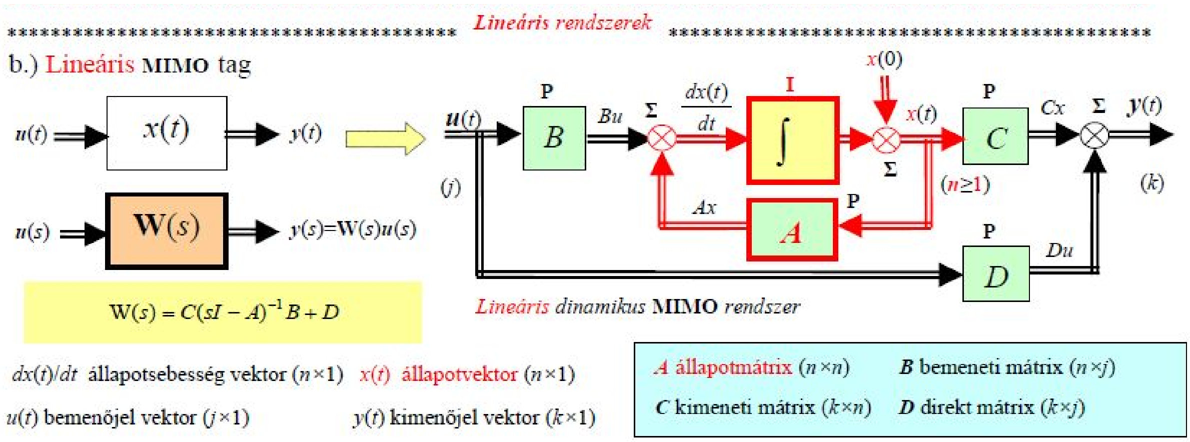
Néhány kidolgozott kérdés: http://dunakanyar.net/~ifvari/sszes_gyak.pdf - ebből lehet meríteni. :)
Vagy innen: https://www.iit.bme.hu/sites/default/files/Foly.eüm.12.pdf - összefoglalás a folyszab weboldaláról.

1. **Adja meg a lineáris MIMO tag állapotegyenletét és hatásvázlatát!**
   Állapotegyenlet: *[Összefoglalás 5. és 32. oldaláról (hatásvázlat)]*
   $\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$ ← n db elsőrendű differenciálegyenlet
   $y(t) = Cx(t) + Du(t)$ ← k db algebrai egyenlet

   j = bemenetek száma, k = kimenetek száma
   n = állapotváltozók száma



2. **Adja meg a lineáris SISO tag rendszeregyenletét és rendszerjellemző függvényeit!**
   [Öf. 8-9. o.] Az egy bemenetű (j=1), egy kimenetű (k=1) és tetszőleges n≥1 rendszámú SISO lineáris dinamikus rendszerek esetében az u(t) bemenőjel, és az y(t) kimenőjel közötti függvénykapcsolatot – az objektum matematikai modelljének linearizálását követően és az x(t) állapotváltozó közvetítő hatását mintegy

$$\frac{d^{(n)}y(t)}{dt^n} + h_1 \frac{d^{(n-1)}y(t)}{dt^{n-1}} + \cdots + h_{n-1}\frac{dy(t)}{dt} + h_n y(t) =$$
$$= g_0 \frac{d^{(m)}u(t)}{dt^m} + g_1 \frac{d^{(m-1)}u(t)}{dt^{m-1}} \cdots + g_{m-1}\frac{du(t)}{dt} + g_m u(t)$$

   kiküszöbölve – a d(n)y(t)/dtn un. vezető együtthatójára normalizált és alakban felírható, implicit, n–edrendű, állandó együtthatójú, lineáris differenciálegyenlet (a rendszeregyenlet) definiálja. Ennek egy „más alakban” megjelenített – a differenciálegyenlet mindkét oldalának (zérus kezdeti feltételek melletti) Laplace transzformációjából származtatható – és vele egyenértékű (az y(s)–re nézve explicit) algebrai kifejezése:

$$y(s)=W(s)u(s)=\underbrace{\frac{G(s)}{H(s)}}_{W(s)}u(s)=\underbrace{\frac{g_0s^m+g_1s^{m-1}+\cdots+g_{m-1}s+g_m}{s^n+h_1s^{n-1}+\cdots+h_{n-1}s+h_n}}_{W(s)}u(s)=\underbrace{g_0\frac{\prod_{i=1}^{m}(s-z_i)}{\prod_{i=1}^{n}(s-p_i)}}_{W(s)}u(s)$$

