



Mechatronika Példatár

Szerkesztette:
Sarvajcz Kornél

A tananyag elkészítését a „A Debreceni Egyetem fejlesztése a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében” az **EFOP-3.4.3-16-2016-00021** számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Szerkesztő:
Sarvajcz Kornél

Kézirat lezárva: 2018. 06. 30.

ISBN: 978-963-490-004-7

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék	3
Bevezetés	6
Elektrotechnika és Elektronika feladatok	7
Kirchhoff egyenletek alkalmazása [2]	7
1. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.....	7
2. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.....	9
3. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.....	10
Hurokáramok módszerének alkalmazása	11
4. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokáramok módszerének alkalmazásával.....	11
5. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokáramok módszerének alkalmazásával.....	12
6. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokáramok módszerének alkalmazásával.....	13
Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása	14
7. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.....	14
8. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.....	15
9. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.....	16
Thévenin és Norton helyettesítő kapcsolás feladatok.....	17
10. feladat: Számolja ki az A-B pontok felől nézve a kapcsolás Norton és Thévenin helyettesítő kapcsolását. Számolja ki továbbá a terhelő ellenállás értékét, amelynél maximális teljesítmény érhető el és a maximális teljesítményt.....	17
11. feladat: Számolja ki az A-B pontok felől nézve a kapcsolás Norton és Thévenin helyettesítő kapcsolását. Számolja ki továbbá a terhelő ellenállás értékét, amelynél maximális teljesítmény érhető el és a maximális teljesítményt.....	19
Váltakozó áramú teljesítmény feladatok [9].....	20
12. Feladat: Számolja ki a kapcsolás hatásos, látszólagos, meddő teljesítményét és a teljesítmény tényezőt. $U(t)=17 \sin(314t+22^\circ)V$	20
Tranzisztoros kapcsolás számolási feladat [10].....	21

13. feladat: Határozzuk meg az ábrán látható kapcsolásban a tranzisztor működési tartományát (üzemállapotát) és az I_B , I_C és U_{CE} munkaponti áram és feszültség értékeket. A tranzisztorra $B=100$, $U_{BE}=0,7V$, $U_{CES}=0,2V$	21
Műveleti erősítő számolási feladat [9]	23
14. feladat: Határozzuk meg az invertáló erősítő feszültségerősítését, a ki és bemeneti feszültség fázisviszonyát, a bemeneti ellenállás értékét és az R_3 ellenállás értékét: $R_1=10k\Omega$ $R_2=120k\Omega$	23
Mechatronikai példák [5], [6], [7]	24
Képletgyűjtemény Mechatronika alapjai tantárgyból.....	24
1. feladat: Merev testekből álló rendszer kinematikája	25
2. feladat: Merev testekből álló rendszer kinematikája II.	34
3. feladat: SZELEPEMELŐ MECHANIZMUS	40
Bond gráf példák [1].....	51
1. feladat:.....	51
2. feladat:.....	54
3. feladat:.....	57
Hidraulika	59
1. feladat: Egy hengert 100 bar nyomással működtetünk, a henger dugattyú felülete $7,85 \text{ cm}^2$. Mekkora az elérhető maximális erőhatás?	59
2. feladat: Egy emelővel 15 kN terhet kell felemelni, a rendszer nyomása 60 bar. Mekkora kell lenni a dugattyú átmérőjének?.....	59
3. feladat: Számítsuk ki, hogy 0,36 m³h térfogatáram mekkora térfogatot tölt meg 18 másodperc alatt?	59
4. feladat: Egy gépjárműemelővel személyautót kell felemelni, melynek tömege 1500 kg.	60
5. feladat: Mekkora kell lenni annak a cső belső átmérőjének, amelyben 4 liter/perc térfogatárammal 3 m/s sebesség érhető el?.....	60
6. feladat: Mekkora térfogatáram szükséges ahhoz, hogy a 60 mm átmérőjű dugattyú a 40 cm-es utat 12 másodperc alatt tegye meg?	61
7. feladat: Számoljuk ki, milyen áramlásfajták jönnek létre az A_1 , A_3 , A_4 keresztmetszetekben!.....	61
8. Elektropneumatikus szegecselőgép.....	62
Mérés és irányítástechnikai példák [3].....	64
1. feladat: Mekkora egy króm-nikkelből készült NMB ellenállás változása méterenként 1 mm-es megnyúlásnál? $R=600 \Omega$	64
2. feladat: Határozza meg Routh-Hurwitz módszerrel a kritikus körerősítést az alábbi esetre! $Y = Ks^1 + 5s^1 + 10s$	64

3. feladat: Igazolja, hogy a két rendszer azonos átviteli függvénnyel írható le!	65
Digitális technika feladatok [8].....	66
1. feladat: Alakítsuk át 77-et bináris számmá.....	66
2. feladat: Legyen egy négyváltozós függvény a következő alakban megadva:.....	67
3. feladat: Egy háromtagú zsűri egyidejű szavazással dönt. A kijelző akkor gyulladjon fel, ha legalább ketten támogatták a javaslatot.	68
4. Tervezzük meg a 4221 BCD kódból 8421 BCD kódba történő kódátalakítás áramkörét.	69
5. feladat: Szinkron hálózat tervezése	72
6. feladat: Töltse ki az ábra táblázatait a működésnek megfelelően és állapítsa meg az $F=f(A,B)$ függvénykapcsolatot!.....	75
7. feladat: Egyszerűsítse grafikai úton az $F^4=\sum(1,3,4,6,x9,x11,12,14)$ függvényt és relés rendszerben valósítsa meg a hálózatot!	76
Programozható logikai vezérlő példák [4]	77
1. példa: Készítsen garázkapu vezérlést, amelyet kívülről és belülről is lehet vezérelni.	77
2. példa: fűrógép.....	80
3. feladat: Időzítő alkalmazása	89
4. feladat: Ciklusidő mérés	90
5. példa: Reakcióidőmérés.....	91
6. Milyen PLC programozási nyelveket definiál az IEC61131-3 szabvány? Nevezze meg őket, csoportosítsa, majd ezek közül 3 nyelven valósítsa meg az ábrán látható kapcsolást a Lámpa és Gomb szimbólumokkal.....	92
7. Készítse el az alábbi SFC programrész LAD realizálását!.....	93
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	94
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	95
FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM	98

BEVEZETÉS

A Mechatronika Példatár című feladatgyűjtemény megírásakor az volt a Debreceni Egyetem Mechatronikai Tanszék oktatóinak célja, hogy átfogó mintafeladatokat biztosítson a hallgatóknak, a Mechatronika Szigorlat nevű komplex vizsgára történő felkészüléshez. A példatárban szereplő feladatok átfogó, több tantárgyon átívelő ismeretanyagot dolgoznak fel, amelyek elengedhetetlenek egy Mechatronikai mérnök számára. Külön-külön fejezetben tárgyalja a dokumentum az Elektrotechnika és Elektronika szakterülethez, a Mechatronika területhez, Mérés és Irányítástechnika területhez, Programozás és Digitális technika területhez valamint a Programozható logikai vezérlők ismeretéhez kapcsolódó feladatokat, megoldással együtt.

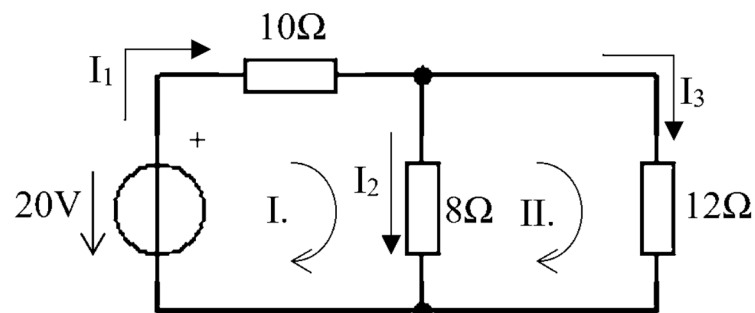
A példatárban szereplő mintafeladatok elsajátítását követően, a hallgatók megfelelő feladatmegoldó kompetenciával és mechatronikai ismeretanyaggal fognak rendelkezni, amely nagymértékben megkönnyíti a Mechatronika Szigorlat írásbeli feladatsorának megírását és később a munkaerőpiacon való elhelyezkedést.

A feladatgyűjtemény ismeretanyagának összegyűjtéséért köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem, Mechatronikai Tanszék munkatársainak. A Tanszék nevében bízom abban, hogy a feladatgyűjtemény nagymértékben hozzájárul a hallgatóink ismeretanyagának bővüléséhez és lehetőséget nyújt a feladatok alapos gyakorlására.

ELEKTROTECHNIKA ÉS ELEKTRONIKA FELADATOK

Kirchhoff egyenletek alkalmazása [2]

1. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.



1. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása egygenerátoros hálózatban

Megoldás:

$$I: 10I_1 + 8I_2 = 20 \quad \rightarrow \quad I_1 = I_2 + I_3$$

$$II: 12I_3 - 8I_2 = 0 \quad \rightarrow \quad I_2 = \frac{12I_3}{8}$$

$$1: I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Az egyenletrendszer megoldása behelyettesítéssel.

$$I: 10(I_2 + I_3) + 8I_2 = 20$$

$$I: 18\left(\frac{12I_3}{8}\right) + 10I_3 = 20$$

$$37I_3 = 20$$

$$I_3 = \underline{\underline{0,54 \text{ [A]}}}$$

$$I_2 = \frac{12I_3}{8} = \frac{12 \cdot 0,54}{8} = \underline{\underline{0,81 \text{ [A]}}}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,54 + 0,81 = \underline{\underline{1,35 \text{ [A]}}}$$

Az egyenletrendszer megoldása Cramer szabállyal.

$$R \cdot I = U \Rightarrow \begin{bmatrix} 10 & 8 & 0 \\ 0 & -8 & 12 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$D = \det(R) \begin{vmatrix} 10 & 8 & 0 \\ 0 & -8 & 12 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix} = 296$$

$$D_I = \begin{vmatrix} 20 & 8 & 0 \\ 0 & -8 & 12 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix} = 400$$

$$D_{II} = \begin{vmatrix} 10 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 240$$

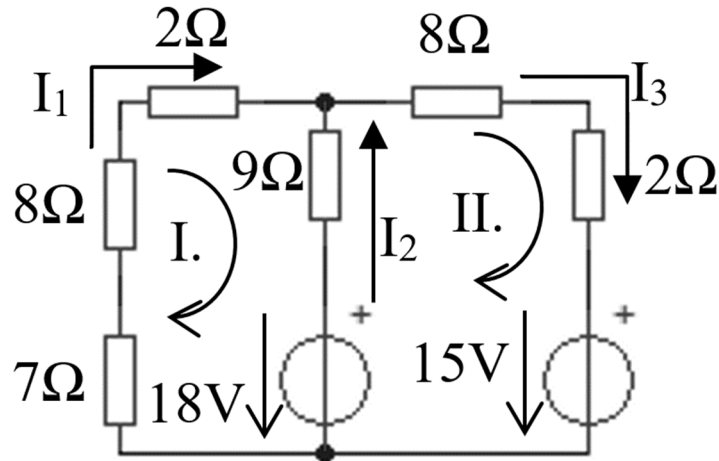
$$D_{III} = \begin{vmatrix} 10 & 8 & 20 \\ 0 & -8 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \end{vmatrix} = 160$$

$$I_1 = \frac{D_I}{D} = \frac{400}{296} = \underline{\underline{1,35 [A]}}$$

$$I_2 = \frac{D_{II}}{D} = \frac{240}{296} = \underline{\underline{0,81 [A]}}$$

$$I_3 = \frac{D_{III}}{D} = \frac{160}{296} = \underline{\underline{0,54 [A]}}$$

2. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.



2. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása kétgenerátoros hálózatban

$$I: (7 + 8 + 2)I_1 - 9I_2 = -18 \quad \rightarrow \quad I_2 = \frac{17I_1 + 18}{9}$$

$$II: 9I_2 + (8 + 2)I_3 = 18 - 15$$

$$1: I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad \rightarrow \quad I_3 = I_1 + I_2$$

$$II: 10I_1 + 19\left(\frac{17I_1 + 18}{9}\right) = 3$$

$$II: 45,89I_1 = -35$$

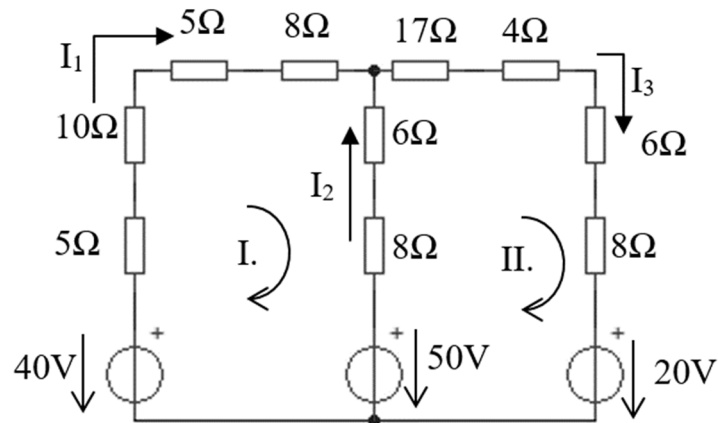
$$I_1 = \underline{\underline{-0,76 [A]}}$$

$$I_2 = \frac{17I_1 + 18}{9} = \frac{17 \cdot (-0,76) + 18}{9} = \underline{\underline{0,56 [A]}}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = (-0,76) + 0,56 = \underline{\underline{-0,2 [A]}}$$

* az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

3. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Kirchhoff egyenletek alkalmazásával.



3. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása háromgenerátoros hálózatban

$$I: (5 + 10 + 5 + 8)I_1 - (6 + 8)I_2 = 40 - 50 \rightarrow I_2 = \frac{28I_1 + 10}{14}$$

$$II: (8 + 6)I_2 + (17 + 4 + 6 + 8)I_3 = 50 - 20$$

$$1: I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad \rightarrow \quad I_3 = I_1 + I_2$$

$$II: 35I_1 + 49 \left(\frac{28I_1 + 10}{14} \right) = 30$$

$$II: 133I_1 = -5$$

$$I_1 = \underline{\underline{-0,038 [A]^*}}$$

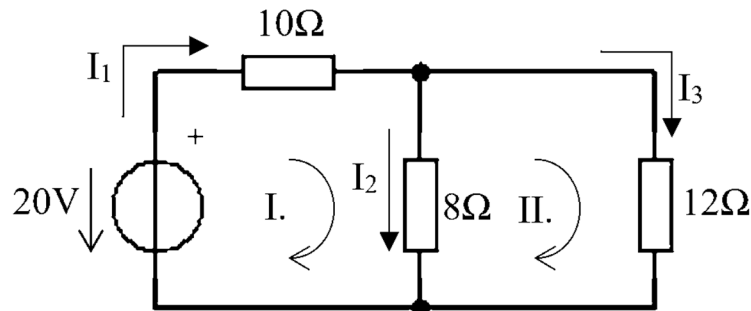
$$I_2 = \frac{28I_1 + 10}{14} = \frac{28 \cdot (-0,038) + 10}{14} = \underline{\underline{0,638 [A]}}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 0,038 + 0,79 = \underline{\underline{0,6 [A]^*}}$$

* az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

Hurokáramok módszerének alkalmazása

4. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokáramok módszerének alkalmazásával.



4. ábra: Hurokáramok módszerének alkalmazása egygenerátoros hálózatban

$$R_I = 10\Omega + 8\Omega = 18\Omega$$

$$R_{II} = 8\Omega + 12\Omega = 20\Omega$$

$$R_{I-II} = -8\Omega$$

$$R \cdot I = U \Rightarrow \begin{bmatrix} 18 & -8 \\ -8 & 20 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$D = \det(R) = \begin{vmatrix} 18 & -8 \\ -8 & 20 \end{vmatrix} = 296$$

$$D_I = \begin{vmatrix} 20 & -8 \\ 0 & 20 \end{vmatrix} = 400$$

$$D_{II} = \begin{vmatrix} 18 & 20 \\ -8 & 0 \end{vmatrix} = 160$$

$$I_I = \frac{D_I}{D} = \frac{400}{296} = \underline{1,35 [A]}$$

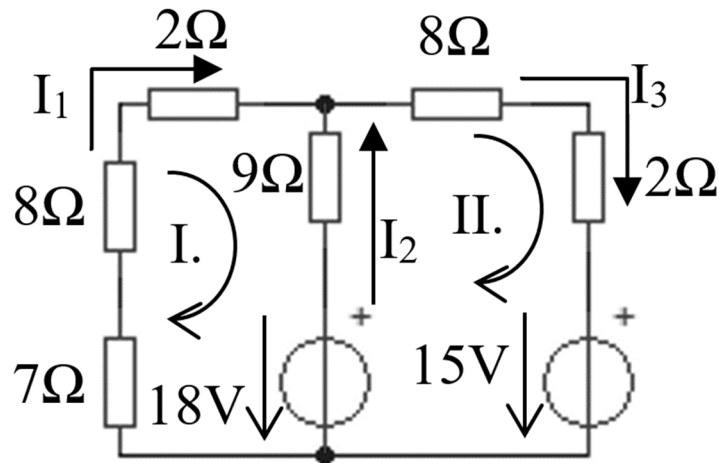
$$I_{II} = \frac{D_{II}}{D} = \frac{160}{296} = \underline{0,54 [A]}$$

$$I_1 = I_I = \underline{1,35 [A]}$$

$$I_2 = I_I - I_{II} = 1,35 - 0,54 = \underline{0,81 [A]}$$

$$I_3 = I_{II} = \underline{0,54 [A]}$$

5. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokárámok módszerének alkalmazásával.



5. ábra: Hurokárámok módszerének alkalmazása kétgenerátoros hálózatban

$$R_I = 7\Omega + 8\Omega + 2\Omega + 9\Omega = 26\Omega$$

$$R_{II} = 8\Omega + 2\Omega + 9\Omega = 19\Omega$$

$$R_{I-II} = -9\Omega$$

$$R \cdot I = U \Rightarrow \begin{bmatrix} 26 & -9 \\ -9 & 19 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -18 \\ 18 - 15 \end{bmatrix}$$

$$D = \det(R) = \begin{vmatrix} 26 & -9 \\ -9 & 19 \end{vmatrix} = 413$$

$$D_I = \begin{vmatrix} -18 & -9 \\ 3 & 19 \end{vmatrix} = -315$$

$$D_{II} = \begin{vmatrix} 26 & -18 \\ -9 & 3 \end{vmatrix} = -84$$

$$I_I = \frac{D_I}{D} = \frac{-315}{413} = \underline{\underline{-0,76 [A]}}$$

$$I_{II} = \frac{D_{II}}{D} = \frac{-84}{413} = \underline{\underline{-0,2 [A]}}$$

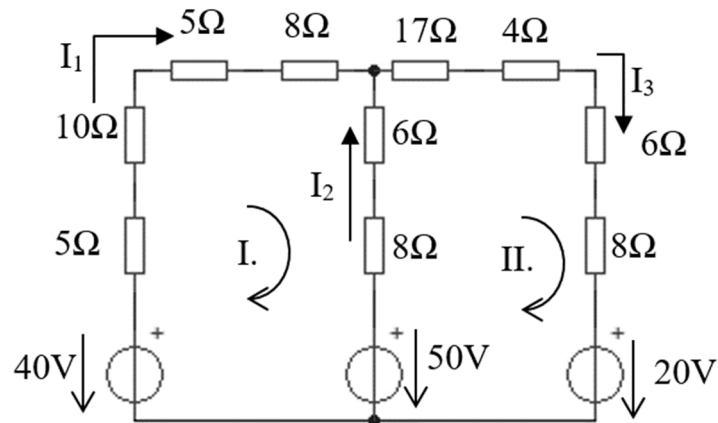
$$I_1 = I_I = \underline{\underline{-0,76 [A]^*}}$$

$$I_2 = I_{II} - I_I = (-0,2) - (-0,76) = \underline{\underline{0,56 [A]}}$$

$$I_3 = I_{II} = \underline{\underline{-0,2 [A]^*}}$$

*az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

6. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Hurokárámok módszerének alkalmazásával.



6. ábra: Hurokárámok módszerének alkalmazása háromgenerátoros hálózatban

$$R_I = 5\Omega + 10\Omega + 5\Omega + 8\Omega + 6\Omega + 8\Omega = 42\Omega$$

$$R_{II} = 8\Omega + 6\Omega + 17\Omega + 4\Omega + 6\Omega + 8\Omega = 49\Omega$$

$$R_{I-II} = -(8 + 6)\Omega$$

$$R \cdot I = U \Rightarrow \begin{bmatrix} 42 & -14 \\ -14 & 49 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40 - 50 \\ 50 - 20 \end{bmatrix}$$

$$D = \det(R) = \begin{vmatrix} 42 & -14 \\ -14 & 49 \end{vmatrix} = 1862$$

$$D_I = \begin{vmatrix} -10 & -14 \\ 30 & 49 \end{vmatrix} = -70$$

$$D_{II} = \begin{vmatrix} 42 & -10 \\ -14 & 30 \end{vmatrix} = 1120$$

$$I_I = \frac{D_I}{D} = \frac{-70}{1862} = \underline{\underline{-0,037 [A]}}$$

$$I_{II} = \frac{D_{II}}{D} = \frac{1120}{1862} = \underline{\underline{0,6 [A]}}$$

$$I_1 = I_I = \underline{\underline{-0,037 [A]^*}}$$

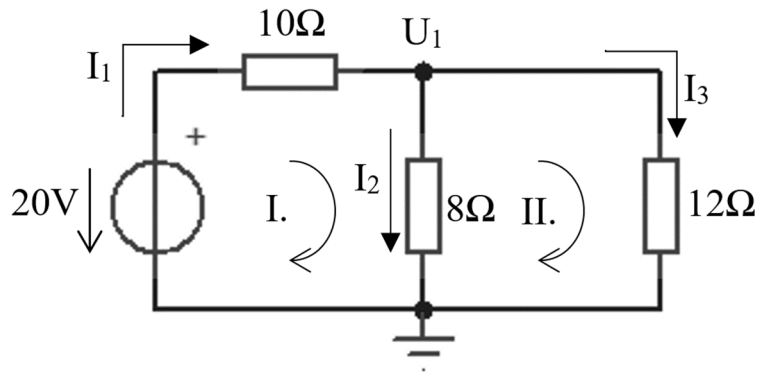
$$I_2 = I_{II} - I_I = 0,6 - (-0,037) = \underline{\underline{0,637 [A]}}$$

$$I_3 = I_{II} = \underline{\underline{0,6 [A]}}$$

*az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása

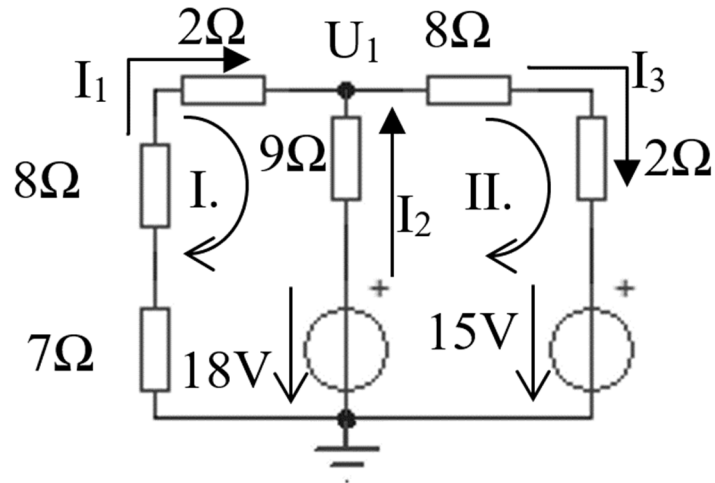
7. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.



7. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása egygenerátoros hálózatban

$$\begin{aligned}
 \text{KCST: } I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\
 \frac{20 - U_1}{10} - \frac{U_1 - 0}{8} - \frac{U_1 - 0}{12} &= 0 \\
 \frac{1920 - 96U_1 - 120U_1 - 80U_1}{960} &= 0 \\
 1920 &= 296U_1 \\
 U_1 &= 6,4865 \text{ [V]} \\
 I_1 &= \frac{20 - 6,4865}{10} = \underline{\underline{1,35 \text{ [A]}}} \\
 I_2 &= \frac{6,4865 - 0}{8} = \underline{\underline{0,81 \text{ [A]}}} \\
 I_3 &= \frac{6,4865 - 0}{12} = \underline{\underline{0,54 \text{ [A]}}}
 \end{aligned}$$

8. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.

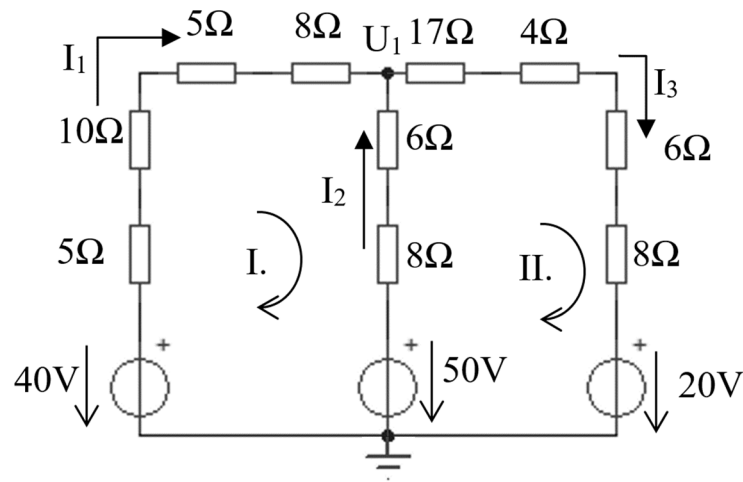


8. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása kétgenerátoros hálózatban

$$\begin{aligned}
 \text{KCST: } I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\
 \frac{0 - U_1}{17} + \frac{18 - U_1}{9} - \frac{U_1 - 15}{10} &= 0 \\
 \frac{-90U_1 + 3060 - 170U_1 - 153U_1 + 2295}{1530} &= 0 \\
 5355 &= 413U_1 \\
 U_1 &= 12,966 \text{ [V]} \\
 I_1 &= \frac{0 - 12,966}{17} = \underline{-0,76 \text{ [A]}}^* \\
 I_2 &= \frac{18 - 12,966}{9} = \underline{0,56 \text{ [A]}} \\
 I_3 &= \frac{12,966 - 15}{10} = \underline{-0,2 \text{ [A]}}^*
 \end{aligned}$$

* az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

9. feladat: Számolja ki a kapcsolás áram értékeit Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazásával.



9. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása háromgenerátoros hálózatban

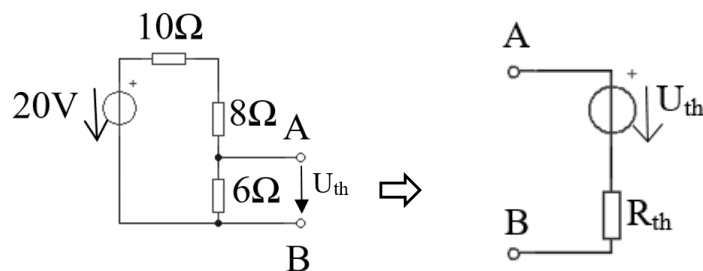
$$\begin{aligned}
 \text{KCST: } I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\
 \frac{40 - U_1}{28} + \frac{50 - U_1}{14} - \frac{U_1 - 20}{35} &= 0 \\
 \frac{19600 - 490U_1 + 49000 - 980U_1 - 392U_1 + 7840}{13720} &= 0 \\
 76440 &= 1862U_1 \\
 U_1 &= 41,052 \text{ [V]} \\
 I_1 &= \frac{40 - 41,052}{28} = \underline{\underline{-0,038 \text{ [A]}}^* \\
 I_2 &= \frac{50 - 41,052}{14} = \underline{\underline{0,638 \text{ [A]}} \\
 I_3 &= \frac{41,052 - 20}{35} = \underline{\underline{0,6 \text{ [A]}}
 \end{aligned}$$

* az áram referencia irány nem egyezik meg a valóságos áram iránnyal

Thévenin és Norton helyettesítő kapcsolás feladatok

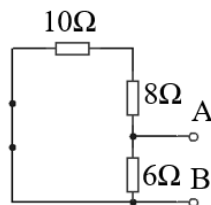
10. feladat: Számolja ki az A-B pontok felől nézve a kapcsolás Norton és Thévenin helyettesítő kapcsolását. Számolja ki továbbá a terhelő ellenállás értékét, amelynél maximális teljesítmény érhető el és a maximális teljesítményt.

a. Thévenin helyettesítő generátor meghatározása



10. ábra: Thévenin helyettesítő kapcsolás

Számoljuk ki a kapcsolás eredő ellenállását az A, B pont felől nézve. Az eredő ellenállás meghatározáshoz dezaktivizáljuk (kikapcsoljuk a hálózathoz a generátort) a hálózatot.



