

Vasútmodell áramszedők méretezése



Szerző:

Hadas Ádám

Járműmérnöki BSc szak

Vasúti járműmérnök specializáció

Széchenyi István Egyetem, Győr

Konzulensek:

Kovács Gáborné- mestertanár

Triesz Péter- egyetemi tanársegéd

(Mechatronika és Gépszerkettan Tanszék)

Győr, 2014.

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETŐ.....	2
2.	VASÚTI ÁRAMSZEDŐ PALETTÁJA.....	4
3.	OLLÓS ÁRAMSZEDŐ GEOMETRIÁJÁNAK MEGHATÁROZÁSA	5
3.1	Geometriai összefüggések ollós áramszedőre	8
4.	OLLÓS ÁRAMSZEDŐ RUGÓÁLLANDÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA.....	11
4.1	A mérés leírása.....	11
4.2	Rugóállandó meghatározása	14
5.	FÉLPANTOGRÁF ÁRAMSZEDŐK MÉRETMEGHATÁROZÁSA	17
5.1	Egyenesbe vezető mechanizmus.....	19
5.1.1	Az inflexiós kör tulajdonságai	20
5.2	Egyenesbe vezető mechanizmus szerkesztése az áramszedőhöz.....	20
5.3	Áramszedő geometriájának meghatározása számítással.....	24
6.	FÉLPANTOGRÁF RUGÓKARAKTERISZTIKÁJÁNAK MÉRÉSE	28
6.1	A mérés leírása.....	29
7.	MÉRETEZŐ PROGRAM	32
8.	KONKLÚZIÓ	34
9.	IRODALOMJEGYZÉK	35
10.	MELLÉKLET	36
10.1	MATLAB programok	36
10.1.1	Hely-idő függvény	36
10.1.2	Sebesség-idő függvény	36
10.1.3	Hely idő függvény érintő függvénye	36
10.1.4	Méretező program ollós áramszedőre.....	36
10.2	Műszaki rajzok.....	36

1. BEVEZETŐ

A Märklin Hungária Kft a világ egyik legpatinásabb modellvasút gyártó cégének magyarországi leányvállalata. Termékei leképezik az ipari forradalom kezdetétől napjaink csúcstechnológiájáig ívelő műszaki fejlődést, Stephenson gőzmozdonyaitól kezdve a németek híres nagysebességű motorvonatáig az ICE-ig.

A különböző mozdonytípusok külső megjelenése mellett azok méretei is eltérést mutatnak, de a valósághoz hasonlóan egyes elemek kialakítása megegyezik. Ezek közé tartozik az áramszedő is. Az áramszedő több alkatrészből áll, lehet ollós- (teljes-) vagy a félpantográf kialakítású [7][8]. Jelen dolgozatban ezen típusú áramszedőkről írunk, amelyek egyes részletektől eltekintve egységes konstrukciónak mondhatók, és minden esetben meg kell felelniük bizonyos paramétereknek.

Feladatunk az, hogy ezek figyelembevételével határozzuk meg az áramszedők lehetséges méreteit. Kiinduló adatunk a mozdony magassága és a rendelkezésünkre álló hely. Ezek alapján és a modellvasutakra érvényes szabványok [9] segítségével a következő paramétereket határozzuk meg az ollós típusú áramszedőkre:

- az áramszedő alapsapjainak távolsága,
- a tagok hossza,
- a működési magasság tartománya.

A félpantográfokra is meg kell határozni az előbb felsorolt paramétereket, de ezeket ki kell egészíteni az áramszedő függőleges egyenes irányú mozgását biztosító úgy nevezett egyenesbe vezető mechanizmus alábbi paramétereivel:

- a főcsap és a segédmechanizmus csapjának távolsága,
- a főcsap és a segédmechanizmus csapja közötti magasságkülönbség,
- és a segédmechanizmus karjának a hossza.

Az első lépés a mechanizmus tagjainak méret-meghatározása volt. Ez a négycsuklós mechanizmus geometriai összefüggéseinek segítségével, valamint az ezekből előállított helyszög (hely-idő) függvény segítségével történt. A függvényeket, valamint a kiinduló adatokat később közöljük. A pantográf ideális magasságát úgy határozzuk meg, hogy a függvény origójába húzott érintő egyenes és a hely idő függvény relatív eltérésének 10%-ot engedünk meg. Ez azért lényeges, mert az áramszedő palettája munkatartományában a függőleges irányú mozgásoknak lineáris jelleget kell követniük.

A vizsgálat másik kulcsfontosságú lépése, hogy a felsővezetékhez szorító erő a munkatartományban szintén lineáris jelleget mutasson. A bemutatott két vizsgálatra azért van szükség, hogy a munkatartományban, az esetleges felsővezeték-magasság ingadozások esetén az áramszedő kiszámíthatóan – tehát lineárisan – viselkedjen.

A vizsgálat kiterjed még az áramszedőben alkalmazott, a szorítóerőt kifejtő rugó karakterisztikájának mérésére, valamint az építendő áramszedőkben alkalmazott rugók karakterisztikájának meghatározására.

