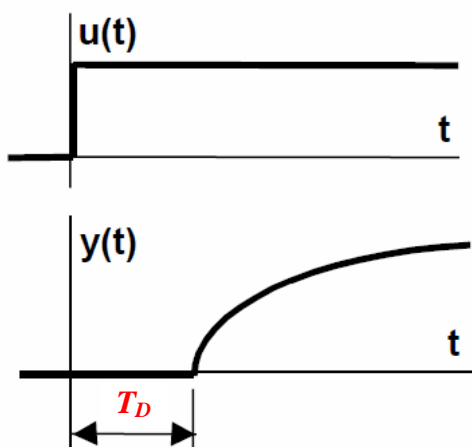


1.7. Dopravné oneskorenie

Zatiaľ sme stále hovorili o systémoch, ktorých výstup reaguje na vstup bezprostredne – bez oneskorenia. U niektorých systémov však k takémuto oneskoreniu dochádza. Po vykonaní zmeny na vstupe na výstupe nie je žiadna odozva. Až po uplynutí určitého času – tzv. **dopravného oneskorenia T_D** - sa začne meniť výstupná veličina. Tento jav sa najčastejšie vyskytuje u niektorých regulovaných sústav, kde sa vyskytuje doprava určitou rýchlosťou a po určitej dráhe (dopravník paliva ako súčasť pece, sprcha, chemická úprava vody, ...).

Z uvedeného je zrejmé, že dopravné oneskorenie T_D v regulovaných sústavách je oneskorená reakcia výstupnej veličiny (regulovanej veličiny y) na zmenu vstupnej veličiny (akčná veličina u).



Obr. 20

Ďalšie zmeny výstupnej veličiny sú už dané jej charakterom, Obr. 20. Z podstaty dopravného oneskorenia vyplýva, že má negatívny vplyv na ustálenie regulačného pochodu (v ďalšom budeme hovoriť na stabilitu).

Hodnoty dopravného oneskorenia T_D môžu byť rádovo ako sekundy, tak aj desiatky minút. Samozrejme o ich zanedbateľnosti či nezanedbateľnosti rozhoduje relácia medzi T_D a ostatnými časovými konštantami regulovanej sústavy. Keby sme pri výpočte regulačných pochodov zanedbali dopravné oneskorenie tam, kde je rádovo porovnateľné s časovými konštantami sústavy alebo je dokonca väčšie ako časové konštanty, dopustili by sme sa veľmi podstatnej chyby.

Diferenciálna rovnica systému (1) bude pre systémy s dopravným oneskorením platiť v tvare

$$a_n y^{(n)}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t - T_D) + \dots + b_1 u'(t - T_D) + b_0 u(t - T_D)$$

a jeho prenos bude

$$G(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0} e^{-T_D s} \quad (30)$$

Zo vzťahu (30) vidieť, že prenos sústavy s dopravným oneskorením sa rovná prenosu tej istej sústavy bez dopravného oneskorenia, vynásobeného výrazom $e^{-T_D s}$.

Frekvenčný prenos sa získa zámennou $j\omega$ za s podľa (28), teda

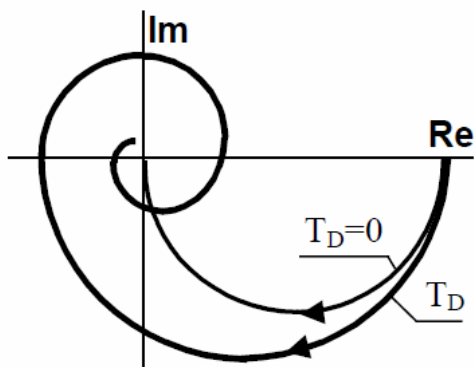
$$G(j\omega) = \frac{b_m (j\omega)^m + \dots + b_1 (j\omega) + b_0}{a_n (j\omega)^n + \dots + a_1 (j\omega) + a_0} e^{-j\omega T_D} \quad (31)$$

Ako sa zmení frekvenčná charakteristika systému s dopravným oneskorením oproti systému bez dopravného oneskorenia ($T_D=0$) ukazuje Obr. 21. Frekvenčné charakteristiky systémov s dopravným oneskorením sa špirálovito otáčajú okolo počiatku, keď začiatok charakteristiky je rovnaký ako charakteristiky bez dopravného oneskorenia.