A rendszeregyenlet, illetve az átviteli függvény h_i, g_i együtthatói valós állandók és realizálhatósági okok miatt n ≥ m.

3. **Adja meg a lineáris MIMO tag állapotegyenletének megoldó képletét!**
   [Öf. 36. oldal]

$$x(t)=\underbrace{e^{At}x(0)}_{x_s(t)}+\underbrace{\int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)d\tau}_{x_g(t)}$$

$$y(t)=C\underbrace{\left[e^{At}x(0)+\int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)d\tau\right]}_{x(t)=x_s(t)+x_g(t)}+Du(t)$$

4. A dinamikus rendszer egyensúlyi pontja. Az egyensúlyi pont koordinátáinak meghatározása.
5. **Mit jelent Ljupanov stabilitási kritériuma?**
   A linearizált rendszer állapotmátrixának sajátértékeinek valós része negatív.
6. **Mi a sajátmozgás és mi a gerjesztett mozgás?**
   Sajátmozgás: Az állapotteres leírásban $x_s(t)$ az x(0) kezdeti értékek által keltett sajátmozgás. Ezt kizárólag az x(0) kezdeti feltétel és a rendszer A állapotmátrixa befolyásolja, komplementer megoldásnak, szabad összetevőnek is nevezik.
   Gerjesztett mozgás: Az $x_g(t)$ az u(t) kényszerfüggvény által létrehozott gerjesztett mozgás. Ezt a rendszer A állapotmátrixa, a B bemeneti mátrixa, és az u(t) gerjesztés együttese befolyásolják, és partikuláris válasznak is hívják.
7. **Mikor érvényes és mit jelent a szuperpozíció elve?**
   [Öf. 12. o.] Lineáris rendszer esetén érvényes a szuperpozíció elve, vagyis ha az $u_1(t)$ és $u_2(t)$ gerjesztésekre keltett válaszok az $y_1(t)$ és $y_2(t)$ jelek, akkor az $u(t)=k_1u_1(t)+k_2u_2(t)$ gerjesztés $y(t)=k_1y_1(t)+k_2y_2(t)$ választ eredményez (k_1, k_2 állandók).
8. **Mit értünk belépő vizsgálójelek alatt?**
   [Öf. 7. o.] f(t) un. belépő időfüggvény, ha t<0 esetén f(t)=0.
   [Öf. 36. o.] Az x(t) állapotvektor $x_g(t)$ komponensének analitikus meghatározása csak „egyszerű” u(t) gerjesztésvektor (pl. determinisztikus belépő vizsgálójelek: δ(t), 1(t), t, t2/2, sin(ωt), e^{at}) esetén problémamentes.
9. **Mi az átviteli-, az átmeneti-, és a súlyfüggvény?**

- Átviteli függvény: W(s) = Y(s) / U(s), ahol Y(s) és U(s) a kimenet és bemenet időfüggvényének Laplace transzformáltja. Zérus kezdeti feltétel mellett.
- Átmeneti függvény: v(t). A rendszer egységugrásra adott válasza.
- Súlyfüggvény: w(t) = impulzusválasz, vagyis a □(t) gerjesztésre adott válasz.

10. **Mi az állapottrajektória?**

- [pongyola definíció] Minden időpillanatban meghatározzuk az állapotváltozók értékét, és ábrázoljuk közös koordinátarendszerben.