11. ábra A kapcsolás dezaktivizált változata

$$R_{th} = (10 + 8) \times 6 = \frac{18 \cdot 6}{18 + 6} = \underline{4,5 [\Omega]}$$

A Thévenin feszültség meghatározásához a hálózat üresjáratú feszültség kiszámítása szükséges. Az üresjáratú feszültséget feszültségosztó alkalmazásával határozzuk meg.

$$U_{th} = 20 \cdot \left(\frac{6}{6 + 18} \right) = \underline{5 [V]}$$

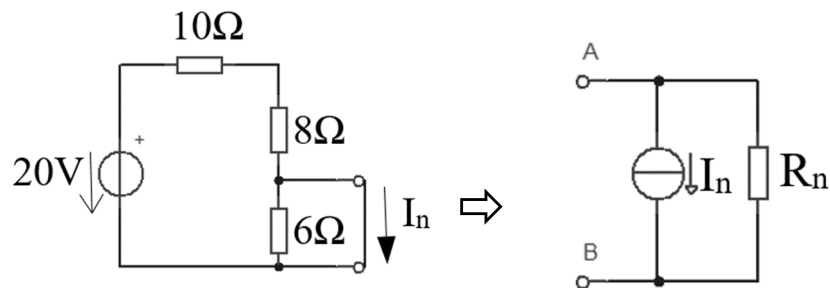
$$I_n = \frac{U_{th}}{R_{th}} = \frac{5}{4,5} = \underline{1,11 [A]}$$

A hálózat maximális teljesítményének feltétele, hogy az $R_{th}=R_t$ terhelő ellenállással.

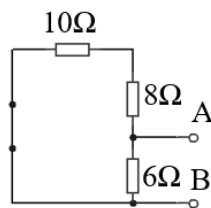
$$R_{th} = R_t = 4,5 [\Omega]$$

$$P_{max} = \frac{U_{th}^2}{4 \cdot R_t} = \frac{5^2}{4 \cdot 4,5} = \underline{1,39 [W]}$$

b. Norton helyettesítő kapcsolás meghatározása



12. ábra: Norton helyettesítő kapcsolás



13. ábra: A kapcsolat deaktivizált változata

A Norton tételnél az eredő ellenállás számítás megegyezik a Thévenin tételnél ismertett módszerrel.

$$R_n = (10 + 8) \times 6 = \frac{18 \cdot 6}{18 + 6} = \underline{\underline{4,5 [\Omega]}}$$

A Norton áramerősség meghatározásához, a hálózat zárlati áramerősségét kell kiszámolni. A hálózat A, B pontját rövidre zárjuk és kiszámoljuk a rövidzáron átfolyó áramerősséget.

$$I_n = \frac{20}{18} = \underline{\underline{1,11 [A]}}$$

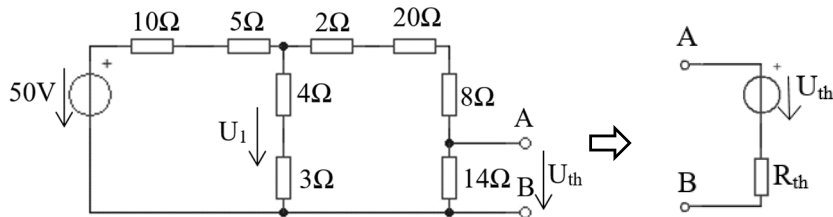
$$R_n = R_t = 4,5 [\Omega]$$

$$U_{th} = I_n \cdot R_n = 1,11 \cdot 4,5 = \underline{\underline{5 [V]}}$$

$$P_{max} = \frac{U_{th}^2}{4 \cdot R_t} = \frac{5^2}{4 \cdot 4,5} = \underline{\underline{1,39 [W]}}$$

11. feladat: Számolja ki az A-B pontok felől nézve a kapcsolás Norton és Thévenin helyettesítő kapcsolását. Számolja ki továbbá a terhelő ellenállás értékét, amelynél maximális teljesítmény érhető el és a maximális teljesítményt.

a. Thévenin helyettesítő generátor meghatározása



14. ábra: Thévenin helyettesítő kapcsolás

$$R_{th} = [(10 + 5) \times (4 + 3) + 2 + 20 + 8] \times 14 = \left(\frac{15 \cdot 7}{15 + 7} + 30 \right) \times 14 =$$

$$= \frac{34,77 \cdot 14}{34,77 + 14} = \underline{\underline{9,98 \text{ [}\Omega\text{]}}}$$

$$U_1 = 50 \cdot \left[\frac{(14 + 8 + 20 + 2) \times (4 + 3)}{(14 + 8 + 20 + 2) \times (4 + 3) + 10 + 5} \right] = 50 \cdot \left(\frac{6,04}{6,04 + 15} \right) = \underline{\underline{14,35 \text{ [V]}}}$$

$$U_{th} = 14,35 \cdot \left(\frac{14}{2 + 20 + 8 + 14} \right) = \underline{\underline{4,57 \text{ [V]}}}$$

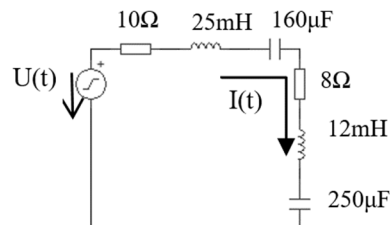
$$I_n = \frac{U_{th}}{R_{th}} = \frac{4,57}{9,98} = \underline{\underline{0,46 \text{ [A]}}}$$

$$R_{th} = R_t = \underline{\underline{9,98 \text{ [}\Omega\text{]}}}$$

$$P_{max} = \frac{U_{th}^2}{4 \cdot R_t} = \frac{4,57^2}{4 \cdot 9,98} = \underline{\underline{0,52 \text{ [W]}}}$$

Váltakozó áramú teljesítmény feladatok [9]

12. Feladat: Számolja ki a kapcsolás hatásos, látszólagos, meddő teljesítményét és a teljesítmény tényezőt. $U(t)=17 \sin(314t+22^\circ)V$



15. ábra: Váltakozó áramú hálózat

A feladat megoldásának első lépéseként határozzuk meg a hálózat eredő impedanciáját.

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + j(xL - xC) [\Omega]$$

Komponensenként kiszámoljuk a reaktanciákat és végül behelyettesítjük az impedancia képletébe.

$$xL_1 = \omega L = 314 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 7,85 [\Omega]$$

$$xL_2 = \omega L = 314 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 3,76 [\Omega]$$

$$xC_1 = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 160 \cdot 10^{-6}} = 19,9 [\Omega]$$

$$xC_2 = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 250 \cdot 10^{-6}} = 12,7 [\Omega]$$

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = 10 + 8 + j(7,85 + 3,76 - 19,9 - 12,7) = \underline{\underline{(18 - 20,99j) [\Omega]}}$$

Az impedancia meghatározása után, ohm törvény segítségével kiszámítjuk a hálózatban folyó áramerősség értékét.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{17 \angle 22}{(18 - 20,99j)} = (0,196 + 0,58j) = \underline{\underline{0,61 \angle 71,4 [A]}}$$

Az áramerősség és feszültség ismeretében már könnyen számolható a hatásos, látszólagos és meddő teljesítmény, valamint a teljesítmény tényező.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \hat{U} \cdot \hat{I} \cdot \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{1}{2} \cdot 17 \cdot 0,61 \cdot \cos(22 - 71,4) = \underline{\underline{3,37 [W]}}$$

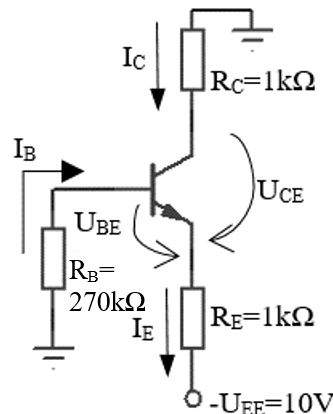
$$Q = \frac{1}{2} \cdot \hat{U} \cdot \hat{I} \cdot \sin(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{1}{2} \cdot 17 \cdot 0,61 \cdot \sin(22 - 71,4) = \underline{\underline{-3,94 [VAR]}}$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \hat{U} \cdot \hat{I} = 17 \cdot 0,61 = \underline{\underline{5,18 [VA]}}$$

$$\cos(\varphi_u - \varphi_i) = \cos(22 - 71,4) = \underline{\underline{0,65}}$$

Tranzisztoros kapcsolás számolási feladat [10]

13. feladat: Határozzuk meg az ábrán látható kapcsolásban a tranzisztor működési tartományát (üzemállapotát) és az I_B , I_C és U_{CE} munkaponti áram és feszültség értékeket. A tranzisztorra $B=100$, $U_{BE}=0,7V$, $U_{CES}=0,2V$.



16. ábra: tranzisztoros alapkapsolás

Normál aktív működést feltételezünk, az ábra szerinti áramirányokkal. A báziskörre felírt huroktörvény alapján:

$$I_B \cdot R_B + U_{BE} + I_E \cdot R_E - U_{EE} = 0$$

$$I_E = (B + 1) \cdot I_B$$

$$I_B \cdot R_B + U_{BE} + [(B + 1) \cdot I_B] \cdot R_E - U_{EE} = 0$$

$$I_B = \frac{U_{EE} - U_{BE}}{R_B + (B + 1) \cdot R_E} = \frac{10 - 0,7}{270 \cdot 10^3 + (100 - 1) \cdot 1 \cdot 10^3} = \underline{\underline{0,025 \text{ [mA]}}}$$

$$I_C = B \cdot I_B = 100 \cdot 0,025 = \underline{\underline{2,5 \text{ [mA]}}}$$

$$I_E = I_C + I_B = 0,025 + 2,5 = \underline{\underline{2,525 \text{ [mA]}}}$$

Ellenőrizni kell, hogy a tranzisztor valóban a feltételezéseknek megfelelően normál aktív tartományban működik-e, ehhez szükség van a kollektor-emitter feszültség meghatározására. A kollektor körre felírt huroktörvény alapján:

$$I_C \cdot R_C + U_{CE} + I_E \cdot R_E - U_{EE} = 0$$

$$U_{CE} = U_{EE} - I_C \cdot R_C - I_E \cdot R_E =$$

$$= 10 - 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3 - 2,525 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3 = \underline{\underline{4,975 \text{ [V]}}}$$

A számítás végeztével feltétlenül ellenőrizni kell, hogy a tranzisztor valóban a feltételezett üzemmódban dolgozik-e. Általában, ha van bázisáram, akkor normál aktív működési módot

feltételezünk, és kiszámoljuk a helyettesítő kép alapján a munkaponti áramokat, az áramok ismeretében pedig a tranzisztor kollektor – emitter feszültségét.

Ha $U_{CE} > U_{CES}$ a feltételezés helyes volt, ha azonban $U_{CE} < U_{CES}$, akkor a tranzisztor telítéses üzemmódban van, tehát újra kell számolni az áramkört a telítésben alkalmazott helyettesítő kép segítségével.

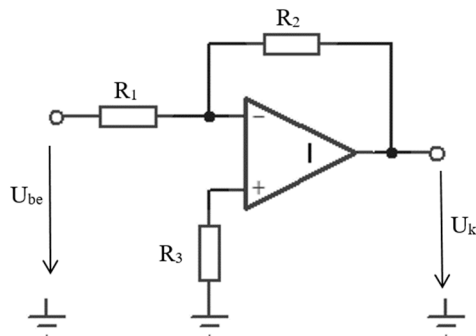
$$U_{CE} > U_{CES}$$

$$4,975 > 0,2$$

Tehát a tranzisztor nem került telítésbe, a feltételezés helyes volt.

Műveleti erősítő számolási feladat [9]

14. feladat: Határozzuk meg az invertáló erősítő feszültségerősítését, a ki és bemeneti feszültség fázisviszonyát, a bemeneti ellenállás értékét és az R_3 ellenállás értékét: $R_1=10\text{k}\Omega$ $R_2=120\text{k}\Omega$



17. ábra: Negatív visszacsatolású műveleti erősítő csatlakozás

$$A_U = -\frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{120 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = \underline{\underline{12}}$$

Invertáló erősítő bemeneti és kimeneti fázisviszonya ellentétes, tehát 180° -t fordít.

$$\varphi = 180^\circ$$

$$R_{be} = R_1 = \underline{\underline{10 \text{ [k}\Omega\text{]}}}$$

Az R_3 -as ellenállás a bemeneti nyugalmi munkaponti áram beállítását szolgálja, és értéke az $U_{ki}=0$ feltételből következik:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 120 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 120 \cdot 10^3} = \underline{\underline{9,23 \text{ [k}\Omega\text{]}}}$$

MECHATRONIKAI PÉLDÁK [5], [6], [7]

Képletgyűjtemény Mechatronika alapjai tantárgyból

Mechatronikai mérnök hallgatóknak

a sebességfüggvény: $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt}$, a pillanatnyi sebességvektor: $\vec{v} = \vec{v}(t_1)$,

a pálya menti sebesség: $v(t) = \frac{ds(t)}{dt}$, $A < t_1 < t_2 < B$

időintervallumra vonatkozó közepes sebesség: $\vec{v}_k = \frac{\vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{r}_{12}}{\Delta t_{12}}$

A gyorsulásfüggvény: $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{r}(t)}{dt^2}$, a pillanatnyi gyorsulás vektor: $\vec{a} = \vec{a}(t_1)$

a gyorsulásvektor a pályagörbe simulósíkjába esik és a pályagörbe \vec{e} érintője és \vec{n} főnormálisa irányába eső összetevőkből áll: $\vec{a} = a_e\vec{e} + a_n\vec{n}$

pálya menti gyorsulás (pályagyorsulás): $a_e(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2s(t)}{dt^2}$

normális gyorsulás: $a_n = \frac{v^2}{\rho}$

egy merev test két pontjának sebességvektora közötti összefüggés: $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{r}_{AB}$

egy merev test két pontjának gyorsulásvektora közötti összefüggés:

$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{r}_{AB} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}_{AB})$, síkmozgás esetén: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \varepsilon\vec{k} \times \vec{r}_{AB} - \omega^2\vec{r}_{AB}$

anyagi pont abszolút és relatív sebessége: $\vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_{sz}$; $\vec{v}_{sz} = \vec{v}_\Omega + \vec{\omega} \times \vec{\rho}$

\vec{v}_a - a tömegpont sebessége az álló koordináta-rendszerben,

\vec{v}_r - a tömegpont sebessége a mozgó koordináta-rendszerben,

\vec{v}_{sz} szállítósebesség a mozgó koordináta-rendszer azon pontjának a sebessége az álló koordinátarendszerben, amelyben az anyagi pont a vizsgált időpillanatban tartózkodik

anyagi pont abszolút és relatív gyorsulása: $\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_{sz} + \vec{a}_c$; $\vec{a}_{sz} = \vec{a}_\Omega + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho})$; $\vec{a}_c = 2\vec{\omega} \times \vec{v}_r$

\vec{a}_a a tömegpont gyorsulása az álló koordináta-rendszerben,

\vec{a}_r a tömegpont gyorsulása a mozgó koordináta-rendszerben,

\vec{a}_{sz} szállítógyorsulás a mozgó koordináta-rendszer azon pontjának a gyorsulása az álló koordinátarendszerben, amelyben az anyagi pont tartózkodik

\vec{a}_c coriolis gyorsulás akkor lép fel, ha $\vec{\omega} \neq \vec{0}$, $\vec{v}_r \neq \vec{0}$ és $\vec{\omega} \nparallel \vec{v}_r$

1. feladat: Merev testekből álló rendszer kinematikája

A vázolt síkbeli mechanizmus (2) jelű, $l_2=l$ hosszúságú BC rúdjaához csuklósan kapcsolódik a (3) jelű csúszka, amely az (1) jelű $l_1=l$ hosszúságú AD rúdon mozoghat. A mechanizmus vázolt – pillanatnyi – helyzetében az (1) jelű rúd függőleges, és a B csukló $l/2$ magasságban helyezkedik el a rögzített A csukló felett. Ismert a (2) jelű rúdnak a vázolt helyzethez tartozó (pillanatnyi) szögsebessége (ω_2) és szöggyorsulása (ε_2).

Adatok:

$$l = 0,4 \text{ [m]}$$

$$\omega_2 = 2 \text{ [rad/s]}$$

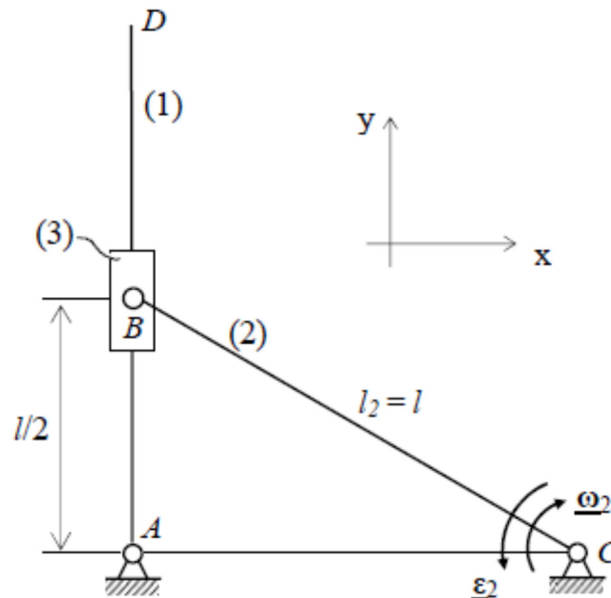
$$\varepsilon_2 = 3 \text{ [rad/s}^2\text{]}$$

Feladat:

- 1) Határozzuk meg az (1) jelű rúdnak a vázolt helyzethez tartozó
 - a) szögsebességét ($\omega_1=?$),
 - b) szöggyorsulását ($\varepsilon_1=?$)!
- 2) Számítsuk ki a D pont
 - a) sebességét ($\underline{v}_D=?$), és
 - b) gyorsulását ($\underline{a}_D=?$)!
- 3) Rajzoljuk meg a
 - a) sebesség- és a
 - b) gyorsulásábrát!

$$r_{AB} = \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,2 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ [m]}; r_{AD} = l \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,4 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ [m]}; r_{CB} = \frac{l}{2} \begin{bmatrix} -\sqrt{3} \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,35 \\ 0,2 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ [m];}$$

$$\underline{\omega}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$



18. ábra Síkbeli csuklós, csúszkás mechanizmus

Megoldás:

1.)a) Vizsgáljuk meg az egyes testek sebességállapotát (egy pontjukhoz redukált kinematikai vektorkettősükkel):

- (1) $[\underline{\omega}_1; \underline{V}_A]_A = [\underline{\omega}_1; \underline{0}]_A$, ahol $\underline{\omega}_1$ ismeretlen,
- (2) $[\underline{\omega}_2; \underline{V}_C]_C = [\underline{\omega}_2; \underline{0}]_C$, ahol $\underline{\omega}_2$ adott,
- (3) $[\underline{\omega}_3; \underline{V}_B]_B$, ahol $\underline{\omega}_3 = \underline{\omega}_1$ (a csúszka együtt fordul a rúddal) és \underline{V}_B ismeretlen.

B -ben mind a három testnek van pontja: $B_1; B_2; B_3$.

- B_2 és B_3 csuklóval kapcsolódik egymáshoz. Tekintsük ezt a csuklót a „ B ” pontnak.

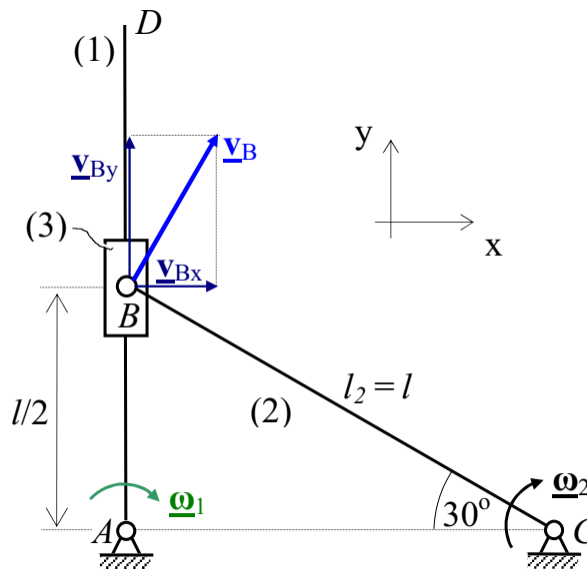
Így:

$$\underline{v}_{B_2} = \underline{v}_{B_3} = \underline{v}_B$$

Ez a sebesség a geometria és az ω_2 ismeretében meghatározható:

$$(2)\text{-es test: } \underline{v}_B = \underline{v}_C + \underline{\omega}_2 \times \underline{r}_{CB} = \underline{\omega}_2 \times \underline{r}_{CB}$$

$$\underline{v}_B = \omega_2 l \begin{bmatrix} \sin 30^\circ \\ \cos 30^\circ \\ 0 \end{bmatrix} = 0,8 \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{2}{\sqrt{3}} \\ 2 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right] = \begin{bmatrix} 0,4 \\ 0,4 \cdot \sqrt{3} \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$



19. ábra: B pont sebessége

- B_1 és B_3 (azaz B) pontok egymáshoz képest elmozdulnak (hiszen a csúszka elmozdul a rúdon), tehát:

$$\underline{v}_{B_1} \neq \underline{v}_{B_3}$$

$$\underline{v}_{B_1} \neq \underline{v}_B$$

$$\underline{v}_{B_1} = \underline{v}_A + \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB} = \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB}, \text{ ez } \perp \text{ az } AB \text{ rúdra.}$$

Felírható a \underline{v}_{B_1} és \underline{v}_B közötti kapcsolat az előadáson levezetett képletek alkalmazásával (Mozgás leírása egymáshoz képest mozgó koordinátarendszerekben).

Fel kell tehát vennünk egy másik $(\xi\eta\zeta)$ koordinátarendszert. Ezt az egymáshoz képest elmozduló (1)-es, ill. (3)-as testek valamelyikéhez kell rögzítenünk. (A két koordinátarendszer közötti transzformáció külön munkáját „elkerülhetjük” az egymásnak „megfeleltetett” tengelyek \parallel -os felvételével: $\xi \parallel x$; $\eta \parallel y$; $\zeta \parallel z$).

Ismerjük már a B pont sebességét az adott (xyz) koordinátarendszerben. Vizsgáljuk meg a mozgását az (1)-hez képest is. Rögzítsük tehát a $(\xi\eta\zeta)$ koordinátarendszert az (1)-es rúdhoz:

A „relatív” kapcsolat: $\underline{v}_B = \underline{v}_{B \text{ száll}} + \underline{\beta}_B$

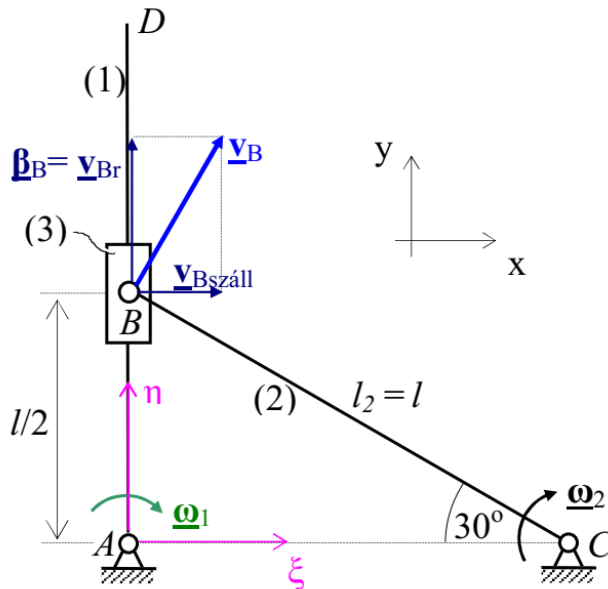
ahol $\underline{v}_{B \text{ száll}}$ (a szállítósebesség) az (1)-es test $(\xi\eta\zeta)$ -relatív rendszer) azon pontjának sebessége, amely fedésben van a vizsgált (B) ponttal, tehát a B_1 pont sebessége.

(1)-es test:

$$\underline{v}_{B \text{ száll}} = \underline{v}_{B_1} = \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB} = \omega_1 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{(xyz)}$$

$\underline{\beta}_B$ pedig a B pont sebessége a $(\xi\eta\zeta)$ rendszerben, tehát a relatív sebesség ($\underline{\beta}_B = \underline{v}_B \text{ rel}$). Mivel a B pont (az egész csúszkával együtt) csak rúdírányban (η) tud elmozdulni az (1)-hez képest:

$$\underline{\beta}_B = \begin{bmatrix} 0 \\ \beta_B \\ 0 \end{bmatrix}_{(\xi\eta\zeta)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \beta_B \\ 0 \end{bmatrix}_{(xyz)}$$



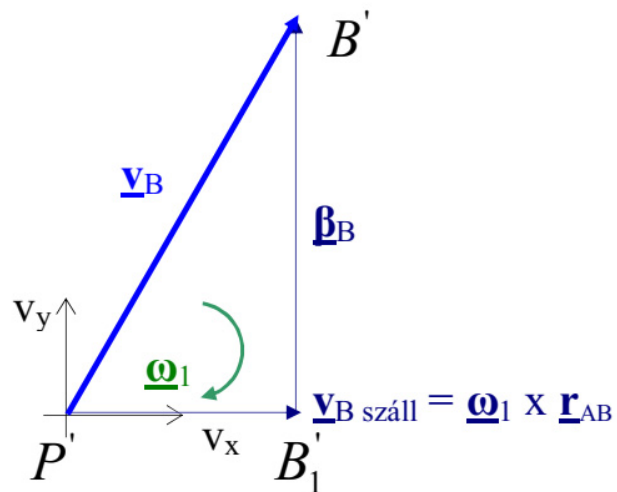
20. ábra: B pont sebessége a $(\xi\eta\zeta)$ rendszerben

3.)a.) Sebességábra:

Így (xyz-ben):

$$\underline{v}_B = \omega_2 l \begin{bmatrix} \sin 30^\circ \\ \cos 30^\circ \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \beta_B \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_1 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{x: } \omega_2 \frac{l}{2} = \omega_1 \frac{l}{2}; \omega_1 = \omega_2$$

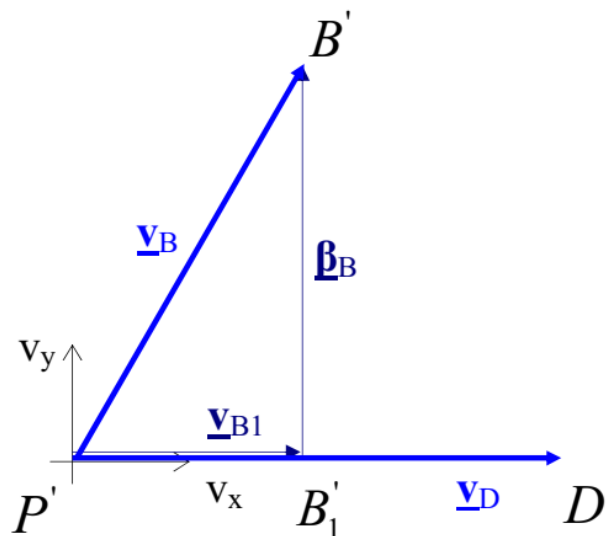


21. ábra: sebességábra

$$\underline{\omega}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$y: \quad \beta_B = \frac{\sqrt{3}}{2} \omega_2 l \approx 0,69 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\underline{\beta}_B \approx \begin{bmatrix} 0 \\ 0,69 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]_{(\xi\eta\zeta)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,69 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]_{(xyz)}$$



22. ábra: sebességábra

$$\underline{v}_B \text{ száll} = \underline{v}_{B1} = \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB} = \omega_1 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{(xyz)} = \begin{bmatrix} 0,4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$

2.)a)

$$\underline{v}_D = \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AD} = \underline{\omega}_1 \times 2 \cdot \underline{r}_{AB}$$

$$\underline{v}_D = 2 \cdot \underline{v}_{B1} = \begin{bmatrix} 0,8 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$

1.)b.) A „B” pont gyorsulását (a sebességek vizsgálata során említettek figyelembe vételével):

$$\underline{a}_{B2} = \underline{a}_{B3} = \underline{a}_B$$

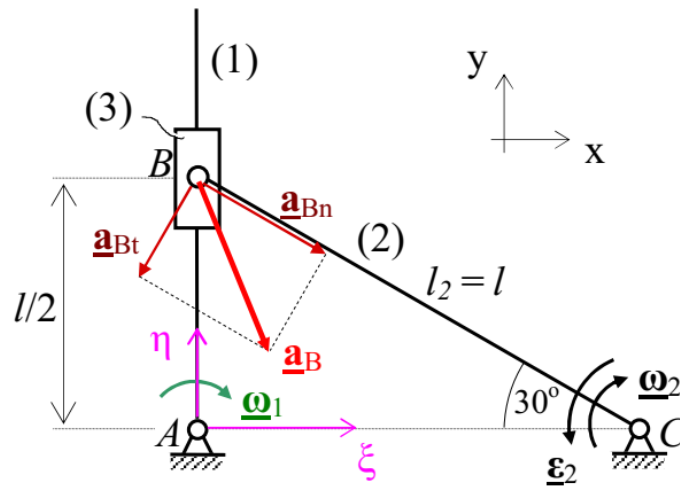
- a C csukló felől a (2)-es test pontjaként (\underline{a}_{B2}),
- az A csukló felől az (1)-es test, valamint az (1)-es és a (3)-as test egymáshoz viszonyított mozgásán keresztül a (3)-as test pontjaként (\underline{a}_{B3}) is számíthatjuk,

majd ezek egyenlővé tételével megkaphatjuk az (1)-es test gyorsulásállapotát jellemző (egyelőre ismeretlen) ε_1 szöggyorsulásvektort.

