

Sähkötekniikka ja elektroniikka

Kirjan 3. ja 4. painos ovat identtiset. Keväällä 2009 kirjan sisältöä laajennettiin huomattavasti ja se jaettiin kahteen osaan:

Sähkötekniikka ja piiriteoria

Piirianalyysi, osoitinlaskenta, Laplace-muunnos, sähköfysiikka ja kentäteorian alkeet, muuntajat ja sähkövoimatekniikka, siirtojohdot, kaksiportit, ym.

Elektroniikka ja puolijohdekomponentit

Analogia- ja digitaalitekniikka, A/D ja D/A, teholähteet, suodattimet, vahvistimet, oskillaattorit, tietoliikenne-elektroniikka, piirisimulointi, ym.

Painovirheiden korjauksia, versio 20.11.2009.

s. 87 (kommenttina): HP väittää keksineensä käytännön realisaation memristorille — tästä lisää uudessa kirjassa!

s. 90 ja 101: hatusta revitty raja $\lambda/10$ on liian löysä; käytännössä parempi nyrkkisääntö voisi olla esim. $\lambda/50$, mikä vastaa 20 kHz:n taajuudella 150 m pitkää johtoa, jos $\epsilon_r \approx 4$. Siirtojohtoyhtälöitä pitää ehkä käyttää jo lyhyemmilläkin johdoilla, jos pääteimpedanssin sovitus on huono.

s. 101: Johdon pituutta on merkitty hieman hämäävästi l :llä eikä s :llä kaavoissa (2.166-167).

s. 102: Yhtälöiden (2.170-171) oikea puoli pitäisi kertoa $\sqrt{2}$:lla (huippuarvo). Vastaavasti kuvan 117 jännitearvot olisi johdonmukaista skaalata samalla tavalla ($\pm 2,83$ V ja $\pm 2,12$ V).

s. 110: 'suljetun virtapiirin s yli'. Muualla matka s oli merkitty 'pituutena' l . Kaavassa (2.189) on r^2 , vaikka pitäisi olla pelkkä r . Kaavan jälkeen integroidaan 'tarkasteltavan pinta-alan A yli'. Muualla oli pieni kirjain a .

s. 120: Kaavassa (3.37) vasemmalta eksponentista puuttuu miinusmerkki, korjattuna: $i_L(t) = \frac{E}{R} + A e^{-\frac{t}{\tau}}$. Kaavassa (3.40) toinenkin virta $i = i_L$. Kuvan 137 yläpuolella tekstissä oleva lauseke on vastuksen R_1 virta, joka on yhtä suuri kuin I_{L0} , koska R_2 :n virta on nolla.

s. 127: Miinusmerkki puuttuu, teksti puutteellinen: $\mathcal{L}\{\varepsilon(t-a)\} = \frac{1}{s} e^{-as}$. Viivetekijän käyttöä kytkimenä esitellään taulukossa 3.3 ja netin laskuesimerkeissä.

s. 148: Muunnoskaava (4.43): A :n tilalla pitää tietysti olla r .

s. 161: Taulukon viimeistä edellinen rivi: $L = 1$ H.

s. 175, ym: Olen käyttänyt termiä näennäisteho kompleksisen tehon synonyyminä, vaikka monessa lähteessä *näennäisteho* rajataan käsittämään vain kompleksisen tehon itseisarvo. Hyväksyn viime mainitun tulkinnan, mutta en nyt jaksaa muuttaa sitä kaikista opetusmateriaaleistani.

s. 182: E :tä on merkitty epähuomiossa U :lla ja oikean U :n kaavasta puuttuu E — syntyi älytöntä puuroa, johon korjaus alla:

$$I = \frac{E}{R_S + R_L} \quad U = \frac{R_L}{R_S + R_L} E \quad P = UI = \frac{R_L E^2}{(R_S + R_L)^2} \quad (1)$$

$$\frac{dP}{dR_L} = \frac{1 \cdot (R_S + R_L)^2 - 2 \cdot (R_S + R_L) R_L}{(R_S + R_L)^4} E^2 \quad (2)$$

$$= \frac{(R_S^2 + 2R_S R_L + R_L^2) - 2(R_S + R_L) R_L}{(R_S + R_L)^4} E^2 = \frac{R_S^2 - R_L^2}{(R_S + R_L)^4} E^2 \quad (3)$$

$$\frac{dP}{dR_L} = 0 \Rightarrow R_L = R_S \quad (4)$$

s. 313 kuva 395 (oik.): vaaka-akseli on U_{GS} (kuvan merkinnöillä U_{gs}) eikä U_{DS} .