11. Milyen szerepe van az állapotmátrix sajátértékeinek a lineáris rendszer sajátmozgásában?
12. **Adja meg a lineáris rendszer állapotegyenletének megoldását az s operátor tartományban!**

    [Öf. 21. o.] Lineáris rendszer esetben az u bemenőjel–, az x állapotváltozó–, és az y kimenőjel közötti függvénykapcsolat az s Laplace operátor tartományban – az átviteli mátrix, illetve az átviteli függvény fogalmak bevezetésével – algebrai kifejezéssel is leírható. Ekkor – az A,B,C,D paramétermátrixok és az u(s)=L{u(t)} ismeretében és x(0)=0 feltételezésével – az x(s) és y(s) megoldások az állapotegyenletek transzformáltjaiból közvetlenül kifejezhetők:

    $x(s)=(sI–A)^{-1}Bu(s)$

    $y(s)=[C(sI–A)^{-1}B+D]u(s)=W(s)u(s).$

    Időtartománybeli megoldás:

    $$x(t) = e^{At}x(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)\,d\tau$$

13. Adja meg a lineáris alaptagok matematikai modelljeit!
14. Mi a Laplace transzformáció szerepe a lineáris rendszer analízisében?
15. **Mit jelent Laplace transzformáció kezdeti és végérték tétele?**

    Végértéktétel és kezdetiértéktétel:

    $$\lim_{t\to\infty} x(t) = \lim_{s\to 0} sX(s)$$

    $$\lim_{t\to 0} x(t) = \lim_{s\to\infty} sX(s)$$

    Végérték tétel: Ha az s operátortartományban meghatározott függvénybe behelyettesítjük s = 0-t, akkor megkapjuk az időtartománybeli függvény végértékét (t = végtelenre)

    Kezdetiérték tétel: Ha s = végtelent helyettesítünk be, akkor az időtartománybeli függvény kezdeti értékét kapjuk meg.

16. **Számítsa ki: L{□(t)} = ?, L{1(t)}=?, L{$e^{\alpha t}$}=?**

    L{□(t)} = 1

    L{1(t)} = 1/s

    L{$e^{\alpha t}$} = 1/(s-α)

17. Mi a Laplace transzformáció eltolási tétele? Mi a tétel jelentősége a szabályozás analízisében?
18. **Mit jelent a Laplace transzformáció linearitási tétele és differenciálási szabálya?**

    [Öf. 7. o.] Az s tartományban az adott u(s) gerjesztésre keletkező x(s), y(s) válaszok lineáris algebrai egyenletekkel történő meghatározása a transzformáció

    L{Ax(t)+Bu(t)}= AL{x(t)}+BL{u(t)}=Ax(s)+Bu(s) ← linearitási tételén és a

    L{dx(t)/dt}=sx(s)–x(0) ← differenciálási szabályán alapszik.

19. **Mit jelent az inverz Laplace transzformáció, és milyen módszerei vannak?**

[Öf. 7. o.] A Laplace transzformáció – amely az állandó együtthatójú lineáris differenciálegyenletek és differenciálegyenlet rendszerek megoldásának egy általánosan használt, hatékony és egyszerű módszere – egy függvénynél, amely a t időtartományban értelmezett f(t) un. belépő időfüggvényhez (a tárgyfüggvényhez, f(t)=0 ha t<0) egy, az s komplex operátor tartományában értelmezett F(s) operátor függvényt (a képfüggvényt) rendeli: f(t)→L{f(t)}=F(s), illetve az s operátor tartományban értelmezett F(s) operátorfüggvényből az f(t) időfüggvényt származtatja: F(s)→L–1{F(s)}=f(t) (**inverz** Laplace transzformáció). A leképzés szabályai:

$$L\{f(t)\} = F(s) = \int_{t=0}^{\infty} f(t)e^{-st}\,dt$$

$$L^{-1}\{F(s)\} = f(t) = \frac{1}{2\pi j}\int_{c-j\infty}^{c+j\infty} F(s)e^{st}\,ds = \sum_{i=1}^{n} \underset{(p_i)}{res} F(s)e^{st}$$

Az inverz transzformáció néhány fontosabb szabálya a linearitás és a konvolúció tétele.