- (2)-es test: A B pont gyorsulása a geometria, az ω_2 és az ε_2 ismeretében meghatározható:

$$\underline{a}_B = \underline{a}_C + \underline{\varepsilon}_2 \times \underline{r}_{CB} - \omega_2^2 \cdot \underline{r}_{CB} = \underline{\varepsilon}_2 \times \underline{r}_{CB} - \omega_2^2 \cdot \underline{r}_{CB} = \underline{a}_{BT} + \underline{a}_{Bn}$$

$$\underline{a}_B = \underline{\varepsilon}_2 l \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \\ \sqrt{3} \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_2^2 l \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 1 \\ -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0,79 \\ -1,84 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$



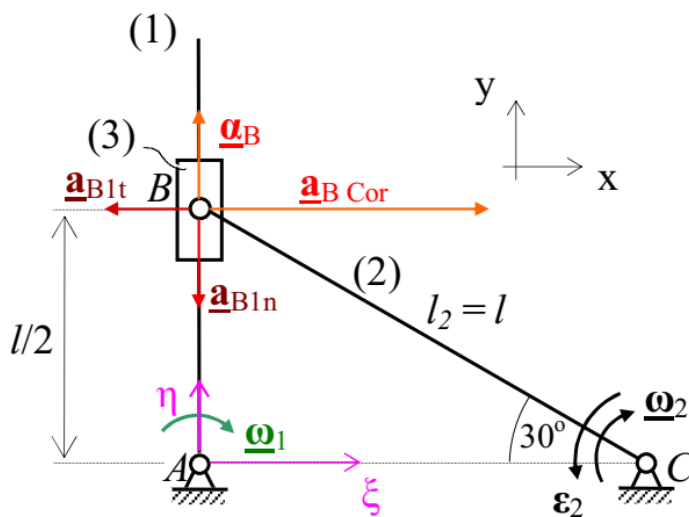
23. ábra: B pont gyorsulása

- A „relatív” kapcsolat:

$$\underline{a}_B = \underline{a}_B + \underline{a}_{B \text{ száll}} + \underline{a}_{B \text{ Cor}}, \text{ ahol}$$

- \underline{a}_B a B pont gyorsulása a $(\xi\eta\zeta)$ rendszerben, tehát a relatív gyorsulás ($\underline{a}_B = \underline{a}_B^{\text{rel}}$). Mivel a B pont (az egész csúszkával együtt) csak rúdírányban (η) tud elmozdulni az (1)-hez képest:

$$\underline{\alpha}_B = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_B \\ 0 \end{bmatrix}_{(\xi\eta\zeta)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_B \\ 0 \end{bmatrix}_{(xyz)},$$

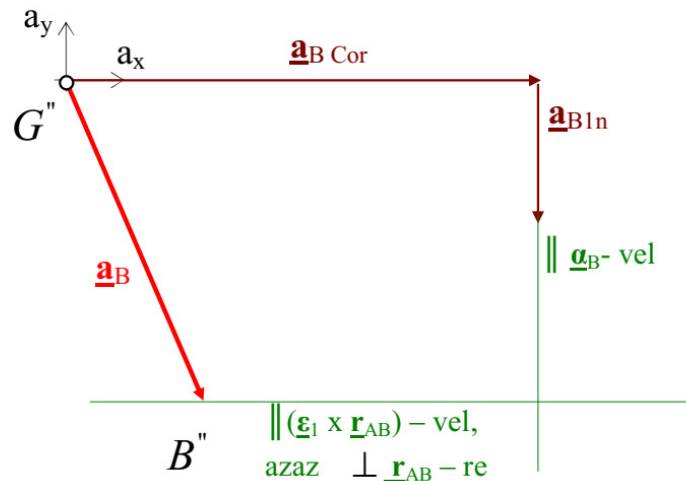


24. ábra: B pont gyorsulása a $(\xi\eta\zeta)$ rendszerben

- az \underline{a}_B száll (a szállítógyorsulás) az (1)-es test $(\xi\eta\zeta)$ – relatív rendszer) azon pontjának gyorsulása, amely fedésben van a vizsgált (B) ponttal, tehát a B1 pont gyorsulása.:

$$\underline{a}_B \text{ száll} = \underline{a}_{B1} = \underline{a}_A + \underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AB} - \omega_1^2 \cdot \underline{r}_{AB} = \underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AB} - \omega_1^2 \cdot \underline{r}_{AB}$$

$$\underline{a}_B \text{ száll} = \underline{a}_{B1t} + \underline{a}_{B1n} = \underline{\varepsilon}_1 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \omega_1^2 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$



25. ábra: Coriolis gyorsulás

- az $\underline{a}_{B \text{ Cor}}$ pedig a Coriolis gyorsulás, melyet az

$$\underline{a}_{B \text{ Cor}} = 2 \cdot \underline{\omega}_1 \times \underline{\beta}_B = 2\underline{\omega}_1 \beta_B \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 2,77 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

összefüggéssel számíthatunk.

Így (xyz-ben):

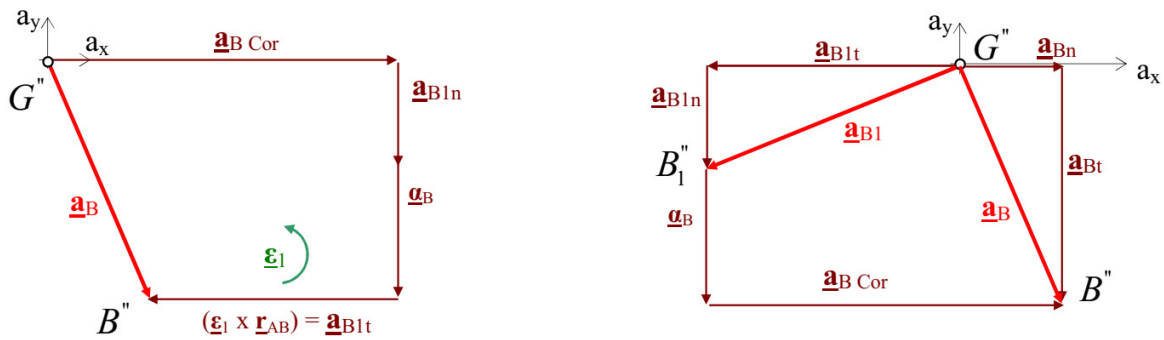
$$\underline{a}_B = \varepsilon_2 l \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \\ \sqrt{3} \\ -\frac{1}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_2^2 l \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_B \\ 0 \end{bmatrix} + \varepsilon_1 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \omega_1^2 \frac{l}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + 2\omega_1 \beta_B \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$X: -\frac{1}{2}\varepsilon_2 l + \frac{\sqrt{3}}{2}\omega_2^2 l = -\varepsilon_1 \frac{l}{2} + 2\omega_1 \beta_B \rightarrow \varepsilon_1 = \varepsilon_2 - \sqrt{3}\omega_2^2 + 2\omega_1 \omega_2 \sqrt{3} = 3 + 4\sqrt{3} \approx 9,93 \left[\frac{rad}{s^2} \right]$$

$$Y: -\frac{\sqrt{3}}{2}\varepsilon_2 l - \frac{1}{2}\omega_2^2 l = \alpha_B - \omega_1^2 \frac{l}{2} \rightarrow \alpha_B = -\frac{\sqrt{3}}{2}\varepsilon_2 l - \frac{1}{2}\omega_2^2 l + \omega_1^2 \frac{l}{2} = -0,6\sqrt{3} \approx -1,04 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$\underline{\varepsilon}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \varepsilon_1 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 9,93 \end{bmatrix} \left[\frac{rad}{s^2} \right]; \quad \alpha_B = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_B \\ 0 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0 \\ -1,04 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s^2} \right]; \quad a_{B1} \approx \begin{bmatrix} -1,99 \\ -0,8 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

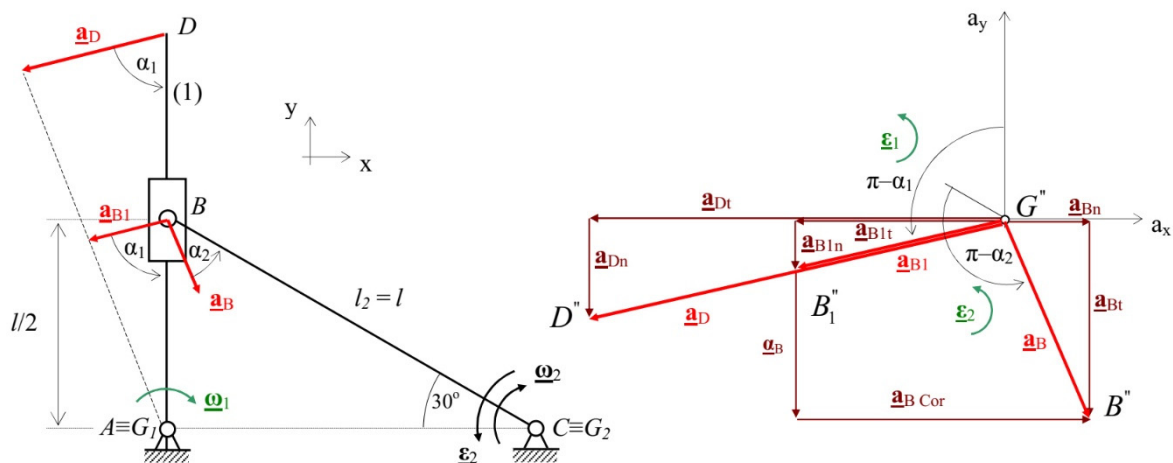
3.)b.)



26. ábra: gyorsulásábra

$$\tan \alpha_1 = \frac{\varepsilon_1}{\omega_1^2} \approx 2,48; \quad \tan \alpha_2 = \frac{\varepsilon_2}{\omega_2^2} \approx 0,75;$$

$$\alpha_1 \approx 68^\circ \quad \alpha_2 \approx 37^\circ$$



27. ábra: gyorsulásábra

2.)b.)

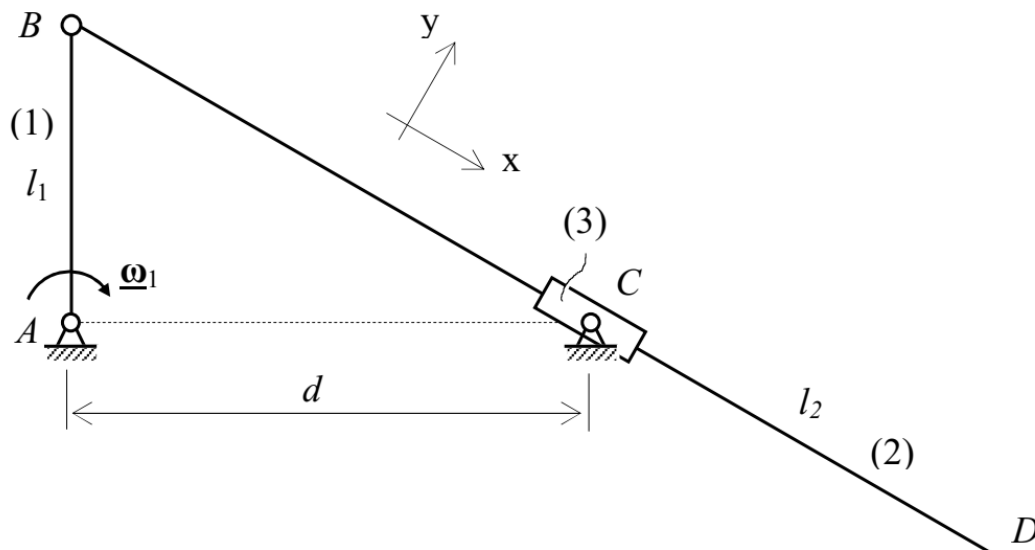
$$\underline{a}_D = \underline{a}_A + \underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AD} - \omega_1^2 \underline{r}_{AD} = \underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AD} - \omega_1^2 \underline{r}_{AD} = \underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AB} - \omega_1^2 \underline{r}_{AB} =$$

$$= 2(\underline{\varepsilon}_1 \times \underline{r}_{AB} - \omega_1^2 \underline{r}_{AB}) = 2\underline{a}_{B1}$$

$$\underline{a}_D = \underline{a}_{Dt} + \underline{a}_{Dn} = 2(\underline{a}_{B1t} + \underline{a}_{B1n}) = \varepsilon_1 l \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \omega_1^2 l \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} -7,94 \\ -1,6 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

2. feladat: Merev testekből álló rendszer kinematikája II.

A vázolt síkbeli mechanizmus (1) jelű l_1 hosszúságú AB rúdjaához csuklósan kapcsolódik a (2) jelű l_2 hosszúságú BD rúd, amely szabadon elmozdulhat a C csuklóval rögzített csúszkában. Az A és C csuklók azonos magasságban- d távolságban vannak egymástól.



28. ábra: Síkbeli csuklós, csúszkás mechanizmus II.

Ismert az (1) jelű rúdnak a vázolt helyzetéhez tartozó (pillanatnyi) szögsebesség (ω_1) és a szöggyorsulás (ε_1). A mechanizmus vázolt pillanatnyi helyzetében az (1) jelű rúd függőleges.

Adatok:

$$l_1=0,3 \text{ [m]}$$

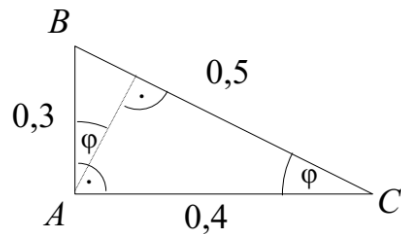
$$l_2=0,9 \text{ [m]}$$

$$d=0,4 \text{ [m]}$$

$$\omega_1=4 \text{ [rad/s]}$$

$$\varepsilon_1=0$$

Alapszerkesztés:



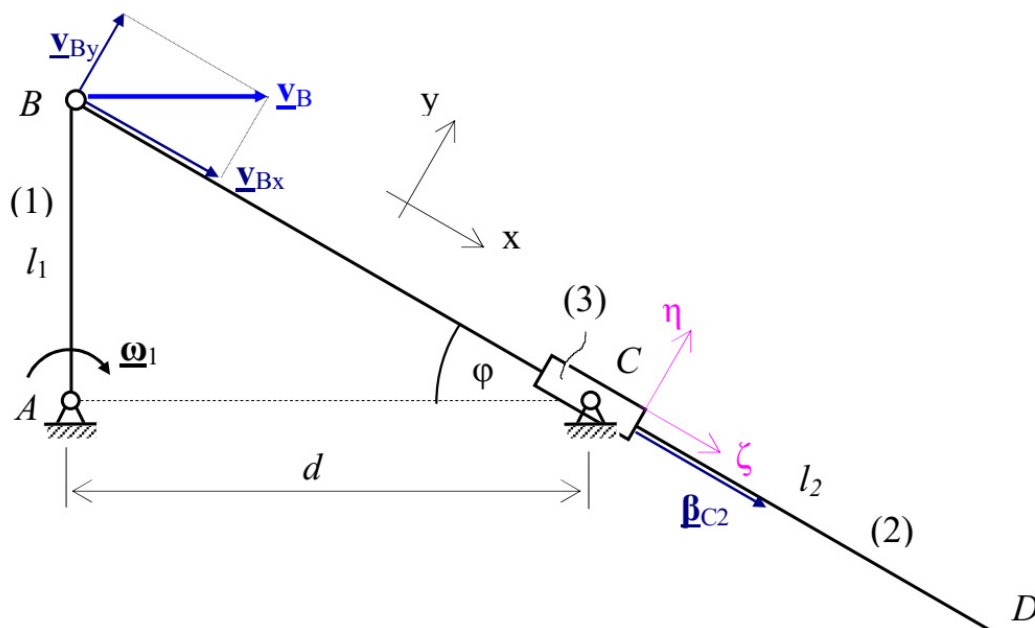
29. ábra: Síkbeli csuklós, csúszkás mechanizmus elhelyezkedése

$$\sin\varphi=0,6$$

$$\cos\varphi=0,8$$

ω_2 meghatározásának módszere:

A feladat kiírás szerint csak a szerkeszteni kellett a sebességeket! Az egyértelműség kedvéért megadom a vektorokat számítással is:



30. ábra: sebességábra

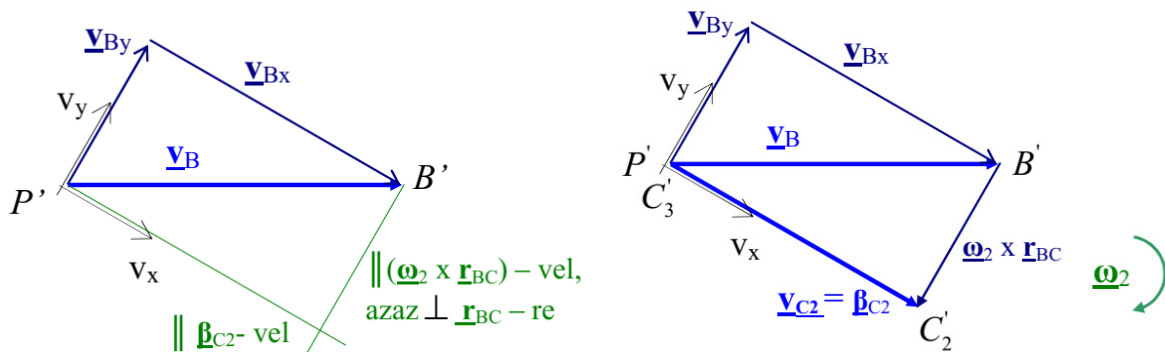
- (1)-es test:

$$\underline{v}_B = \underline{v}_A + \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB} = \underline{\omega}_1 \times \underline{r}_{AB}$$

$$\underline{v}_B = \omega_1 l_1 \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} = 1,2 \begin{bmatrix} 0,8 \\ 0,6 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right] = \begin{bmatrix} 0,96 \\ 0,72 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$

C ben két testnek van pontja: a (2)-es rúdnak (C_2), és a (3)-as csúszkának (C_3)

Szerkesztés az ω_2 meghatározásához:



31. ábra: Szerkesztés az ω_2 meghatározásához

A fenti ábrából a méretarányokat figyelembe véve leolvasható hogy $\omega_2 = -1,4$ rad/sec (1,3 - 1,5 között szerkesztési pontatlanság miatt elfogadom az eredményt)

ω_2 számítással:

C ben két testnek van pontja: a (2)-es rúdnak (C_2), és a (3)-as csúszkának (C_3)

A C_2 pont elmozdul a rögzített C_3 ponthoz képest. (Mivel a C_3 rögzített csukló, a C_2 pont abszolút sebessége meg fog egyezni a relatív sebességével). Felvesszük a $(\xi\eta\zeta)$ koordinátarendszert, (amit most a csúszkához rögzítünk) majd felírjuk a C_2 pont sebességét kétféle megközelítésben:

- (2)-es test:

$$\underline{v}_{C2} = \underline{v}_B + \underline{\omega}_2 \times \underline{r}_{BC}, \text{ és } \underline{\omega}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\omega_2 \end{bmatrix} - t \text{ feltételezve:}$$

$$\underline{v}_{C2} = \omega_1 l_1 \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_2 l_{BC} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,96 \\ 0,72 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0,5\omega_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- a „relatív” kapcsolat: $\underline{v}_{C2} = \underline{v}_{C2 \text{ szál}} + \underline{\beta}_{C2}$, ahol

$$\underline{v}_{C2 \text{ szál}} = \underline{v}_{C3} = \underline{0}; \quad \underline{\beta}_{C2} = \begin{bmatrix} \beta_{C2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{(\xi\eta\zeta)} = \begin{bmatrix} \beta_{C2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{(xyz)}$$

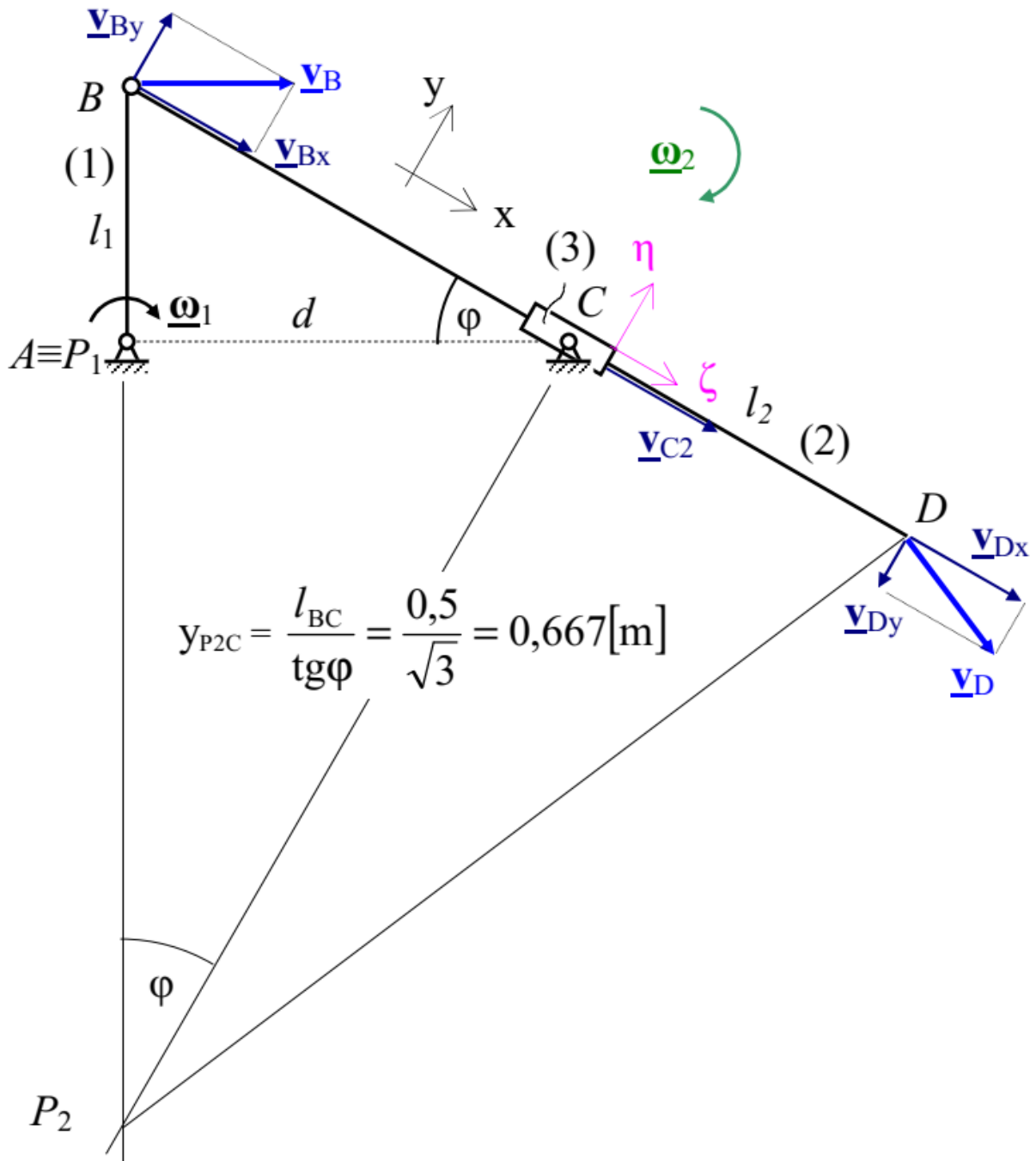
Így (xyz-ben):

$$\underline{v}_{c2} = \omega_1 l_1 \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_2 l_{BC} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{C2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{X:} \quad \omega_1 l_1 \cos \varphi = \beta_{C2} \quad \underline{\beta}_{C2} = \underline{v}_{c2} = \begin{bmatrix} \omega_1 l_1 \cos \varphi \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,96 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$

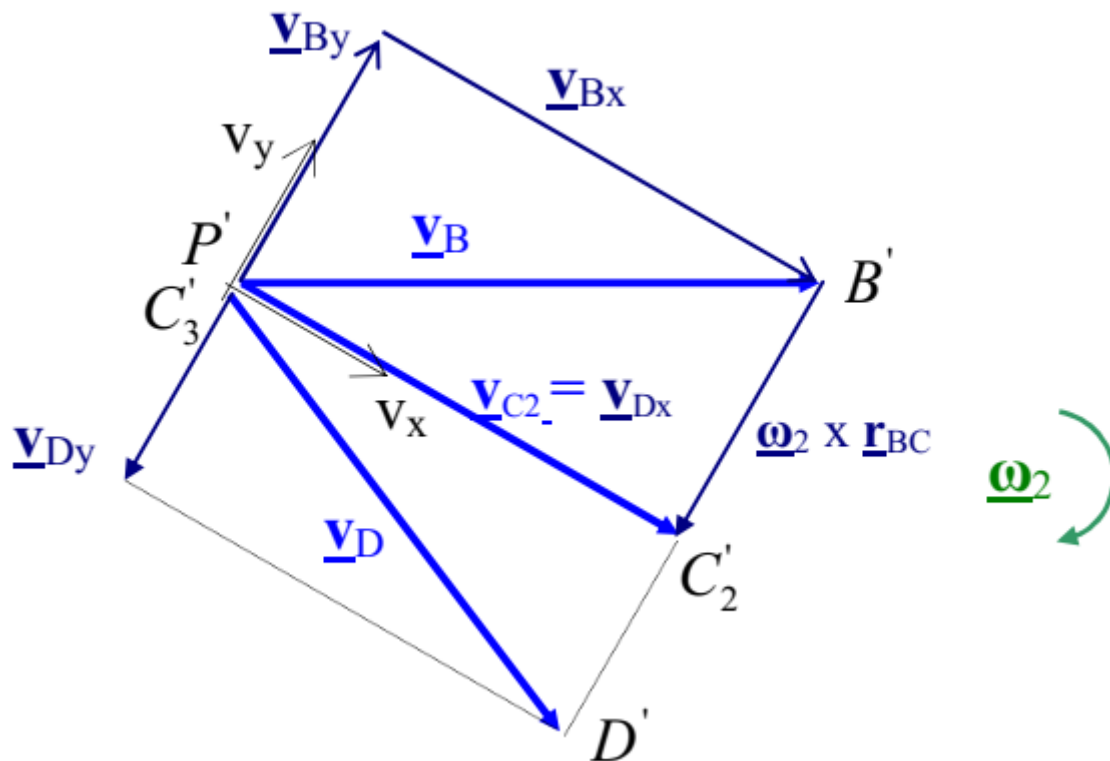
$$\text{Y:} \quad \omega_1 l_1 \sin \varphi - \omega_2 l_{BC} = 0 \quad \omega_2 = \frac{\omega_1 l_1 \sin \varphi}{l_{BC}} = \frac{0,72}{0,5} = 1,44 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

$$\underline{\omega}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1,44 \end{bmatrix} \left[\frac{rad}{s} \right]$$



32. ábra: ω_2 meghatározása

3.)a.) Sebességábra:



33. ábra: ω_2 meghatározása

A fenti ábrából a méretarányokat figyelembe véve leolvasható hogy $v_D=1,1$ m/sec (1,0 - 1,2 között szerkesztési pontatlanság miatt elfogadom az eredményt)

v_D számítással:

Lásd az előző ismertetésben ω_2 meghatározását, majd:

(2)-es test:

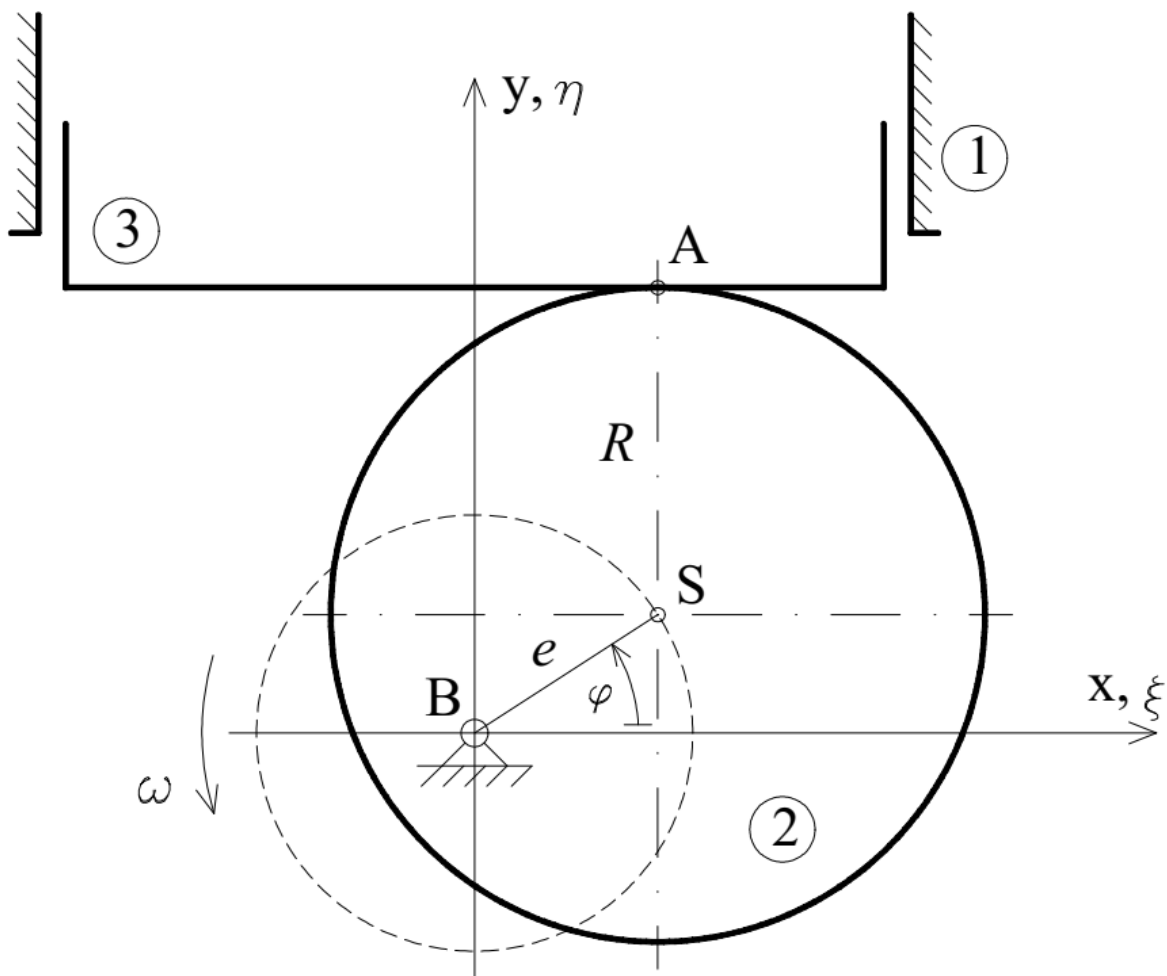
$$\underline{v}_D = \begin{bmatrix} v_{C2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \omega_2 l_{CD} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{C2} \\ -\omega_2 l_{CD} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{v}_D = \begin{bmatrix} 0,96 \\ -0,576 \\ 0 \end{bmatrix} \left[\frac{m}{s} \right]$$

3. feladat: SZELEPEMELŐ MECHANIZMUS

A vázolt szelepemelő mechanizmus R sugarú, e excentricitású excentertárcsája állandó ω szögsebességgel forog.