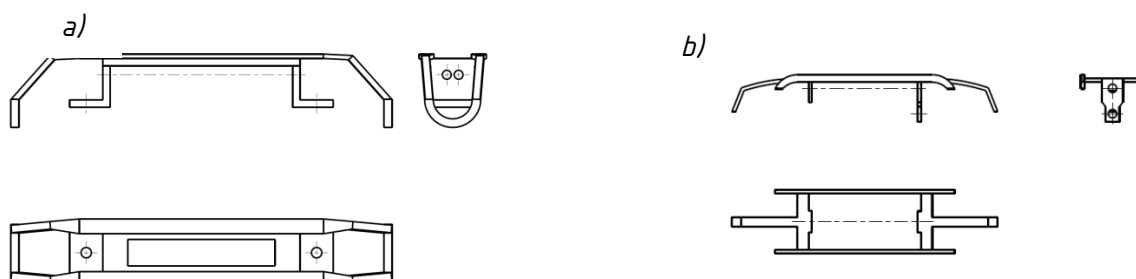
A modellezéshez elengedhetetlen egy teljes körű műszaki dokumentáció, ahol paraméteresen föl vannak tüntetve a tagok geometriai méretei. A dokumentációhoz szükséges egy olyan 3D-s modell, ahol demonstrálni tudjuk az áramszedő működését és a dinamikai vizsgálatokat el tudjuk végezni. A későbbiekben a modellezőprogram adottságait figyelembe véve a lehetséges áramszedő pontos geometriai méreteit visszaadó modell elkészítése lesz.

2. VASÚTI ÁRAMSZEDŐ PALETTÁJA

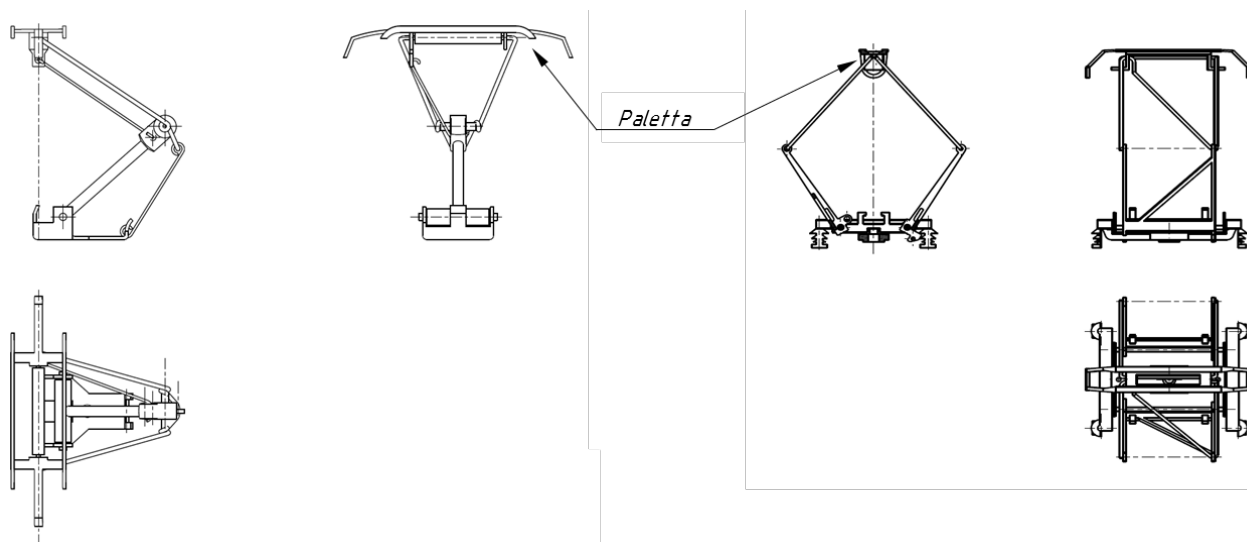
Ezt az alkatrészt azért szeretném bemutatni, mert a dolgozatom során hivatkozni fogok rá. Valamint, aki ebben a témában nem jártas, nem biztos, hogy tudja, hogy mi a paletta szerepe és hol található az áramszedőn.

Az áramszedő legfontosabb feladata, hogy a felsővezetékben lévő villamos energiát eljuttassa a mozdony villamos berendezéséhez. A nagyvasúti villanymozdonyokon ez egy létfontosságú alkatrész, nélküle nem tudna működni. Ez az alkatrész megtalálható a modellvasutakon is.

- a) Paletta: az áramszedőnek az a része, amely érintkezik a felsővezetékkel. Egy paletta sémáját az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra a) Ollós áramszedő palettájának, b) félpantográf palettájának három nézete

