$\sum_{n=1}^{\infty} a_n z^n$

1 2.1 Ladungskontinuität

Maxwell ergänzt in der letzten Maxwellschen Gleichung die Summe der Leitungsströme mit der Änderung der Verschiebungsstromdichte.

nabla.(nabla x H) = nabla . (S + dD/dt) = nabla.S + nabla(dD/dt) = nabla.S + d(nabla.D)/dt = nabla.S + drho/dt

2 2.2.1 Hilfsgleichung

Problem: 8 Maxwellgleichungen für 12 unbekannte, daher werden Hilfgleichungen benötigt

el. und mag. FLussdichtegleichungen gelten in isotropen Medien (linear homogen?)

Rohacel nabla.(nabla x H)=balba.(S+dD/dt) nabla x E = -dB/dt nabla.D=rho (effektive Ladungsfreiheit bei fkleinergleich $10^18 Hz, beidiesenWellenlngenistlambdakleineralsderAtomradi$
0

aus 1 und 3: 0 = nabla.S+drho/dt folgt sigma nabla.E+drho/dt=0 sigma rho/epsilon+drho/dt=0 rho(x,y,z,t), (x,y,z)element aus R$^3, telement[0, inf) rho(x,y,z,t) = rho(x,y,z).e^(-t/tau_D) S = sigmaE D = epsilonE$

sigma/epsilon rho$_0(x,y,z)e^(-t/tau_D) + rho_0(x,y,z)(-1/tau_d)e^(-t/tau_D) = 0 sigma/epsilon = 1/tau_D, tau_D = epsilon/sigma allgemeineLsung = homogen + partikulr rho(x,y,z) = rho_0(x,y,z).e^(-t/tau_D) + partikulreLsung int_R^3(rho(x,y,z,t))dxdydz = int_R^2(rho_0(x,y,z)e^-t/tau_D) = e^(-t/tau_D) Q(t) = e^(-t/tau_D).Q_0 AnfangsladungsverteilungQ_0 = rect - t_0(t) - rect t_0(t)$

tau$_D vonKupfer = 8,854.10^-12F/m/60.10^6 S/m = 10^-18 s$

H(x,y,z,t)=RebotH(x,y,z)e$^j wt...Notiz: SpitzenwertzeigerbotH$

nabla x botH = botS + jwbotD = sigma.botE + jwepsilon botE = (sigma + jwepsilon).botE = jwepsilon(1+sigma/jwepsilon).botE = jwepsilon (1 - jsigma/wepsilon).botE nabla x botH = jw delta botE ...delta = effektive Permitivität nabla x botH = -jwµ botH nabla x botH = -jwbotB nabla.botD = -jwbotB nabla.botB = 0

3 Poyntingscher Satz

gleichungen mit H und E multiplizieren

Gleichungen subtrahieren Den Term nabla.(ExH) mittels Produktregel + Spatprodukt umformen auf H(nablaxE) - E(nablaxH) Weiter Produktregel an E und H term anwenden (x.dx/dt=betragx^2/2)

nabla.(ExH) + sigma betragE$^2 = -d/dt(epsilon betragE^2/2 + betrag(H)^2/2) AbstrahlungHeizung = elektromagnetische$

Die dielektrischen Veruste wachsen direkt proportional zur Frequenz.

E(x,y,z,t)=ReE(x,y,z,t)e$^j wt H(x,y,z,t) = 1/2(botH(x,y,z,t)e^j wt + botHkomkonj(x,y,z)e^- jwt) E(x,y,z$
$RebotE(x,y,z)ejwtx1/2(botHe^j wt + botHkomkonj.e^- jwt) = Re 1/2 botExbotHkomkonj + 1/2 * botExbotHe$
$Re 1/2.botExbotHkompkonj + ...$