s. 330 ennen viimeistä kaavaa: signaali vahvistuu *putkessa* tietyllä ...

s. 331 Taulukon keskimäinen sarake, 3. rivi alhaalta: $0,5 \cdot 10^{-4} \cdot U_O \text{ COX W/L}$

Seuraava ei ole virhe, mutta puute kuitenkin: Diodiin ja sen APLAC-malliin olisi hyvä lisätä estosuuntaisen diodin liitoskapasitanssi C_j (estosuuntaisella jännitteellä $U_D = -U_R$) ja päästösuuntaisen diodin (jonka virta on I) diffuusiokapasitanssi C_d .

$$C_j = \frac{C_{j0}}{\left(1 + \frac{U_R}{U_j}\right)^m} \quad (5)$$

$$C_d = \frac{I}{U_T} T_T = \frac{T_T}{r_d} \quad (6)$$

missä C_{j0} on diodikohtainen parametri. Vakio $U_j \approx 0,6 \dots 0,8 \text{ V}$ ei tarkoita diodin jännitettä vaan *pn*-liitoksen sisäistä jännitettä. Liitoksen jyrkkyys määrää eksponentin, *grading coefficient* $m \approx \frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}$. *Transit time* T_T on yleensä yhtä suuri kuin aukkojen keskimääräinen elinikä. Löysin netistä seuraavia parametriarvoja diodille 1N 4148: $I_S = 7 \text{ nA}$, $n = 2$, $C_{j0} = 4 \text{ pF}$, $U_j = 0,6 \text{ V}$, $T_T = 6 \text{ ns}$, $m = 0,45$, läpilyöntijännite $BV = 100 \text{ V}$ ja sarjavastus $R_S = 0,8 \Omega$. Vastaavasti diodille 1N 4007: $I_S = 5,86 \mu\text{A}$, $n = 1,70$, $C_{j0} = 36,5 \text{ pF}$, $U_j = 0,2 \text{ V}$, $T_T = 7,2 \mu\text{s}$, $m = 0,333$, $BV = 1,33 \text{ kV}$, $R_S = 0,0422 \Omega$ (kiitokset ja terveiset kysyjälle). APLACissa nämä parametrit ovat oletusarvoisesti: $I_S = 10 \text{ fA}$, $n = 1$, $C_{j0} = 0$, $V_J = 1 \text{ V}$, $T_T = 0$, $M = 0,5$, $BV = \infty$, $R_S = 0$.

s. 350 kuva 449: Operaatiovahvistimen navat ovat väärinpäin, miinuksen pitäisi olla ylhäällä.

s. 355 kaava (10.59): Poistetaan nimittäjästä π (kakkonen saa jäädä); eihän π oikeastaan voikaan olla mukana muuta kuin siniaallon yhteydessä.

s. 379 kaava (11.22): molemmista yhtälöistä poistetaan $' = 0'$ välistä (mistä lienee kopioitunut sinne).

s. 390 kaava (11.78): j puuttuu eksponentista: $S_{11} = e^{-j2\beta s} S'_{11}$.

s. 408, alin rivi: Tulopuolen sarjavastus riittää molemmissa keskimmaisissä tapauksissa, mutta ensimmäisessä ja neljännessä on oltava kuormavastus.

s. 416, kaava (13.15): $\frac{U_2}{U_1}$ tietenkín pois!

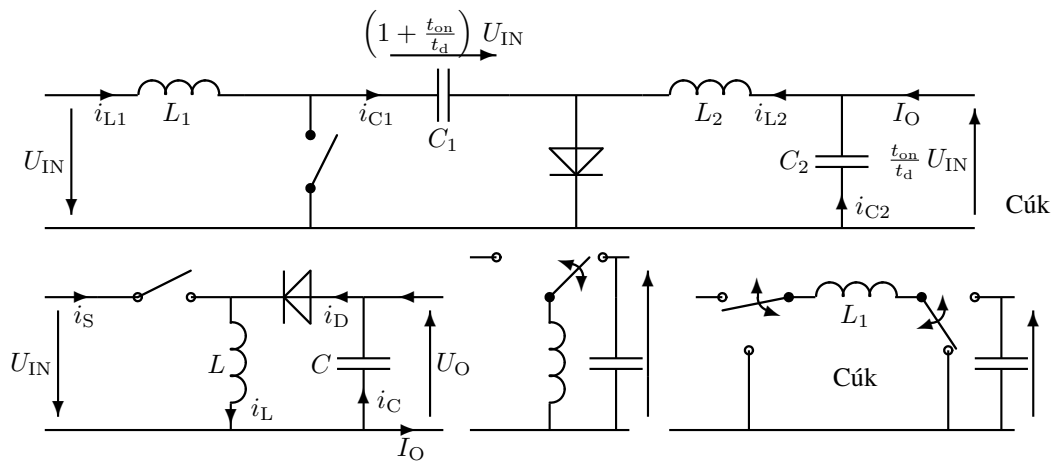
s. 423-424, kuvat 555-556: vaaka-akselina on tietenkín ω eikä f .

