

Transien 2

Pulsa Pada Hubungan Singkat, Rangkaian Open dan Matching

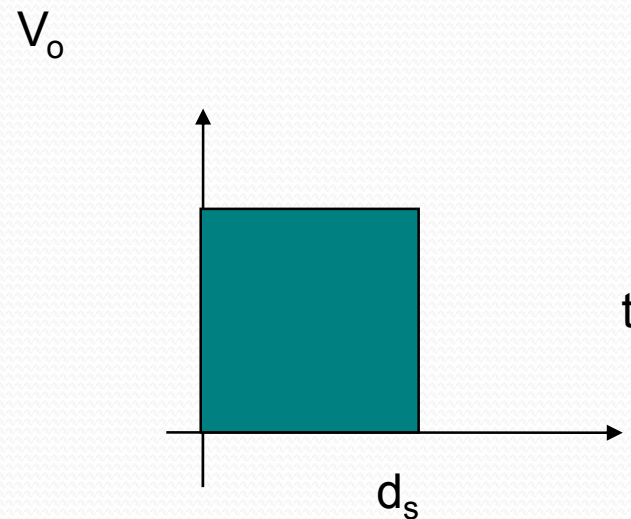
Load dan Generator unmatched

Transien pada load induktif/kapasitif

Dispersi

Apa yang terjadi jika pulsa pendek dikirimkan oleh generator ke saluran transmisi ?.

Dengan waktu tempuh sepanjang saluran transmisi $t_s > d_p$ (lebar pulsa) dan diamati impedansi dalam generator sama dengan impedansi gelombang, sehingga gelombang yang kembali dari beban tidak akan direfleksikan oleh impedansi dalam generator.



Sekarang kita amati pada sisi gerbang keluaran:

Jika impedansi beban berupa short : $Z_L = 0$, sehingga faktor refleksi pada beban menjadi $r = -1$.

Tegangan yang dipantulkan oleh beban adalah tegangan datang dengan tanda negatif.

Di generator, gelombang balik ini akan diserap

Jika impedansi beban berupa open : $Z_L \rightarrow \infty$, sehingga faktor refleksi menjadi $r = 1$.

Tegangan pantul sama seperti tegangan datang

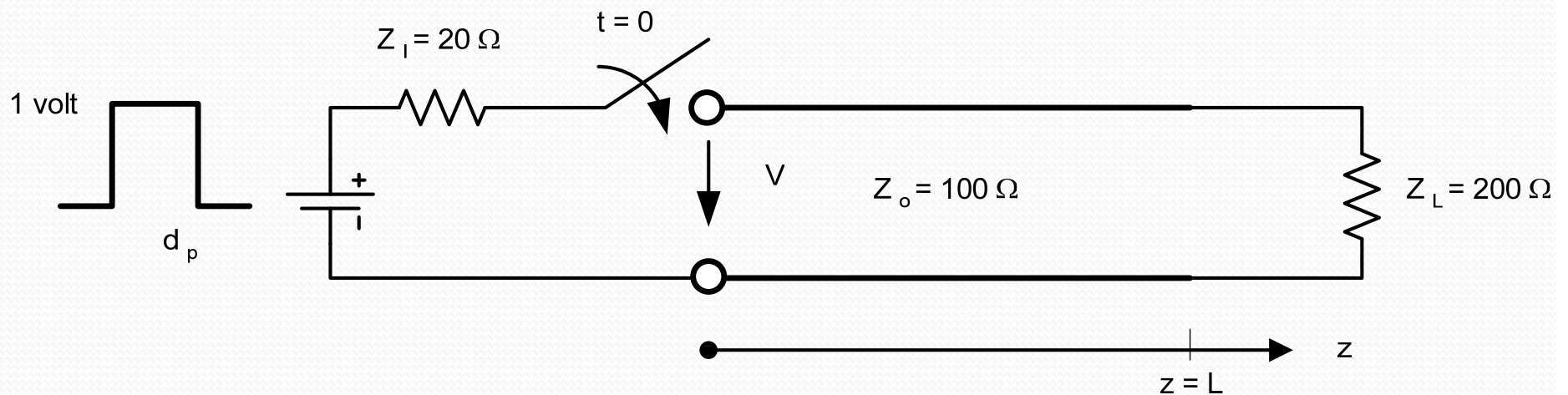
Seperti halnya di atas, tegangan ini sesampainya di generator, akan diserap oleh impedansi dalam generator.