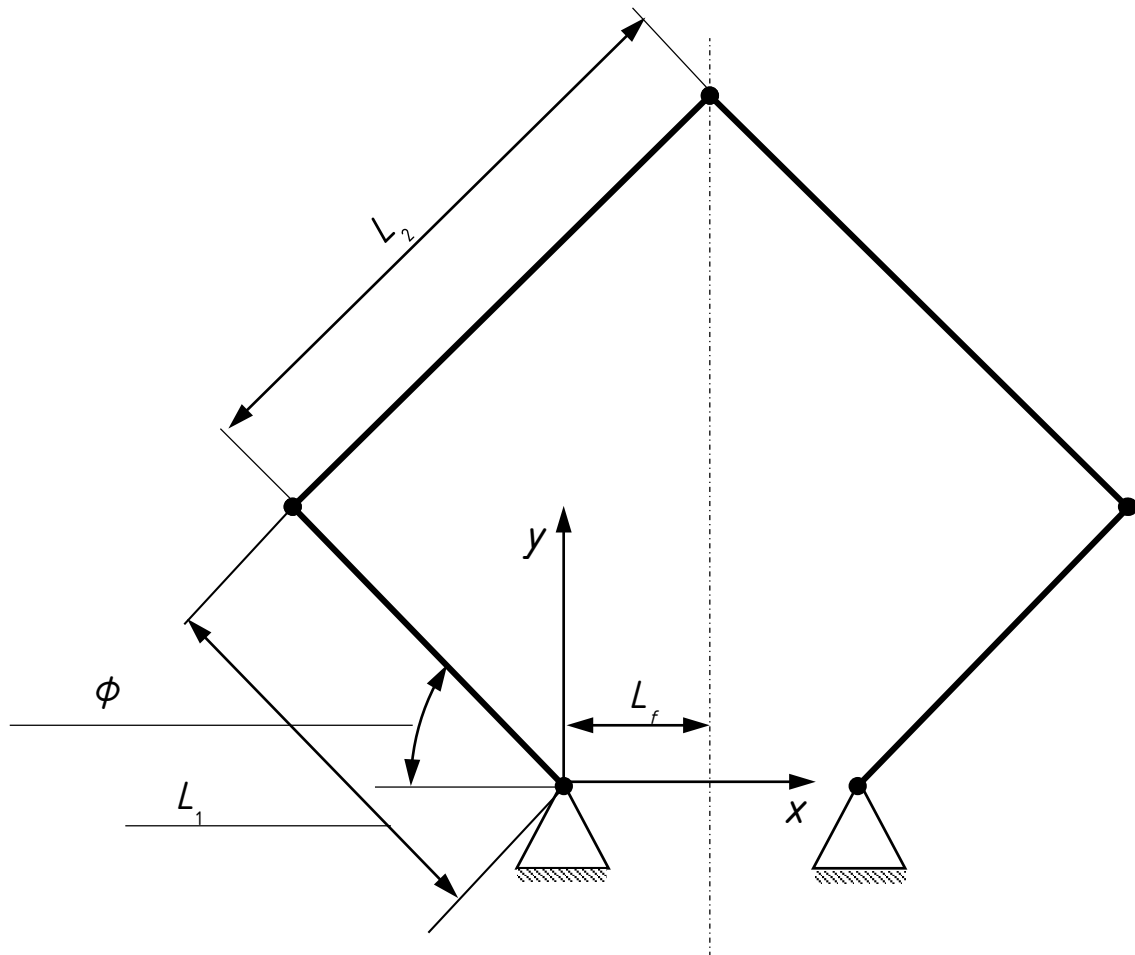


2. ábra Áramszedők három nézete

- b) A 2. ábra egy áramszedő jellegrajza látható. A rajzon jelöltük, hogy hol található a paletta az áramszedőn.

3. OLLÓS ÁRAMSZEDŐ GEOMETRIÁJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A bevezetőben említett módon az ollós pantográf egy négycsuklós mechanizmus. Ezt az 3. ábra szemlélteti, feltüntetve az egyes tagok paramétereit. Itt fontos megjegyezni, hogy a négycsuklós mechanizmus tükrözésével jön létre az ollós áramszedő, ezért lehetséges csak a felének a mechanikai vizsgálata. [3][4]



3. ábra Az áramszedő mechanikai modellje

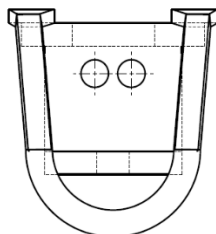
1. táblázat: A 3. ábra jelmagyarázata

Jel	Megnevezés
L_1	A mechanizmus 1. tagjának a hossza
L_2	A mechanizmus 2. tagjának a hossza
L_f	Az alapsapok távolságának a fele
φ	Az 1. tag az alapsíkkal bezárt szöge

Az áramszedő hely-idő függvénye:

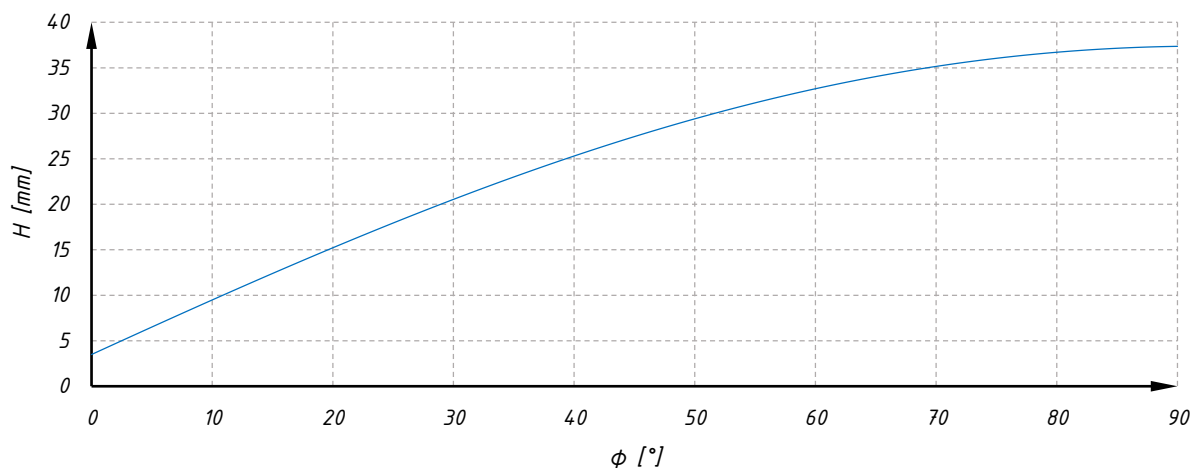
$$y(\varphi) = L_1 \cdot \sin(\varphi) + \sqrt{(L_1 + L_f)^2 - (L_1 \cdot \cos(\varphi) + L_f)^2},$$

ahol $\varphi = \omega \cdot t$, tehát az idő a függvényben implicit módon szerepel. Az L_f a két alapcsap távolságának a fele. Ezzel a közelítéssel azért lehet élni, mert a négycsuklós mechanizmus szimmetrikus. Meg kell jegyeznünk, hogy a pantográf palettájánál egymás mellett két csukló helyezkedik el (4. ábra). Ez a munkatartományban a paletta minimális billegő mozgását teszi lehetővé. Ezáltal a paletta követni tudja a felsővezeték mozgásait. A mechanizmus dinamikai vizsgálata során ettől el lehet tekinteni.



4. ábra A paletta csuklói ollós áramszedő esetén

A matematikai modellt MATLAB segítségével állítottuk elő (5. ábra, lásd: Függelék 5.1.1)



5. ábra Ollós áramszedő hely-idő függvénye

Ahhoz, hogy meg tudjuk határozni az áramszedő geometriai méreteit szükségünk van egy kitételre. A mechanizmus hely-idő függvénye szinuszos görbe. Ennek a kezdeti szakasza jó közelítéssel egy egyenes. Ahhoz, hogy a pantográf állandó sebességű kinyitás során a paletta sebessége is közel állandó legyen, a munkatartományt ebben a szakaszban kell tartani. Pontosabban egy bizonyos hibaszázalékot kell előírni, amiben még jó közelítéssel a függvény lineáris. Ezt úgy tudjuk elérni, hogy a hely-idő függvényt szögelfordulás szerint (ahol $\varphi = \omega \cdot t$, tehát implicit módon szerepel az idő) deriváljuk. Ekkor a következő függvényt kapjuk:

$$y(\varphi)' = v(\varphi) = (L_1 \cdot \cos \varphi) + \frac{(L_1 \cdot \cos(\varphi) + L_f) \cdot L_1 \cdot \sin(\varphi)}{\sqrt{(L_1 + L_f)^2 - (L_1 \cdot \cos(\varphi) + L_f)^2}}.$$

Ez az összefüggés a mechanizmus sebesség-idő függvénye.

A sebesség – idő függvénnyel jól szemléltethető az, ha egyenletes emelő sebességgel engedjük fel az áramszedőt, a függőleges irányú emelkedési sebesség nem lesz állandó.

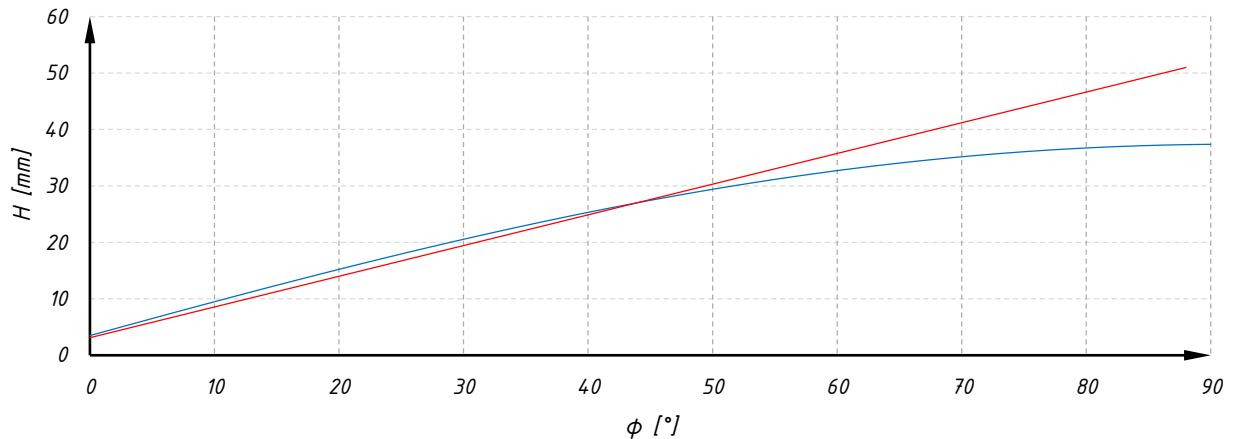
A sebesség-idő függvény segítségével előállítható a hely-idő függvény érintő egyenese. Az érintő definíciós összefüggése:

$$y = y_0 - f'(x_0) \cdot (x - x_0).$$

Ekkor a függvényre a következő alakban írható fel, ekvidisztáns háló esetén:

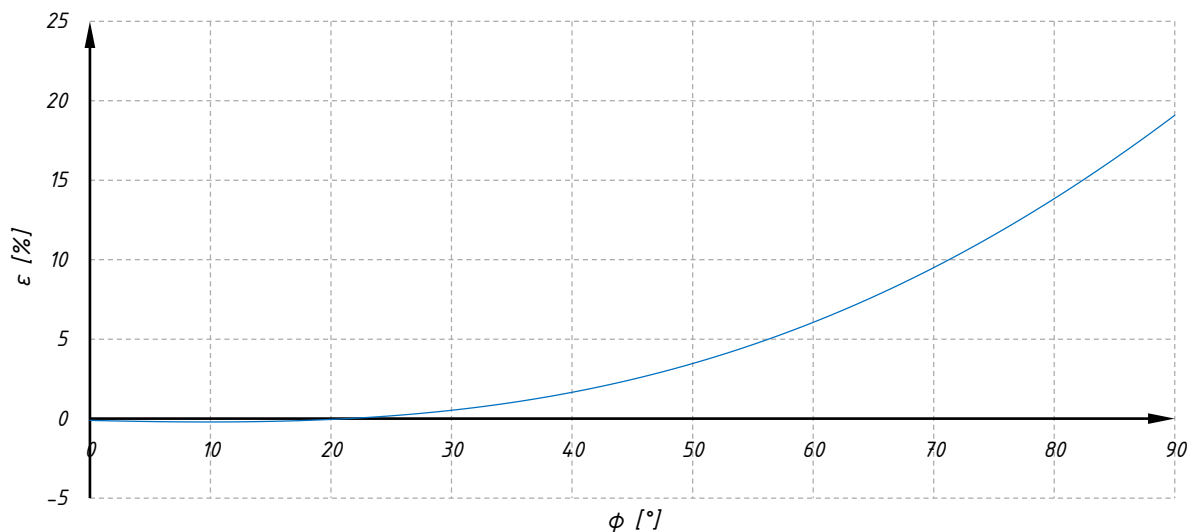
$$e(\varphi) = \left[\left(L_1 \cdot \cos(\varphi) + \frac{(L_1 \cdot \cos(\varphi) + L_f) \cdot L_1 \cdot \sin(\varphi)}{\sqrt{(L_1 + L_f)^2 - (L_1 \cdot \cos(\varphi) + L_f)^2}} \right) \cdot \varphi \right] - \varphi.$$

Az érintő egyenes az origóból indul, itt a szinusz függvény jó közelítéssel lineáris (7. ábra).



6. ábra Ollós áramszedő hely-idő függvény és érintője

Ezt a linearitást a hibagörbe jobban szemlélteti (7. ábra). Látható a hibagörbén, hogy a kezdeti szakaszban a görbe zérus értéket vesz fel, és csak egy bizonyos szög után fog jelentős eltérés adódni. A hibagörbét úgy tudjuk előállítani, hogy a hely-idő függvény értékeiből kivonjuk az érintő egyenes függvény értékeit. Az eltérés nagyságát viszonyítanunk kell az egyes szögértékekhez tartozó magassághoz. Ezt úgy kapjuk, hogy az eltérést elosztjuk a magassággal, majd megszorozzuk százszal. Ez azért fontos, mert az áramszedő függőleges mozgása nem követ teljesen lineáris jelleget. Ha csak ezt a szakaszt vizsgálnánk, akkor a munkatartomány túl szűk lenne, ezáltal a pantográf méreteit nem tudnánk teljesen kihasználni.