20. **L^{-1}\{F(s)G(s)\}=** f(t)*g(t), ahol * = konvolúció (matematikai művelet).

21. Mit jelent az állapotegyenlet első kanonikus alakja? *[Öf. 47. oldal]*

Az átviteli függvény részlettörtes felbontását visszaalakítjuk állapotteres leírásra, ekkor ilyen alakú (A,B,C,D) mátrixokat kapunk:

$$\frac{d}{dt}\underbrace{\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}}_{x(t)} = \underbrace{\begin{bmatrix} p_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & p_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_n \end{bmatrix}}_{A_T=\Lambda} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{bmatrix}}_{B_T} u(t)$$

$$y(t) = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}}_{C_T} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}$$

Az **A** mátrix diagonális, látszik, hogy az állapotváltozók nem függnek egymástól, vagyis az állapotváltozókat szétcsatoltuk. Ez az első kanonikus alak.

22. Mit értünk az átviteli függvény direkt és részlettörtes felbontása alatt?
23. Mit jelentenek a P, I, PI, PD, PID, T, T_ξ tagok?

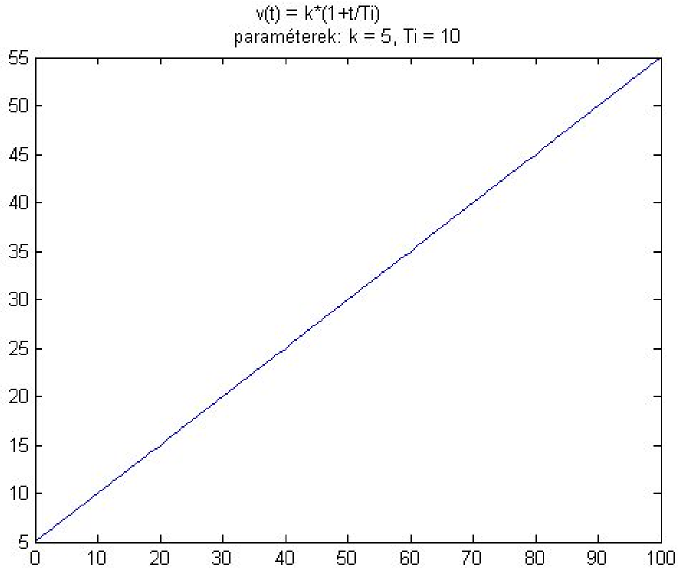
    PI szabályozó: lényege, hogy kiejtjük a rendszer legnagyobb időállandóját, és egy integráló hatást hozunk be helyette.

    PD szabályozó: lényege, hogy kiejtjük a rendszernek azt az időállandóját, ami a -20dB/dekádból -40-et csinál (ez általában a második legnagyobb időállandó), és egy kb. 5-20-szor kisebbet hozunk be helyette.

    PID szabályozó: a PI és a PD szabályozók együtt.

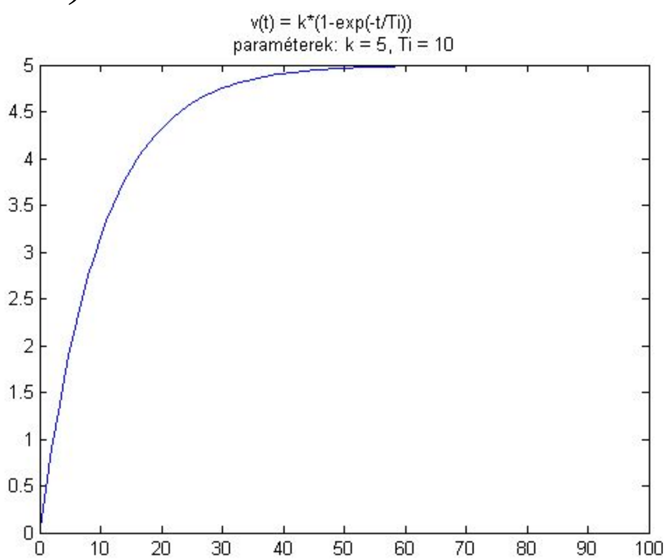
24. Minőségileg helyesen ábrázolja a PI, PD, PID, T és a T_ξ tagok átmeneti függvényeit!