1. Rajzoljuk meg a szelep foronomiai görbéit. (Vagyis az $y(t)$, $v(t)$ és $a(t)$ függvényeket.)
2. Határozzuk meg a szelep sebességét és gyorsulását a tárcsa mint mozgó vonatkoztatási rendszer segítségével egy ϕ helyzetben, és rajzoljuk meg a vektorábrákat.



34. ábra: szelepemelő mechanizmus

Megoldás:

1.

A szelep a vezeték által megszabott egyenesvonalú kényszerpályán haladó mozgást végez, ezért minden pontjának ugyanaz a sebessége és a gyorsulása a mozgás folyamán bármely pillanatban. A szelep excentertárcsával való mindenkoros érintkezési pontjának y irányú koordinátája a szelep helyzete a B fixponthoz képest:

$$y(t) = R + e \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Mivel a szögsebesség, $\omega = \dot{\varphi}$ állandó, ezért a $\varphi(t)$ szöghelyzet az idő lineáris függvénye:

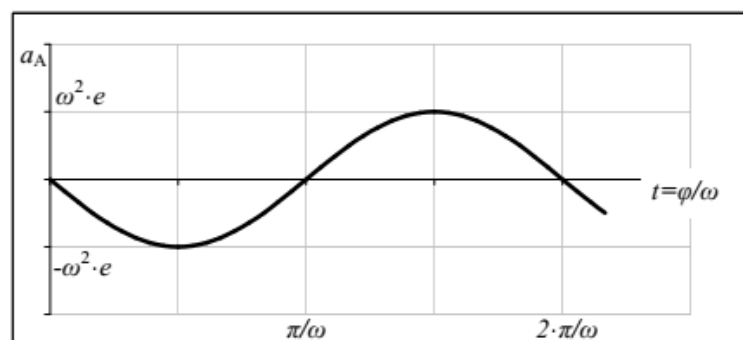
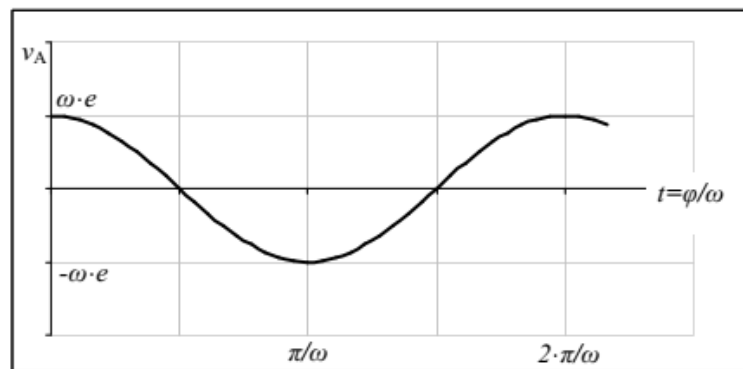
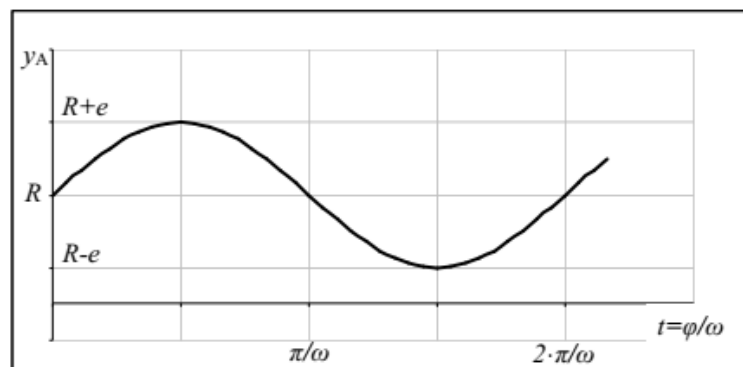
$$\varphi(t) = \omega \cdot t$$

Idő szerint deriválva az $y(t)$ függvényt, a szelep sebessége adódik, kétszer deriválva pedig a gyorsulása:

$$v(t) = \dot{y}(t) = \dot{\varphi} \cdot e \cdot \cos \varphi = \omega \cdot e \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$a(t) = \dot{v}(t) = -\dot{\varphi}^2 \cdot e \cdot \sin \varphi = -\omega^2 \cdot e \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

A foronomiai görbék:



35. ábra: foronomiai görbék

Megjegyzés:

A fenti összefüggések csak akkor érvényesek, ha a szelep nem válik el a tárcsától. A szelep elválik a tárcsától, ha a tárcsáról a szelepre átadódó nyomóerő megszűnik.

A szelepre felírható dinamika alaptételének függőleges irányú vetülete:

$$m \cdot a_{\text{szelep}} = N - m \cdot g$$

Az N nyomóerő megszűnik, ha

$$N = m \cdot (a_{\text{szelep}} + g) \leq 0 \rightarrow a_{\text{szelep}} \leq -g = -9,81 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Ez csak nagyon lassú forgás esetén nem teljesülne, (a szelepgyorsulás nagyságának legnagyobb értéke $\omega^2 \cdot e$), ezért a folyamatos érintkezést a szelep és az excentertárcsa között meg kell oldani. (pl. rugóval.)

2.

Definiáljuk a megfigyelt pontot, a vonatkoztatási rendszereket (VR) és a koordinátarendszereket (KR):

A megfigyelt pont: a (3)-as jelű szelepnek az a pontja, A_3 , amelyik a (2)-es jelű excentertárcsával érintkezésben van. Mivel a szelep az (1)-es jelű vezetékben egyenesvonalú tranzlációt végez, ezért az A_3 pont sebessége és gyorsulása egyben a keresett szelepemelkedési sebesség és gyorsulás.

Álló vonatkoztatási rendszer: $VR(1)$: az (1)-es jelű vezeték, térfix

Mozgó vonatkoztatási rendszer: $VR(2)$: a (2)-es jelű excentertárcsa

Koordinátarendszerek: $KR(1)$ és $KR(2)$ a mechanizmus φ konfigurációjában essen egybe:

$$\{B; x = \xi, y = \eta, z = \zeta\}$$

A mozgó VR mozgásállapota az álló VR-hez képest:

$$\text{Sebességállapot: } \underline{v}_B = \underline{0}; \underline{\omega}_{12} = \underline{\omega}$$

$$\text{Gyorsulásállapot: } \underline{a}_B = \underline{0}; \underline{\omega}_{12} = \underline{\omega}; \underline{\varepsilon}_{21} = \underline{0}$$

Kapcsolat az A_3 pontnak a $KR(1)$ -ben és $KR(2)$ -ben észlelt sebessége között:

$$\underline{v}_A = \underline{\beta}_A + \underline{v}_{A \text{ szállító}} \text{ vagy más jelöléssel ugyanez: } \underline{v}_{A 3/1} = \underline{v}_{A 3/2} + \underline{v}_{A 2/1}$$

Ez az írásmód az indexekben megjelöli, megmagyarázza, hogy a kérdéses pont melyik testnek a pontja, és hogy a sebesség melyik testhez képesti sebesség. Például $\underline{v}_{A3/1}$ azt jelenti, hogy az A pontnak mint a (3)-as test A pontjának a sebessége, az (1)-es vezetékhez képest. Fontos

világosan látni, hogy mikor melyikről van szó, hiszen a fenti egyenletben mind a három sebesség az A pontnak a sebességét jelenti, mégis három különböző vektormennyiséget fogunk beírni az egyenletbe, aszerint, hogy az A pontot melyik testhez tartozónak tekintjük, és melyik VR-hez képesti sebességet tekintjük:

$$\underline{v}_A = \underline{v}_{A3/1} = \begin{bmatrix} 0 \\ \underline{v}_A \\ 0 \end{bmatrix}$$

a (3)-as jelű szelep azon pontjának a sebességét jelenti az (1)-es jelű vezetékhez képest, amelyik éppen érintkezik a tárcsával. A szelep A pontja „abszolút” sebességének is nevezhetjük, ha az álló vezetékét „abszolút” VR-nek nevezzük.

Mivel a szelep a vezetékben haladó mozgást végez, a szelep minden pontjának ugyanez a sebessége a vezetékhez képest ebben a pillanatban. Ennek a sebességnek az irányát a vezeték mint kényszer megszabja: \underline{v}_A vezetékirányú.

$$\underline{\beta}_A = \underline{v}_{A3/2} = \begin{bmatrix} \underline{\beta}_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

a (3)-as jelű szelep azon pontjának a sebességét jelenti a (2)-es jelű tárcsához képest, amelyik éppen érintkezik a tárcsával. A szelep A pontja „relatív” sebességének is nevezhetjük, ha a forgó excentertárcsát „relatív” VR-nek nevezzük. A relatív sebesség mindig az érintkező felületek közös érintősíkja esik, így $\underline{\beta}_A$ irányja ismert.

$$\underline{v}_{A \text{ szállító}} = \underline{v}_{A2/1} = \underline{v}_B + \underline{\omega} \times \underline{\rho}_{BA} = \underline{0} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} e \cdot \cos \varphi \\ R + e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\omega \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix}$$

a (2)-es jelű excentertárcsa (vagyis mozgó VR) azon pontjának sebességét jelenti az álló VR-hez képest, amelyik éppen fedésben van a vizsgált A ponttal.

Megjegyzés: az A pont fizikailag három pontot jelent: a két érintkező testnek az érintkezésben részt vevő pontját, (A_2 és A_3) és az A geometriai pontot, amely nem tartozik hozzá egyik fizikai testhez sem.

$$\underline{v}_A = \underline{\beta}_A + \underline{v}_{A \text{ szállító}}$$

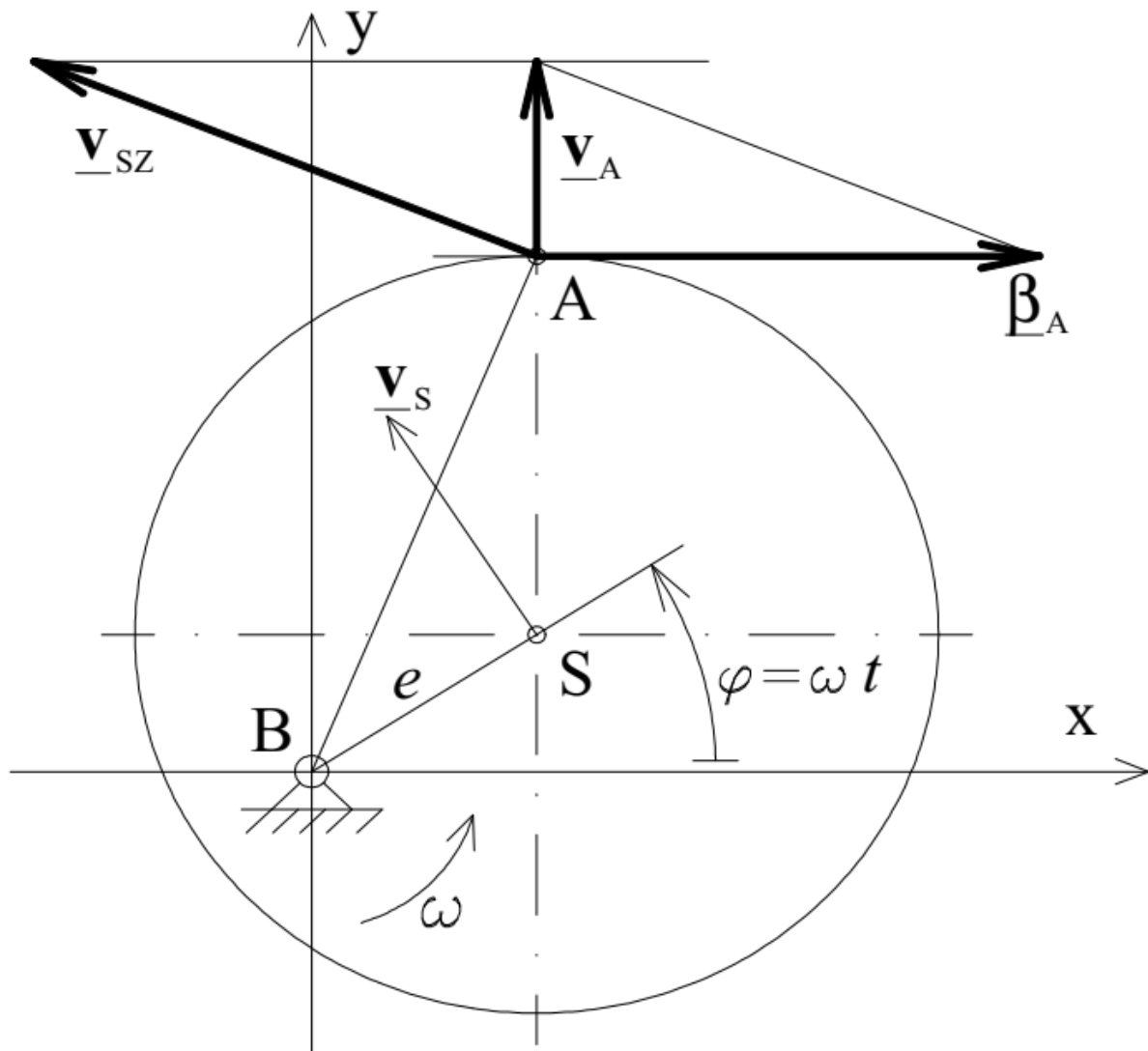
$$\begin{bmatrix} 0 \\ v_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{\beta}_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\omega \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \underline{\beta}_A = \omega \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \rightarrow v_A = v_{A3/1} = v_{\text{szelep}} = \omega \cdot e \cdot \cos \varphi$$

A síkbeli vektoregyenletnek megfelelő két skaláregyenletből (x és y irányú vetületi egyenleteiből) megkaptuk $\underline{\beta}_A$ -t és v_A -t.

A szelep sebességét idő szerint deriválva a szelep gyorsulása adódik:

$$a_A = a_{A3/1} = a_{\text{szelep}} = \dot{v}_{\text{szelep}} - \omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi$$

A $\underline{v}_A = \underline{\beta}_A + \underline{v}_{A \text{ szállító}}$ egyenletnek megfelelő vektorábra:



36. ábra: sebességábra

Jól látszik, hogy a szállítósebesség függőleges vetülete (vagyis a tárcsa érintkezési pontja pillanatnyi sebességének y irányú összetevője) a szelepemelkedés sebessége, a vízszintes vetülete pedig a relatív sebesség mínusz egyszerese.

Az excentertárcsa középpontjának, S -nek a sebességét és gyorsulását felírva és az ábrába berajzolva további megállapításokat lehet tenni:

$$\underline{v}_S = \begin{bmatrix} -\omega \cdot e \cdot \sin \varphi \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \quad \underline{a}_S = \begin{bmatrix} -\omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi \\ -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix}$$

Az látszik, hogy $v_A = v_{S_y}$ és $a_A = a_{S_y}$, vagyis a körpályán mozgó S pont sebességének és gyorsulásának függőleges vetülete éppen a szelep mozgásának sebessége és gyorsulása. Ez a fornomiai görbékből is kiolvasható: egy körpályán egyenletesen mozgó pont vetületi mozgása

harmonikus lengőmozgás. (Harmonikus azt jelenti, hogy a kitérés, a sebesség és a gyorsulás sin és cos függvényekkel írható le.)

Erre még visszatérünk a gyorsulások vizsgálata után.

Kapcsolat az A_3 pontnak a $KR(1)$ -ben és $KR(2)$ -ben észlelt gyorsulása között:

$\underline{a}_A = \underline{\alpha}_A + \underline{a}_{A \text{ szállító}} + \underline{a}_{A \text{ Coriolis}}$ vagy ugyanez a „magyarázó” jelöléssel:

$$\underline{a}_{A 3/1} = \underline{a}_{A 3/2} + \underline{a}_{A 2/1} + \underline{a}_{A \text{ Coriolis}}$$

A szállító gyorsulás a mozgó VR azon pontjának a gyorsulása az álló VR-hez képest, amelyik pillanatnyilag éppen fedésben van a megfigyelt ponttal. Ez a pont az A_2 pont, vagyis a tárcsának az a pontja, amelyik éppen érintkezik a szeleppel:

$$\underline{a}_{A \text{ szállító}} = \underline{a}_{A 2/1} = \underline{a}_B + \varepsilon \times \underline{\rho}_{BA} - \omega^2 \cdot \underline{\rho}_{BA}$$

Ez az összefüggés úgy néz ki, mint egy síkmozgást végző merev test két pontjának gyorsulása közötti összefüggés. Nem csak úgy néz ki, az. A helyvektort írhattuk volna \underline{r}_{BA} -nak is, de a $\underline{\rho}_{BA}$ jelöléssel kihangsúlyozzuk, hogy a mozgó VR-hez (mint merev testhez) tartozó pontokról van szó. A mozgó VR-nek, vagyis a forgó tárcsának a mozgás folyamán mindig egy másik pontja kerül érintkezésbe a szeleppel, vagyis kerül fedésbe a megfigyelt ponttal.

$$\underline{a}_{A \text{ szállító}} = \underline{a}_{A 2/1} = \underline{0} + \underline{0} - \omega^2 \cdot \begin{bmatrix} e \cdot \cos \varphi \\ R + e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{a}_{A \text{ Coriolis}} = 2 \cdot \underline{\omega} \times \underline{\beta}_A = 2 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \omega \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \cdot \omega^2 \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Az A_3 pont a szelepphez tartozik. A (3) szelep egyenesvonalú haladó mozgást végez az (1)-es jelű vezetékhez képest, ezért az $\underline{a}_A = \underline{a}_{A 3/1}$ „abszolút” gyorsulásnak nincsen „normális” összetevője, csak pályamenti (tangenciális), hiszen a sebesség iránya nem változik a mozgás folyamán.

Az $\underline{a}_A = \underline{a}_{A 3/2}$ „relatív” gyorsulás a $\underline{\beta}_A$ „relatív” sebességtől eltérően nem esik az érintkező felületek közös érintőjébe, ezért iránya az x, y síkban ismeretlen.

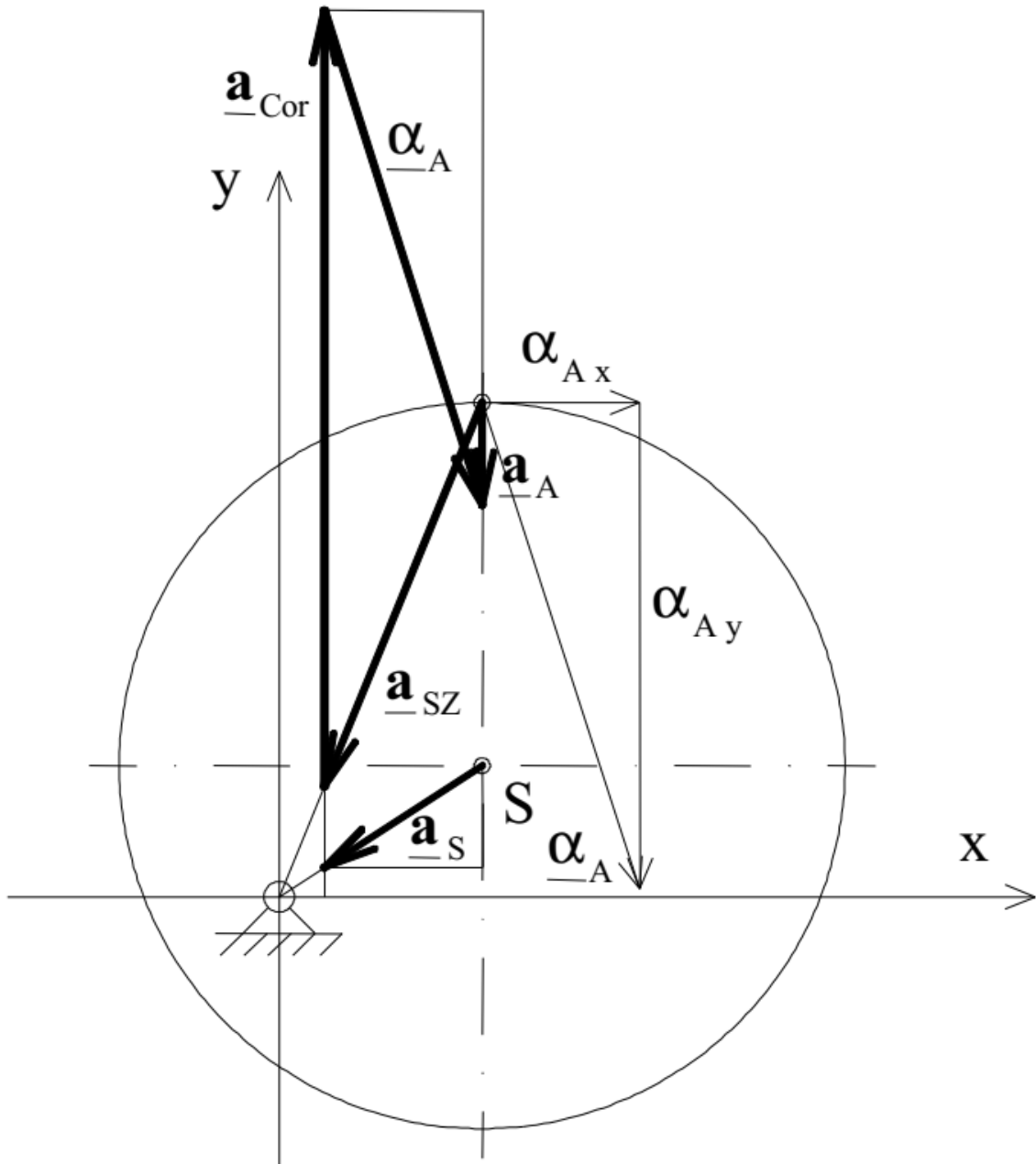
$$\begin{bmatrix} 0 \\ \underline{a}_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{Ax} \\ \alpha_{Ay} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi \\ -\omega^2 \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \cdot \omega^2 \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ebből a vektoregyenletből a relatív gyorsulás két ismeretlen összetevőjét tudjuk meghatározni, $\alpha_A = -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi$ már ismert a korábbi megfontolásokból:

$$\alpha_{Ax} = \omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi$$

$$\begin{aligned} \alpha_{Ay} &= a_A - \omega^2 \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) = -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi - \omega^2 \cdot (R + e \cdot \sin \varphi) = \\ &= -2 \cdot \omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi - \omega^2 \cdot R \end{aligned}$$

Az $\underline{a}_A = \underline{a}_A + \underline{a}_{A \text{ szállító}} + \underline{a}_{A \text{ Coriolis}}$ egyenletnek megfelelő vektorábra:



37. ábra: gyorsulásábra

Jól látható, ami az egyenletek x és y összetevőiből is kiolvasható:

$$1. \ a_{Sx} = a_{A \text{ szállító } x} = -\alpha_{Ax}$$

2. $a_{Coriolis} = a_{Coriolis_Y} = -2 \cdot a_{A \text{ szállító } Y}$
3. $a_{A_Y} = a_{A \text{ szállító } Y} + a_{S_Y}$

Az 1. egyenlet azt jelenti, hogy a szállító gyorsulás és a tárcsa S középpontja gyorsulásának vízszintes vetülete egymással egyenlő, és a relatív gyorsulás vízszintes vetülete is ugyanekkora, csak ellentétes irányú.

A 2. egyenlet azt jelenti, hogy a Coriolis gyorsulás iránya függőleges, és kétszer akkora, mint a szállító gyorsulás függőleges vetülete, és azzal ellentétes irányú.

A 3. egyenlet azt jelenti, hogy a relatív gyorsulás függőleges vetülete a szállító gyorsulás és az S pont gyorsulásának függőleges vetületéből tevődik össze.