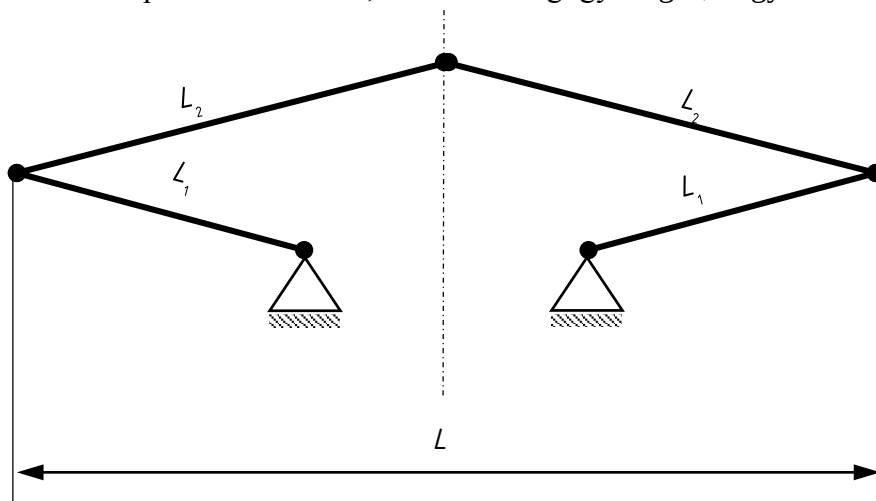


7. ábra Ollós áramszedő hibagörbéje

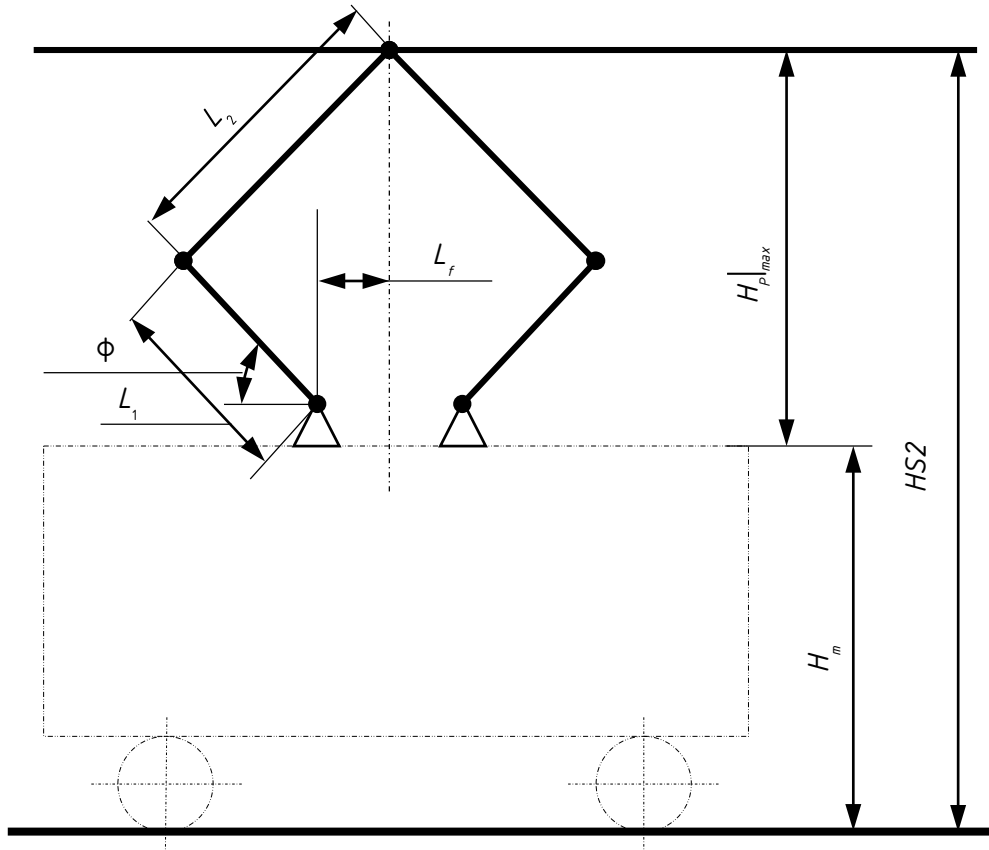
A paletta függőleges irányú mozgása során azért szükséges közel lineáris jelleget követnie, mert így kiküszöbölhető a pantográf nagy gyorsulásaiból származó dinamikai igénybevétel. A függőleges irányú mozgást, valamint a felsővezetékre szorító erőt rugó biztosítja. Ha a tagok tömegét nem hanyagoljuk el, és fellép gyorsulás, akkor a rugóerőn kívül fellép járulékos erő is, ami a felsővezeték-hálózat és az áramszedő károsodását okozhatja. Az áramszedő dinamikai vizsgálatával a dolgozat külön fejezetében bővebben is foglalkozni fogunk.

3.1 Geometriai összefüggések ollós áramszedőre

A Märklin Hungária Kft komoly mozdony-konstrukciós és gyártói munkát folytat, de az áramszedőket egy külsős gyártó cég készíti. Ezért az a legfontosabb feladat, hogy kidolgozzunk egy olyan számítási módszert, aminek segítségével a modellgyár képes lesz meghatározni egy áramszedő geometriáját. A céggel történt egyeztetés során körvonalazódott a feladat, miszerint a mozdony magassága és a rendelkezésre álló hely megadása után, egy működő áramszedőt tudjanak konstruálni. A feladat elkészítéséhez rendelkezésünkre bocsájtottak modelláramszedőket valamint a felsővezeték üzemre érvényes modellvasúti szabványokat, mint például a NEM 202-es számú szabványa, (NEM: Normen europäischer Modellbahnen vagyis Európai modellvasúti szabványok). A szabvány előírja a működési tartományt, ez H0-ás méretarányban egy 15 mm széles sáv, de a különböző méretarányoknál (amik szintén NEM szabványos) különböző nagyságot enged meg. A működési tartományt úgy határozza meg, hogy megadja a felsővezeték maximális magasságát ($HS2$), valamint a minimális magasságát ($HS1$). Nekünk biztosítani kell ebben a tartományban az áramszedő lineáris viselkedését. A jelölési rendszerünkben $HS2$. A működési tartomány úgy határozható meg, hogy a $HS2$ -ből levonjuk a $HS1$ -et. Az áramszedő szükséges magassága pedig úgy adódik, hogy a $HS2$ -ből kivonjuk a mozdony magasságát. A valóságban a rudazat vastagsági méretei miatt ez a $\varphi = 0$, vagyis teljesen zárt állapot nem érhető el, de közelítőleg így is igaz, hogy $L \cong 2 \cdot L_2$ (9. ábra).