- PI: $v(t) = k\left(1 + \frac{t}{Ti}\right)$



Az y tengelyt a k-nál metszi (most 5-nél), az egyenes meredeksége pedig k/Ti (most 0,5, vagyis ha x tengelyen megyünk megyünk előre 10-et, addig az y tengelyen csak 5-öt).

- PD: $v(t) = k[1 + Td \cdot \square(t)] \rightarrow$ ábrázolni
- PD_i: $v(t) = k\left(1 + \frac{Td-T}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}}\right)$
- PID: ?
- T: $v(t) = k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$

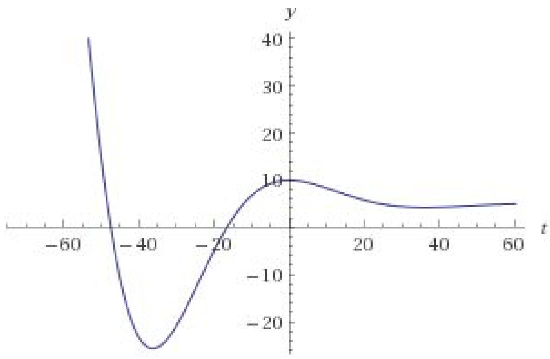


A lényeg, hogy telítődik, a végértékét a t = végtelenben éri el, ekkor veszi fel a k értéket (jelen esetben 5-öt). A T az időállandó, kb. 3T - 5T idő alatt éri el a végértéket (pl. itt 50-nél már majdnem eléri).

- T_ξ: [Öf. 45. oldaláról kéne kimásolni!]

$$k[1 + \frac{e^{-\frac{\xi}{T}t}}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin(\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T} t - arctg \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{-\xi})]$$

→ WolframAlpha ábra:



k=5, T=10, xi = 0.5 esetén

xi értékétől erősen függ az ábra, itt lehet próbálgatni:
http://www.wolframalpha.com/input/?i=plot+k*%281%2Bexp%28-xi%2FT*t%29%2Fsqrt%281-xi^2%29*sin%28sqrt%281-xi^2%29%2FT*t-atan%28sqrt%281-xi^2%29%2F-xi%29%29%29%2C+for+k%3D5%2C+T%3D10%2C+xi+%3D+0.9

25. Milyen alrendszerek alkotják a szabályozási rendszert?

[Öf. 4. o.] A szabályozási rendszer dinamikus alrendszerei tehát a szabályozott folyamat (process, P), és a szabályozó berendezés (controller, C).

26. Mit jelent az önbeálló és a nem önbeálló tag fogalma?

[Öf. 22. o.] Egy tag önbeálló (stabilis) tulajdonsággal rendelkezik, ha az állandó u_0 bemenő jelek mellett (mintegy a tranziens folyatok végértékeként) kialakulnak az állapotváltozók és a kimenő jelek x_0, y_0 egyensúlyi értékei.

[Öf. 26. o.] Stabilisnak azt a dinamikus rendszert tekintjük, amely állandó $u(t)=u_0\mathbf{1}(t)$ belépő egységugrás típusú gerjesztésvektor hatására olyan korlátos x(t) állapotvektor és y(t) kimenőjelvektor választ ad, amelyeknek t→∞ időponthoz tartozó $x(\infty)=x_0$, $y(\infty)=y_0$ állandósult (de az u_0 értékétől függő) értékei is léteznek. Az ilyen rendszer a tranziensek lezajlása után az állandó u_0 gerjesztés vektor hatására előbb–utóbb állandó x_0 állapotváltozóval és y_0 kimenőjellel nyugalomba (egyensúlyi helyzetbe) kerül (önbeálló rendszer).

