

Često se umesto fazne karakteristike  $\theta(\omega)$  definiše karakteristika faznog kašnjenja. Opštiji izraz za fazno kašnjenje  $\gamma(\omega) = -\theta(\omega)$  bio bi:  $\gamma(\omega) = \omega t_0 \pm n\pi$ . Ako je veličina  $A > 1$  sistem ima pojačanje, ako je  $A < 1$  sistem unosi slavljenje.

### 3.3 IDEALAN SISTEM PRENOSA

Sasvim generalno, signali, periodični ili aperiodični imaju spektralne komponente koje se prostiru do vrlo visokih učestanosti. Periodični signali mogu imati ili ne jednosmernu komponentu. Aperiodični signali imaju spektralne komponente koje se prostiru na nižem kraju od nulte učestanosti ili blizu nje. Stoga u principu transfer funkcija ne sme da vrši diskriminaciju spektralnih komponenti signala tj. sve spektralne amplitude moraju biti istaknute ili prigušene za isti iznos i svaka komponenta mora biti sa istim kašnjenjem. Mreže koje ne unose izobličenja imaju transfer funkciju kao što smo videli datu izrazom:

$$H(j\omega) = C \cdot e^{-\omega t_0}$$

Pokušajmo sada da proanaliziramo koje uslove treba da zadovolji funkcija prenosa tzv. idealnog sistema kada se mora voditi računa o spektru koji sistem treba da propusti, tj. kada radimo sa signalima koji su nosioci realnih poruka i koji imaju ograničen spektar pri čemu spektar signala može biti širi ili uži od propusnog opsega prenosnog sistema.

### 3.4 NISKOPROPUSNI SISTEM

Sistemi koji se najčešće javljaju u tehnici telekomunikacija sigurno su NF sistemi (tipični su sistemi za jednosmernu telegrafiju i prenos slike kada se radi o prirodnom spektru signala, ili ako se radi o signalima kojima treba preneti i najniže komponente u spektru pa često i jednosmernu komponentu).

Ako su karakteristike u propusnom opsegu idealizovane tj. pojačanje za sve spektralne komponente od  $(0 \div \omega_g)$  konstantno i jednako  $A$ , a fazno kašnjenje linearna funkcija učestanosti sl.3.4, tada se može ispitati posledica odbacivanja viših spektralnih komponenti, na oblik prenošenog signala. Idealizovan NF sistem definisan je sledećom jednačinom:



$$A(\omega) = \begin{cases} A & -\omega_g < \omega < \omega_g \\ 0 & \omega > |\omega_g| \end{cases} \quad \gamma(\omega) = \omega t_0$$

Dovedimo na ulaz ovakvog sistema pravougaoni impuls amplitude  $E$  trajanja  $\tau$  prema sl.3.5. Pošto smo analizu ovakvog impulsa već radili, podsetićemo se samo da je njegova Furijeova transformacija bila:

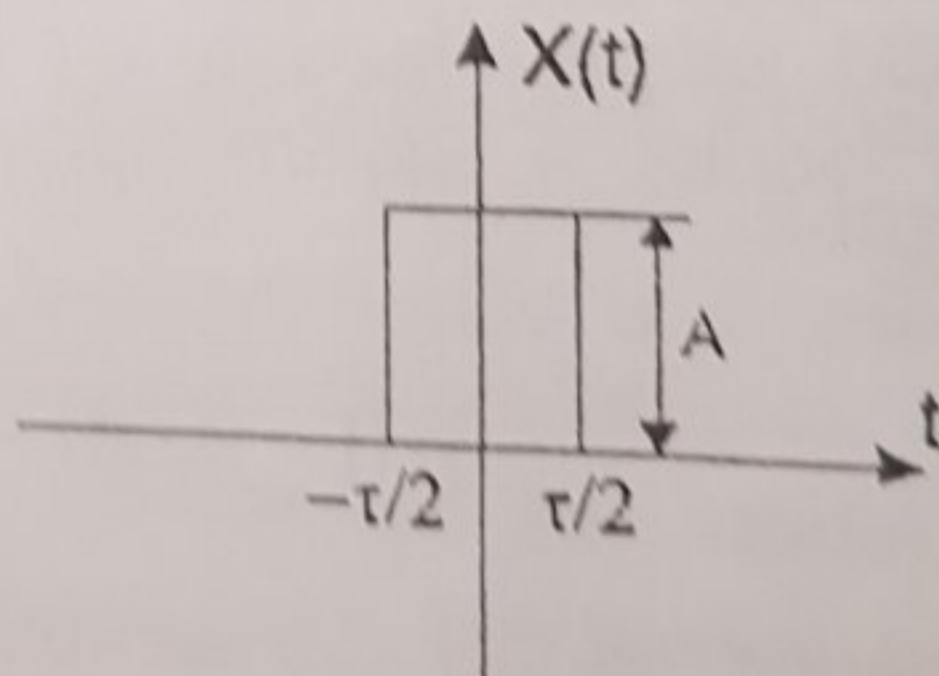
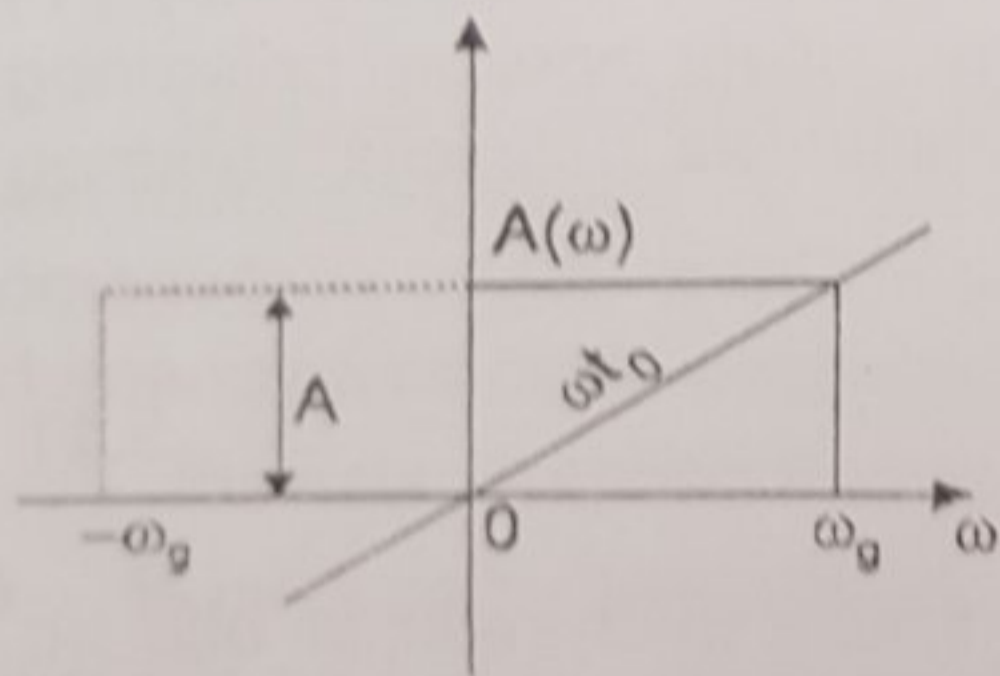
$$X(j\omega) = \tau \cdot E \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} \quad 3.16$$

Pošto je u našem slučaju:  $H(j\omega) = A \cdot e^{-j\omega t_0}$  možemo isračunati spektar odziva sistema  $Y(j\omega)$ :

$$Y(j\omega) = \tau \cdot E \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} \cdot A \cdot e^{-j\omega t_0} \quad 3.17$$

za  $|\omega| < \omega_g$  dok je  $Y(j\omega) = 0$   $|\omega| > \omega_g$ . Iznaženjem Furijeovog integrala dobijamo odziv u vremenskom domenu:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\omega_g}^{\omega_g} Y(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega \quad 3.18$$