Pada beban matching, $Z_L = Z_0$ atau $r = 0$, tak ada gelombang yang direfleksikan kembali ke generator

Seandainya impedansi dalam dari generator tidak sama dengan impedansi gelombang saluran transmisi, maka akan terjadi refleksi pada gerbang masukan, sehingga gelombang pantul yang datang dari beban, kembali akan dipantulkan ke oleh generator ke beban (multiple reflection).

Contoh:

Sebuah pulsa segiempat dengan lebar pulsa $d_p = 2t_s/3 < t_s$ dikirimkan saluran transmisi dengan impedansi gelombang $Z_o = 100\Omega$. Generator memiliki impedansi dalam $Z_i = 20\Omega$ dan beban $Z_L = 200\Omega$



Gelombang tegangan ini pada saat masuk ke saluran transmisi, seperti pada modul sebelumnya, akan direduksi sesuai dengan aturan pembagian tegangan:

$$V_{in}(t=0) = \frac{Z_o}{Z_i + Z_o} \cdot V_o = \frac{100}{120} \cdot 1V = 0,833 \text{ Volt}$$

Gelombang tegangan ini akan masuk ke saluran transmisi dan merambat sampai ke beban, dan terjadi refleksi sebesar $r_{out} = 1/3$, maka pada interval waktu $t_s \dots t_s + d_p$, tegangan pada gerbang keluaran menjadi

$$V_{out} = (1 + 1/3) 0,833 \text{ V} = 0,833 \text{ V} + 0,278 \text{ V} = 1,111 \text{ volt}$$

Gelombang sebesar $1/3 \cdot 0,833 \text{ volt} = 0,278 \text{ volt}$ akan direfleksikan ke generator, dan mencapai generator pada $2 t_s$, dan juga terjadi refleksi dengan faktor $-2/3$, sehingga pada interval waktu $2t_s \dots 2t_s + d_p$, tegangan pada gerbang masukan menjadi

$$V_{in} = (1 - 2/3) 0,278 \text{ V} = 0,278 \text{ V} - 0,185 \text{ V} = 0,093 \text{ volt.}$$

Gelombang sebesar $-2/3 \cdot 0,278$ volt = -0.185 volt akan dikirimkan kembali ke beban, dan di sana kembali terjadi refleksi, sehingga tegangan keluaran pada $3t_s \dots 3t_s+d_p$