27. Mi az átviteli függvényével jellemzett lineáris tag stabilitásának feltétele?

[Öf. 48. o.] Aszimptotikusan stabilis a W(s)=G(s)/H(s) átviteli függvényével leírt dinamikus tag, ha minden p_i pólusára (vagyis a $H(s)=s^n+h_1s^{n-1}+\ldots+h_n=0$ karakterisztikus egyenletének minden gyökére) $\mathrm{real}(p_i)<0$ feltétel teljesül.

28. Mi az állapotegyenletével leírt lineáris dinamikus tag stabilitásának feltétele?

[Öf. 41. o.] A lineáris SISO vagy MIMO dinamikus tag aszimptotikusan stabilis, ha az x(t) állapotvektorának xs(t) sajátmozgás komponense t→∞ mellett zérushoz (az állapottér origójába) tart, vagyis:

$$\lim_{t\to\infty} x_s(t) = \lim_{t\to\infty} e^{At}x(0) = \lim_{t\to\infty} \Phi(t)x(0) = 0$$

Ennek feltétele, hogy a $\Phi(t)=e^{At}$ alapmátrix minden komponense t→∞ mellett zérushoz tartson. Ez akkor következhet be, ha a rendszer **A** állapotmátrixának minden sajátértékére a real(λi)<0 teljesül, vagy ezzel egyenértékűen a det(sI–A) karakterisztikus polinom Hurwitz polinom.

29. Mit jelent a felnyitott szabályozási rendszer eredő átviteli függvénye?

A rendszer visszacsatolását elvágjuk, így a szabályozási kör nyitott lesz. Ezt a rendszert a bemenetétől a kimenetéig tartó előrevezető ággal jellemezhetjük, a kimenet és bemenet közti függvénykapcsolatot a felnyitott kör átviteli függvénye írja le az **s** operátortartományban.

30. $W_o(s)=G_o(s)/H_o(s)$. Adja meg a zárt kör karakterisztikus egyenletét!

$W_R = W_0 / (1+W_0) = (G/H) / (1+G/H) = G / (H+G)$ → karakterisztikus egyenlet (a nevező legyen 0): $\mathbf{H_0+G_0=0}$

31. A nyitott kör átviteli függvénye $W_o(s)=G_o(s)/H_o(s)$. Adja meg a zárt kör $W_R(s)$ átviteli függvényét!

$W_R = W_0 / (1+W_0) = G(s) / (H(s)+G(s))$ ← levezetés az előző feladatban

32. Mi a Hurwitz stabilitási kritérium?

[Öf. 41. o.] Az aszimptotikus stabilitás feltétele, hogy a det(sI–A) karakterisztikus polinom Hurwitz polinom legyen. Az n fokszámú Hurwitz polinom minden p_i gyökének reális része negatív: real(p_i)<0, i: 1,2, …n.

[Öf. 48. o.] Aszimptotikusan stabilis a W(s)=G(s)/H(s) átviteli függvényével leírt dinamikus tag, ha minden p_i pólusára (vagyis a $H(s)=s^n+h_1s^{n-1}+\ldots+h_n=0$ karakterisztikus egyenletének minden gyökére) real(p_i)<0 feltétel teljesül.

[Öf. 60. o.] Csak holtidő nélküli rendszerekre alkalmazható. Amennyiben a holtidős tagot Pade vagy Strejc polinomokkal közelítjük, akkor a Hurwitz stabilitási kritérium kiterjeszthető holtidős rendszerekre is.

33. Mit jelent a domináns póluspár ás mi a szerepe a zárt rendszer tranziens folyamataiban?

Egy stabilis (s -ben a bal félsíkon lévő) pólushoz tartozó tranziens annál lassabban cseng le, minél közelebb van a pólus valós része nullához. A zárt szabályozási kör átviteli függvényének nullához legközelebbi pólusát vagy konjugált komplex póluspárját a zárt rendszer domináns póluspárjának nevezzük.