SPOJITÉ LINEÁRNE RIADENIE – vlastnosti regulačných členov

Príklad 17:

Diferenciálna rovnica regulovanej sústavy je



Obr. 21

$$y''' + 5y'' + 4y' + y = 1,5u' + 3u$$

Ako sa zmení rovnica sústavy, aký bude prenos a frekvenčný prenos, keď sústava bude mať dopravné oneskorenie $T_D = 6,5$ s?

Riešenie:

$$y'''(t) + 5y''(t) + 4y'(t) + y(t) = 1,5u'(t - 6,5) + 3u(t - 6,5)$$

$$G(s) = \frac{1,5s + 3}{s^3 + 5s^2 + 4s + 1} e^{-6,5s}$$

$$G(j\omega) = \frac{1,5j\omega + 3}{(j\omega)^3 + 5(j\omega)^2 + 4j\omega + 1} e^{-6,5j\omega}$$

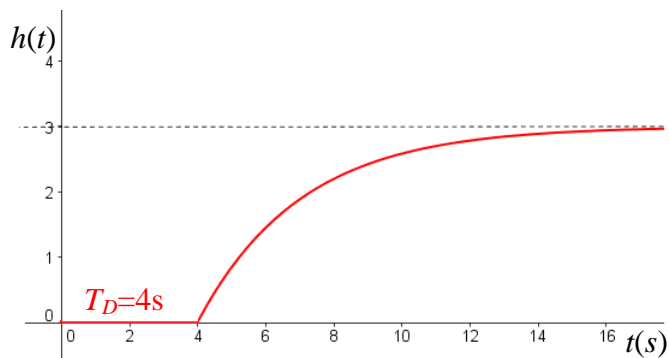
Príklad 18:

Nakreslite prechodovú charakteristiku regulovanej sústavy s prenosom $G(s) = \frac{3}{1+3s} e^{-4s}$

Riešenie:

Určíme prechodovú funkciu tejto sústavy bez dopravného oneskorenia

$$h(t) = L^{-1} \left\{ \frac{1}{s} - \frac{3}{s+0,33} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{3}{s} - \frac{3}{s+0,33} \right\} = 3(1 - e^{-0,33t})$$



Obr. 22

Pri kreslení prechodovej charakteristiky musíme túto posunúť o hodnotu dopravného oneskorenia $T_D=4$ s, ako je nakreslené na Obr. 22.

1.8. Regulovateľnosť sústav

Schopnosť sústav resp. regulovanej veličiny byť regulovanou tak, aby bola dosiahnutá primeraná kvalita regulácie ale najmä stabilita

regulačného obvodu, nazývame **regulovateľnosť** sústav.

Všeobecne platí, že regulovateľnosť sa zhoršuje so zvyšujúcim sa rádom oneskorenia sústav³. Astatické (integračné) sústavy majú v porovnaní so statickými (proporcionálnymi) sústavami túto schopnosť ešte nižšiu. Regulovateľnosť ešte zásadne zhoršuje dopravné oneskorenie T_D .

Orientačne môžeme regulovateľnosť statických sústav určiť z jej parametrov T_u a T_n , odčítaných z prechodovej charakteristiky. Regulovateľnosť potom určíme z ich pomeru.

$$\frac{T_u}{T_n} < \frac{1}{10} \text{ dobre regulovateľné} \quad \frac{T_u}{T_n} < \frac{1}{6} \text{ regulovateľné} \quad \frac{T_u}{T_n} \geq \frac{1}{3} \text{ zle regulovateľné}$$

Pri statickej sústave 1. rádu s časovou konštantou T_n a dopravným oneskorením T_D môžeme hodnotu T_D dosadiť do vzťahov namiesto T_u a odtiaľ určiť, ako je regulovateľná.

³ Zvyšujú sa fázové posuny, čo znemožňuje kvalitnú reguláciu, pretože nie je možné zaviesť silnú zápornú spätnú väzbu, ktorá otáča fázu o 180°. Keď sa spojí s fázovým posunom sústavy, tak sa záporná spätná väzba mení na kladnú (blízko 360°), čiže systém sa pomaly rozkmitá