$$V_{\text{out}} = (1+1/3) (-0,185 \text{ V}) = -0,247 \text{ volt}$$

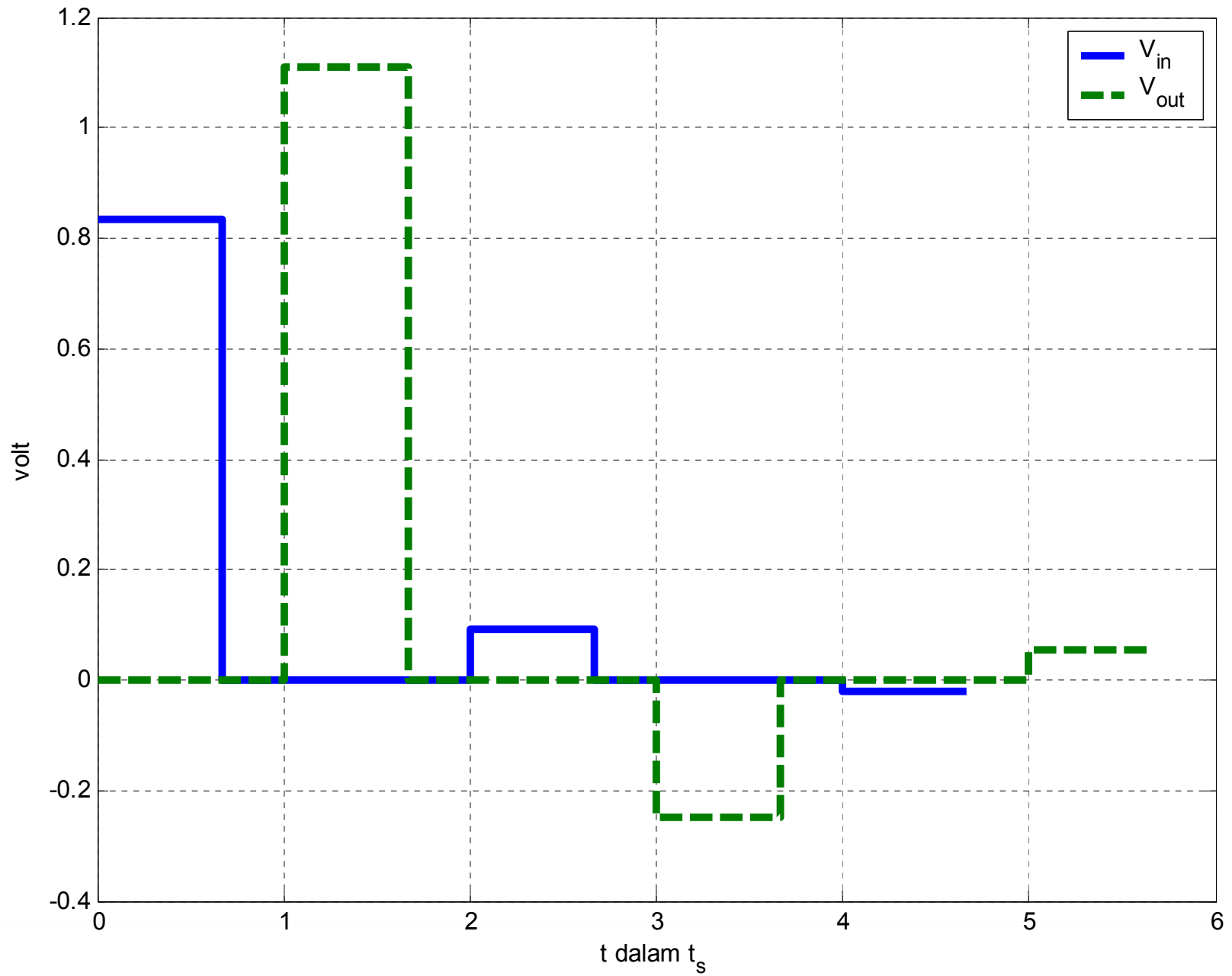
Selanjutnya:

pada $4t_s \dots 4t_s+d_p$:

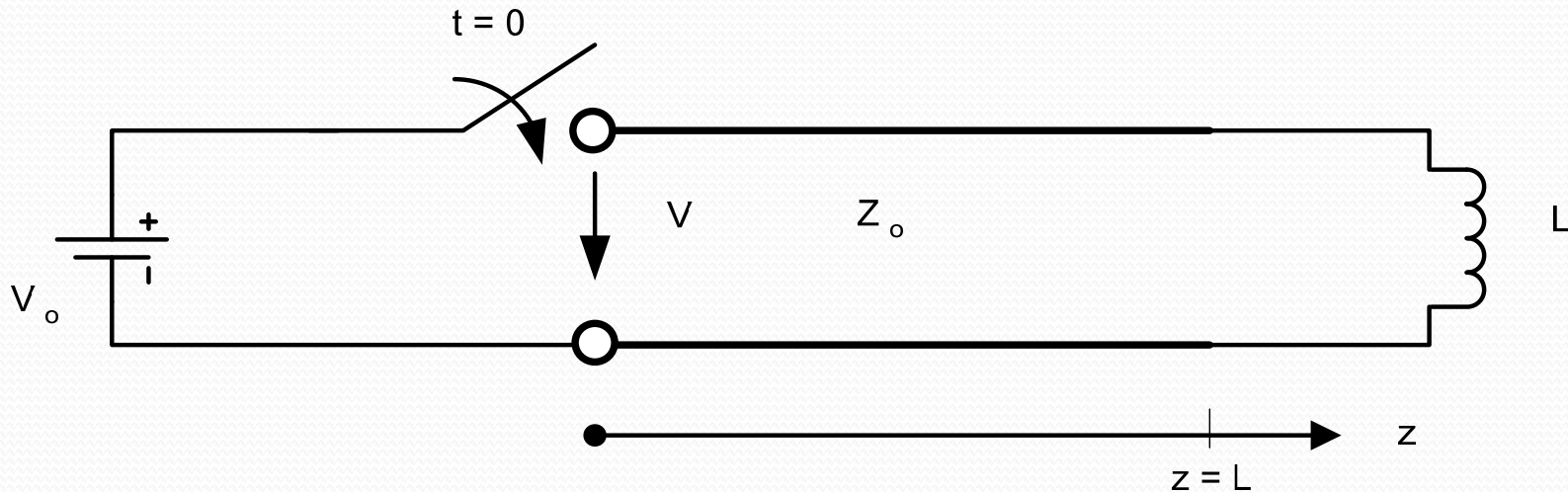
$$V_{\text{in}} = (1-2/3)(1/3)(-0.185) = -0.021 \text{ volt}$$

pada $5t_s \dots 5t_s+d_p$:

$$V_{\text{out}} = (1+1/3) (-2/3) (1/3) (-0.185) = 0.055 \text{ volt}$$



Pulsa Pada Beban Induktif dan Kapasitif



Pada induktivitas akan berlaku hubungan arus dan tegangan

$$v_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Sehingga akan ada suatu persamaan diferensial yang harus disolusikan

Kita amati terlebih dahulu persamaan gelombang pada ujung saluran:

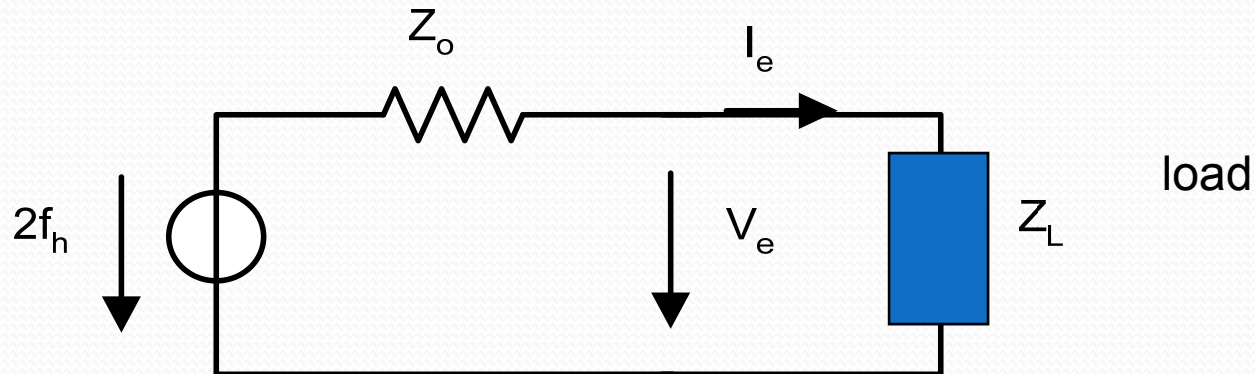
$$V_e = f_h \left(t - \frac{L}{v} \right) + f_r \left(t + \frac{L}{v} \right)$$

$$Z_o I_e = f_h \left(t - \frac{L}{v} \right) - f_r \left(t + \frac{L}{v} \right)$$