Megjegyzés:

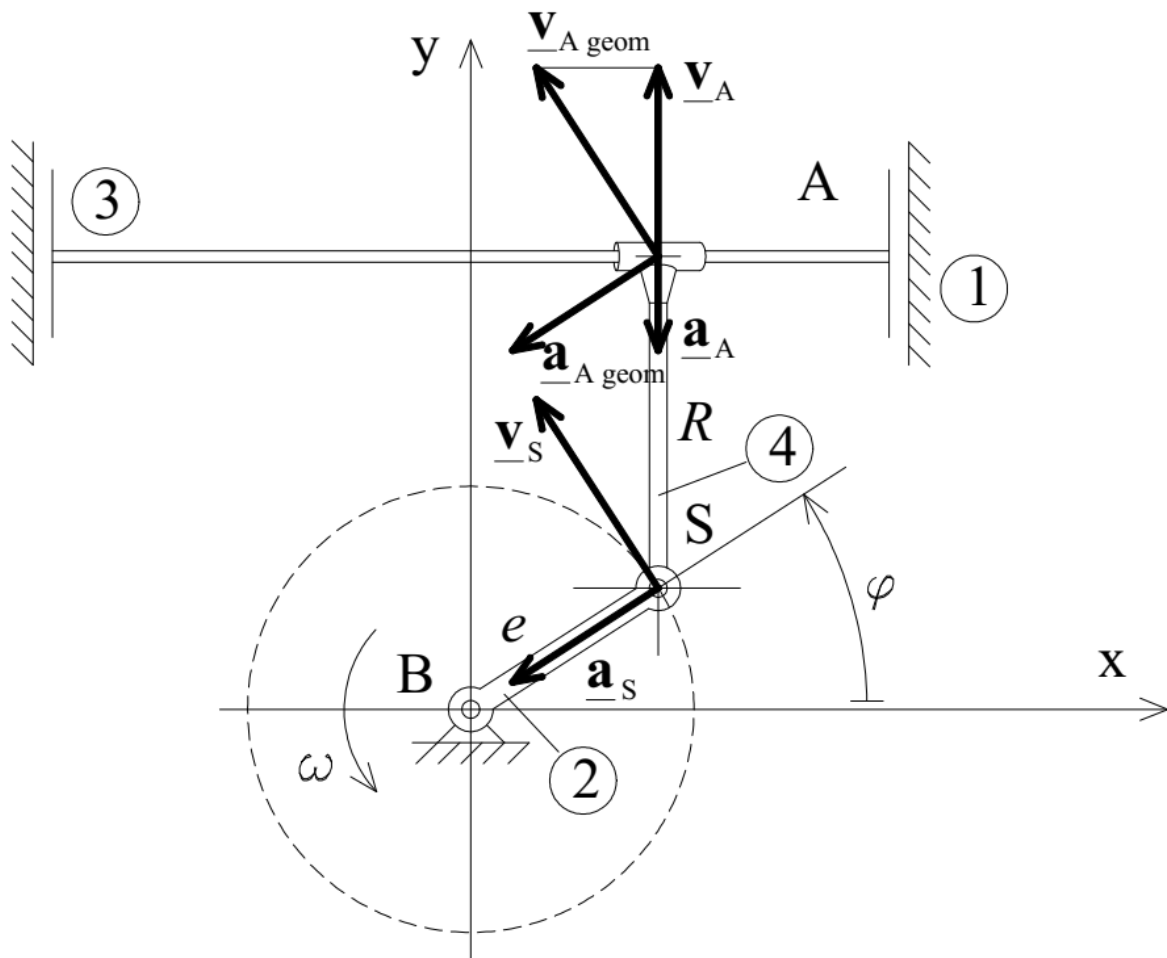
Korábban megállapítottuk, hogy a szelep mozgása az S pont mozgásának függőleges vetülete. Az is megállapítható, hogy az A geometriai pontnak (tehát sem a tárcsához, sem a szelephez nem tartozó azon pontnak, amelyikben a tárcsa és a szelep érintkezik) a sebessége és gyorsulása is ugyanaz, mint az S pont sebessége és gyorsulása, ugyanis:

$$\underline{r}_A = \underline{r}_{BA} = \begin{bmatrix} e \cdot \cos \varphi \\ R + e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{v}_{A \text{ geom}} = \dot{\underline{r}}_{BA} = \begin{bmatrix} -\omega \cdot e \cdot \sin \varphi \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \leftarrow \text{ez éppen } \underline{v}_S$$

$$\underline{a}_{A \text{ geom}} = \dot{\underline{v}}_{A \text{ geom}} = \begin{bmatrix} -\omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi \\ -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \leftarrow \text{ez éppen } \underline{a}_S$$

Ennek alapján elkészíthető az alábbi ún. helyettesítő (az eredetivel kinematikailag egyenértékű) mechanizmus:



38. ábra: helyettesítő (az eredetivel kinematikailag egyenértékű) mechanizmus

az (1)-es tag változatlanul a környezet, (térfix),

a (3)-as tag változatlanul a föl-le mozgó szelep,

a (2)-es tag a \overline{BS} forgattyú, (ennek a mozgása ugyanaz, mint az eredeti excentertárcsa mozgásállapota),

a (2)-es jelű forgattyú és a (3)-as jelű szelep közé egy az S pontot és az A geometriai pontot összekötő fiktív rúd, a (4)-es jelű tag épül be, amely csúszkával kapcsolódik a (3)-as taghoz. Ennek az új tagnak a mozgása transzláció, pontjai R sugarú kongruens (egybevágó, egymáshoz képest eltoltt helyzetű) körpályákon mozognak \underline{v}_S sebességgel és \underline{a}_S gyorsulással.

A (2)-es és a (3)-as tag mozgása és kinematikai kapcsolata ugyanaz, mint az eredeti mechanizmusban.

További megjegyzés:

A „relatív” kinematika fogalmainak elmélyítése céljából a szelep mozgását írjuk le a (4)-es tag, mint mozgó VR segítségével.

Álló VR: most is a nyugvó környezet

Mozgó VR: a (4)-es jelű \overline{SA} rúd.

A mozgó VR mozgásállapota az állóhoz képest: (haladó mozgás!)

Sebességállapot: $\underline{v}_S, \underline{\omega}_{41} = \underline{0}$

Gyorsulásállapot: $\underline{a}_S, \underline{\omega}_{41} = \underline{0}, \underline{\varepsilon}_{41} = \underline{0}$

$\underline{v}_{A\ 3/1} = \underline{v}_{A\ 3/4} + \underline{v}_{A\ 4/1}$, ahol

$$\underline{v}_{A\ 4/1} = \underline{v}_{A\ szállító} = \underline{v}_S + \underline{\omega}_{41} \times \underline{\rho}_{SA} = \underline{v}_S = \begin{bmatrix} -\omega \cdot e \cdot \sin \varphi \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix}$$

A szelep A pontjának sebessége most is y irányú, a relatív sebesség most is x irányú:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ v_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\omega \cdot e \cdot \sin \varphi \\ \omega \cdot e \cdot \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \beta_A = \omega \cdot e \cdot \sin \varphi \\ \rightarrow v_A = \omega \cdot e \cdot \cos \varphi = v_{szelep}$$

A szelep sebessége ugyanaz, mint az előbb, a relatív sebesség különbözik az előbbitől, hiszen most más mozgásállapotú testet választottunk mozgó vonatkoztatási rendszernek.

$$\underline{a}_{A\ 3/1} = \underline{a}_{A\ 3/4} + \underline{a}_{A\ 4/1} + \underline{a}_{A\ Coriolis}$$

ahol:

$\underline{a}_{A\ Coriolis} = \underline{0}$, mert a mozgó VR nem forog az állóhoz képest,

$\underline{a}_{A\ 4/1} = \underline{a}_{A\ szállító} = \underline{a}_S$, mert a mozgó VR haladó mozgást végez az álló VR-hez képest.

A szelep A pontjának gyorsulása most is y irányú, a relatív gyorsulás most x irányú, mert a mozgó VR-hez képest a megfigyelt pont egyenes pályán mozog:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ a_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi \\ -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \alpha_A = \omega^2 \cdot e \cdot \cos \varphi \\ \rightarrow a_A = -\omega^2 \cdot e \cdot \sin \varphi = a_{szelep}$$

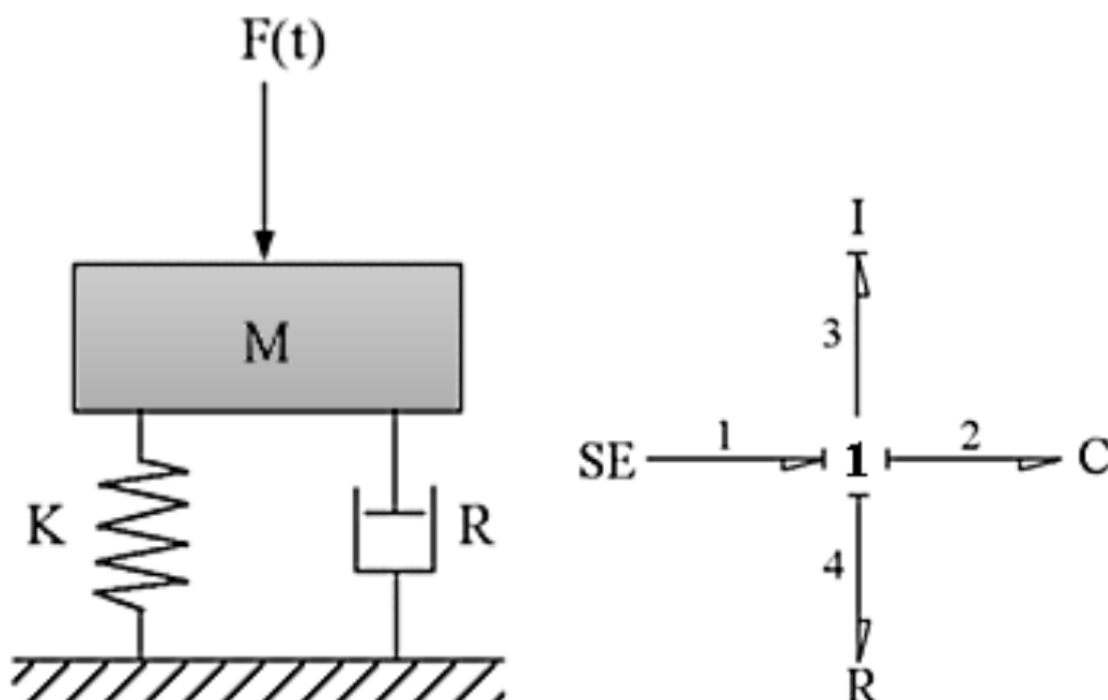
A szelep gyorsulása ugyanaz, mint az előbb, a relatív gyorsulás különbözik az előbbitől, hiszen most más mozgásállapotú testet választottunk mozgó vonatkoztatási rendszernek.

A vektorábrák egyszerűbbek, mint az előbb: a fenti egyenletekből kiolvasható, hogy a szállító sebességnek és a szállító gyorsulásnak ($\underline{v}_{A \text{ szállító}} = \underline{v}_{A \text{ geom}} = \underline{v}_s$ és $\underline{a}_{A \text{ szállító}} = \underline{a}_{A \text{ geom}} = \underline{a}_s$) a függőleges vetülete a szelep sebessége illetve gyorsulása, a vízszintes vetületek pedig a relatív sebesség és gyorsulás.

Bond gráf példák [1]

1. feladat:

Ebben a részben a rendszeregyenlet generálásának az eljárását fogjuk megtárgyalni. Kibővített Bondgráfnál, a lépésről lépésre használt folyamatban alkalmazva rendszeregyenletek jöhetnek létre. Kezdetnek vegyük a szimpla egy szabadságfokú tömör rugós lengéscsillapító rendszert.



39. ábra: egy szabadságfokú tömör rugós lengéscsillapító rendszer

A rendszer dinamikáját meghatározó differenciálegyenleteket a rendszer állapotainak szempontjából írjuk le. Minden tároló elem (I és C) megegyezik a tárolt állapotváltozókkal (kölcönösen, P impulzussal és Q elmozdulással) és az egyenleteket az idő szerinti deriváltjaikkal írjuk fel (vagyis erőhatás és folyamat). Ezek az egyenletek az alább leírt négy lépésben vezethetők le.

1. Vizsgáljuk meg, hogy az elemek (források, I C és R elemek) mit adnak a rendszernek és az okozati viszonyt figyelembe véve valamint az erős kötésekhez változókat használva írjuk le az egyenleteiket.
2. Írjuk le a csomópontok és a 2 kimenetű elemek egyenleteit az erős kötés változóihoz.
3. Helyettesítsük a változókat, amelyek más egyenletekben az állapot szempontjából vannak kifejezve. Folytassuk a rendezést és helyettesítést, míg az egész egyenlet jobb oldala csak az állaputra vonatkozó mennyiségekkel és rendszer paraméterekkel lesz kifejezve.

4. Ha néhány egyenlet még mindig nem teljesen leegyszerűsített, létezik egyfajta hurok (algebrai hurok, kauzális hurok vagy differenciális kauzalitás ahogy a későbbiekben majd kitérünk rá). Próbáljuk ezeket megoldani úgy, mint elsőfokú egyenleteket vagy behelyettesítéssel vagy pedig mátrix inverzióval.

És végül töröljük minden lényegtelen egyenletet kivéve az állapotváltozók deriváltjait és írjuk le állapotváltozóiban kifejezve. Így felhasználva a következő lépéseket, az egyenletek a fenti rendszerhez a következők lennének:

1. lépés:

$$e1=SE1$$

$$f3=P3/M3$$

$$e2=K2*Q2$$

$$e4=R4*f4=R4*f3 \text{ (csomópont törvényből, } f4=f3 \text{ és az erős kötés a 3-as számú)}$$

2. lépés:

$$e1-e2-e3-e4=0 \text{ vagy } e3=e1-e2-e4$$

3. lépés:

$$e1=SE1$$

$$f3=P3/M3$$

$$e2=K2*Q2$$

$$e4=R4*P3/M3$$

$$e3=SE1-K2*Q2-R4*P3/M3$$

4. lépés:

$$DQ2=f2=f3$$

$$DP3=e3$$

ahol, a kifejezett D a derivált d/dt-t jelenti, elvezetve a

$$DQ2=P3/M3$$

$$DP3=SE1-K2*Q2-R4*P3/M3$$

A különbség a bond gráfból derivált egyenletek és hogy egyébként vannak N-ed rangú differenciál egyenletek, ahol N az állapotok számát jelenti. Az állapotok száma szakkifejezés jelenti a koncentrikusan tárolt, rendszerben jelenlévő I és C elemek számát. A mozgási egyenletrendszerek a fent megvitatott, hagyományos módszerrel:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + r \cdot \frac{dx}{dt} + k \cdot x = F(t)$$

A bond gráfból derivált másodrangú egyenletek (elhagyva az utótagokat):

$$\frac{dP}{dt} = -\frac{r}{m} \cdot P - k \cdot Q + SE$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{m \cdot P}$$

ahol, P a lendület ami $m \cdot \frac{dx}{dt}$, Q az elmozdulás vagy x és az SE pedig az $F(t)$.

A második egyenletből, ha behelyettesítjük az első egyenletbe a $P = m \cdot \frac{dQ}{dt}$ összefüggést, akkor a következőt kapjuk:

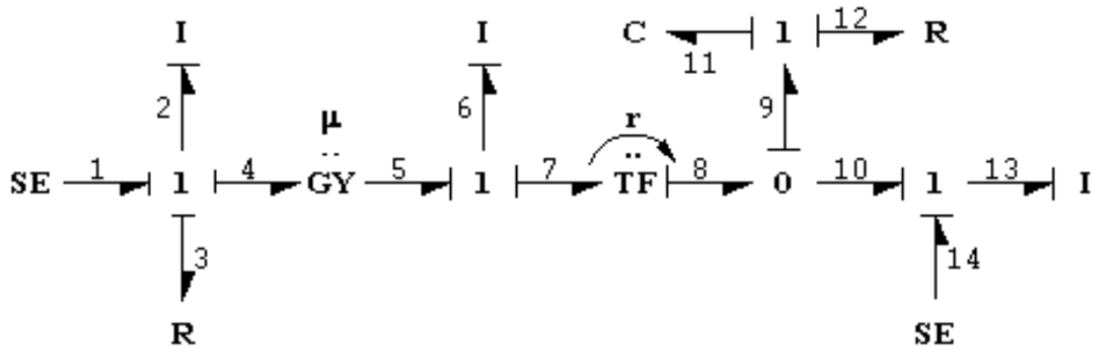
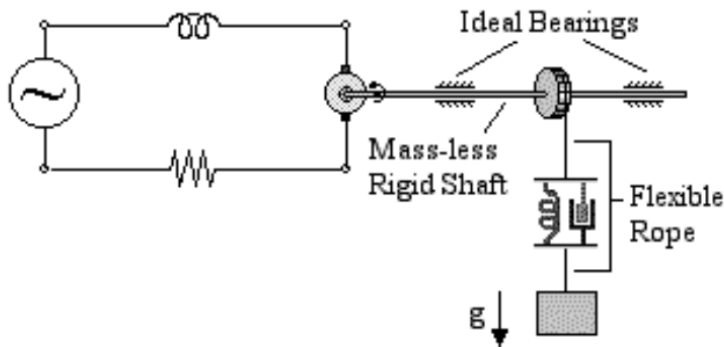
$$m \cdot \frac{d^2Q}{dt^2} = -r \cdot \frac{dQ}{dt} - k \cdot Q + F(t)$$

Ez az egyenlet megegyezik azzal, amit átrendezés után deriválunk hagyományos módszerrel.

Azonban a kézi deriválása az egyenleteknek nagyobb rendszereknél egyáltalán nem ilyen egyszerű. Például a rendszer differenciált egyenletek deriválása, amely a kauzalitás részben lett kitárgyalva, a rendes kauzálás után, úgynevezett algebrai hurokhoz vezetne. Hasonlóképp, különböző típusú bonyolultságok és hibák, mint például az okozati hurkok, energia hurkok és oksági differenciál lehetnek a rendszer modellben. Az egyenleteik a deriválási módszere az adott részekben van leírva.

2. feladat:

Itt mutatunk egy másik példát egy két kimenetű rendszerre, amelyet az alábbi ábra szemléltet:



40. ábra: két kimenetű rendszer

Majd követjük a normális egyenlet levezetés lépéseit.

1. lépés:

$$e1 = SE1$$

$$f2 = P2/M2$$

$$e3 = R3*f3=R3*f2=R3*P2/M2$$

$$f6 = P6/M6$$

$$e11 = K11*Q11$$

$$e12 = R12*f12 = R12*f9$$

$$f13 = P13/M13$$

2. lépés:

$$f1 = f2 = f4 = f3 = P3/M3$$

$$e2 = e1 - e3 - e4 = SE1 - R3*P2/M2 - e4$$

$$e4 = MU*f5 = MU*f6 = MU*P6/M6$$

$$e5 = MU*f4 = MU*f2 = MU*P2/M2$$

$$f5 = f7 = f6 = P6/M6$$

$$e6 = e5 - e7$$

$$f8 = r*f7 = r*P6/M6$$

$$e7 = r*e8 = r*e9$$

$$e8 = e10 = e9$$

$$f9 = f8 - f10 = r*P6/M6 - f13 = r*P6/M6 - P13/M13$$

$$f10 = f14 = f13 = P13/M13$$

$$e13 = e10 + e14 = e9 + SE14$$

$$f11 = f12 = f9$$

$$e9 = e11 + e12 = K11*Q11 + R12*f9$$

3. lépés:

$$e1 = SE1$$

$$f2 = P2/M2$$

$$e3 = R3*f3 = R3*f2 = R3*P2/M2$$

$$f6 = P6/M6$$

$$e11 = K11*Q11$$

$$e12 = R12*f9 = R12*(r*P6/M6 - P13/M13)$$

$$f13 = P13/M13$$

$$f1 = f2 = f4 = f3 = P3/M3$$

$$e2 = SE1 - R3*P2/M2 - e4 = SE1 - R3*P2/M2 - MU*P6/M6$$

$$e4 = MU*f5 = MU*f6 = MU*P6/M6$$

$$e5 = MU*f4 = MU*f2 = MU*P2/M2$$

$$f5 = f7 = f6 = P6/M6$$

$$e6 = e5 - e7 = MU*P2/M2 - r*(e11 + e12) =$$

$$= MU*P2/M2 - r*(K11*Q11 + R12*(r*P6/M6 - P13/M13))$$

$$f8 = r*f7 = r*P6/M6$$

$$e7 = r*e8 = r*e9 = r*(e11 + e12) = r*(K11*Q11 + R12*(r*P6/M6 - P13/M13))$$

$$e8 = e10 = e9 = e11 + e12 = K11*Q11 + R12*(r*P6/M6 - P13/M13)$$

$$f9 = f8 - f10 = r*P6/M6 - f13 = r*P6/M6 - P13/M13$$

$$f10 = f14 = f13 = P13/M13$$

$$e13 = e10 + e14 = e9 + SE14 = K11*Q11 + R12*(r*P6/M6 - P13/M13) + SE14$$

$$f11 = f12 = f9 = r*P6/M6 - P13/M13$$

$$e9 = e11 + e12 = K11 \cdot Q11 + R12 \cdot f9 = K11 \cdot Q11 + R12 \cdot (r \cdot P6 / M6 - P13 / M13)$$

4. lépés:

$$DP2 = SE1 - R3 \cdot P2 / M2 - MU \cdot P6 / M6$$

$$DP6 = MU \cdot P2 / M2 - r \cdot (K11 \cdot Q11 + R12 \cdot (r \cdot P6 / M6 - P13 / M13))$$

$$DP13 = K11 \cdot Q11 + R12 \cdot (r \cdot P6 / M6 - P13 / M13)$$

Mátrix alakban, ezt az egyenlőséget úgy lehetne felírni, hogy: $\frac{d\{Y\}}{dt} = [A]\{Y\} + [B]\{u\}$

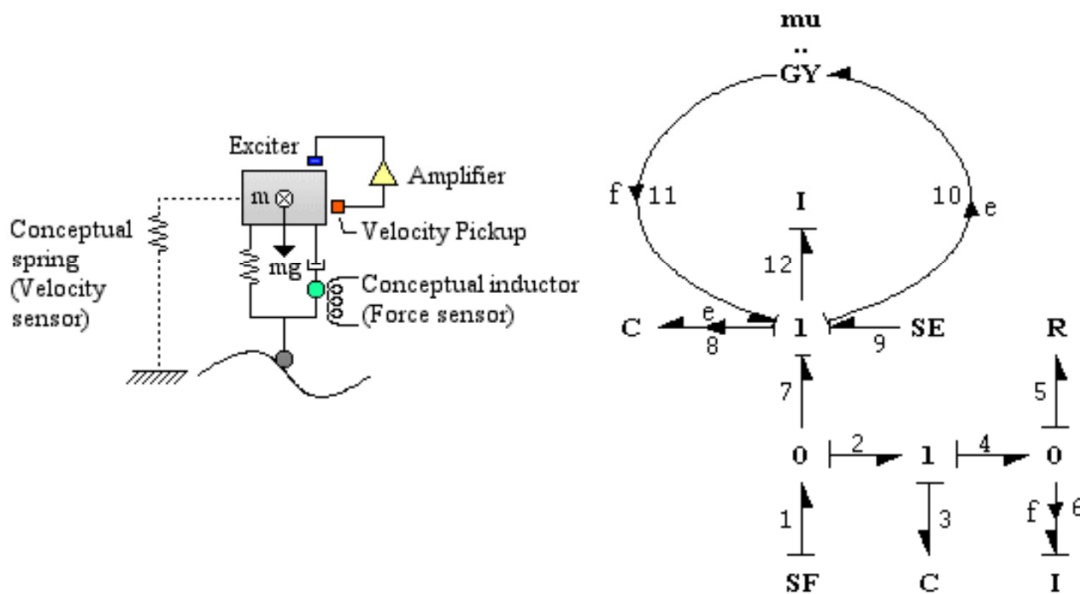
ahol: $\{Y\}$ a helyzetvektor (P2, P6, P13 és Q11), $[A]$ a négyzetes mátrix, $\{u\}$ a források sora (SE1 és SE14), a $[B]$ pedig a mátrix méretét jelöli ($n \times m$); az N az állapotok számát, míg az M az források számát jelöli. A mátrixok $[A]$ és $[B]$:

$$A = \begin{bmatrix} \acute{e} & -R3/M2 & -MU/M6 & 0.0 & 0.0 & \acute{u} \\ \acute{e} & MU/M2 & - & R12 \cdot r^2 / M13 & - & \acute{u} \\ \acute{e} & 0.0 & R12 \cdot r / M6 & -R12 / M13 & K11 & \acute{u} \\ \acute{e} & 0.0 & r / M6 & -1 / M13 & 0 & \acute{u} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \acute{e} & 1 & 0 & \acute{u} \\ \acute{e} & 0 & 0 & \acute{u} \\ \acute{e} & 0 & 1 & \acute{u} \\ \acute{e} & 0 & 0 & \acute{u} \end{bmatrix}$$

3. feladat:

Itt egy példa az egy szabadságfokú rendszerre műszerezéssel, amelyek modellje megfigyelő elemekkel lent látható:



41. ábra: egy szabadságfokú rendszerre műszerezéssel

Az elméleti műszerezés itt látszik, feltételezzük, hogy a rugóállandó nulla merevségű (és így a mérési elmozdulás nem vezet visszaható erőkifejtéshez) és benne az indukáló tekercs lengéscsillapító részeket hoz létre, hogy az erőmérés bármilyen visszahatás nélkül menjen a lengéscsillapító részen.

A modell egyenletét a lent láthatóak szerint származtatjuk.

1. lépés:

$$f1 = SF1$$

$$e3 = K3*Q3$$

$$e5 = R5*f5$$

$$f6 = 0$$

$$e9 = SE9$$

$$e8 = 0$$

$$e10 = 0$$

$$f12 = P12/M12$$

$$e11 = MU*f10 = MU*f12 = MU*P12/M12$$

2. lépés:

$$e_{12} = e_7 + e_9 - e_8 + e_{11} - e_{10} = e_2 + SE_9 + MU * P_{12}/M_{12}$$

$$f_2 = f_1 - f_7 = SF_1 - P_{12}/M_{12}$$

$$f_5 = f_4 - f_6 = f_4 = f_2 = SF_1 - P_{12}/M_{12}$$

$$e_2 = e_3 + e_4 = e_3 + e_5 = K_3 * Q_3 + R_5 * f_5 = K_3 * Q_3 + SF_1 - P_{12}/M_{12}$$

3. lépés:

$$e_{12} = K_3 * Q_3 + R_5 * (SF_1 - P_{12}/M_{12}) + SE_9 + MU * P_{12}/M_{12}$$

$$e_5 = R_5 * (SF_1 - P_{12}/M_{12})$$

4. lépés:

Az állapot egyenletek

$$DP_{12} = e_{12} = K_3 * Q_3 + R_5 * (SF_1 - P_{12}/M_{12}) + SE_9 + MU * P_{12}/M_{12}$$

$$DQ_3 = f_3 = f_2 = SF_1 - P_{12}/M_{12}$$

és a megfigyelő egyenletek

$$DP_6 = e_6 = e_5 = R_5 * (SF_1 - P_{12}/M_{12})$$

$$DQ_8 = f_8 = f_{12} = P_{12}/M_{12}$$

Hidraulika

- 1. feladat: Egy hengert 100 bar nyomással működtetünk, a henger dugattyú felülete 7,85 cm². Mekkora az elérhető maximális erőhatás?**

$$p = 100 \text{ [bar]} = 10 \text{ [Mpa]}$$

$$A = 7,85 \text{ [cm}^2\text{]} = 785 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = p \cdot A = 10 \cdot 785 = \underline{7850 \text{ [N]}}$$

- 2. feladat: Egy emelővel 15 kN terhet kell felemelni, a rendszer nyomása 60 bar. Mekkora kell lenni a dugattyú átmérőjének?**

$$F = 15 \text{ [kN]} = 15000 \text{ [N]}$$

$$p = 60 \text{ [bar]} = 6 \text{ [Mpa]}$$

$$A = \frac{F}{p} = \frac{15000}{6} = 2500 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2500}{\pi}} = \underline{56,419 \text{ [mm]}}$$

- 3. feladat: Számítsuk ki, hogy 0,36 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ térfogatáram mekkora térfogatot tölt meg 18 másodperc alatt?**

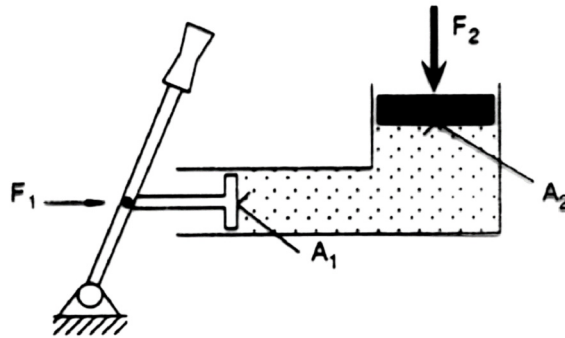
$$Q = 0,36 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$t = 18 \text{ [s]} = 0,005 \text{ [h]}$$

$$V = Q \cdot t = 0,36 \cdot 0,005 = \underline{0,0018 \text{ [m}^3\text{]}}$$

4. feladat: Egy gépjárműemelővel személyautót kell felemelni, melynek tömege 1500 kg.

- Mekkora legyen az F erő a dugattyúnál, ha $A_1 = 0.4 \text{ dm}^2$, $A_2 = 0.12 \text{ [m}^2\text{]}$?
- Mekkora legyen az A_2 dugattyú felülete, ha csak 100 N erő áll rendelkezésre?



