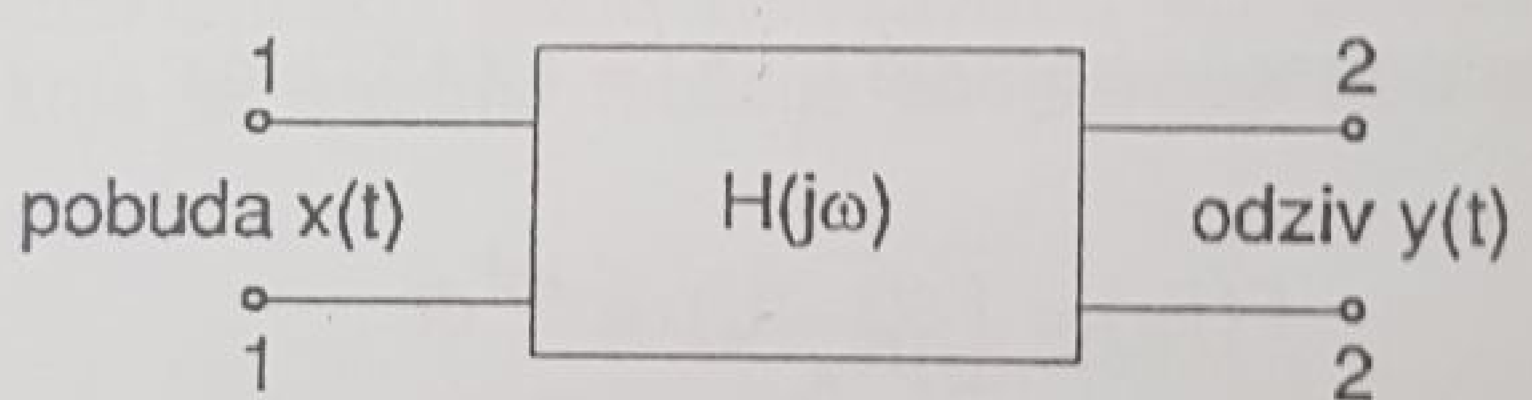
3. SISTEMI ZA PRENOS SIGNALA

Svrha analize signala bila je da se vremenska funkcija, koja opisuje signal predstavi u domenu učestanosti podesno izabranim parametrima. Osnovni motiv za sve ovo je proučavanje deformacija signala koje nastaju u njihovom prenosu telekomunikacionim sklopovima i sistemima. S obzirom na namenu telakomunikacionog sistema da se na njegovom izlazu dobije što verniji poslati signal, jasno je da ceo sistem gledano od od početka do kraja treba da je linearan. Veliki broj sklopova telekomunikacionih sistema je po svom karakteru tz. linearna mreža sa konstantnim parametrima. U linearnim sistemima svi naponi i sve struje su linearno proporcionalne elektromotornim silama tj. ako na primer udvostručimo EMS, udvostručiće se i vrednosti napona i struja i obtnuto. Međutim, ovde treba naglasiti da neke funkcije koje se zahtevaju od pojedinih sklopova ne mogu se realizovati pomoću linearnih mreža. Takvi sklopovi su pojačavači, modulatori, demodulatori itd. u kojima se nalaze aktivni nelinearni elementi (elektronske cevi, tranzistori itd.). Ako se radi u režimu " malih signala " uvek se takav sklop može aproksimirati linearnim.

U opštem slučaju sistem za prenos se simbolično predstavlja kao što je to dato na sl.3.1