8. ábra Ollós áramszedő méretei összecukott állapotban



9. ábra Ollós áramszedő méretei kinyitott állapotban

Ezt a problémát csak egyenletrendszer felírásával lehet meghatározni. Elsőként meg kell határozni a két tag L_1 és L_2 arányát. Ennek az arányát több áramszedő mérése alapján 0,75-nek állapítható meg. Tehát $\frac{L_1}{L_2} \cong 0,75$ ebből kifejezve L_1 -et: $L_1 \cong 0,75 \cdot L_2$. Valamint az $L_2 = L_1 + L_f$ összefüggésből $L_f \cong 0,25 \cdot L_2$, mellyel az egyenletrendszer:

$$\left. \begin{aligned} L_2 &= \frac{L}{2}, \\ H_p|_{max} &= HS2 - H_m, \\ L_1 &\cong 0,75 \cdot L_2, \\ L_f &\cong 0,25 \cdot L_2, \\ y(\varphi) &= L_1 \cdot \sin \varphi + \sqrt{L_2^2 - (L_1 \cdot \cos \varphi + L_f)^2}. \end{aligned} \right\}$$

Behelyettesítés után:

$$H(\varphi) = y(\varphi) = 0,75 \cdot L_2 \cdot \sin \varphi + \sqrt{L_2^2 - (0,75 \cdot L_2 \cdot \cos \varphi + 0,25 \cdot L_2)^2}.$$

Az eredeti H függvényekbe visszahelyettesítve az L_1 -es és L_f -t, fel tudjuk venni az adott áramszedőre vonatkozó hibagörbét. Ezt követően meghatározható, hogy az adott eltéréshez mekkora magasság tartozik. Ha az elvárásoknak megfelelő magasságot kapunk az L_1 és L_2 arányát helyesen határoztuk meg. Ha ez nem teljesül, akkor az L_1 és L_2 arányát változtatni kell,

hogy a magasság a lehető legoptimálisabb legyen. Az áramszedő méretezéseinek a lépései egy táblázatban összefoglalva:

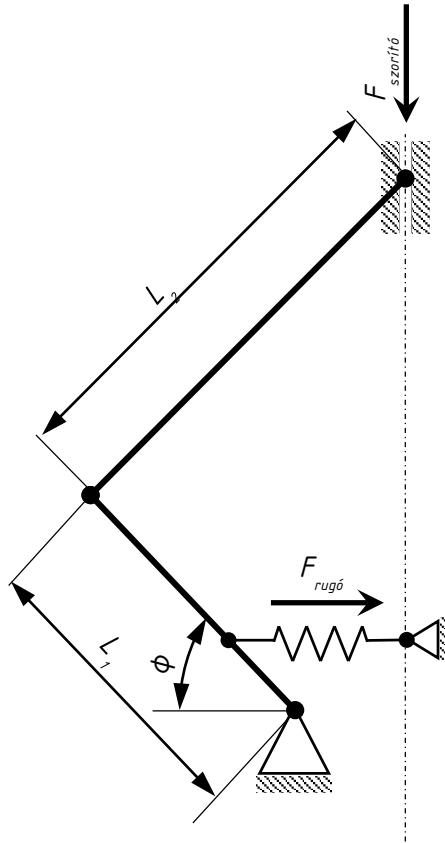
2. táblázat: Számítási módszer ollós áramszedő esetén 3][4]

	Bemenő adat	Számolási mód
1.	L	$L_2 = \frac{L}{2}$
2.	H_m	$H_p _{max} = HS2 - H_m$
3.	L_2	$L_f \cong 0,25 \cdot L_2$
4.	L_2	$L_1 \cong 0,75 \cdot L_2$
5.	$H_p _{max}, L_2$	$H = y(\varphi) = 0,75 \cdot L_2 \cdot \sin \varphi + \sqrt{L_2^2 - (0,75 \cdot L_2 \cdot \cos \varphi + 0,25 \cdot L_2)^2}$
6.	φ, L_1, L_f	MATLAB segítségével ellenőrizzük, hogy lehetséges-e ez az áramszedő
7.		Ha nem lehetséges ez az összeállítás, akkor az $\frac{L_1}{L_2}$ arányán változtatva új áramszedőt konstruálunk

Méretezéshez a MATLAB-ban egy programot készítettünk, mely az ismertett lépésekben meghatározza az áramszedő méreteit. A méretezéskor, csak azt kell ismerni, hogy a tagok arányát hogyan kell változtatni a legoptimálisabb áramszedő méretekhez.

4. OLLÓS ÁRAMSZEDŐ RUGÓÁLLANDÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Ennek a vizsgálatnak azért van jelentősége, mert fontos annak az erőnek a vizsgálata, amivel az áramszedő palettáját a felsővezetékhez szorítjuk.