42. ábra: gépjárműemelő felépítése

a. megoldás

$$m = 1500 \text{ [kg]}$$

$$A_1 = 0,4 \text{ [dm}^2\text{]} = 0,004 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_2 = 0,12 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_2 = m \cdot g = 1500 \cdot 9,81 = 14715 \text{ [N]}$$

$$F_1 = \frac{F_2}{A_2} \cdot A_1 = \frac{14715}{0,12} \cdot 0,004 = \underline{490,5 \text{ [N]}}$$

b. eset

$$F_1 = 100 \text{ [N]}$$

$$F_2 = 14715 \text{ [N]}$$

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot F_2}{F_1} = \frac{0,004 \cdot 14715}{100} = \underline{0,5886 \text{ [m}^2\text{]}}$$

5. feladat: Mekkora kell lenni annak a cső belső átmérőjének, amelyben 4 liter/perc térfogatárammal 3 m/s sebesség érhető el?

$$Q = 4 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right] = 6,667 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{6,667 \cdot 10^{-5}}{3} = 2,222 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$d = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,222 \cdot 10^{-5} \cdot 4}{\pi}} = \underline{0,0053 \text{ [m]}}$$

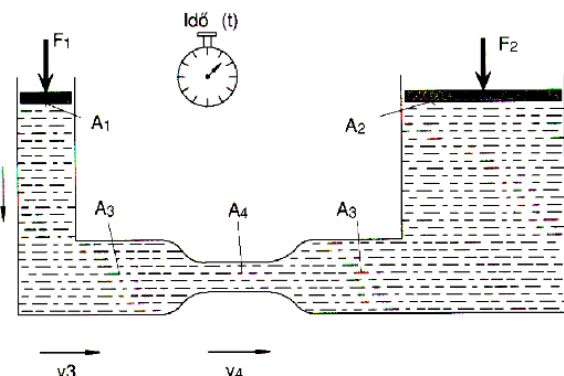
6. feladat: Mekkora térfogatáram szükséges ahhoz, hogy a 60 mm átmérőjű dugattyú a 40 cm-es utat 12 másodperc alatt tegye meg?

$$\begin{aligned} d &= 60 \text{ [mm]} \\ s &= 40 \text{ [cm]} = 400 \text{ [mm]} \\ t &= 12 \text{ [sec]} = 0,2 \text{ [min]} \\ A &= \frac{d^2 \cdot 4}{\pi} = \frac{60^2 \cdot 4}{\pi} = 2827,43 \text{ [mm}^2\text{]} \\ V &= s \cdot A = 400 \cdot 2827,43 = 1130973 \text{ [m}^3\text{]} = 1,130973 \text{ [dm}^3\text{]} \\ Q &= \frac{V}{t} = \frac{1,130973}{0,2} = \underline{5,65 \left[\frac{l}{min} \right]} \end{aligned}$$

7. feladat: Számoljuk ki, milyen áramlásfajták jönnek létre az A_1 , A_3 , A_4 keresztmetszetekben!

Adatok:

$$\begin{aligned} v_1 &= 1 \frac{m}{s}, v_3 = 5 \frac{m}{s}, v_4 = 100 \frac{m}{s} \\ d_1 &= 10 \text{ mm}, d_3 = 5 \text{ mm}, d_4 = 1 \text{ mm} \\ \nu &= 40 \frac{mm^2}{s} \end{aligned}$$



$$v_1 = 1 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$v_3 = 5 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$v_4 = 100 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$d_1 = 10 \text{ [mm]} = 0,01 \text{ [m]}$$

$$d_3 = 5 \text{ [mm]} = 0,005 \text{ [m]}$$

$$d_4 = 1 \text{ [mm]} = 0,001 \text{ [m]}$$

$$\nu = 40 \left[\frac{mm^2}{s} \right] = 0,00004 \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$Q_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{0,01^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1 = 7,85 \cdot 10^{-5} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_3 = \frac{d_3^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_3 = \frac{0,005^2 \cdot \pi}{4} \cdot 5 = 9,82 \cdot 10^{-5} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_4 = \frac{d_4^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_4 = \frac{0,001^2 \cdot \pi}{4} \cdot 100 = 7,85 \cdot 10^{-5} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Re_1 = \frac{v_1 \cdot d_1}{\nu} = \frac{1 \cdot 0,01}{0,00004} = 250 < 2300, \textit{lamináris az áramlás}$$

$$Re_3 = \frac{v_3 \cdot d_3}{\nu} = \frac{5 \cdot 0,005}{0,00004} = 625 < 2300, \textit{lamináris az áramlás}$$

$$Re_4 = \frac{v_4 \cdot d_4}{\nu} = \frac{100 \cdot 0,001}{0,00004} = 2500 > 2300, \textit{turbulens az áramlás}$$

8. Elektropneumatikus szegecselő gép

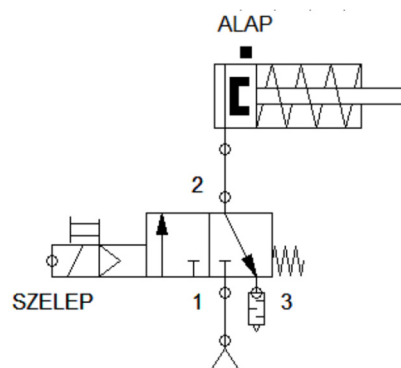
Valósítsa meg az ábrán látható elektropneumatikus szegecselő gép vezérlését létradiagram segítségével. A bekapcsolást jelző lámpának a gép bekapcsolását kell jelezni. A szegecselő munkahenger csak alaphelyzetből indítható biztonsági kétkezes működtetéssel. A vezérlő PLC-re az alábbi szenzorok és aktuátorok vannak bekötve:

Bemenetek:

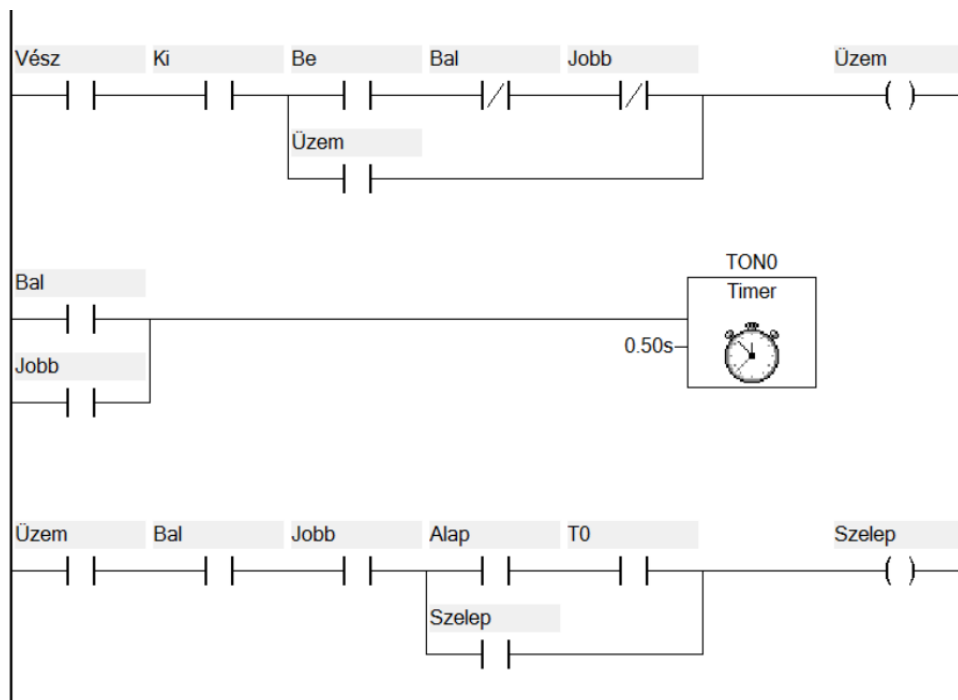
- Vész Stop (reteszjelhető bontó) kapcsoló (VÉSZ)
- Kikapcsoló (bontó) nyomógomb (KI)
- Bekapcsoló nyomógomb (BE)
- Bal kéz nyomógomb (BAL)
- Jobb kéz nyomógomb (JOB)
- Munkahenger alaphelyzet érzékelő szenzor (ALAP)

Kimenetek:

- Bekapcsolását jelző lámpa (ÜZEM)
- Szegecselő munkahengert vezérlő szelep (SZELEP)



A programban csak a zárójeles szimbólumok, kontaktusok (-| |-), negált kontaktusok (-|/|-), tekercsek (-(-)-) és időzítők használhatók.



43. ábra: Szegecselőgép vezérlő programja

MÉRÉS ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI PÉLDÁK [3]

1. feladat: Mekkora egy króm-nikkelből készült NMB ellenállás változása méterenként 1 mm-es megnyúlásnál? $R=600 \Omega$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \rightarrow \Delta R = R \cdot k \cdot \varepsilon = 600 \cdot 2 \cdot 0,001 = \underline{\underline{1,2 [\Omega]}}$$

2. feladat: Határozza meg Routh-Hurwitz módszerrel a kritikus körerősítést az alábbi esetre! $Y = \frac{K}{s(1+5s)(1+10s)}$

$$1 + \frac{K}{s(1+5s)(1+10s)} = 0$$

$$\frac{s(1+5s)(1+10s) + K}{s(1+5s)(1+10s)} = 0$$

$$s(1+5s+10s+50s^2) + K = 0$$

$$s + 5s^2 + 10s^2 + 50s^3 + K = 0$$

$$50s^3 + 15s^2 + 1s + K = 0$$

$$\begin{vmatrix} 15 & K & 0 \\ 50 & 1 & 0 \\ 0 & 15 & K \end{vmatrix} = K \begin{vmatrix} 15 & K \\ 50 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

$$(15 \cdot 1) - (K \cdot 50) = 0$$

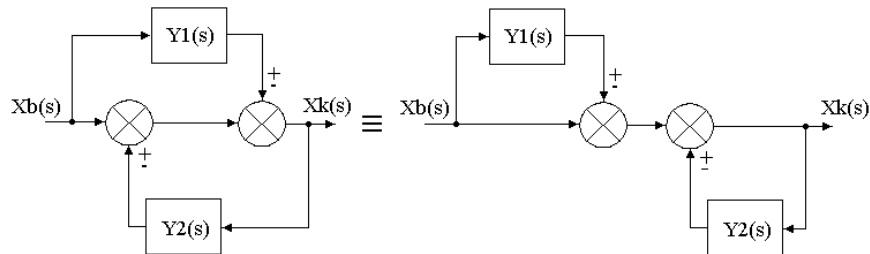
$$15 - 50K = 0$$

$$K = \frac{15}{50}$$

$$K < \frac{15}{50}, \text{ stabilis}$$

$$K > \frac{15}{50}, \text{ labilis}$$

3. feladat: Igazolja, hogy a két rendszer azonos átviteli függvénnyel írható le!



44. ábra: a rendszerek blokk diagramja

a)

$$X_k(s) = X_b(s) \pm Y_1(s)X_b(s) \pm Y_2(s)X_k(s)$$

$$X_k(s)[1 \pm Y_2(s)] = X_b(s)[1 \pm Y_1(s)]$$

$$\frac{X_k(s)}{X_b(s)} [1 \pm Y_2(s)] = \frac{[1 \pm Y_1(s)]}{1 \pm Y_2(s)}$$

b)

$$X_k(s) = X_b(s) \pm Y_1(s)X_b(s) \pm Y_2(s)X_k(s)$$

$$\frac{X_k(s)}{X_b(s)} [1 \pm Y_2(s)] = \frac{[1 \pm Y_1(s)]}{1 \pm Y_2(s)}$$

$$\frac{X_k(s)}{X_b(s)} [1 \pm Y_2(s)] = \frac{[1 \pm Y_1(s)]}{1 \pm Y_2(s)} = \frac{X_k(s)}{X_b(s)} [1 \pm Y_2(s)] = \frac{[1 \pm Y_1(s)]}{1 \pm Y_2(s)}$$

A két eset eredménye megegyezik.

DIGITÁLIS TECHNIKA FELADATOK [8]

1. feladat: Alakítsuk át 77-et bináris számmá.

A helyiértékes számábrázolásnál a legkisebb helyiérték jobb-, a legnagyobb helyiérték baloldalt található, balra haladva duplázódnak az értékek. 77-et a következő módon írhatjuk fel:

$$1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 64 + 8 + 4 + 1 = 77$$

Egy lehetséges módja az átalakításnak a kettővel való egészszámú osztás, a maradék lesz a kettes alapú szám számjegye (0 vagy 1).

1. táblázat: bináris számmá alakítás

77:2 = 38	1	1
38:2 = 19	01	0
19:2 = 9	101	1
9:2 = 4	1101	1
4:2 = 2	01101	0
2:2 = 1	001101	0
1:2 = 0	1001101	1

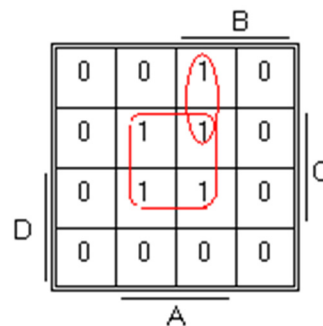
Az eredményt alulról – felfelé olvassuk, vagyis:

$$77_{10} = 1001101_2$$

2. feladat: Legyen egy négyváltozós függvény a következő alakban megadva:

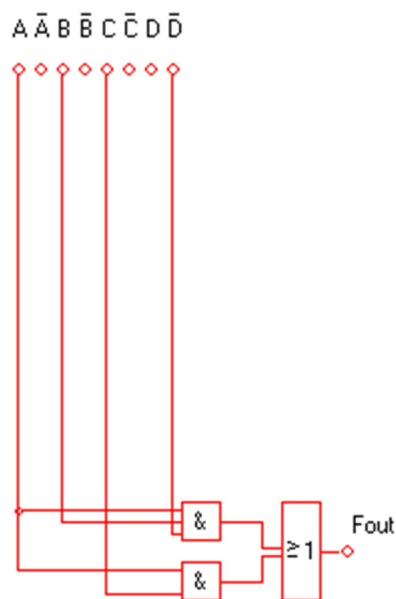
$$F(D, C, B, A) = \Sigma^4(3,5,7,13,15)$$

D	C	B	A	F _{out}
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1



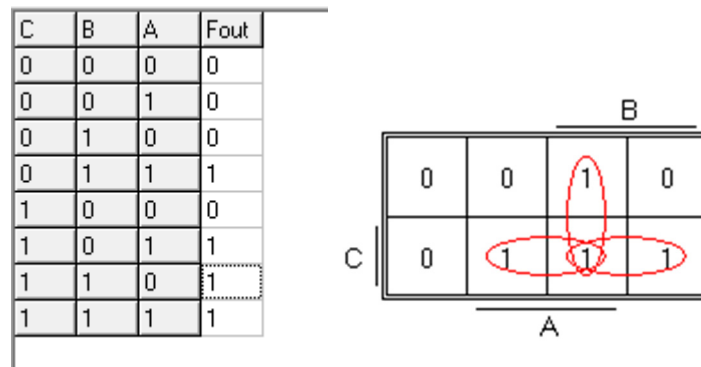
45. ábra: négyváltozós függvény igazságtáblázata (balra) és KV táblája (jobbra)

$$F_{out} = A \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C}$$



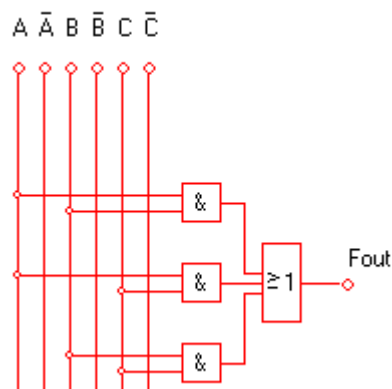
46. ábra: A függvény megvalósítása

3. feladat: Egy háromtagú zsűri egyidejű szavazással dönt. A kijelző akkor gyullad fel, ha legalább ketten támogatták a javaslatot.



47. ábra: háromváltozós függvény igazságtáblája (balra) és KV táblája (jobbra)

$$F_{out} = A \cdot B + B \cdot C + A \cdot C$$



48. ábra: A függvény megvalósítása

4. Tervezzük meg a 4221 BCD kódból 8421 BCD kódba történő kódátalakítás áramkörét.

Megoldás:

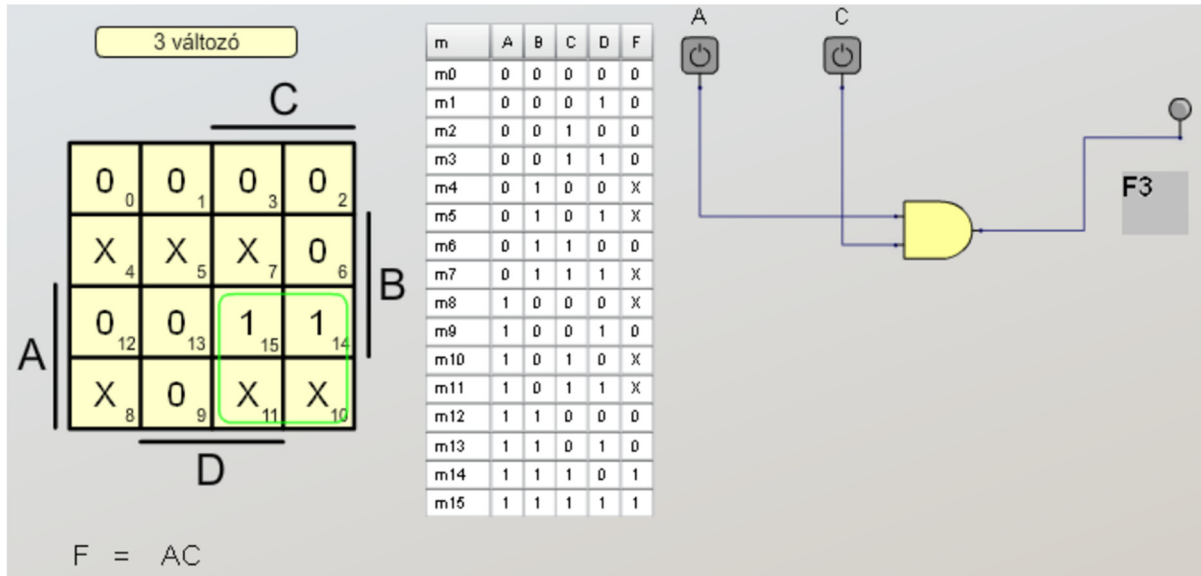
Első lépésként meg kell adni 0 – 9 számok BCD kódját mind 4221 mind 8421 súlyozással:

2. táblázat: kódátalakító bemenetei és kimenetei

	BEMENET				KIMENET			
súly	4	2	2	1	8	4	2	1
változó	A	B	C	D	F3	F2	F1	F0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	1
4	0	1	1	0	0	1	0	0
5	1	0	0	1	0	1	0	1
6	1	1	0	0	0	1	1	0
7	1	1	0	1	0	1	1	1
8	1	1	1	0	1	0	0	0
9	1	1	1	1	1	0	0	1

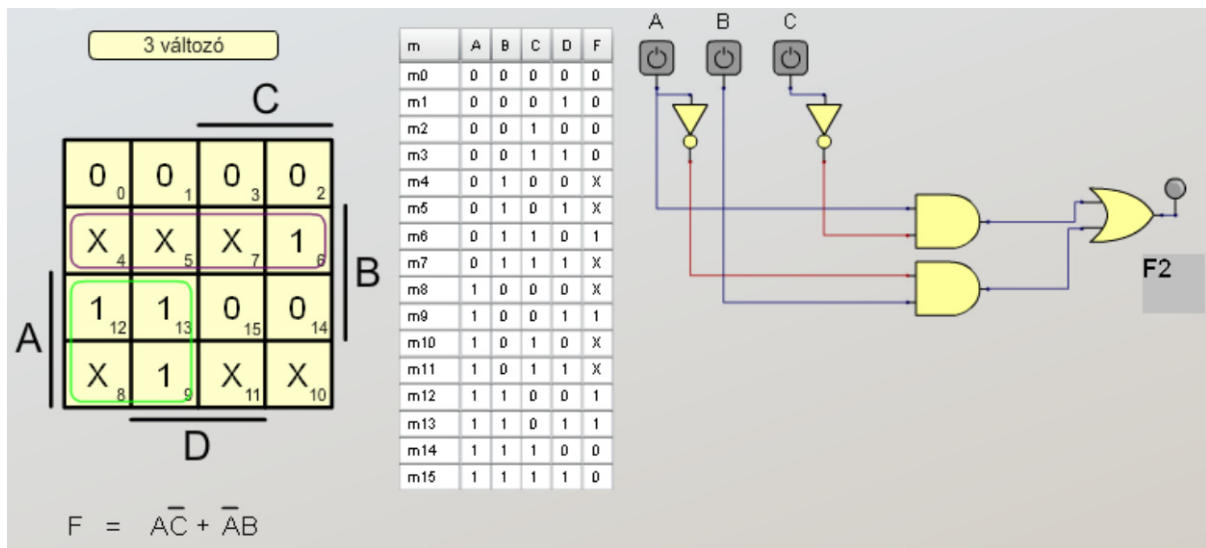
Következő lépés a kimenet (F3, F2, F1 és F0) összekapcsolása a bemenetekkel (A, B, C és D). Mivel mindkét BCD kód négybites, ezért 16 kombinációnk lesz, de ebből a tízes számrendszerben csak 10 különböző kombinációra (számjegyre) van szükség, ezért a nem létező 6 kombinációt közömbös értékekkel (x) vesszük figyelembe. A Karnaugh-módszer a példa egyszerűsége miatt könnyen használható, így négy táblánk lesz (F3, F2, F1 és F0 kimenetekre). Vigyázzunk arra, hogy a BCD 4221 táblázat mintermindexei adják a Karnaugh-tábla megfelelő mintermjait.

Ezek után F3:



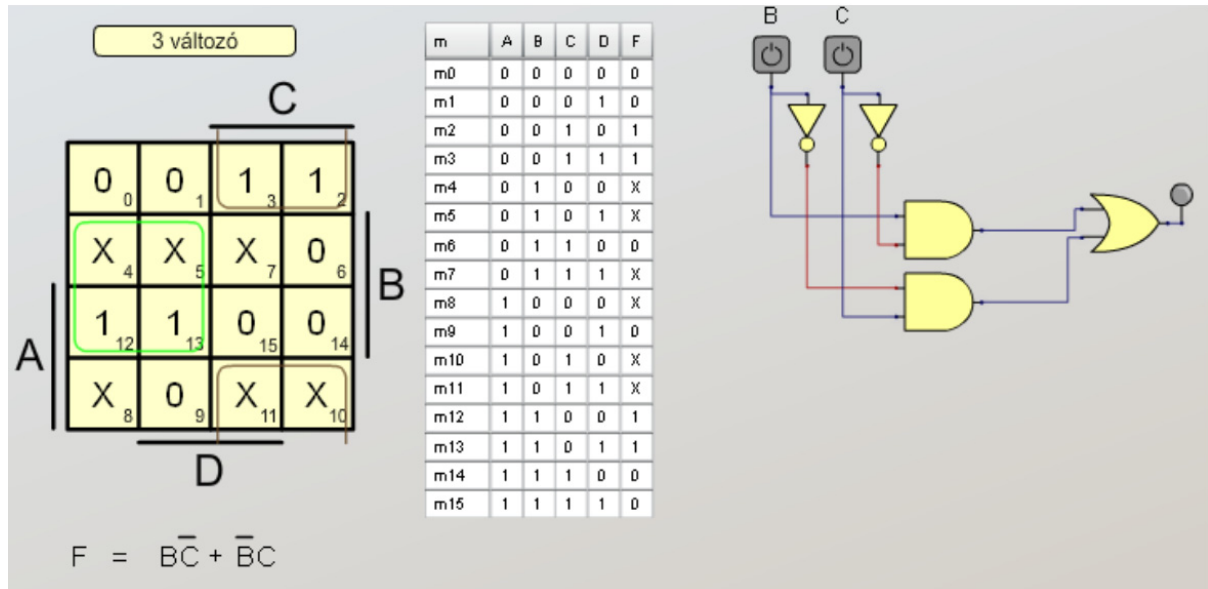
49. ábra: F3 meghatározása Karnaugh-táblával

F2 meghatározása:



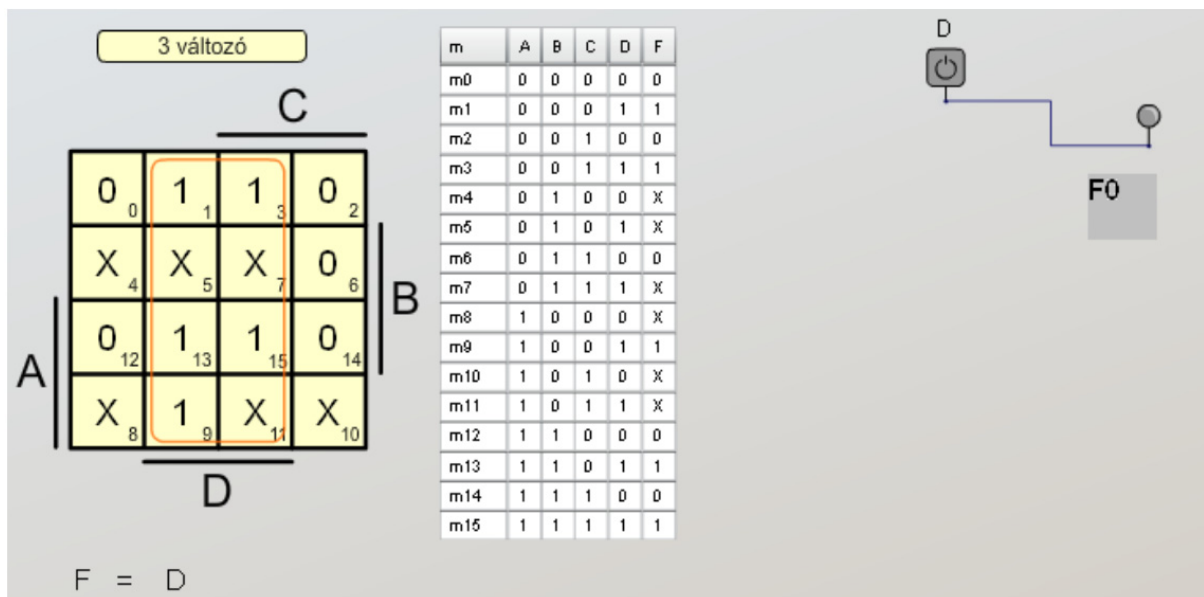
50. ábra: F2 meghatározása Karnaugh-táblával

F1 meghatározása:



51. ábra: F1 meghatározása Karnaugh-táblával

F0 meghatározása:



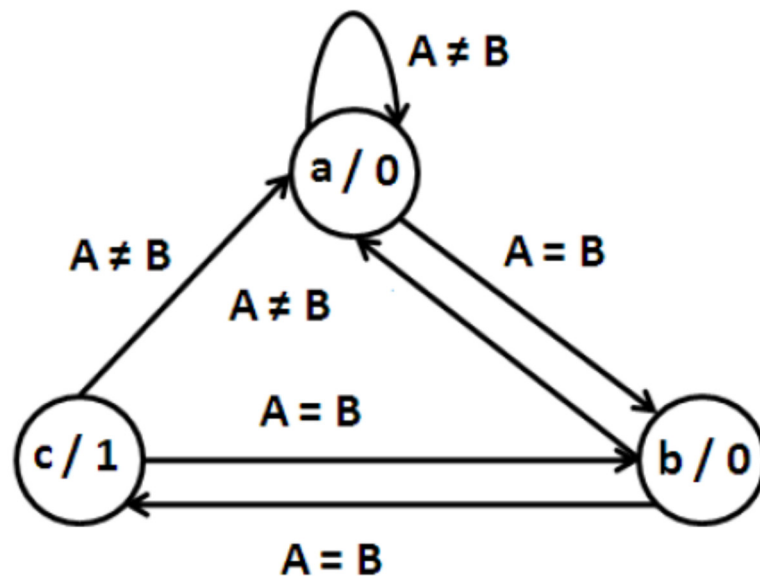
52. ábra: F0 meghatározása Karnaugh-táblával

5. feladat: Szinkron hálózat tervezése

Tervezzünk meg egy szinkron hálózatot, amelynek két bemenete van, A és B, valamint egy kimenete, F. A és B logikai jel az órajellel szinkronban érkezik a bemenetre. Ha különböznek a jelek értékei ($A \neq B$), akkor az F kimenet 0 értéket adjon az áramkör, ha A és B bemeneten azonos érték van ($A=B=0$ vagy $A=B=1$), akkor az utána következő azonos érték esetében $F=1$ legyen, egyébként kezdje újra az értékek figyelését a logika.

Megoldás:

A feladat megoldásához az előző szöveges leírásból ki kell hámozni az összefüggéseket és azokat valahogy olyan alakban ábrázolni ahol egyértelművé válnak a kapcsolatok. Ennek egyik lehetősége az átmeneti tábla, egy másik hatásos módszer pedig az állapotgráf, vagy más néven az állapotdiagram. Használjuk ki az állapotgráf előnyeit és rajzoljuk le a gráfot. A körök az állapotok, a nyilak az átmenetek, amelyeket az órajel lefutó éle vált ki.



