1) $\nabla^2(f(\varrho)\,\vec{e}_\varrho)$ berechnen (Kreiszylinder-Koord.)

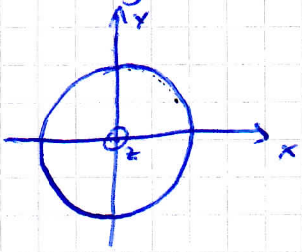
Hinweis: $\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{f}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}\cdot\vec{f}) - \nabla^2\vec{f}$

---

2) $\vec{F}(\vec{r}) = f(x^2+y^2+z^2)\,\vec{e}_x$ in Kugelkoordinaten darstellen

---

3) homogen magnetisierter Kreiszylinder



$\vec{M} = M\cdot\vec{e}_y$

fiktive Ströme, Flächenströme berechnen

---

4) $\vec{E} = \frac{E_0}{a}\left[(x-y)\,\vec{e}_x - (x+y)\,\vec{e}_y\right]$ (kartesische Koord.)

Elektrisches Skalarpotential berechnen

---

5) magnetisches Vektorpotential $\vec{A} = K_1\varrho\,\vec{e}_\alpha + K_2\ln(\varrho/a)\,\vec{e}_z$

(Kreiszylinder-Koord.)

a, K_1, K_2 konstant

i) $\vec{B}$ berechnen

ii) Wie verlaufen Vektorlinien?

iii) Wie ist so ein Magnetfeld erzeugbar?

6) Aus den allgemeinen Sprungbedingungen d. MW-Gleichungen die Sprungbedingung für die Normalkomponente des Poynting-Vektors herleiten. $[\![S_n]\!]$

Hinweise: für beliebige Multiplikation $\circ$ gilt:

$$[\![F \circ G]\!] = [\![F]\!] \circ \langle G \rangle + \langle F \rangle \circ [\![G]\!]$$

wobei: $[\![F]\!] = F^+ - F^-$

$$\langle F \rangle = \frac{1}{2}\left(F^+ + F^-\right)$$

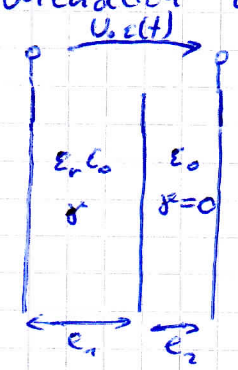
---

7) In der komplexen Wechselstromrechnung kann der zeitliche Mittelwert des Poynting-Vektors $\langle \vec{S} \rangle$ als Realteil eines komplexen P.-V. $\underline{\vec{S}}$ darstellbar.

→ Beweisen + Wie ist $\underline{\vec{S}}$ definiert

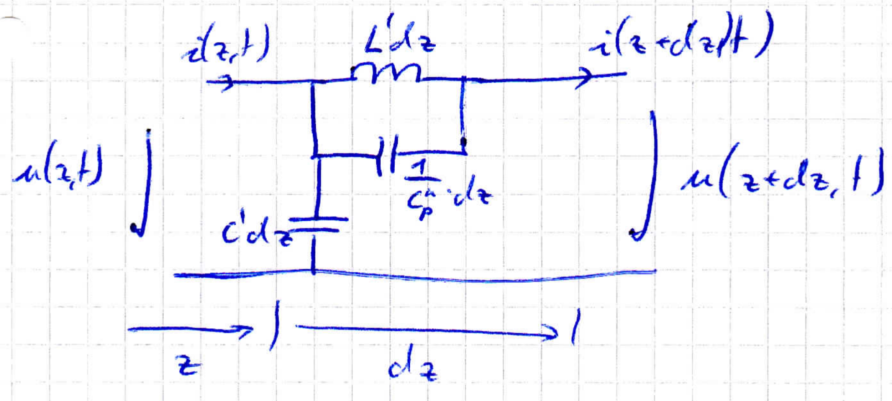
---

8) unendlich ausgedehnte Platten; bei $t=0$ wird Spannung U_0 angelegt.