Egy nem domináns (stabil, zárt rendszerbeli) pólus által okozott tranziens már lecseng a domináns póluspár által meghatározott első maximumig terjedő időig (a túllövés helyéig), ha valós részének abszolút értéke kb. 3x nagyobb a domináns pólus valós részének abszolút értékénél. [forrás: BME villamosmérnök alapképzés Laboratórium 2. jegyzetből a 8. mérés kidolgozott kérdései]

34. Mi a gyökhelygörbe és a szabályozási rendszer kritikus körerősítése?

<u>Gyökhelygörbe:</u> [Öf. 60. o.] A zárt rendszer $G_0(s)+H_0(s)=0$ karakterisztikus egyenlete p_{Ri} gyökeinek vándorlása a komplex számsíkon valamely paraméter (rendszerint a k körerősítés) függvényében, a szabályozási rendszer gyökhelygörbéje. Ha ennek valamelyik ága a képzetes tengelyt metsztve a pozitív valós részre átmegy, a zárt rendszer labilissá válik.

[egyszerűbb def] A zárt rendszer eredő karakterisztikus egyenletének adja meg a gyökeit az egyik paraméter (általában a K erősıítés) függvényében.

<u>Kritikus körerősítés:</u> a körerősítés növelésével a rendszer fázis- (vagy amplitúdó) tartaléka folyamatosan csökken, míg eléri a 0-t, ez a stabilitás határhelyzete, a kritikus körerősítés, ahol továbbnövelve a körerősítést a rendszer labilissá válik.

35. Mit értünk arányos szabályozás-, és ennek egyensúlyi munkapontja alatt?

[Öf. 30. o.] Az arányos tag o(t)=y(t) kimenőjele az i(t)=u(t) bemenőjelének **állandó szorosa** (y(t)=ku(t), k az arányos tag átviteli tényezője).

36. Az arányos szabályozás milyen mértékben hárítja el a zavarás szabályozott jellemzőre kifejtett hatását?

- Egységugrás esetén 1/(1+K) lesz a maradó hiba. (K = körerősítés)

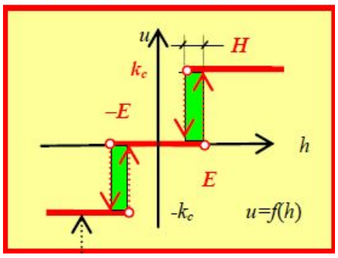
- Sebességugrás és egységgyorsulás esetén végtelen hiba.
- 1db visszacsatolatlan integrátor alkalmazásával (típusszám = 1) az egységugrásra a hiba 0 lesz, sebességugrásra 1/K, gyorsulásra végtelen.
- 2db visszacsatolatlan integrátorral a sebességugrásra is 0 hiba lesz, a gyorsulásra pedig 1/K.

37. Az arányos szabályozásban a körerősítés növelésének milyen korlátai vannak?

[Öf. 63. o.] Mivel a valós rendszerekben a jelkésleltetések is jelen vannak, a körerősítés növelése a zárt rendszer labilitásra való hajlamát is fokozza, vagy esetlegesen magát a labilitását is előidézheti. Ezért k megválasztásának a stabilitás követelményei korlátot szabnak.
[pongyola def] A körerősítés növelése csökkenti a fázistartalékot (vagy az amplitúdótartalékot - a kettő összefügg), ha eléri a kritikus körerősítést (ahol a elfogynak a tartalékok), akkor labilissá válik a rendszer.

38. Mi az állásos szabályozás? Alkalmazásának milyen korlátai vannak?

Háromállású hiszterézises tag



[Öf. 88. o.] Ez a hiszterézis komparátor vagy állásos szabályzó tag, amely az u kimenőjel és a h bemenő jel között a következőképpen teremt kapcsolatot:

- Az u kimenő jel csak bizonyos előre meghatározott értékeket (állásokat) vehet fel. Jellemzi:
    - egy E érzéketlenségi sáv (-E és E között), ezen belül a szabályozó “nem szólal meg” (u=0),
    - egy H hiszterézis sáv (iránytól függően nem ugyanaz a komparálási szint, csak akkor “szólal meg”, ha a sávot elhagyjuk),
    - valamint egy kc kapcsolási érték (ez az 1-es szintnek megfelelő u kimeneti érték).