53. ábra: állapotgráf

„a” állapotban van a rendszer, amikor a két bemeneten (A és B) különböző értékek jelennek meg ($A = 0$ és $B = 1$, illetve $A = 1$ és $B = 0$), az F kimeneten pedig 0 érték van. Ebből az állapotból csak a bemeneti értékek azonossága esetén mozdul ki, átugrik „b” állapotba, de ekkor még 0 a kimenet. Ezt természetesen az órajel lefutó éle okozza. A következő órajel hatására vagy újból „a” állapotba kerül a rendszer ($A \neq B$), vagy „c” állapotba, ekkor a kimenet $F = 1$ értéket vesz fel. A következő órajel esetén, amikor $A = B$, akkor „b” állapotba kerül vissza a rendszer, hiszen ha ismét $A = B$ bemenet van újból „c” állapotba kerül, de „c”-ből közvetlenül „a”-ba kerül $A \neq B$ esetén.

Ahhoz, hogy megtervezzük a kapcsolást ki kell tölteni a rendszer állapot tábláját, ezt az állapotgráfból egyszerűen megtehetjük:

3. táblázat: átmeneti tábla

Jelenlegi állapot	Következő állapot / kimenet	
	$A \neq B$	$A = B$
a	a / 0	b / 0
b	a / 0	c / 1
c	a / 0	b / 0

Három állapot kódolása csak 2 tárolóval lehetséges ($2^2=4>3$). Válasszuk a JK szinkron tárolót, amelynek állapot táblájából megkaphatjuk a vezérlési táblát.

4. táblázat: JK szinkron tároló igazságtáblája

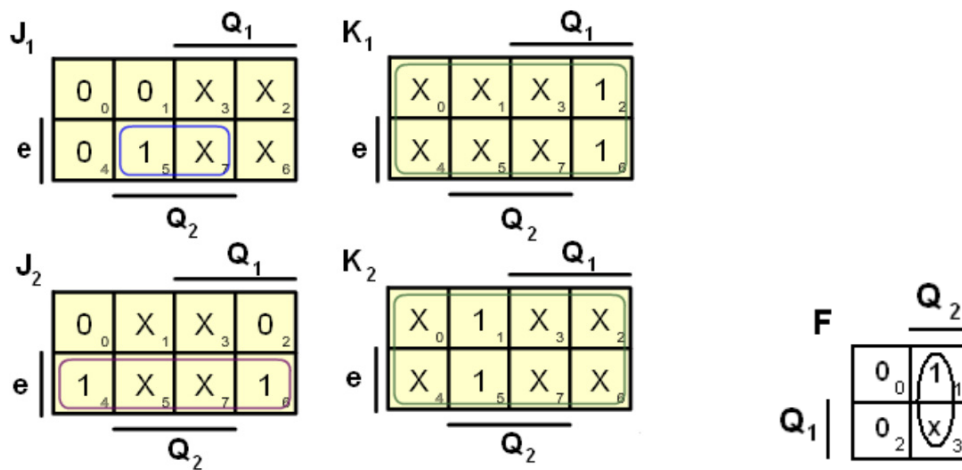
Q_t	Q_{t+1}	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

Miután meghatároztuk a tároló típusát kitölthetünk egy kombinált állapot táblát, amelyik tartalmazza a rendszer szimbolikus állapot tábláját, a kódolt állapot táblát és a vezérlési táblát.

5. táblázat: kombinált állapot tábla

szimbolikus állapot tábla			kódolt állapot tábla				vezérlési tábla							
aktuális állapot / kimenet	következő aktuális állapot		következő állapot		kódolt következő állapot		\bar{e}		e					
	Q_1	Q_2	\bar{e}	e	\bar{e}		J_1	K_1	J_2	K_2				
					Q_1	Q_2					Q_1	Q_2		
a / 0	0	0	a	b	0	0	0	x	0	x	0	x	1	x
b / 0	0	1	a	c	0	0	1	0	0	x	x	1	1	x
c / 1	1	0	a	b	0	0	0	1	x	1	0	x	x	1
	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

A vezérlési tábla adataiból Karnaugh módszerével megkaphatjuk az egyszerűsített vezérlési egyenleteket a két tároló számára, valamint meghatározhatjuk a kimenetet is.

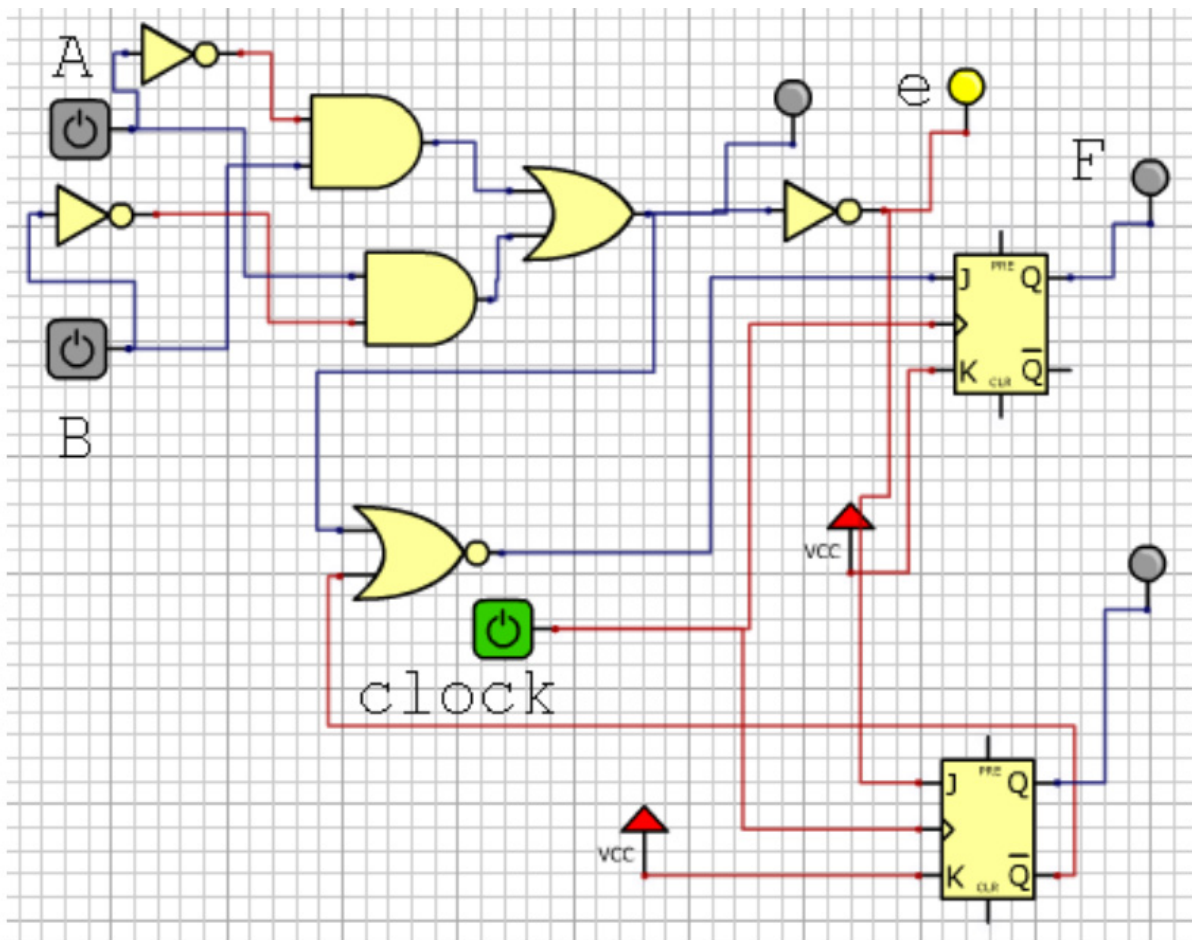


54. ábra: a változók igazságtáblája

A kapott vezérlési és kimeneti egyenletek:

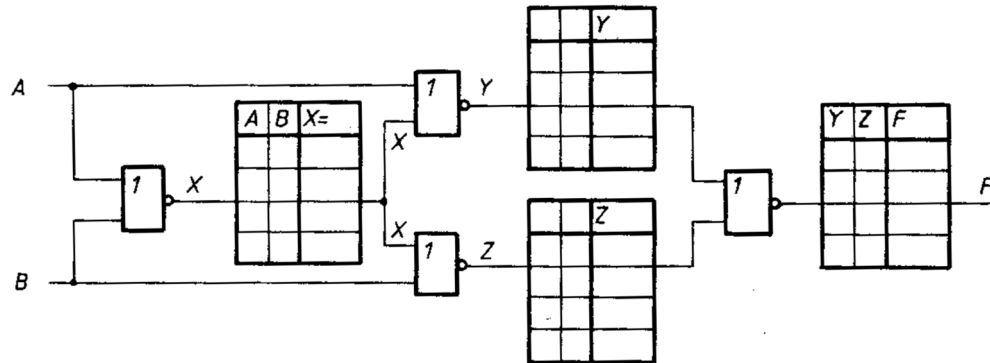
$$J_1=Q_2e \quad K_1=1 \quad J_2=e \quad K_2=1 \quad \text{és} \quad F=Q_1$$

Ezeket a képleteket átalakítva kapjuk a következő kapcsolási rajzot:



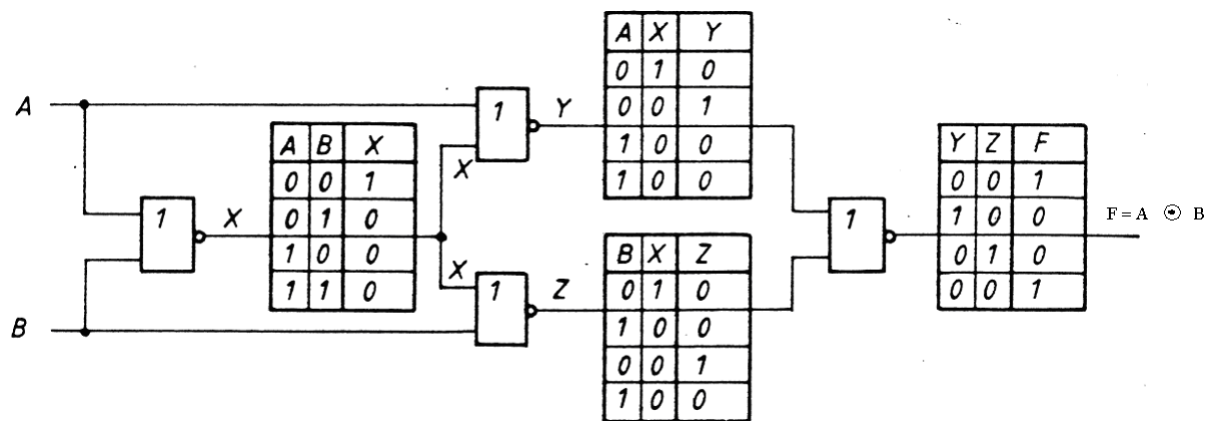
55. ábra: a kapcsolat megvalósítása

6. feladat: Töltse ki az ábra táblázatait a működésnek megfelelően és állapítsa meg az $F=f(A,B)$ függvénykapcsolatot!



56. ábra: digitális hálózat

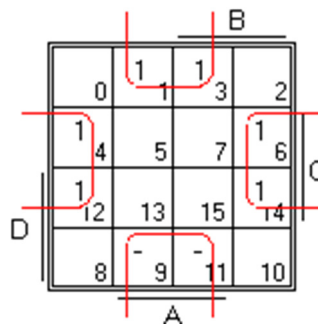
Megoldás:



57. ábra: digitális hálózat megoldása

7. feladat: Egyszerűsítse grafikai úton az $F^4 = \sum(1,3,4,6,9,11,12,14)$ függvényt és relés rendszerben valósítsa meg a hálózatot!

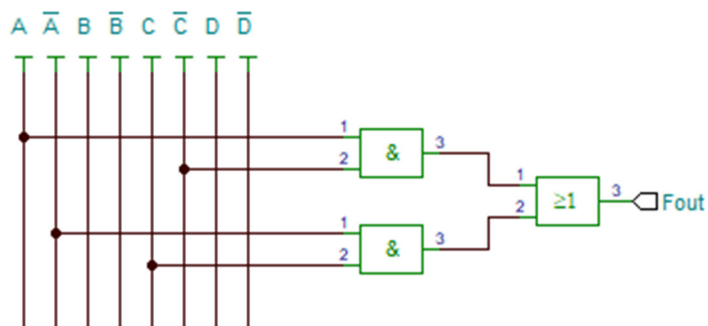
D	C	B	A	Fout
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	X
1	0	1	0	0
1	0	1	1	X
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0



58. ábra: négyváltozós függvény igazságtáblázata (balra) és KV táblája (jobbra)

$$F_{out} = C \cdot \bar{A} + A \cdot \bar{C}$$

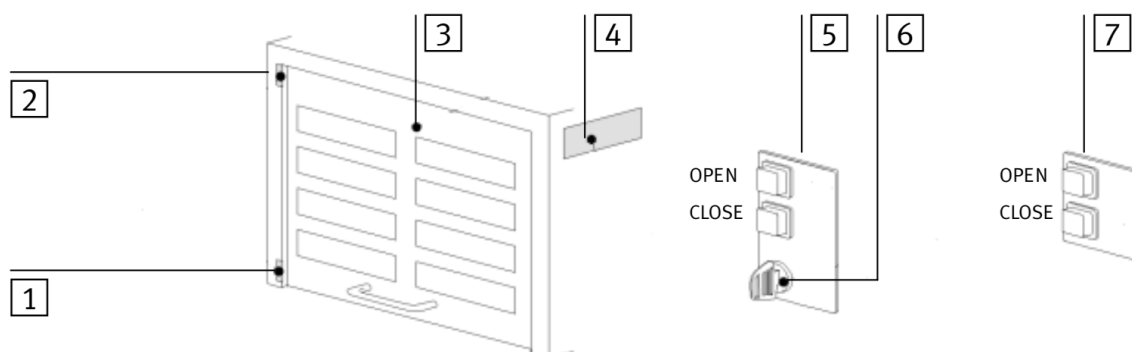
The logic function: $F_{out} = \bar{C} \cdot A + C \cdot \bar{A}$



59. ábra: a hálózat megvalósítása

PROGRAMOZHATÓ LOGIKAI VEZÉRLŐ PÉLDÁK [4]

1. példa: Készítsen garázskapecu vezérlést, amelyet kívülről és belülről is lehet vezérelni.

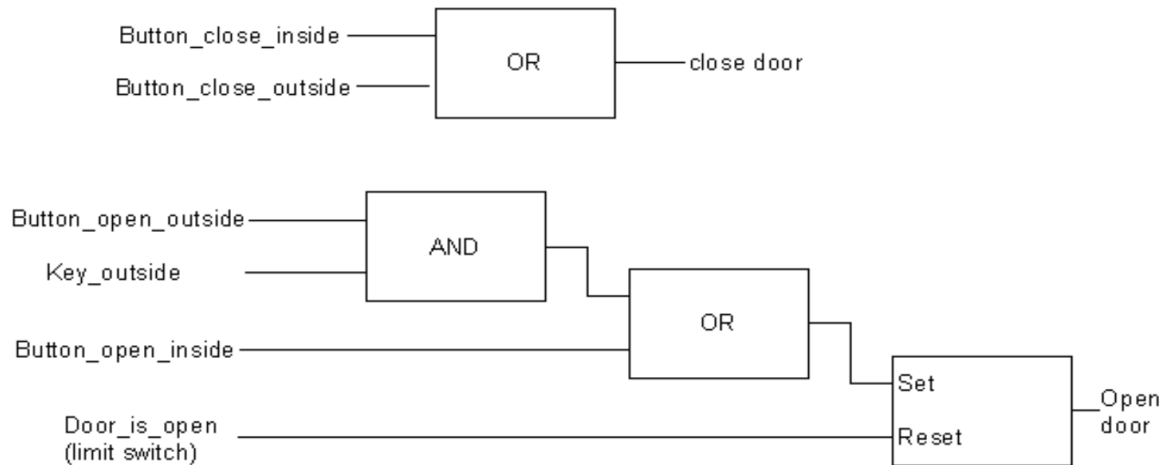


60. ábra: garázskapecu

- 1) alsó végállás kapcsoló
- 2) felső végálláskapcsoló
- 3) garázs kapecu
- 4) motor
- 5) külső oldali garázskapecu vezérlő
- 6) kulccsal vezérelhető kapcsoló
- 7) belső oldali garázskapecu vezérlő

A garázsajtót olyan módon kell szabályozni, hogy:

- az ajtó bármikor belülről és kívülről bezárható
- az ajtó csak akkor nyitható kívülről, ha a kulccsos kapcsoló és az OPEN gomb egyidejűleg működik
- az ajtó bármikor felnyitható belülről
- az ajtó mindig a felső végálláskapcsolóig megy, nyitó üzemmódban
- az ajtó csak akkor záródik le, ha a CLOSE gomb megnyomásra kerül.



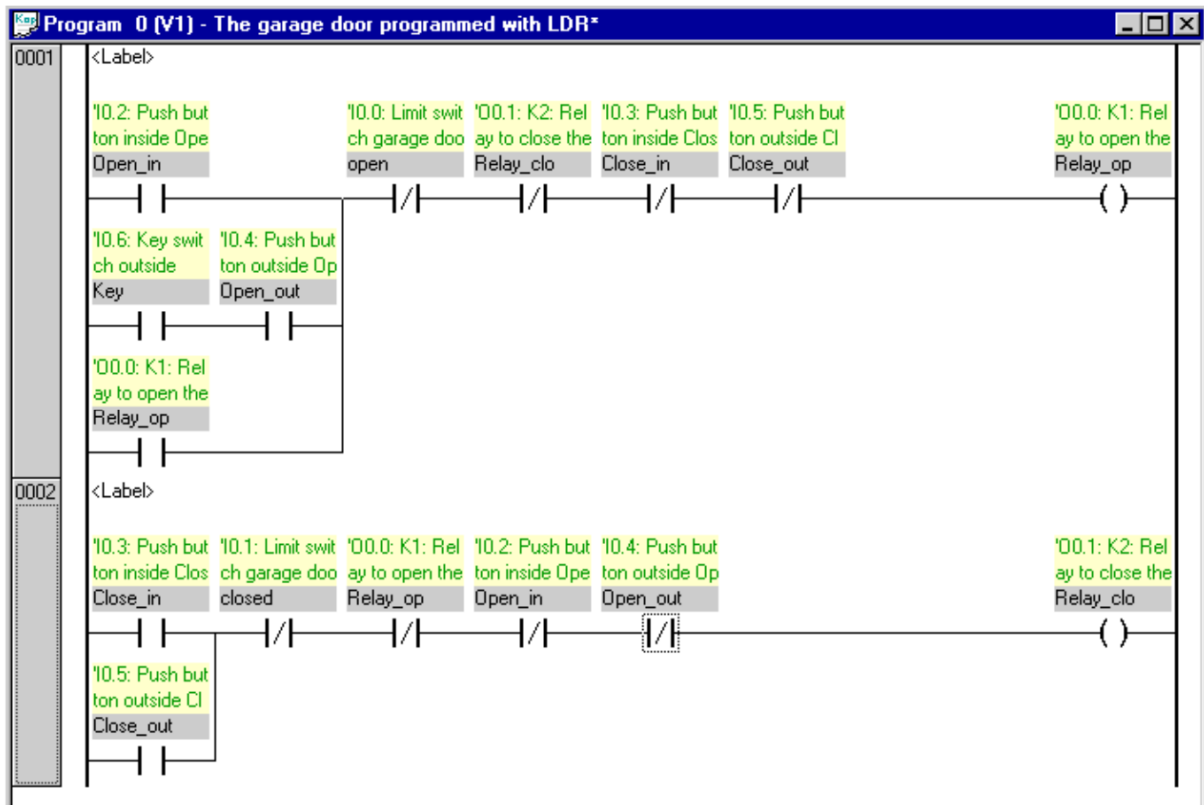
61. ábra: a programkód FBD-ben

```

IF      OR      Open_in      'I0.2: Push button inside Open
      OR      ( Open_out      'I0.4: Push button outside Open
      AND      Key          ) 'I0.6: Key switch outside
      AND      N Relay_clo    'O0.1: V2: Relay to close the door
      AND      N Close_in     'I0.3: Push button inside Close
      AND      N Close_out    'I0.5: Push button outside Close
      AND      N open         'I0.0: Limit keys garage door is open
THEN    SET      Relay_op     'I0.0: V1: Relay to open the door
IF      open      'I0.0: Limit keys garage door is open
      OR      Close_in      'I0.3: Push button inside Close
      OR      Close_out     'I0.5: Push button outside Close
THEN    RESET    Relay_op     'I0.0: V1: Relay to open the door
IF      ( Close_in      'I0.3: Push button inside Close
      OR      Close_out ) 'I0.5: Push button outside Close
      AND      N closed     'I0.1: Limit keys garage door is closed
      AND      N Relay_op   'O0.0: V1: Relay to open the door
      AND      N Open_in    'I0.2: Push button inside Open
      AND      N Open_out   'I0.4: Push button outside Open
THEN    SET      Relay_clo    'O0.1: V2: Relay to close the door
OTHRW  RESET    Relay_clo    'I0.1: V2: Relay to close the door

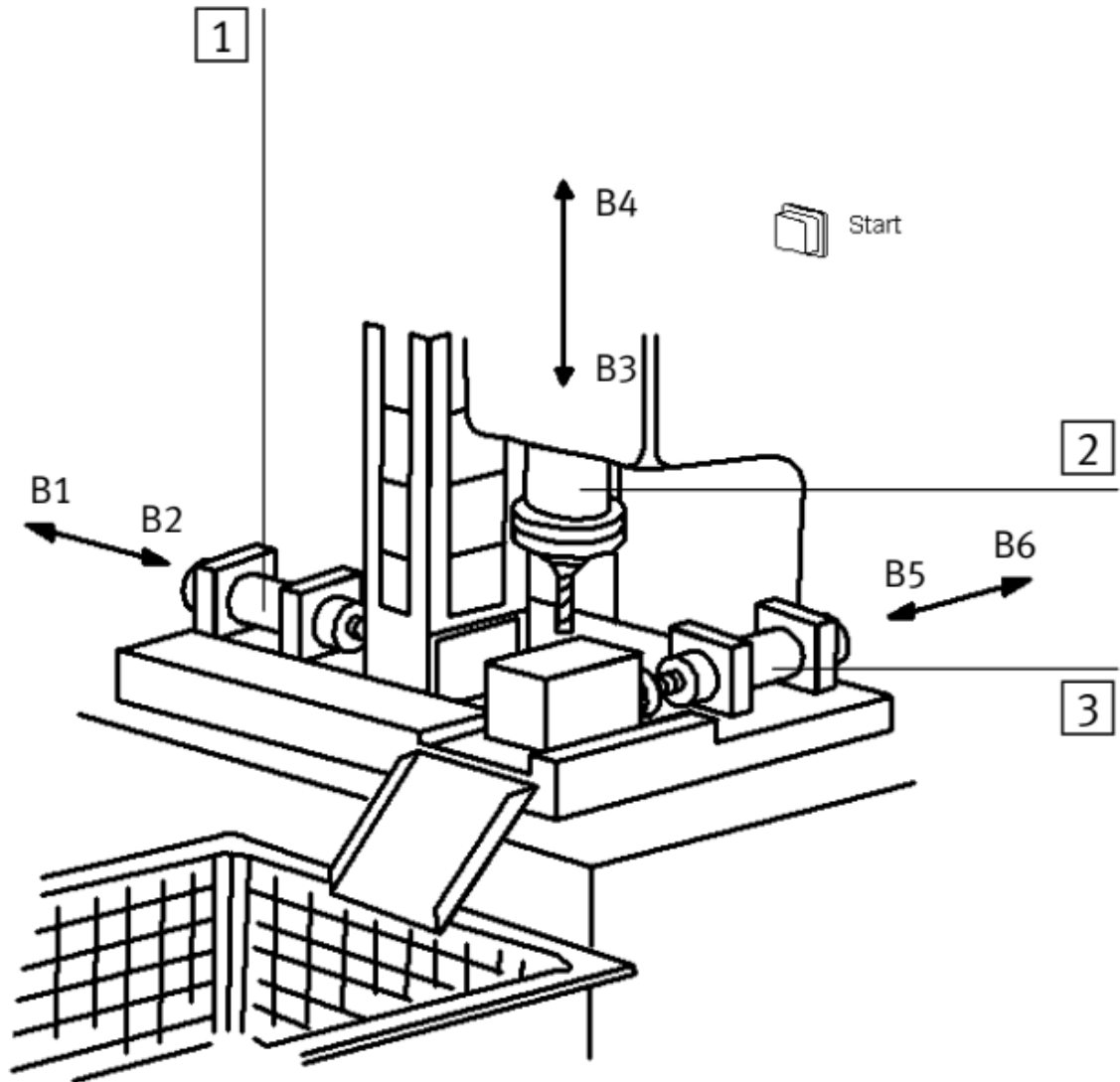
```

62. ábra: a programkód ST-ben



63. ábra: a programkód LAD-ben

2. példa: fúrógép



64. ábra: a fúrógép összeállítása

- 1) rögzítő munkahenger
- 2) fúrógép
- 3) ejektor

A fűrógép kezelőpanellel működtethető. Itt a következő gombok találhatóak:

6. táblázat: A fűrógép kezelőgombjai

gomb	funkció
start	automatikus folyamat indítása
megállító	megállítja a folyamatot a ciklus végén
folyamatos/szakaszos mód	választógomb, amely a folyamatos és a szakaszos üzemmód között vált. A lépések közötti léptetéshez a start gombot használják
stop	azonnali folyamat leállítás
automatikus/manuális	Választókapcsoló, amely az automatikus és kézi üzemmód között vált. A kézi üzemmód csak akkor kapcsolható be, ha az automatikus üzemmód nem aktív.
vissza a kiindulási pontra	a gép visszameny a kiindulási pontba. A vissza a kiindulási pontra gomb, csak kézi üzemmódban indítható el.
rögzítő	a rögzítő gombja manuális üzemmódban
fúró	a fúró gombja manuális üzemmódban
ejektor	az ejektor gombja manuális üzemmódban
vészleállítás	A vészleállítás megakadályozza a szabályozó kimenetét stressz nélkül. Ezenkívül a vészleállító egy jelet küld egy bemenetre, hogy a vezérlő tudja a vészleállást. A vészleállító feloldása után a rendszert vissza kell állítani a kiindulási helyzetbe, alkalmazni kell a vissza a kiindulási pontra gombot, mielőtt újraindulna.
start lámpa	Világít, ha a rendszer a kiindulási pozícióban van, és az automatikus üzemmódd indítható a start gombbal.
vissza a home pontra lámpa	Világít mindaddig, még a kiindulási pont program aktív.