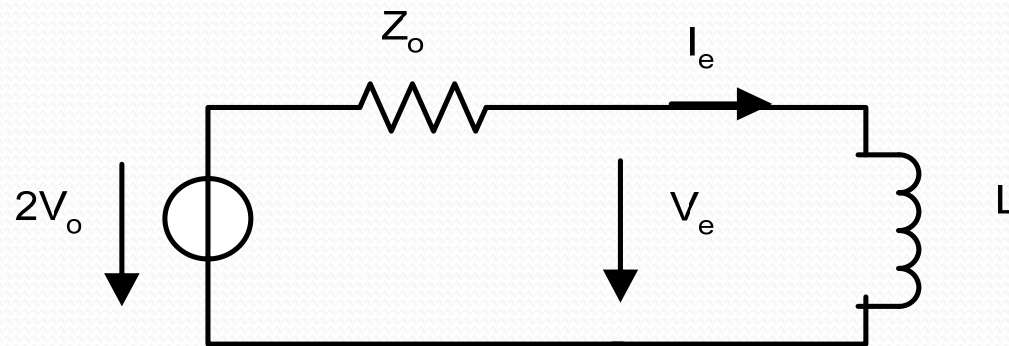
Penjumlahan keduanya:

$$V_e + Z_o I_e = 2f_h \left(t - \frac{L}{v} \right)$$

Atau untuk saluran transmisi kita dapatkan rangkaian pengganti



Sehingga pada rangkaian dengan beban induktor, pada saat pulsa sampai
 Di ujung saluran transmisi, kita dapatkan rangkaian pengganti



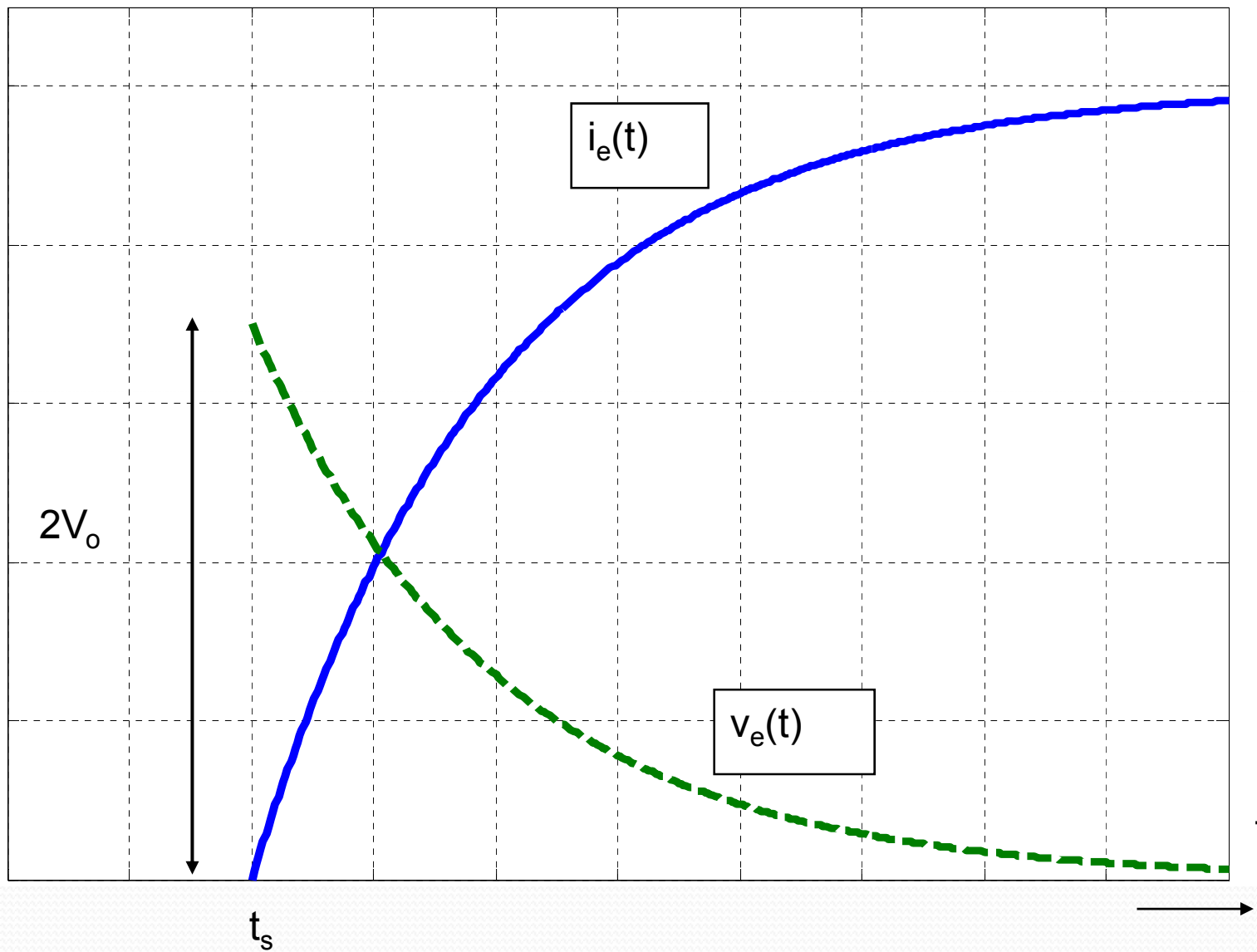
Persamaan loop:

$$L \frac{di_e}{dt} + Z_o i_e = 2V_o \quad (\text{berlaku mulai } t = t_s)$$

Dengan solusi

$$i_e(t) = \frac{2V_o}{Z_o} \left(1 - e^{-\frac{Z_o(t-t_s)}{L}} \right)$$

$$v_e(t) = L \frac{di_e}{dt} = 2V_o e^{-\frac{Z_o(t-t_s)}{L}}$$



Kecepatan Phasa, Kecepatan Grup dan Dispersi

Pada kondisi steady-state, gelombang (maksimum, minimum dan titik nolnya) merambat di atas saluran transmisi dengan kecepatan

$$v = \frac{\omega}{\beta}$$

Untuk kasus saluran transmisi tak merugi dan pada saluran transmisi yang bebas dari distorsi

$$\beta \approx \omega\sqrt{L'C'}$$

maka
$$v = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$$

Tetapi secara umum konstanta phasa β tidak berbanding lurus dengan frekuensi, sehingga secara umum pula, kecepatan phasa merupakan fungsi dari frekuensi,

Maka, jika dikirimkan sinyal yang memiliki frekuensi berbeda-beda (sinyal informasi), maka komponen sinyal tersebut akan sampai ke tempat tujuan dengan waktu yang berbeda-beda pula.

Sekarang kita amati sinyal yang mempunyai dua komponen frekuensi ω_1 dan ω_2 , dan masing-masing memiliki konstanta fasa β_1 dan β_2 .