Sl.3.4 Amplitudska karakteristika i karakteristika faznog kašnjenja

Sl. 3.5 Aperiodični signal



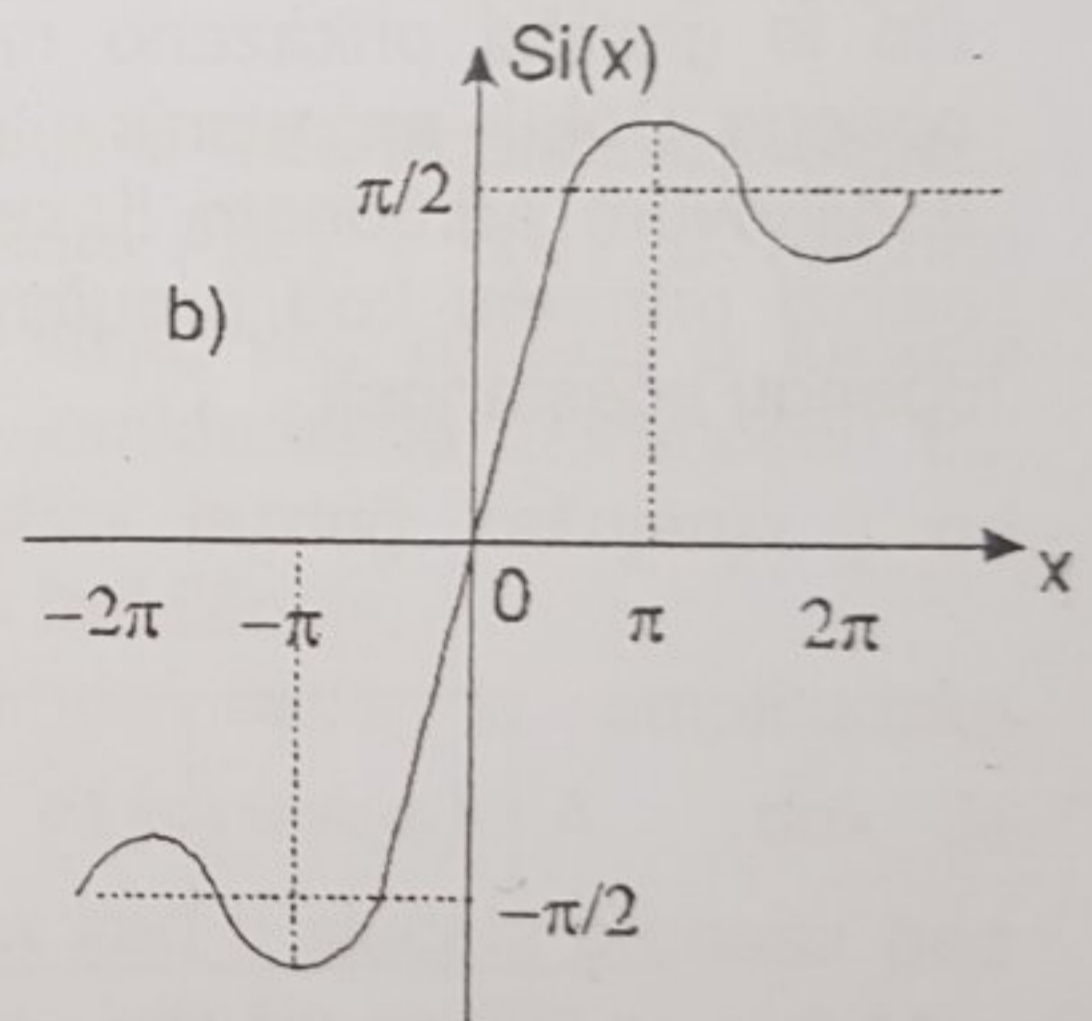
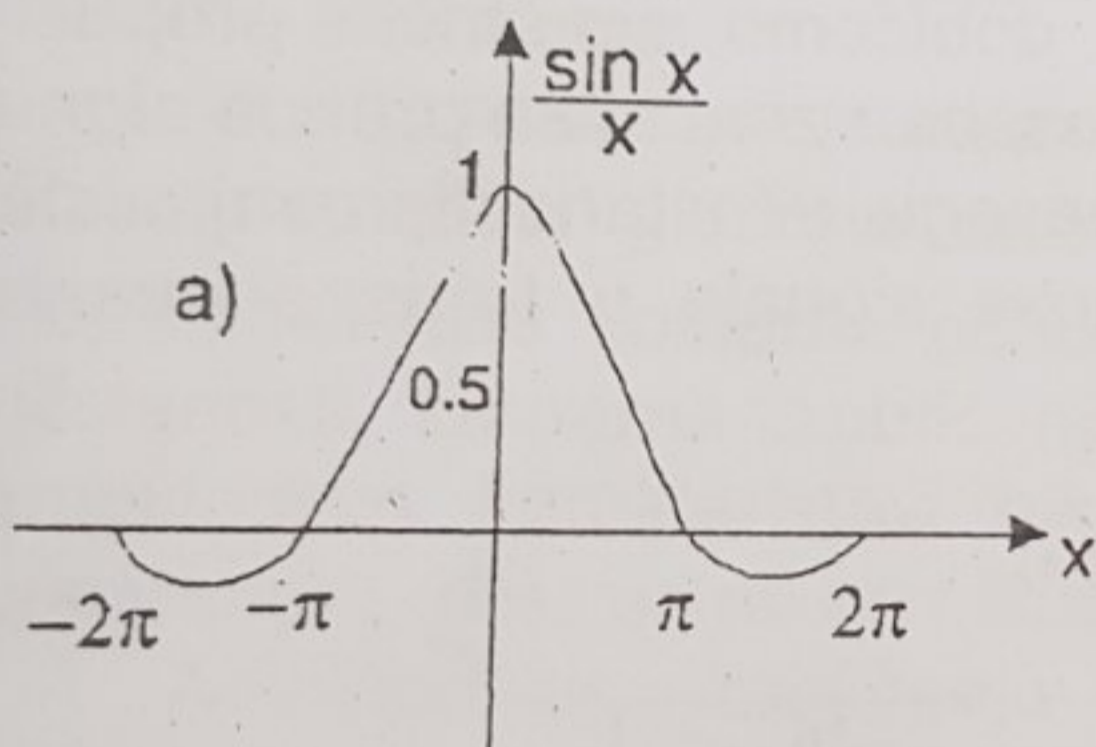
Rešenje integrala po jed.3.18 glasi:

$$y(t) = \frac{A \cdot E}{\pi} \left\{ S_i \left[ \omega_g \left( t - t_0 + \frac{\tau}{2} \right) \right] - S_i \left[ \omega_g \left( t - t_0 - \frac{\tau}{2} \right) \right] \right\} \quad 3.19$$

Veličina  $S_i(x)$  u ovom izrazu predstavlja notaciju za sinus integral od  $x$  koji glasi:

$$S_i(x) = \int_0^x \frac{\sin x}{x} dx \quad 3.20$$

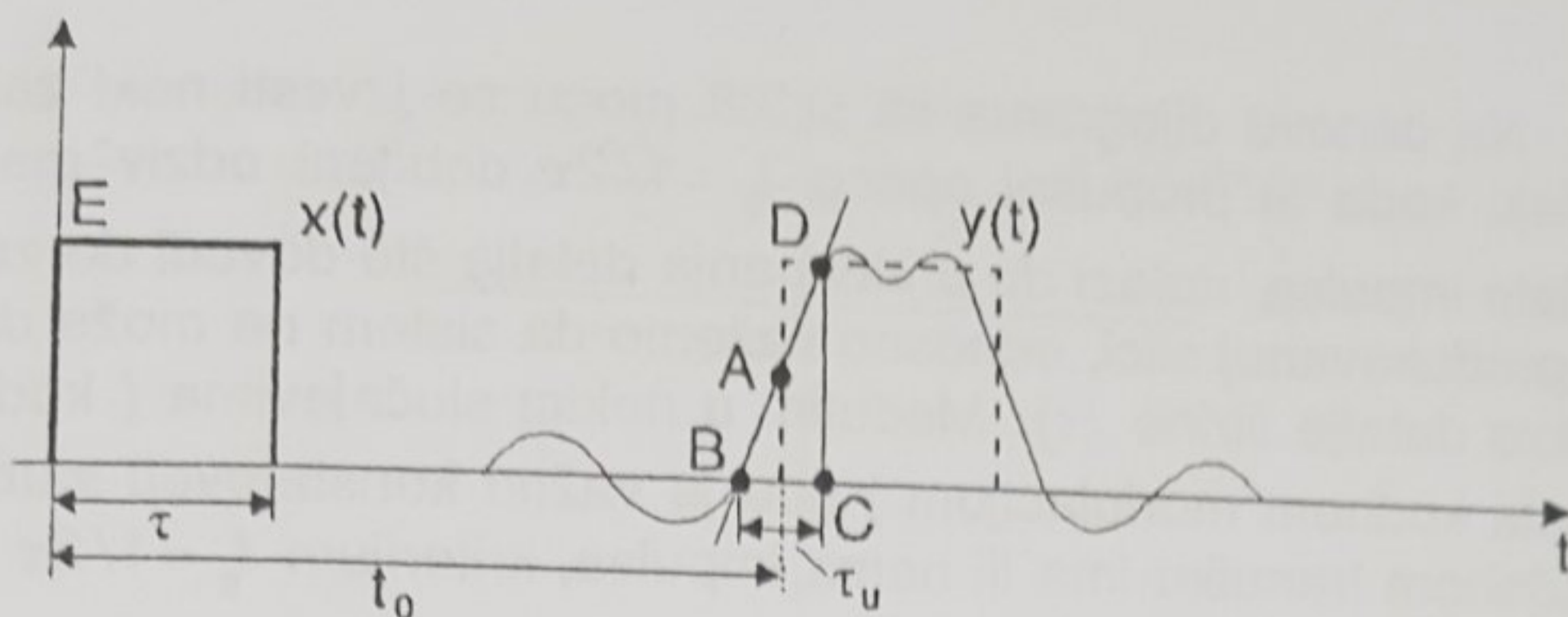
Sinus integral je neparna funkcija a grafička predstavka bi nila kao na sl.3.6.b