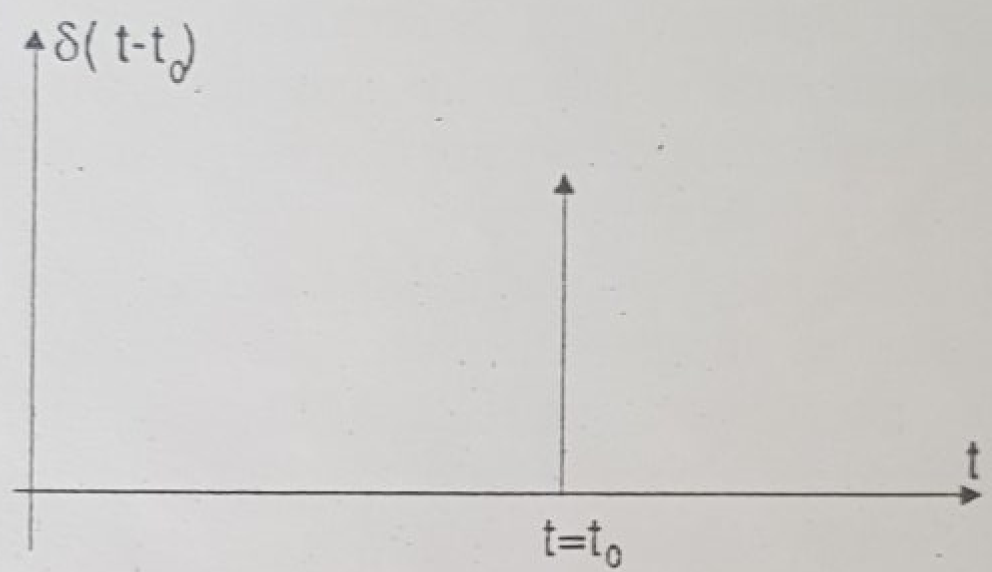
SL. 3.1 Simboličko predstavljanje sistema za prenos

Na ulazu ovog sistema (ili sklopa) dovodi se pobuda **x (t)**, na izlazu se dobija odziv **y (t)**. Linearne mreže se konstantnim parametrima ili kako se još često zovu vremenski invarijantne mreže, se odlikuju time da se u njima ne generišu nove učestanosti, a to znači da se prolaskom signala kroz sistem može promeniti samo amplituda i fazni stav sinusnih komponenti.

3.1 TRANSFER FUNKCIJA

Funkcija $H(j\omega)$,kao kompleksna veličina, uvodi se u račun da bi se izrazio uticaj mreže na amplitudu i fazni stav prenošenog (na primer) - sinusoidalnog signala koji se dovodi kao pobuda. Ova funkcija se često naziva funkcija prenosa ili transfer funkcija. Određivanje funkcije prenosa linearne mreže obično se izvodi uz pomoć pobudnog aperiodičnog signala u vidu delta funkcije. Na sl. 3.2 dat je grafik takve funkcije i kao što se vidi, teoretski, takav impuls ima beskonačnu amplitudu i beskonačno kratko vreme trajanja ali je površina ispod impulsa tj. integral, konačna vrličina, jednaka jedinici:

$$\delta(t-t_0)=\begin{cases}\infty & t=t_0\\ 0 & t\neq t_0\end{cases}\ ;\ \int_{-\infty}^{\infty}\delta(t-t_0)\cdot dt=1 \qquad 3.1$$



Sl. 3.2 Delta funkcija

Furijeova transformacija pobude $x(t)=\delta(t)$ biće:

$$F(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t-t_0)\cdot e^{-j\omega t}dt \qquad 3.2$$

Pošto funkcija postoji samo za $t = t_0$ (za ostalo vreme je nula) član $e^{-j\omega t_0}$ se može izvesti ispred integrala:

$$F(j\omega)=e^{-j\omega t_0}\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t-t_0)\cdot dt=1\cdot e^{-j\omega t_0} \qquad 3.3$$

Ako se setimo da smo imali da je $F(j\omega)=|F(j\omega)|\cdot e^{j\varphi(\omega)}$ onda je u našem slučaju $|F(j\omega)|=1$ a $\varphi(\omega)=-\omega t_0$, što znači da je karakteristika spektralne gustine amplituda, dirakovog impulsa tj. delta funkcije, ravna, sa prvom nulom u beskonačnosti.

Ako se setimo da je $H(j\omega)$ funkcija prenosa onda je izlazni spektar $Y(j\omega) = H(j\omega) \cdot X(j\omega)$. Kako je $X(j\omega) = F(j\omega) = 1$ u slučaju $t_0 = 0$, dobijamo da je $Y(j\omega) = H(j\omega)$. Odziv mreže na pobudu u vidu delta funkcije biće:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega \qquad 3.4$$

Vrlo često se impulsni odziv na pobudu u obliku delta funkcije, obeležava sa h(t), pri čemu postoji veza između impulsnog odziva i funkcije prenosa preko sledećih relacija:

$$y(t) = h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega \qquad 3.5$$

$$H(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \cdot e^{-j\omega t} dt \qquad 3.6$$

Znači ako se mreža pobudi delta impulsom $\delta(t)$, kompleksni spektar odziva je jednak funkciji prenosa mreže $H(j\omega)$. Ako pogledamo poslednja dva izraza, u prvom je $h(t)$ realna funkcija a $H(j\omega)$ njen kompleksni spektar, odnosno Furijeova transformacija, što znači da odziv linearne mreže h(t) impulsnoj aperiodičnoj pobudi u obliku delta funkcije, i funkcija prenosa mreže, čine Furijeov transformacioni par.