Andaikan gelombang tegangannya

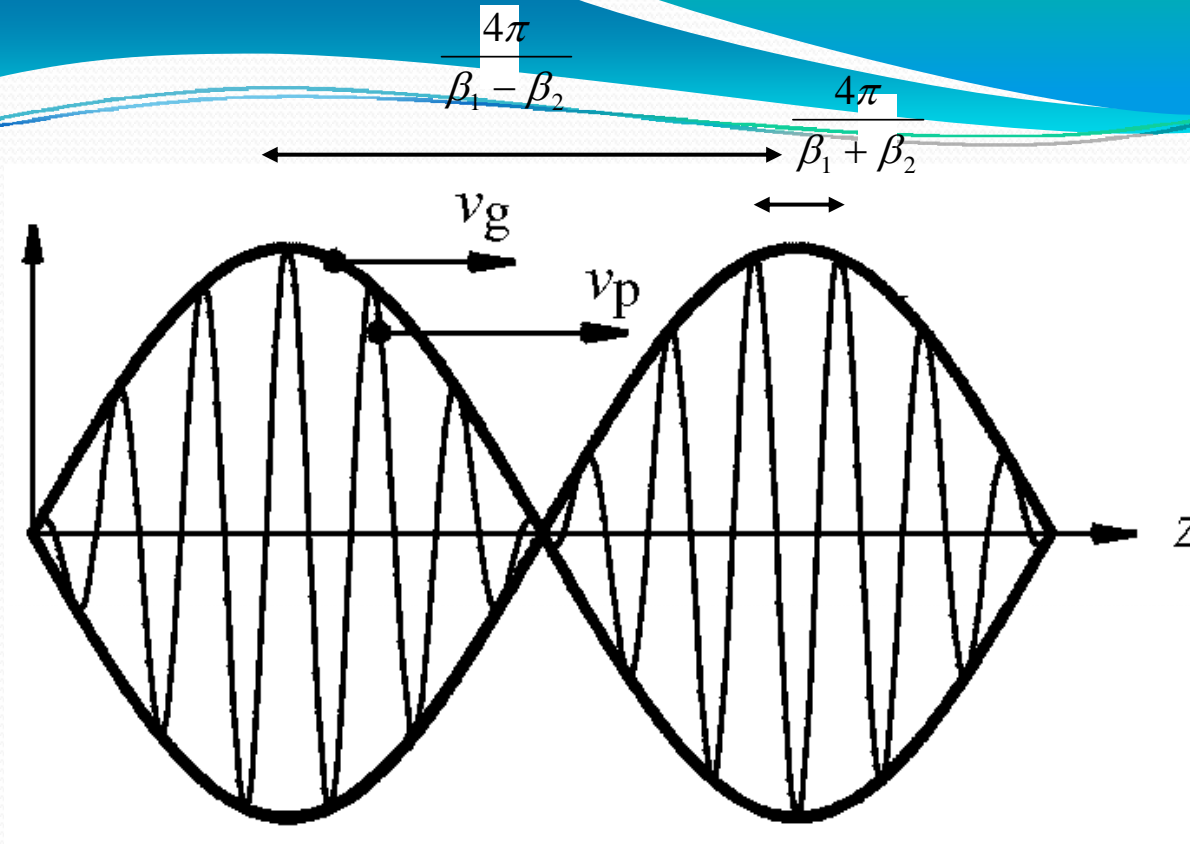
$$V(z, t) = \hat{V} \cdot [\cos(\omega_1 t - \beta_1 z) + \cos(\omega_2 t - \beta_2 z)]$$

dan dengan modifikasi fungsi kosinus

$$V(z, t) = 2\hat{V} \cdot \cos\left[\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t - \frac{\beta_1 - \beta_2}{2} z\right] \cdot \cos\left[\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t - \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} z\right]$$

Frekuensi rendah

Frekuensi tinggi



Jadi gelombang yang berosilasi di dalam amplop pembungkus bergerak dengan kecepatan

$$v = \frac{\omega_1 + \omega_2}{\beta_1 + \beta_2}$$

Dan pembungkus dari sinyal ini bergerak dengan kecepatan

$$v_g = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\beta_1 - \beta_2}$$

Karena energi dari medan listrik dan magnet terkonsentrasi di antara titik nol dari amplop pembungkus, maka energi dari gelombang ini merambat dengan kecepatan v_g .

Pada saluran transmisi yang kecepatan fasanya bukan merupakan fungsi dari frekuensi, maka kecepatan fasanya sama dengan kecepatan grupnya. Tetapi secara umum tidaklah demikian.

Ketergantungan kecepatan fasa terhadap frekuensi ini dinamakan **dispersi**.

Sinyal yang dimodulasikan merambat dengan kecepatan grup.