Sl.3.6 a) Funkcija  $\sin x/x$  ; b) Funkcija sinus integral

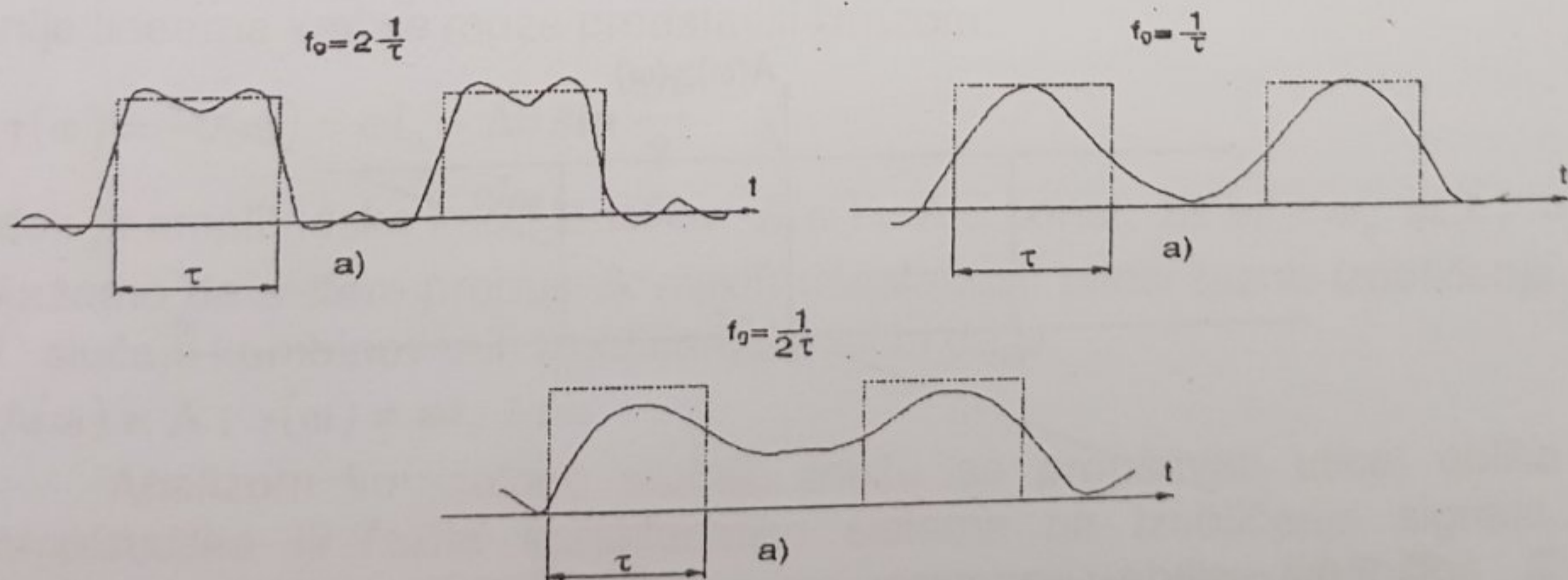
Na osnovu izraza za  $y(t)$  jed.3.19, zaključujemo da se odziv na pobudu impulsnog oblika, sastoji iz dva sinus integrala, jedan predstavlja prednju ivicu izlaznog impulsa a drugi zadnju ivicu. Takođe uočavamo da signal kasni za vreme ( $t_0$ ) prolaskom kroz sistem i da je došlo do tri vrste izobličenja sl.3.7.