s. 493, kaavojen (15.25) ja (15.26) oikeat puolet korjattuna:

$$\Rightarrow U_H = kE + (1 - k)u_{OMAX}$$

$$\Rightarrow U_L = kE + (1 - k)u_{OMIN}$$

Kuva 332. Muutin oikealla alhaalla olevasta kuvasta kytkimien asennot ja lähtöjännitteen suunnan. Nyt kuva on helpompi ymmärtää, koska se vastaa yläkuvan kytkimen asentoa. Kela vastaa induktanssia L_1 , kun kytkimet ovat tässä asennossa, mutta kytkimien toisessa asennossa se vastaa induktanssia L_2 .



Kirjan 3. painokseen (syksy 2005) on tehty vain pieniä lisäyksiä ja muita parannuksia. Seuraavassa vanhempien painosten painovirheitä:

- s. 79, luku 2.2.7: johtimien välisestä etäisyydestä $2a \dots$
- s. 237, kaava (6.71): $\underbrace{\cos(2\omega t - 180^\circ)}_{-\cos \omega t}$, pitää tietysti olla: $\underbrace{\cos(2\omega t - 180^\circ)}_{-\cos 2\omega t}$
- s. 351, kaava (10.41): $u_O(t) = \dots$

Taulukossa 8.3 sivulla 291 on kahden viimeisen rivin nimittäjässä merkkivirheitä:

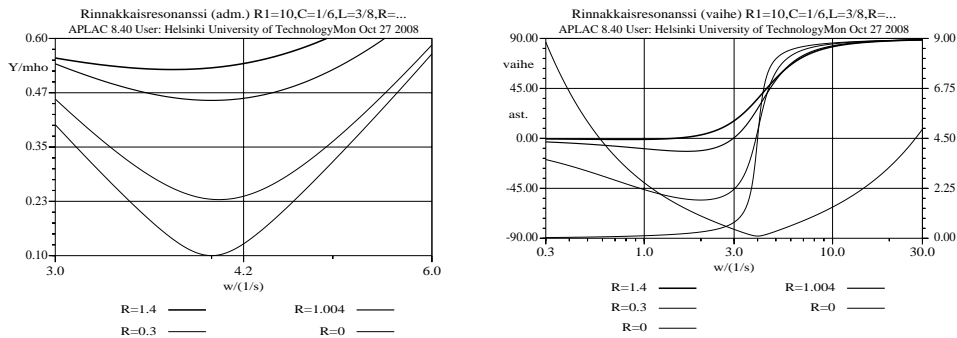
B-E	$I_S e^{u_{BE}/U_T} = i_C + I_S + \frac{i_C - \beta i_B}{\beta \alpha_R - \beta - 1}$	$I_S e^{u_{EB}/U_T} = i_C + I_S + \frac{i_C - \beta i_B}{\beta \alpha_R - \beta - 1}$
B-C	$I_S e^{u_{BC}/U_T} = I_S + \alpha_R \frac{i_C - \beta i_B}{\beta \alpha_R - \beta - 1}$	$I_S e^{u_{CB}/U_T} = I_S + \alpha_R \frac{i_C - \beta i_B}{\beta \alpha_R - \beta - 1}$

Seuraavassa esitetyt virheet on jo korjattu kirjan v. 2004 toiseen painokseen. Lisäksi on tehty sisällön kannalta merkityksettömiä oikeakielisyyskorjauksia ja muita stilisointeja. Joitakin pieniä täydennyksiä on tosin myös tehty (mm. Cúk-konvertteri, $\alpha - \beta$ -elementti ja piensignaalianalyysin graafinen tulkinta). Vanha painos säilyttää kuitenkin edelleen käyttökelpoisuutensa; tämä sivu kannattanee printata kirjan väliin.