Kada se radi o bilo kakvoj pobudi $x(t)$, onda se odziv $y(t)$ može odrediti pomoću izraza:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\mu) \cdot h(t-\mu) \cdot d\mu \qquad 3.7$$

Ovaj izraz predstavlja konvoluciju pobudne funkcije i odziva tog sistema,na pobudu u vidu delta funkcije. Primena konvolucije omogućava znači, iznalaženje odziva linearne mreže u vremenskom domenu pa se često ovaj integral naziva superpozicioni integral.

Funkcija prenosa kao kompleksna veličina ima svoj modul $|H(j\omega)|$ koji je uvek parna funkcija po ω, i fazni stav $\theta(\omega)$ koji je uvek neparna funkcija po ω. Tako možemo pisati:

$$H(j\omega) = |H(j\omega)| \cdot e^{j\theta(\omega)} \quad \text{ili}$$

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{j\theta(\omega)}; \quad |H(j\omega)| = A(\omega) \qquad 3.8$$

Kao što vidimo, svojim modulom A (ω) , funkcija prenosa utiče na spektralnu gustinu amplituda prenošenog signala, dok svojim argumentom modificira fazne stavove pojedinih njegovih komponenti. Zato se A (ω) naziva amplitudskom a θ (ω) faznom karakteristikom posmatranog sistema.
Prilikom anallitičkog izvođenja funkcije prenosa često se postiže velika ušteda u vremenu ako se ceo sistem podeli na (n) sekcija(blokove) koji kaskadno vezani, čine prenosni sistem. Pomoću kompleksnih funkcija pojedinih sekcija može se lako izraziti funkcija prenosa cilokupnog sistema. Pri tome je:

$$H(j\omega) = H_1(j\omega) \cdot H_2(j\omega) \ldots\ldots H_n(j\omega) \qquad 3.9$$

takođe važi pri tome:

$$A(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) \ldots\ldots A_n(\omega)\text{, odnosno}$$
$$\theta(\omega) = \theta_1(\omega) + \theta_2(\omega) \ldots\ldots\ldots \theta_n(\omega) \qquad 3.10$$

Vidimo dakle da je amplitudska karakteristika celog sistema jednaka proizvodu vrednosti amplitudskih karakteristika njegovih sekcija, a rezultanta fazna karakteristika predstavlja zbir svih komponentnih faznih karakteristika

3.2 USLOVI IDEALNOG PRENOSA

Prenos signala će biti idealan samo tada, ako je izlazni signal y (t) indentički jednak ulaznom x (t). U tom slučaju spektar prijemnog signala jednak je spektru otpremnog, Matematička definicija idealnog prenosa:

$$y(t) = C \cdot x(t - t_0) \qquad 3.11$$

U ovoj jednačini C i t_0 su konstante, a fizička interpretacija bila bi: amplituda svakog prijemnog harmonika signala, C puta je veća od amplitude harmonika otpremnog signala. Trenutna vrednost prijemnog signala pomerena je u vremenu za t_0 .

Uslov da je C = 1, može se realizovati, jer ako je na primer u pitanju prenosni vod koji normalno slabi signal, tada se na pogodnom rastojanju duž voda, postave međupojačavačke stanice, tako da se

[illegible]

[illegible]

$$Y(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} y(t)\cdot e^{-j\omega t}\,dt \qquad [illegible]$$

Granice integracije su $(-\infty,\infty)$ što govori da je idealan prenos [illegible] sistem propušta sve komponente iz spektra. Dalje se može pisati:

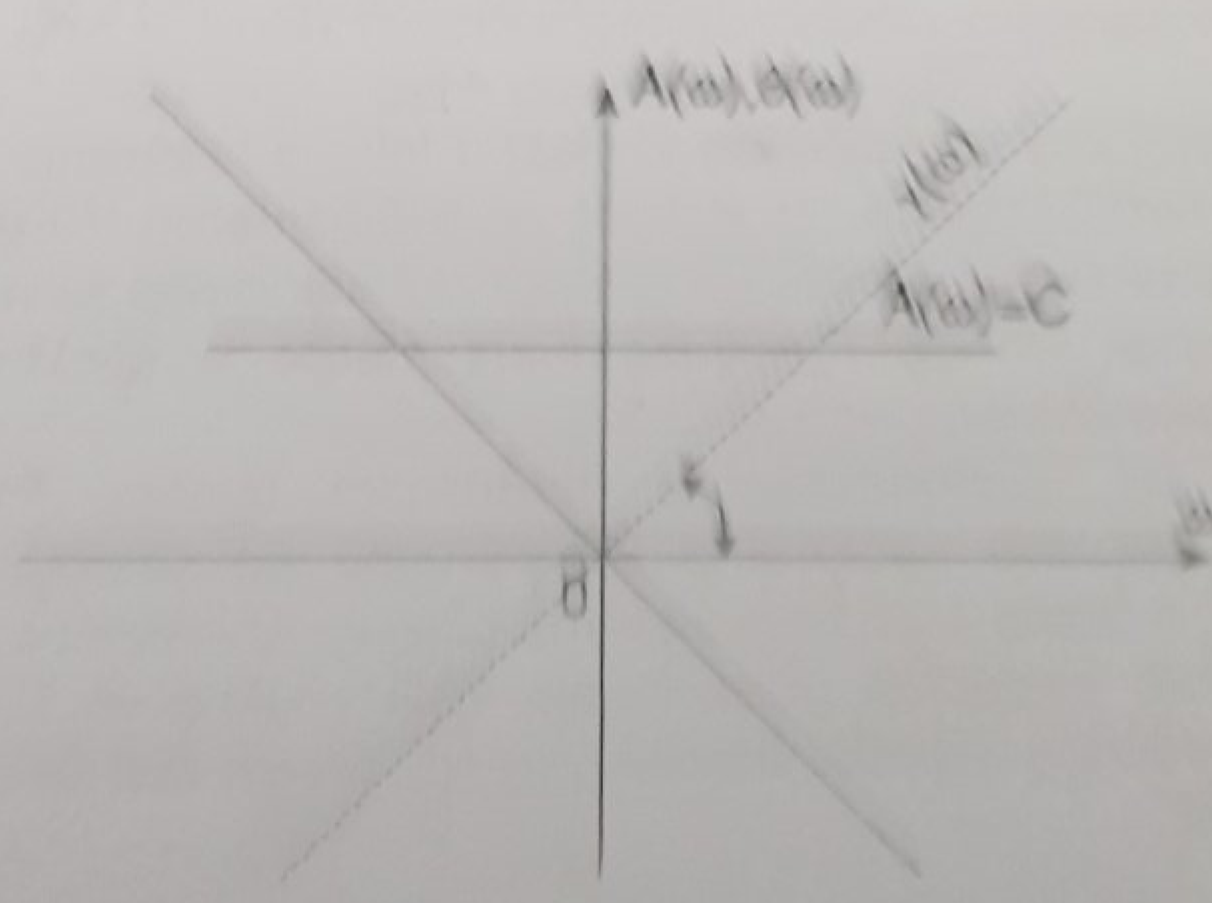
$$Y(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} C\cdot x(t-t_0)\cdot dt \qquad [illegible]$$

Uvođenjem smene može se pokazati da će biti dalje:

$$Y(j\omega)=C\cdot X(j\omega)\cdot e^{-j\omega t_0}=\left[C\cdot e^{-j\omega t_0}\right]\cdot X(j\omega) \qquad [illegible]$$

Ako se setimo da je $X(j\omega)$ spektar ulaznog signala onda uočavamo da je $H(j\omega)=C\cdot e^{-j\omega t_0}$, odavde dalje sledi da je $A(\omega)=C$ a $\theta(\omega)=-\omega t_0$.

Zaključak je dakle da će prenos biti idealan, ako takav sistem ima amplitudsku karakteristiku ravnu i nezavisnu od učestanosti i faznu karakteristiku koja je linearna funkcija učestanosti kao što se vidi na grafiku sl.3.3



Sl.3.3 Amplitudska i fazna karakteristika u slučaju idealnog prenosa

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 proanaloziramo koje uslove treba da zadovolji funkcija prenosa tz. 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.