komplexer Poyntingvektor botT=1/2botExbotHkompkonj = botT$_w + jbotT_b$

4 tägliche Trivia

Quellen und Wellen hängen irgendwie zusammen, Antennen sind gerne mal Quellen. Der Begriff der Antenne kommt aus dem italienischen Wort für Zeltstange. Der Dipol ist die elementare Antenne. Merksatz: Die niedrigste Strahlungsordnung ist die Dipolladung. Eine Druckwelle einer Explosion íśt ´éíńé ´Monopolstrahlung, die Erbebenwelle ist eine Dipol- oder sogar Quadropolwelle. Die Kräfte einer Explosion gehen radial weg, während im Zentrum eines Erbebens Platten mit entgegengesetzten Kräften aneinander reiben. Dinge des Tages: -) Gerade Einzeldrahtantenne mit induktiver Kopplung in der Mitte. Die Kopplung teilt die Antenne in zwei Teile für kurz- und langwellige Signale. Skizze: ——— ===—— lambda=70cm lambda =100cm

-) Koaxkabel -) Wifi-Antenne: Diese haben "gespiegelte"Stecker, damit normale koaxantennen nicht in einen Router passen. Mehr dazu in Kapitel 11

Also, was war nochmal eine Antenne? Wandler zwischen raumgebundenen und leitungsgebundenen Wellen.

5 2.4 Randbedingungen

Wiederholung: Faraday'sches Gesetz

6 2.1 Grenzflächen zwischen Dielektrika

Beispiel: Oberflächenintegral über kleines Rechteck na Grenzfläche. delta l ist größer als delta x, aber kurz genug, damit $E_t angentialandenbeidenkurzenKantenkonstantbleibt.sieheResult$

Ähnliche infinitesimale Methode fpr die Divergenzgleichungen. Die elektrischen Flächenladungen die in den Ergebnissen auftreten, spielen in dieser Vorlesung keine Rolle und daher gibt es auch keine Beispiele dazu. Die Flächenstromdichte spielt sehr wohl eine Rolle (Skinneffekt).

Sommerfeldsche Ausstrahlungsbedingung: Wellen verschwinden in der Unendlichkeit (Mathematische Formulierung wird erstmal nicht durchgeführt)

7 2.5 Lösung der Wellengleichung in kartesischen Koordinaten

Sei angemerkt: unter hinreichenden Bedingungen gilt der Satz von schwartz. nabla x H = sigma E +epsilon partd/partdt E nabla x (nabla x H) = sigma(nablaxE)+epsilon partd/partdt(nabla x E) nabla(nabla H)-delta H = sigma()-µpartdH/partdt) + epsilon partd/partdt(-µpartdH/partdt) delta H = µsigmapartdH/partdt+epsilon µ partd$^2/partdt^2 H...TelegraphengleichungfrH, B, E, DIndieserVOwirdhauptschlichaufdenSeperationsa$
$RebotH(x, y, z).e^j wt...partd/partdtwirdlaplacetransformiertdeltabotH = jwsigmabotHepsilonw^2 botH...de$
$(w^2 epsilojwsigma)botH = bot0?...Helmholtzgleichung$

HÜ: Empfehlung: Das gleiche für E wiederholen. Nächste Woche Di: Seperationsansatz (sollte man aus Mathe noch kennen)

17.10.2023

8 2.5.1 Löungsansätze

Methode 1: E=a.psi Methode 2: Reines Wirbelfeld E bzw H=nabla x (a.psi)=-a x nabla.psi Durch Wiederholung: nabla x (nabla x (a.psi)) Mit genügend Wiederholungen kann die Elektrodynamik gelöst werden.