Alle zeitlichen Stromverläufe, Raumladungsverteilungen, Flächenladungsverläufe an den Grenzschichten berechnen. $J(t)$, $\rho(t)$, $\sigma_{1,2,3}(t)$

9) erweitertes Leitungsmodell



$[C_p''] = F \cdot m$ (Kapazität × Länge)

vom Ansatz $\begin{Bmatrix} u \\ i \end{Bmatrix} = \mathrm{Re}\begin{Bmatrix} \hat{u} \; e^{j(\omega t - \beta z)} \\ \hat{i} \; e^{j(\omega t - \beta z)} \end{Bmatrix}$

Wellenwiderstand $Z_w(\omega)$ berechnen

---

10) Wellenausbreitung in Wasser $\varepsilon = 80 \cdot \varepsilon_0 ; \mu = \mu_0 ; \sigma = 5\,S/m$

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \mathrm{Re}\left[\underline{\vec{E}} \; e^{j\omega t - \gamma \vec{k} \cdot \vec{r}} \right]$$

mit $\gamma = \alpha + j\beta$

$$\alpha = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{1 + (\omega T_R)^{-2}} - 1\right]} \qquad c = 1/\sqrt{\mu\varepsilon}$$

$$\beta = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{1 + (\omega T_R)^{-2}} + 1\right]} \qquad T_R = \varepsilon/\sigma$$

Nach welcher Strecke ist die Amplitude auf 1% ihres Anfangswert abgefallen?

für i) $f = 25\,kHz$

ii) $f = 25\,MHz$

Lösungsvorschläge ohne Gewähr:

1) Tab. 1.3., einfach einsetzen

Tipp: die Tabellen in Kapitel 1 sehr gut lernen. Spart viel Zeit bei der Prüfung wenn man das gut kann!

---

2) $\vec{e}_x = \sin\vartheta \cos\alpha \, \vec{e}_r + \cos\vartheta \cos\alpha \, \vec{e}_\vartheta - \sin\alpha \, \vec{e}_\alpha$

$x = r \sin\vartheta \cos\alpha$

$y = r \sin\vartheta \sin\alpha$

$z = r \cos\vartheta$

$x^2 + y^2 + z^2 = r^2$

---

3) keine „wahren" Ströme $\quad \vec{n} = \vec{e}_\vartheta$

$\vec{J}^P = \cancel{\partial_t \vec{P}} + \vec{\nabla} \times \vec{M} \qquad (\vec{P} = \vec{0}) \qquad \vec{J}^P = \vec{0}$

$\vec{K}^P = \cancel{-v_n [\vec{P}]} + \vec{n} \times [\vec{M}] \qquad (v_n = 0)$

---

4) $\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi$

$-\partial_x \varphi = \frac{E_0}{a}(x - y)$ $\quad$ Konstante in x

$\varphi = \frac{E_0}{a}\left(-\frac{x^2}{2} + xy\right) + C_x$

$-\partial_y \varphi = -\frac{E_0}{a}(x + y)$

$\varphi = \frac{E_0}{a}\left(xy + \frac{y^2}{2}\right) + C_x$ $\quad$ Konstante in y

$$\varphi = \frac{E_0}{a}\left(-\frac{x^2}{2} + xy + \frac{y^2}{2}\right)$$

5) $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} \Rightarrow$ Tab. 1.3.

$$\vec{B} = -\frac{K_1}{\varrho}\vec{e}_\alpha + 2K_1\vec{e}_z$$

(linkswendige Spiralen um z-Achse

Draht entlang z-Achse + homogenes Feld in z-Richtung

---

6) Bsp. A2.3.1 in der Aufgabensammlung

---

7), 8) ✓

---

9) → Leitungsgleichungen aufstellen
→ $\underline{u}, \underline{i}$ einsetzen
→ Zusammenhang zwischen ω und β ausrechnen $\beta(\omega)$
→ $\underline{Z} = \frac{\underline{u}}{\underline{i}}$, $\beta(\omega)$ einsetzen

---

10) Amplitude mit mit $e^{-\alpha x}$ ab

$$E_0 \cdot e^{-\alpha x} = 0{,}01 \cdot E_0$$
$$\Rightarrow x = \frac{\ln(100)}{\alpha}$$

Mündliche Fragen waren:

→ Poynting-Satz herleiten; Warum nur Vorstufe von Energiebilanz?
(Zeitableitung nicht vor das Integral ziehbar)

→ Tensoren, was ist das?

VIEL GLÜCK, VIEL VERGNÜGEN! D.N.