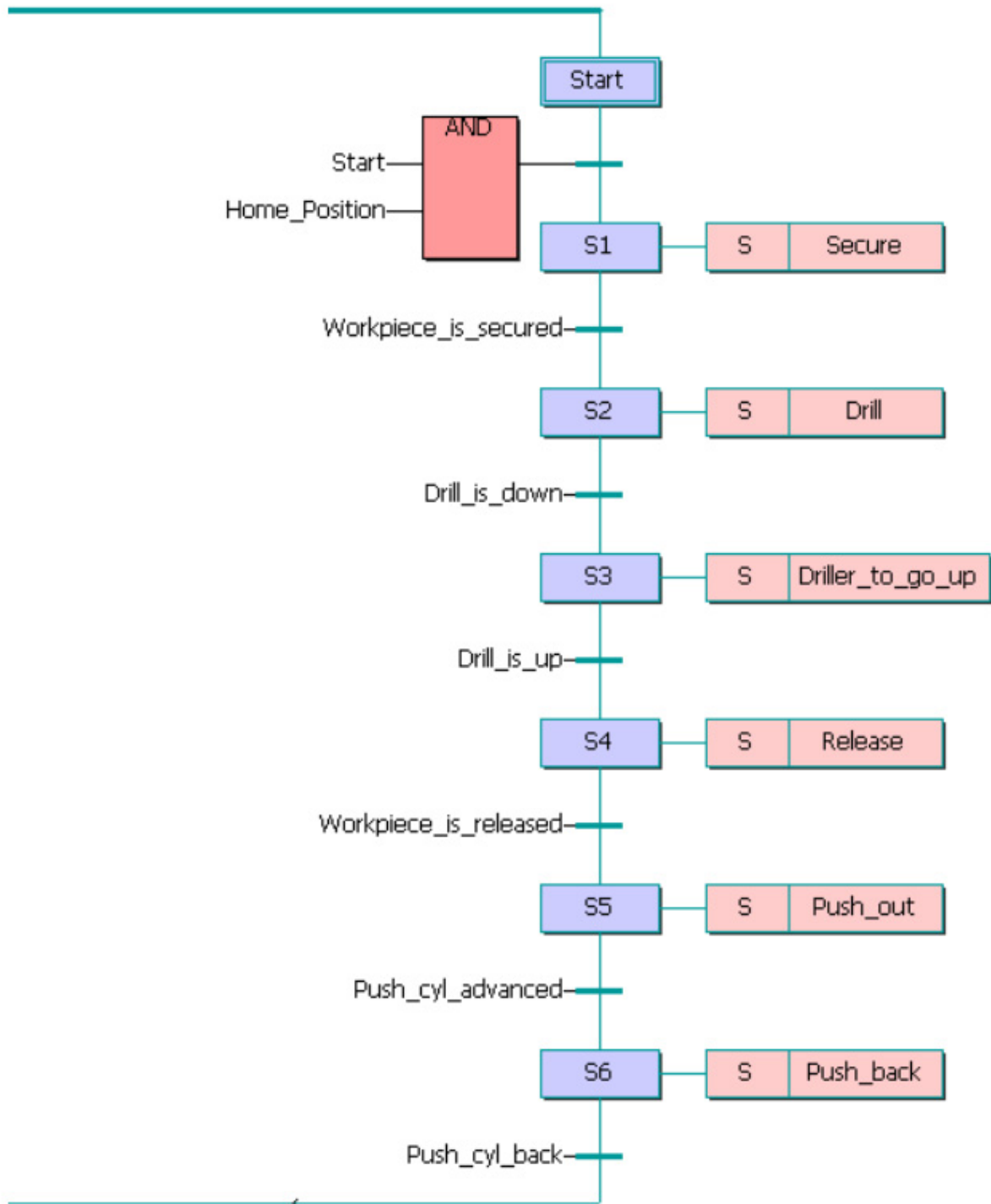
vészjelző lámpa	Megmutatja, ha vészleállítás történt, vagy ha vészleállítás után a gép ismét a kiindulási pozícióba került.
automatikus üzemmód lámpa	Megmutatja, hogy a gép folyamatos üzemmódban működik-e

A fűrőgép három működtetővel rendelkezik: szorító munkahenger, fűrő munkahenger és ejektor. Ha a munkahengerek hagyományosan betűkkel vannak ellátva, akkor az A, B és C munkahengerek vannak. Mindegyik munkahenger két végálláskapcsolót tartalmaz, az egyik a megfogás, a másik pedig az elengedés.

A három hengernek a következő mozgási sorrendben kell működnie automatikus üzemmódban:

A + B + B- A-C + C-

A mozgásszekvenciát a funkcionális tervben a következőképpen írja le (nem generálható az FST-ben, ez a diagram csupán példa):



65. ábra: a fűrógép SFC sorrendi ütemterve

Operand Symbol	Comment
I0.0 Released	B1: Clamp cylinder is released
I0.1 Clamped	B2: Clamp cylinder is clamped
I0.2 Drill_dow	B3: Drill cylinder is down
I0.3 Drill_up	B4: Drill cyllinder is up
I0.2 Ejected	B5: Ejector is forward
I0.5 Ej_back	B6: Ejector cylinder is back
I0.6 Start	S1: Start button
I0.7 Halt	S2: Halt button (breaker)
I0.8 Continous	S3: Continuous mode switch (0=inching mode)
I0.9 Stop	S4: Stop button (breaker)
I0.10 Automatic	S5: Automatic switch (0=manual)
I0.11 Home_pos	S6: Back to home position button
I0.12 Man_CylA	S7: Clamp cylinder manual button
I0.13 Man_CylB	S8: Drill cylinder manual button
I0.14 Man_CylC	S9: Ejector manual button
I0.15 Em_Stop	S10: Emergency stop switch (breaker)
O0.0 Aplus	Y1: Clamp the workpiece
O0.1 Aminus	Y2: Release the workpiece
O0.2 Driller	Y3: Drill cylinder
O0.3 Ejector	Y3: Ejector
O0.4 L_Start	H1: Start light
O0.5 L_Home	H2: Back to home position light
O0.6 L_Em	H3: Emergency stop light
O0.7 L_Auto	H4: Automatic continuous mode light

66. ábra: a fűrógép feladat bemenetei és kimenetei

"" Automatic mode of the drilling machine

```
STEP Aplus
  IF      Released      'B1 to I0.0 Clamp cylinder is released
    AND   Bohr_up       'B4 to I0.3 Drill clinder is up
    AND   Ej_back       'B6 to I0.5 Ejector cylinder is back
    AND   Em_Stop       'S10 to I0.15 Emergency stop (breaker)
    AND   Stop          'S4 to I0.9 TStop switch (breaker)
    AND   Start         'S1 to I0.6 Start button
  THEN   RESET   Aminus 'Y2 to O0.1 Clamp cylinder back
        SET     Aplus  'Y1 to O0.0 Clamp the workpiece

STEP Bplus
  IF      Released      'B2 to I0.1 Clamp cylinder is forward
  THEN   SET     Driller 'Y3 to O0.2 Drill cylinder

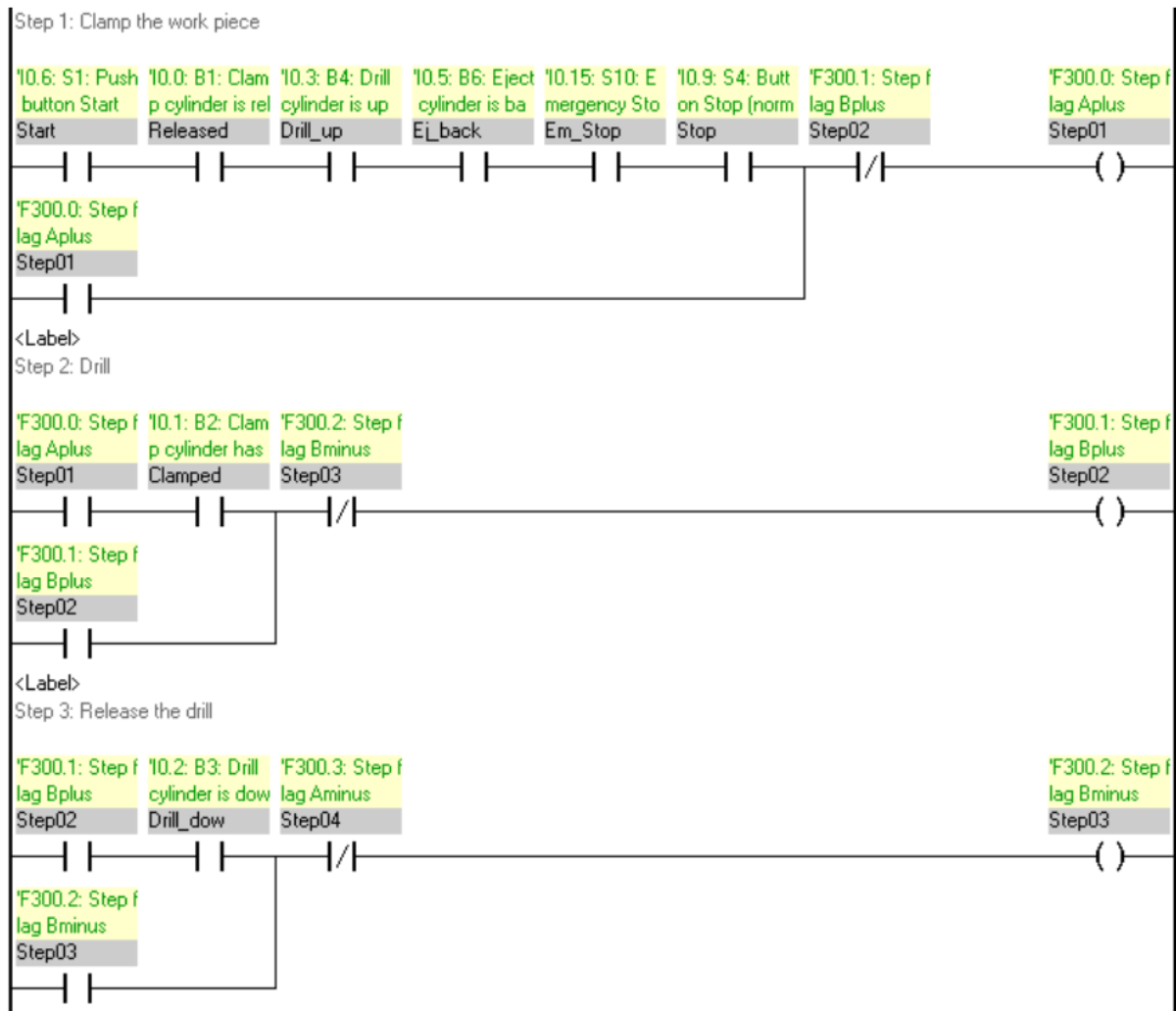
STEP Bminus
  IF      Drill_dow     'B3 to I0.2 Drill clinder is down
  THEN   RESET   Driller 'Y3 to O0.2 Drill cylinder

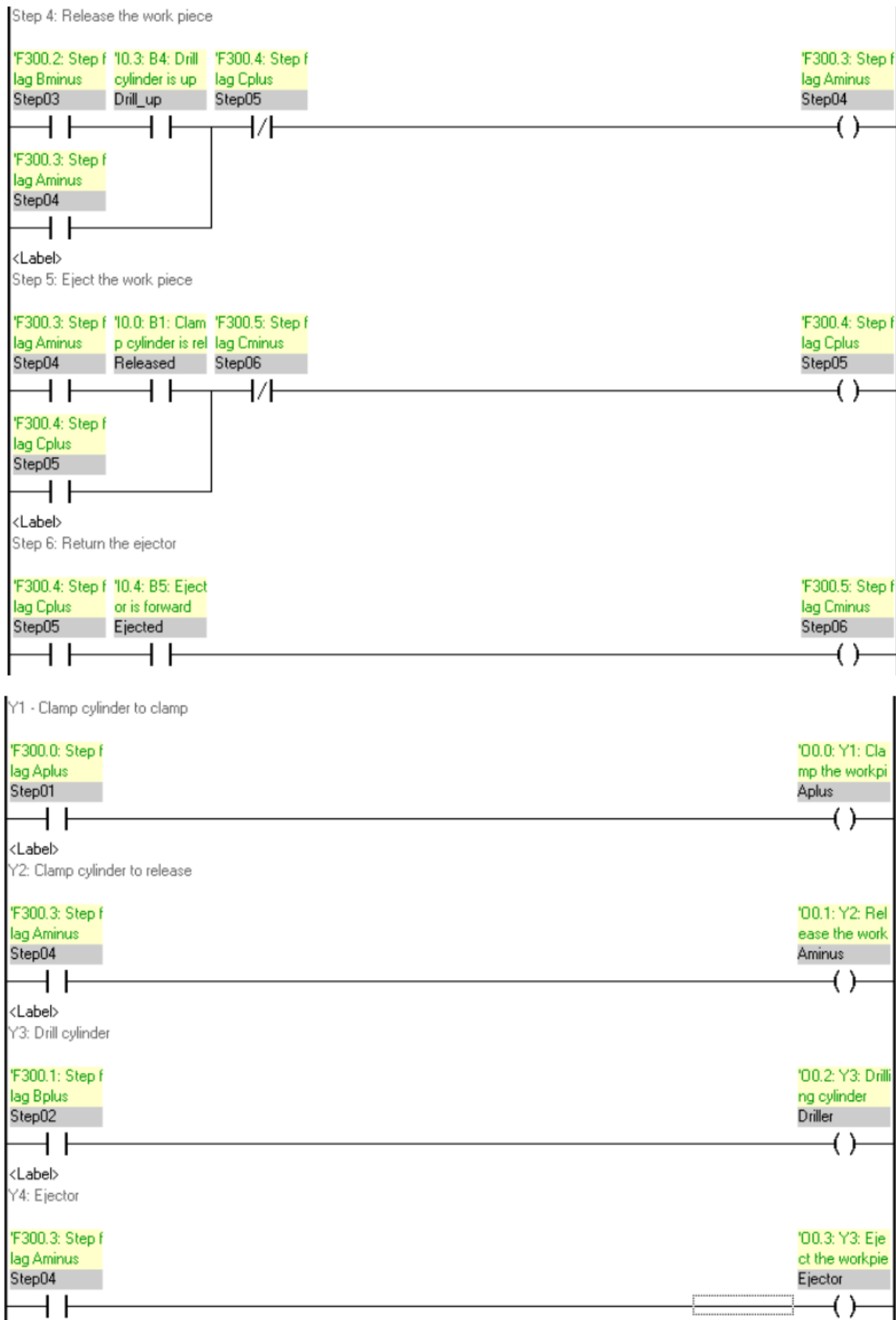
STEP Aminus
  IF      Bohr_up       'B4 to I0.3 Drill clinder is up
  THEN   RESET   Aplus  'Y1 to O0.0 Clamp the workpiece
        SET     Aminus  'Y2 to O0.1 Clamp cylinder is back

STEP Cplus
  IF      Released      'B1 to I0.0 Clamp cylinder is released
  THEN   SET     Ejector 'Y4 to O0.3 Ejector

STEP Cminus
  IF      Ejected       'B5 to I0.4 Ejector cylinder is forward
  THEN   RESET   Ejector 'Y4 to O0.3 Ejector
        JMP TO Aplus
```

67. ábra: fűrés automatikus üzemmódban ST programkód





68. ábra: a fúrógép LD programkódja

"" Automatic mode of the drilling machine

```

STEP Aplus
IF          Released      'B1 to I0.0 Clamp cylinder is released
  AND      Drill_up      'B4 to I0.3 Drill clinder is up
  AND      Ej_back       'B6 to I0.5 Ejector cylinder is back
  AND      Em_Stop       'S10 to I0.15 Emergency stop (breaker)
  AND N    Stop          'S4 to I0.9 Stop switch (breaker)
  AND      Start         'S1 to I0.6 Start button
THEN RESET Aminus       'Y2 to O0.1 Clamp cylinder back
  SET      Aplus         'Y1 to O0.0 Clamp the workpiece
  JMP TO Bplus

STEP Bplus
IF          Released      'B2 to I0.1 Clamp cylinder is forward
THEN SET   Driller       'Y3 to O0.2 Drill cylinder
  JMP TO Bminus

STEP Bminus
IF          Drill_dow     'B3 to I0.2 Drill clinder is down
THEN RESET Driller       'Y3 to O0.2 Drill cylinder
  JMP TO Aminus

STEP Aminus
IF          Drill_up      'B4 to I0.3 Drill clinder is up
THEN RESET Aplus         'Y1 to O0.0 Clamp the workpiece
  SET      Aminus       'Y2 to O0.1 Clamp cylinder is back
  JMP TO Cplus

STEP Cplus
IF          Released      'B1 to I0.0 Clamp cylinder is released
THEN SET   Ejector       'Y4 to O0.3 Ejector
  JMP TO Cminus

STEP Cminus
IF          Ejected       'B5 to I0.4 Ejector cylinder is forward
THEN RESET Ejector       'Y4 to O0.3 Ejector
  JMP TO Aplus

```

69. ábra: a fúrógép ST programkód

3. feladat: Időzítő alkalmazása

Egy darabszámlálónak jeleznie kell egy lámpán, hogy milyen darabszámú a termelés. A számlálási jel a bemeneten érkezik. A reset bemenet visszaállítja a számlálót 0-ra. A kimeneten piros szín látható, ha a mennyiség 10 alatti. A kimeneten a sárga látható, ha a mennyiség 10 és 20 között van. A kimeneten zöld látható, ha már több mint 20 darabot gyártottak.

```

""" Reset the piece counter
IF          I0.1          'Input reset piece counter
THEN LOAD  V0
          TO          FW0          'Piece counter

""" Count
IF          I0.0          'Piece counter signal
          AND      N      F1.0          'Edge detection input signal
THEN INC    FW0          'Peice counter
          SET      F1.0          'Edge detection input signal

IF          N      I0.0          'Signal piece counter
THEN RESET  F1.0          'Edge detection input signal

""" Evaluation quantity in red range
IF          FW0          'Piece counter
          <      V10
THEN SET    O0.0          'RED
          RESET  O0.1          'YELLOW
          RESET  O0.2          'GREEN

""" Evaluation quantity in yellow range
IF          (      FW0          'Piece counter
          <      V20 )
          AND      (      FW0          'Piece counter
          >=      V10 )
THEN RESET  O0.0          'RED
          SET    O0.1          'YELLOW
          RESET  O0.2          'GREEN

""" Evaluation quantity in red range
IF          FW0          'Piece counter
          >=      V20
THEN RESET  O0.0          'RED
          RESET  O0.1          'YELLOW
          SET    O0.2          'GREEN

```

70. ábra: ST programkód

4. feladat: Ciklusidő mérés

A kezdéshez mérni kell a CPU belső ciklusidejét. Ehhez egy FLAG-et használunk, amelyet minden egyes CPU ciklusban egyszer meghívunk. Minden másodpercben a végleges állapotot rögzítjük, elmentjük és konvertáljuk.

```

"" The flag word 0 is increased by 1 in each CPU cycle
IF          NOP
THEN  INC   FW0      'Is increased by 1 in each CPU cycle

"" A timer is started once every second
IF          N      T0      'Measure every second
THEN  SET   T0      'Measure every second
      WITH  1s

""The counter value is saved every second at the same time
      LOAD  FW0      'Is increased by 1 in each CPU cycle
      TO    R0      'Clipboard cycle counter

""And the cycle counter restarted
      LOAD  V0
      TO    FW0      'Is increased by 1 in each CPU cycle

""Evaluation of the counter status
IF          R0      'Clipboard cycle counter
      <>    V0
THEN  LOAD  V1000
      /     R0      'Clipboard cycle counter
      TO    R1      'Duration of a cycle in ms

```

71. ábra: ST programkód

5. példa: Reakcióidőmérés

A reakcióidő az az időtartam, amikortól egy jel keletkezik egy bemeneten ameddig egy kimenet át nem vált. A reakcióidőméréshez egy kis hardverre van szükségünk: A vezérlőhöz bemenetet és kimenetet vezetünk be. Minden alkalommal, amikor a bemenet átkapcsolódik a programba, egy módosított kimeneti jel következik be.

```

""" Switch output
IF          N      I1.0      'Input for reaction time measurement
THEN SET    O0.7    'Output for reaction time measurement
O Thrw RESET O0.7    'Output for reaction time measurement

""" Count
IF          I1.0      'Input for reaction time measurement
      AND   N      F2.0      'Edge flag for reaction time measurement
THEN INC    FW3      'Reaction time counter
      SET   F2.0      'Edge flag for reaction time measurement

IF          N      I1.0      'Input for reaction time measurement
THEN RESET F2.0      'Edge flag for reaction time measurement

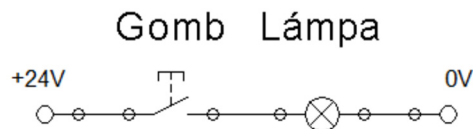
""" Evaluate
IF          N      T1      'Time for reaction time measurement
THEN SET   T1      'Time for reaction time measurement
      WITH 1s
      LOAD FW3      'Reaction time counter
      TO   R2      'Clipboard cycle counter
      LOAD V0
      TO   FW3      'Reaction time counter

""" Convert
IF          R2      'Clipboard for reaction time
      <>   V1000
      /    R2      'Clipboard for reaction time
      TO   R3      'Reaction time in ms

```

72. ábra: ST programkód

6. Milyen PLC programozási nyelveket definiál az IEC61131-3 szabvány? Nevezze meg őket, csoportosítsa, majd ezek közül 3 nyelven valósítsa meg az ábrán látható kapcsolást a Lámpa és Gomb szimbólumokkal.



73. ábra: lámpa vezérlési feladat

Szöveges rendszerű nyelvek:

Utasítás lista (IL) : LOAD Gomb TO Lámpa

Strukturált szöveg (ST) : IF Gomb THEN SET Lámpa; ELSE RESET Lámpa;
END_IF;

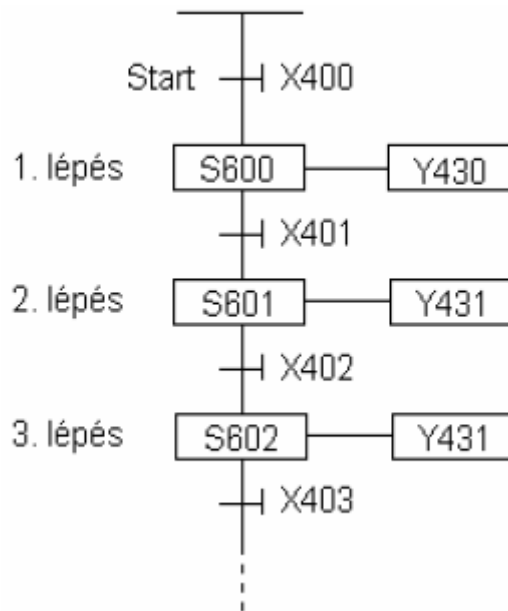
Grafikus rendszerű nyelvek: Gomb Lámpa

Létradiagram (LD): |----| |-----()----|

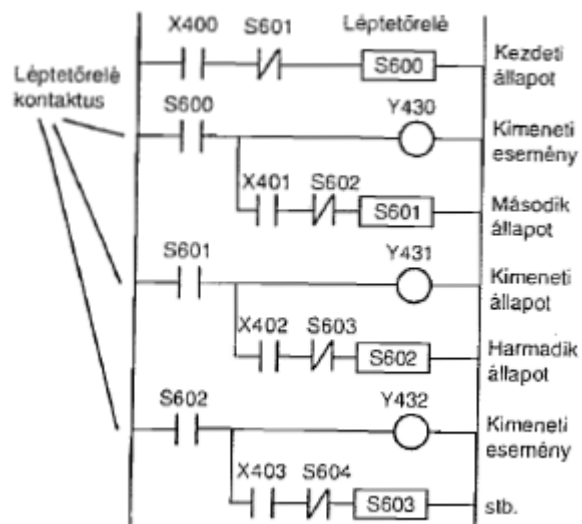
Funkcióblokk diagram (FBD)

Sorrendi folyamatábra (SFC)

7. Készítse el az alábbi SFC programrész LAD realizálását!



74. ábra: programrész SFC nyelvben



75. ábra: programrész LD nyelvben

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1.	táblázat: bináris számmá alakítás	66
2.	táblázat: kódátalakító bemenetei és kimenetei	69
3.	táblázat: átmeneti tábla	73
4.	táblázat: JK szinkron tároló igazságtáblája	73
5.	táblázat: kombinált állapottábla.....	73
6.	táblázat: A fűrógép kezelőgombjai.....	81

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása egygenerátoros hálózatban.....	7
2. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása kétgenerátoros hálózatban	9
3. ábra: Kirchhoff egyenletek alkalmazása háromgenerátoros hálózatban	10
4. ábra: Hurokáramok módszerének alkalmazása egygenerátoros hálózatban	11
5. ábra: Hurokáramok módszerének alkalmazása kétgenerátoros hálózatban	12
6. ábra: Hurokáramok módszerének alkalmazása háromgenerátoros hálózatban	13
7. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása egygenerátoros hálózatban ...	14
8. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása kétgenerátoros hálózatban ...	15
9. ábra: Csomóponti potenciálok módszerének alkalmazása háromgenerátoros hálózatban	16
10. ábra: Thévenin helyettesítő kapcsolás	17
11. ábra A kapcsolás dezaktivizált változata.....	17
12. ábra: Norton helyettesítő kapcsolás.....	18
13. ábra: A kapcsolás dezaktivizált változata.....	18
14. ábra: Thévenin helyettesítő kapcsolás	19
15. ábra: Váltakozó áramú hálózat	20
16. ábra: tranzistoros alapkapsolás	21
17. ábra: Negatív visszacsatolású műveleti erősítő kapcsolás	23
18. ábra Síkbeli csuklás, csúszkás mechanizmus	26
19. ábra: B pont sebessége	27
20. ábra: B pont sebessége a ($\xi\eta\zeta$) rendszerben	28
21. ábra: sebességábra	29
22. ábra: sebességábra	29
23. ábra: B pont gyorsulása	31
24. ábra: B pont gyorsulása a ($\xi\eta\zeta$) rendszerben.....	31
25. ábra: Coriolis gyorsulás	32
26. ábra: gyorsulásábra.....	33
27. ábra: gyorsulásábra.....	33
28. ábra: Síkbeli csuklás, csúszkás mechanizmus II.	34
29. ábra: Síkbeli csuklás, csúszkás mechanizmus elhelyezkedése	35
30. ábra: sebességábra	35
31. ábra: Szerkesztés az ω_2 meghatározásához	36
32. ábra: ω_2 meghatározása	38

33. ábra: ω_2 meghatározása	39
34. ábra: szelepemelő mechanizmus	40
35. ábra: foronomiai görbék	41
36. ábra: sebességábra	44
37. ábra: gyorsulásábra.....	46
38. ábra: helyettesítő (az eredetivel kinematikailag egyenértékű) mechanizmus	48
39. ábra: egy szabadságfokú tömör rugós lengéscsillapító rendszer.....	51
40. ábra: két kimenetű rendszer.....	54
41. ábra: egy szabadságfokú rendszerre műszerezéssel	57
42. ábra: gépjárműemelő felépítése.....	60
43. ábra: Szegecselőgép vezérlő programja	63
44. ábra: a rendszerek blokk diagramja.....	65
45. ábra: négyváltozós függvény igazságtáblázata (balra) és KV táblája (jobbra)	67
46. ábra: A függvény megvalósítása	67
47. ábra: háromváltozós függvény igazságtáblája (balra) és KV táblája (jobbra)	68
48. ábra:A függvény megvalósítása	68
49. ábra: F3 meghatározása Karnaugh-táblával	70
50. ábra: F2 meghatározása Karnaugh-táblával	70
51. ábra: F1 meghatározása Karnaugh-táblával	71
52. ábra: F0 meghatározása Karnaugh-táblával	71
53. ábra: állapotgráf.....	72
54. ábra: a változók igazságtáblája.....	74
55. ábra: a kapcsolás megvalósítása	74
56. ábra: digitális hálózat.....	75
57. ábra: digitális hálózat megoldása	75
58. ábra: négyváltozós függvény igazságtáblázata (balra) és KV táblája (jobbra)	76
59. ábra: a hálózat megvalósítása	76
60. ábra: garázskapu	77
61. ábra: a programkód FBD-ben.....	78
62. ábra: a programkód ST-ben.....	78
63. ábra: a programkód LAD-ben	79
64. ábra: a fűrógép összeállítása.....	80
65. ábra: a fűrógép SFC sorrendi ütemterve.....	83

66. ábra: a fúrógép feladat bemenetei és kimenetei	84
67. ábra: fúrás automatikus üzemmódban ST programkód.....	85
68. ábra: a fúrógép LD programkódja	87
69. ábra: a fúrógép ST programkód.....	88
70. ábra: ST programkód.....	89
71. ábra: ST programkód.....	90
72. ábra: ST programkód.....	91
73. ábra: lámpa vezérlési feladat	92
74. ábra: programrész SFC nyelvben	93
75. ábra: programrész LD nyelvben	93

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

- [1] Dr. Arun K. Samantary (Indian Institute of technology Kharagpur): About Bond Graphs http://groups.csail.mit.edu/drl/journal_club/papers/Samantaray__2001__www.bondgraphs.com_about.pdf
- [2] Dr. Hodossy László, *Elektrotechnika jegyzet*, Széchenyi István Egyetem Automatizálási Tanszék, Győr, 2004.
- [3] Dr. Tóth János: *Automatika*. Budapest TERC Kft. 2013. pp-132.
- [4] FESTO, *Festo Textbook*, Festo Esslingen, Federal Republic of Germany, 2004
- [5] Rabis Dimitrios, H-511 Bevezetés a Hidraulikába, FESTO Didactic, Budapest 2011. pp-143.
- [6] Bolla Gyula, EH-211 Bevezetés az elektropneumatikába, Budapest, 2006.
- [7] Kovácsné dr BENDE Margit: *Dinamika segédlet gépészmérnök hallgatók számára*. BME Gépészmérnöki Kar Műszaki Mechanika Tanszék
- [8] Matijevics István, *Digitális Technika Interaktív Példatár*, Szegedi Tudományegyetem, 2011.
- [9] Puklus Zoltán, *Elektronika Gépészmérnököknek*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2007.
- [10] Tranzisztoros kapcsolások kézi számítása, http://www.eet.bme.hu/publications/e_books/elektronika-kiegészito/tranzisztor.pdf letöltve: 2017.11.14.