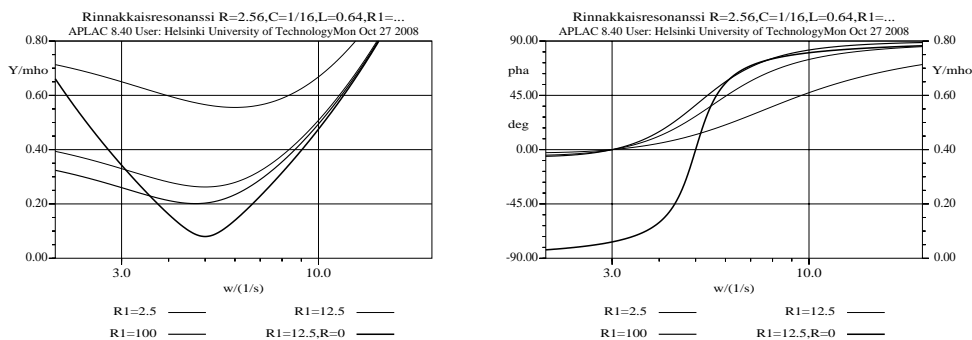
s. 30, kaava (1.29):	Viimeinen osoittaja:	$R_1 R_3 I$
s. 64, kaava (2.4):	Lauseke tarkemmin:	$R = \frac{1}{\underbrace{q(N_e \mu_n + N_p \mu_p)}_{R_{\square}} t} \frac{l}{w}$
s. 82, kaava (2.59):	$du = \frac{1}{C} i dt$	(puuttui i)
s. 91, 146, 505, (48):	Helmholtz	(t puuttui)
s. 164, kaava (4.122):	$\Rightarrow R < \sqrt{L/C} = 31,6 \Omega$	
s. 179, kuvan 211 alla:	$S_i = U_i \cdot I^*$	(tähti puuttui)
s. 198, kuva 245:	poistetaan [tai erimerkkisistä]	(toinen kuva ei mahtunut)
s. 211, kuva 260:	tarkennus: Curr J1 1 2 DC=3	puuttui DC=
s. 235, toisella tekstirivillä:	...4296, pitää olla: ...4926	
s. 236, kaava (6.65):	$(\Delta u)^2 \approx A^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t \right)$	A^2 puuttui
s. 293, kaavan (8.47) alla:	suoraan verrannollinen virtaan	(ei vakio)
s. 293, kaavan (8.47) alla:	huippuarvo	(ei huipusta huippuun)
s. 300, kuva 378:	vasen ja oikea sekaisin	
s. 352, kaavat (10.47-10.48):	+ C kuuluu sulkujen sisään	$(\hat{u} \sin \omega t + C)$
s. 410, kuva 539:	$RC = 0,5 s$	$\left(RC = \frac{1}{\omega_c} \right)$
s. 414, kuva 544:	kondensaattorit vaimentavat...	(taas t puuttui)
s. 448, kuva 587:	viimeinen osakuva on siirtynyt	(kohdistusvirhe)
s. 458: kuvan 595 teksti:	oikea koodi	(0001)
s. 458: kaava (14.61):	$f = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D$	sama korjaus tekstiin

s. 393-394, kaavat (11.84) ja (11.85) ovat normalisoituja ($Z = \frac{1}{Y} = 1 \Omega$); tulos on kerrottava (jälkimmäisessä kaavassa jaettava) S -parametrien normalisointiresistanssilla. Näytän toisaalla (ehkä netissä), miten kaavat muuttuvat, jos normalisointiresistanssit ovat eri porteissa eri suuret. Huomaa, että kaavojen (11.84) ja (11.85) oikeanpuoleiset lausekkeet pätevät vain häviöttömässä tapauksessa, jolloin S -matriisi on unitaarinen: $\underline{S} \cdot \underline{S}^* = \underline{I}$. Tämä jäi mainitsematta tekstissä.

Kuva 193, s. 166: Kuvista on olemassa vanhat ja uudet versiot. Kirjan käyrät on piirretty eri lukuarvoilla kuin kuvatekstissä mainitut. Alla korjattu kuvateksti (kuva 193a) sekä toisaalta kirjan kuvatekstiä vastaavat uudet käyrät (kuva 193b). Käsittelen tätä ilmiötä kirjassa lähinnä siksi, koska uskon, ettei sitä ole aiemmin muualla kuvattu.