Sl.3.7 Uticaj ograničenog propusnog opsega sistema za prenos na oblik signala

- Konačna strmina prednje i zadnje ivice,
- Premašaj ustaljene amplitude,
- Oscilacije na početku i kraju prelaznog stanja. Strmina ivice ( $S$ ) može se oddrediti kao :  $S = dy(t) / dt$  i ona je maksimalna u srednjem delu uspona tj. u trenutku  $t = t_0$  (tačka A na dijagramu). Takođe može se definisati vreme uspostavljanja tj. vreme porasta prednjeg fronta prijemnog (izlaznog) signala, kao projekcija BC na vremensku osu, dela tangente, koja je povučena u tački A i koja je ograničena ordinatama (tačke B i D). Pokazuje se da je vreme uspostavljanja zavisno od propusnog opsega i dato sledećom jednakošću:  $\tau_u = 1/2f_g$ . Prema tome, vreme porasta prijemnog signala zavisi samo od granične učestanosti NF sistema tj. ono je obrnuto proporcijalno toj učestanosti. Oblik izlaznog impulsa značajno se menja sa promenom  $\omega_g$  odnosno  $f_g$ , kao što se vidi na sl.3.8, gde je uzeto nekoliko primera oblika dvojnog impulsa na izlazu sistema (slučaj crno - belih prelaza u televiziji).



sl.3.8 Primer izobličenja impulsa pri promeni granične učestanosti



Na osnovu dijagrama sa sl.3.8 mogu se izvesti neki zaključci. U slučaju kada je propusni opseg  $f_g = 1/2\tau$  dobijeni odziv malo liži na poslate impulse, dolazi do preklapanja detalja što dovodi do zamućenja u reprodukovanoj slici, odnosno kažemo da sistem ne može da razlaže ovakve detalje širine ( $\tau$ ). Međutim u nekim slučajevima ( kod prenosa signala kodnom modulacijom ) gde je važno konstatovati samo da li u određenom trenutku ima ili nema impulsa, kriterijum  $f_g = 1/2\tau$  može da zadovolji. U slučaju kada je  $f_g > 1/\tau$  dobijeni odziv " liči " na poslate impulse, dok u slučaju  $f_g > 2/\tau$  dobijeni odziv jako podseća na poslate impulse. Nije na odmet dodati da na primer u slučaju impulsne položajne modulacije, biće potrebno da propusni opseg bude čak širi od slučaja  $f_g = 2/\tau$  jer je ovde važna tačna lokacija impulsa u vremenu, koju diktira reprodukovana ivica impulsa.

Prema tome cilj ove kratke analize, bio je, ukazati na složenost problema određivanja potrebne širine propusnog opsega, kao i na sve faktore koji tom prilikom imaju neki uticaj, tako da se u nekom konkretnom slučaju može pristupiti iznalaženju najboljeg rešenja.