Secara umum, pada sinyal yang mengandung kadar frekuensi sangat lebar, misalnya sinyal segi empat, maka setelah proses perambatannya pada saluran transmisi, sinyal ini akan mengalami perubahan bentuk, yang dinamakan distorsi waktu tempuh.

Contoh: Equalizing pada saluran transmisi

Diberikan sebuah saluran transmisi dengan data-data primernya

$$R' = 10,6 \text{ } \Omega/\text{km} \quad G' = 0,63 \text{ mS}/\text{km}$$

$$L' = 0,63 \text{ mH}/\text{km} \quad C' = 38 \text{ nF}/\text{km}$$

Sinyal masukannya adalah sinyal jumlah dari tegangan yang mempunyai frekuensi $f_1 = 1,8 \text{ kHz}$ dan $f_2 = 2,2 \text{ kHz}$.

- Tentukanlah konstanta perambatannya dan kecepatan fasa untuk kedua frekuensi di atas
- Dengan kecepatan apa node amplop bergerak di saluran transmisi
- Karakteristik apa yang harus dimiliki oleh sebuah equalizer, yang akan menghilangkan distorsi yang disebabkan oleh peredaman yang berbeda ini dan juga kecepatan fasa yang berbeda ?
- Dengan mengubah data primer saluran transmisi, bisa pula dihasilkan saluran transmisi yang bebas distorsi, mana yang mungkin ?

Jawab:

a. Dengan $\alpha + j\beta = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}$

Pada $f_1 = 1,8$ kHz :

$$\alpha_1 = 0,0349 \text{ Np/km dan } \beta_1 = 0,0654 \text{ 1/km}$$

$$\text{Kecepatan fasa } v_1 = \omega_1 / \beta_1 = 173 \text{ 103 km/s}$$

dan pada $f_2 = 2,2$ kHz :

$$\alpha_2 = 0,0363 \text{ Np/km dan } \beta_2 = 0,0767 \text{ 1/km}$$

$$\text{Kecepatan fasa } v_2 = \omega_2 / \beta_2 = 180,2 \text{ 103 km/s}$$

b. Kecepatan rambat node adalah kecepatan grup

$$v_g = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\beta_1 - \beta_2} = 222 \cdot 10^3 \text{ km/s}$$

c. Sebuah equalizer pertama-tama harus mengkompensasikan distorsi peredaman, sehingga berlaku

$$(\alpha \cdot l)_{\text{saluran transmisi}} + \alpha_{\text{equalizer}} = \text{kons tan}$$

Kita amati peredaman untuk potongan saluran transmisi sepanjang 1 km:
Peredaman pada f_1 : 0,0349 Np untuk 1 km, dan pada f_2 : 0,0363 Np.
Peredaman pada equalizer pada f_1 haruslah 0,0014 Np lebih tinggi dibandingkan pada frekuensi f_2 .

Dan kompensasi distorsi fasa, karena komponen sinyal merambat dengan kecepatan berbeda, sehingga setelah jarak 1 km adanya perbedaan waktu tempuh.

Pada frekuensi f_1 : $t_1 = 1\text{km}/v_1 = 5,78$ ms, dan
Pada frekuensi f_2 : $t_2 = 1\text{km}/v_2 = 5,55$ ms.

Jadi equalizer harus ,melambatkan' sinyal frekuensi f_2 selama 0,23 ms

d. Saluran transmisi yang bebas distorsi harus memiliki sifat

$$\frac{R'}{L'} = \frac{G'}{C'}$$

Pada data yang diberikan $\frac{R'}{L'} = 16,7 \cdot 10^3 1/s$ dan $\frac{G'}{C'} = 16,61/s$

Untuk menyamakan keduanya, bisa R' atau C' diperkecil atau L' atau G' diperbesar.

Memperkecil R' dan C' tidaklah mungkin.

Sedangkan perbesaran G' hanya akan menaikkan kerugian pada saluran transmisi.

Sehingga yang paling logis adalah memperbesar L', yaitu dengan menambahkan induktansi diskret pada suatu jarak tertentu di saluran transmisi.