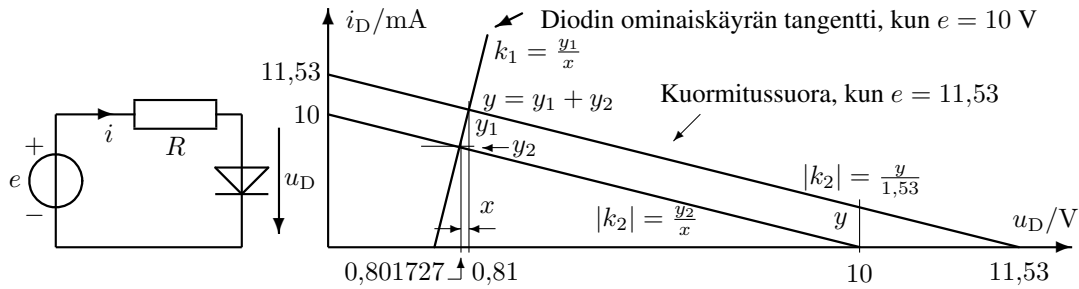


Kuva 193a. Rinnakkaisresonanssipiirin admittanssin itseisarvo kulmataajuuden funktiona neljällä eri kelan sarjavastuksen arvolla: $R = 0 \Omega$; $0,3 \Omega$; $\sqrt[3]{81/80} \approx 1,004 \Omega$ tai $1,4 \Omega$. Ensimmäinen ja kolmas vastusarvo tuottavat minimin kohtaan $\omega_0 = 1/\sqrt{LC} = 4 \frac{1}{s}$. Oikealla vaihekäyrä ja yksi itseisarvokäyrästä. Jos vastusarvo $R > \sqrt{L/C} = 1,5$, ei piiri enää mene resonanssiin; vaihekäyrä nousee kokonaan positiiviselle puolelle.



Kuva 193b. Rinnakkaisresonanssipiirin admittanssin itseisarvo kulmataajuuden funktiona kolmella eri shunttivastuksen arvolla: $R_1 = 2,5 \Omega$; $12,5 \Omega$; 100Ω tai $12,5 \Omega$, mutta $R = 0 \Omega$. Oikealla on esitetty vaihekäyrät. Toinen ja neljäs vastusarvo tuottavat minimin kohtaan $\omega_0 = 1/\sqrt{LC} = 5 \frac{1}{s}$, kolmas hieman sen alapuolelle, mutta ensimmäinen vasta kulmataajuudelle $\omega = 6 \frac{1}{s}$. Kuten vaihekäyrästä huomataan, on *määritelmän mukainen* resonanssi kuitenkin kulmataajuudella $\omega = 3 \frac{1}{s}$. Jos vastusarvo $R > \sqrt{L/C}$, ei piiri enää mene resonanssiin; vaihekäyrä nousee kokonaan positiiviselle puolelle.

Esim. 70. Diodin jännite ilman signaalia, kun $e(t) = E = 10 \text{ V}$ (tasajännite), on $u_D = U_Q = 0,801727 \text{ V}$. Laske diodin jännitteen maksimiarvo $u_{D\text{MAX}}$ 10 mV:n tarkkuudella, kun $e(t) = (10 + 1,53 \sin \omega t) \text{ V}$ (signaali mukana). $R = 1000 \Omega$, $nU_T = 50 \text{ mV}$ (kuva 294)



Kuva 294 Tarkka iterointi vastaan nopeampi piensignaalianalyysi. Oikealla **graafinen tulkinta** piensignaalianalyysille.

Diodin ominaiskäyrän tangentin kulmakerroin toimintapisteessä on $k_1 = 1/r_d$. Kuormitus-suoran yhtälö ja kulmakerroin k_2 :

$$i_D(t) = \frac{e(t) - u_D}{R} \Rightarrow k_2 = -\frac{1}{R} \quad (7)$$

Ratkaistaan graafisesti signaalijännite $x = u_{d\text{max}}$ ja sen avulla $u_{D\text{MAX}}$:

$$y = y_1 + y_2 \Rightarrow 1,53 |k_2| = k_1 x + |k_2| x \quad (8)$$

$$\Rightarrow x = \frac{|k_2|}{k_1 + |k_2|} 1,53 = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R}} 1,53 = \frac{r_d}{R + r_d} 1,53 \quad (9)$$

$$u_{D\text{MAX}} = 0,801727 + x \approx 0,81 \text{ V} \quad (10)$$

Piirielementtien jaksollinen järjestelmä ($\alpha - \beta$ -elementti) on tiedostossa *alphabeta.pdf*.