39. Mit értünk a szabályozás értéktartási és követési tulajdonságai alatt?

40. Mi az integrálszabályozás, milyen előnye van az arányos szabályozáshoz képest?

[Öf. 64. o.] Ha a szabályozó integráló tulajdonsággal rendelkezne (pl. a h=yA–y hibajel az u irányító jelet nem a vele arányos u=kch függvénykapcsolatnak, hanem az u(t)=ki∫h(t)dt integrálegyenletnek megfelelő függvénykapcsolat szernt a h hibajel integráljaként állítaná elő), a szabályozó képes mindaddig változtatni az u irányító jelet, amíg a h=yA–y hibajel **zérussá** nem válik, bármekkora is az állandó zavarójel értéke. Ilyen esetben (algebrai hurok nélküli) integrálszabályozásról van szó.
Előnye, hogy az konstans zavarójelet teljes mértékben kompenzálni tudja, a sebességugrást is képes követni 1/K maradó hibával (míg az arányos szabályozás elszállna a végtelenbe).

41. Mi a PI szabályozóval működő integrálszabályozás elve?
42. Mi a PID szabályozóval működő integrálszabályozás elve?
43. Milyen elvek alapján lehet megválasztani a PI és a PID szabályozók paramétereit?

44. A szabályozási hatásláncban jelenlévő holtidős jelkésleltetésnek milyen veszélyei vannak?

[Öf. 63. o.] Mivel a valóságban mindkét alrendszerben (de elsősorban a folyamatban) a jelkésleltetések is jelen vannak, a körerősítés növelése a zárt rendszer labilitásra való hajlamát is fokozza, vagy esetlegesen magát a labilitását is előidézheti.

45. Mit jelent az önbeálló tag statikus karakterisztikája?

[Öf. 22. o.] Ha a rendszer öneálló (stabilis), akkor értelmezhetők az egyensúlyi értékek közötti függvénykapcsolatok, és az ezeket megjelenítő $y_0=y(u_0)$ statikus karakterisztikák.

46. A lineáris SISO tag állapotegyenletének paramétermátrixai milyen speciális tulajdonsággal rendelkeznek?

[Öf. 11.o.] A SISO tagot leíró állapotváltozós matematikai modell **B**, **C**, **D** paramétermátrixai és ezek méretei speciálisak. Az **A** mátrix (mérete n×n), de **B** oszlopvektor (mérete n×1), **C** sorvektor (mérete 1×n), **D** skalár (mérete 1×1).

47. Mit jelentenek és mikor érvényesek az $x_0=-A^{-1}Bu$, $y_0=C(-A^{-1}B+D)u_0$ képletek?

[Öf. 22. o.] Az állapotváltozók és a kimenő jelek x_0, y_0 egyensúlyi értékei.

[Öf. 50. o.] Önbeálló SISO tagok esetében az u_0 állandó gerjesztéshez állandósult állapotban (t=∞) állandó x_0 állapotváltozó, és állandó y_0 kimenőjel tartozik, ezek összerendelését az $x_0=f^*(u_0)$, $y_0=g(u_0)$

$$x_0=-A^{-1}Bu_0, \quad y_0=(-CA^{-1}B+D)u_0=ku_0$$

kifejezések, illetve az y_0 kimenőjel és az u_0 bemenőjel közötti függvénykapcsolatot meghatározó statikus karakterisztikák teremtik meg ($k=-CA^{-1}B+D=g_m/h_n$ a lineáris SISO tag átviteli tényezője, dc-erősítése).

48. Az állapotegyenletnek milyen numerikus megoldásai vannak?

[Öf. 35. o.] A nemlineáris állapotegyenlet általában csak numerikusan oldható meg: pl. Euler, Adams, Milne, Runga–Kutta stb. numerikus módszerek.

49. Mit jelent a dinamikus rendszer állapotegyenletének munkaponti linearizálása?

[Öf. 26. oldal bonyolult def.]

50. Mikor van az A mátrixnak A^{-1} inverze és ez hogyan határozható meg?

Ha négyzetes mátrix, akkor van inverze. A^{-1} = adj(A) / det(A)