Methode 3: Ansatz mittels elektrodynamischer Potentiale Ansatz mittels Vektorpotential

9 2.5.2 Seperationsansatz

zu lösen: pard$^2 psi/pardx^2 pard^2 psi/pardy^2 + pard^2 psi/pardz^2 + w^2 sigmapsi = 0psi(x,y,z) = X(x)Y(y)Z(z)pard^2 psi/pardx^2 YZ.Xpard^2 psi/pardy^2.Z + XYpard^2 psi/pardz^2 + w^2 sigmapsi.XYZ = 01/X(x).pard^2 psi/pardx^2 + 1/Y(y).pard^2 psi/pardy^2 + 1/Z(z).pard^2 psi/pardz^2 + w^2 sigma = 0aufgrunddeskonstantenTermsfolgt : 1/X(x).pard^2 psi/pardx^2 + 1/Y(y).pard^2 psi/pardy^2 + 1/Z(z).pard^2 psi/pardz^2 + w^2 sigma = 0`Mkx^2 + ky^2 + kz^2 = w^2 sigma...Seperationsansatz$

1/X . d$^2 X(x)/dx^2 = -kx^2 folglichX''(x) + kx^2.X(x) = 0...SchwingungsgleichungANALOGY''(x) + ky^2.Y(y) = 0Z''(x) + kz^2.Z(z) = 0Fundamentalsystem : sin(kx.x), cos(kx.x)...hufigverwendetKomplexesF e^- jkx.x, e^+ jkx.x...hufigverwendetMischform : sin(kx.x), e^+ jkx.x, etc.Hyperbelfunktion : cosh(kx.x), sinh(kx.x)PhysikalischeBedeutungeninTabelle2.1knnendurcheinsetzeninunsereWellenfunkt Resin(kz.z).e^j wtberprftwerden.DieWellenfrontverluftinz - Richtung.$

Fortan wird die verkürzte schreibweise pard/pardx = pard$_x verwendet.$

(2.39) pard$_y H_z - pard_z H_y = jwsigmaE_x/.jw(2.43)pard_z E_x - pard_x E_z = -jwH_y/.pard_z ber2Schrittefolgt : jw.pard_y H_z + pard_z^2 E_x - pard_z pard_x E_z = -w^2 sigma.E_x$

Annahme wanderwelle nach z +inf ..... jwµpard$_y Hz - k_z^2.E_x + jk_z.pard_x E_z = -w^2 sigmaE_y(w^2 sigma - kz^2)E_x = -jwpard_y.Hz - jk_z pard_x E_z^k appa^2 E_x = -j/kappa^2.(k_z.pard_x E_z + wd_y H_z)...solltedieersteGleichung(2.45ergeben)H : Fr2.46bis2.48wiederholen$

kappa$^2 = 0w^2 sigma - kz^2 = 0kz = +-w/sqrt(.epsilon)kappa^2! = 0w^2 sigma - kz^2 = kx^2 + kz^2...Derbetragderk - Vektorsbleibtgleich, daherwirddiekzKomponentewegenkxundkzkleinerA DieTEM - WelleistdieschnellsteWelle.Notiz : EinngerahmteFormelnmssenauswendiggelerntwerden, au$

10 3. Die homogene ebene Welle

11 3.1 Die HEW im idealen Dielektrikum

e ... elektrische Feldstärke h ... magnetische Feldstärke Kleinbuchstaben als Anzeichen der Zeitabhängigkeit.

pard$_z^2 e_x(z,t) - epsilon.pard_z^2 e_x(z,t) = 0mite_x(z,t) = f_1(z - vt) + f_z(z + vt)eingesetzt(normalfrf1) : f_1''(z - vt) - epsilonf_1''(z - vt)(-v).(-v) = 01 - epsilonv^2 = 0folgtv = + - 1/sqrt(epsilon)$

h$_y^+ = 1/n.e_x^+...n = sqrt(/epsilon)n_0 = sqrt(_0/epsilon_0) = sqrt((4pi.10^- zH/m)^2.c_0^2) = 12pi.10Ohm = 120piOhm...Feldwellenwiderstand^h atnichtsmitohmschenVerlustenzutunepsilon_{0\cdot 0} = 1/c_0^2 epsilon_0 = 1/(_0.c_0^2)$