun seinien johtavuus on $\sigma = 25$ MS/m.

4. Esitä suorakulmaiseen aaltoputkeen asetettava lyhyiden, samassa poikkileikkaustasossa olevien virtapiikkien muodostama syöttöjärjestelmä, jolla alin heräävä aaltomuoto on:

- (a) TE_{10} (2 p)
- (b) TE_{20} (2 p)
- (c) TE_{01} (2 p)
- (d) TE_{11} (4 p)

Virtapiikit voidaan ajatella reunalle tulevien koaksiaalijohtojen päiksi. Aaltoputken sivusuhte on $a/b = 2$. (Virtapiikkien paikkojen lisäksi pitää tietysti määrätä niiden suhteelliset amplitudit ja mahdolliset vaihesiirrot.)

5. Sylinteriresonaattorilla mitataan häviöllisen materiaalin kompleksinen permittiivisyys ϵ_c mittaamalla perusmuodolla resonanssitaajuuden ja hyvyysluvun muutos materiaalilla täytetyn ja tyhjän resonaattorin välillä. Määrää ϵ_c , kun resonanssitaajuus pieneni 30% ja hyvyysluku puolittui kun resonaattori täytettiin häviöllisellä materiaalilla. Resonaattorin pituus $L = 10$ cm, säde $a = 10$ cm, ja seinät ovat tehty kuparista ($\sigma_{Cu} = 58$ MS/m).