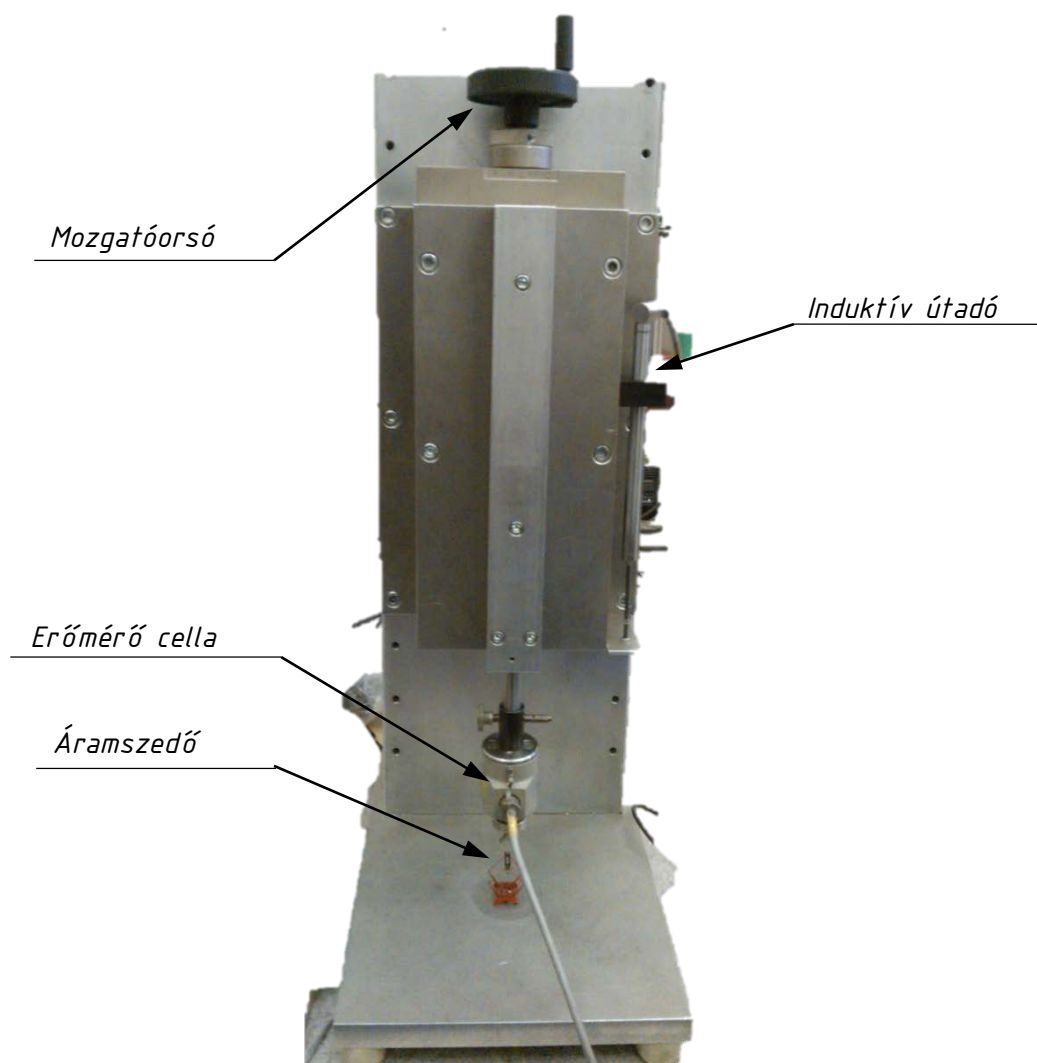


10. ábra Ollós áramszedő dinamikai modellje

A 3. ábrán látható modellt egy rugóval kiegészítve kapjuk a pantográf dinamikai modelljét (10. ábra). A Märklintől kapott áramszedővel egy sorozat mérést végeztünk. A mérés során megállapítottuk, hogy az áramszedőben alkalmazott rugónak a munkatartományban konstans erőt kell kifejtenie. Erre azért van szükség, hogy a magasságtól függetlenül mindig azonos legyen az az erő, ami a paletta és a felsővezeték között ébred. A rugónak nem csak a szorítás a feladata, hanem biztosítania kell, hogy a pantográf mindig ki tudjon nyílni, valamint követni tudja a felsővezeték magasságingadozását. Az áramszedő mechanikusan biztosítja a konstans szorítóerőt. Ezt úgy éri el, hogy az áramszedőn kialakított rögzítési pont előtt a kereszt tengelyre felül a rugó. Ezáltal a rugó hossza mindig állandó, tehát a rugóerő is állandó értékű.

4.1 A mérés leírása

Az áramszedő tervezése során kulcsfontosságú elemek a beépítendő rugó paraméterei. Ahhoz, hogy ezt precízen meg tudjuk határozni, a rendelkezésünkre bocsájtott modell áramszedőkben alkalmazott rugókarakterisztikát mértük. A vizsgálat során, a palettán ébredő erőt mértük, mely az áramszedőben alkalmazott két, közel azonos karakterisztikájú rugóban ébredő erők eredőjeként hat.

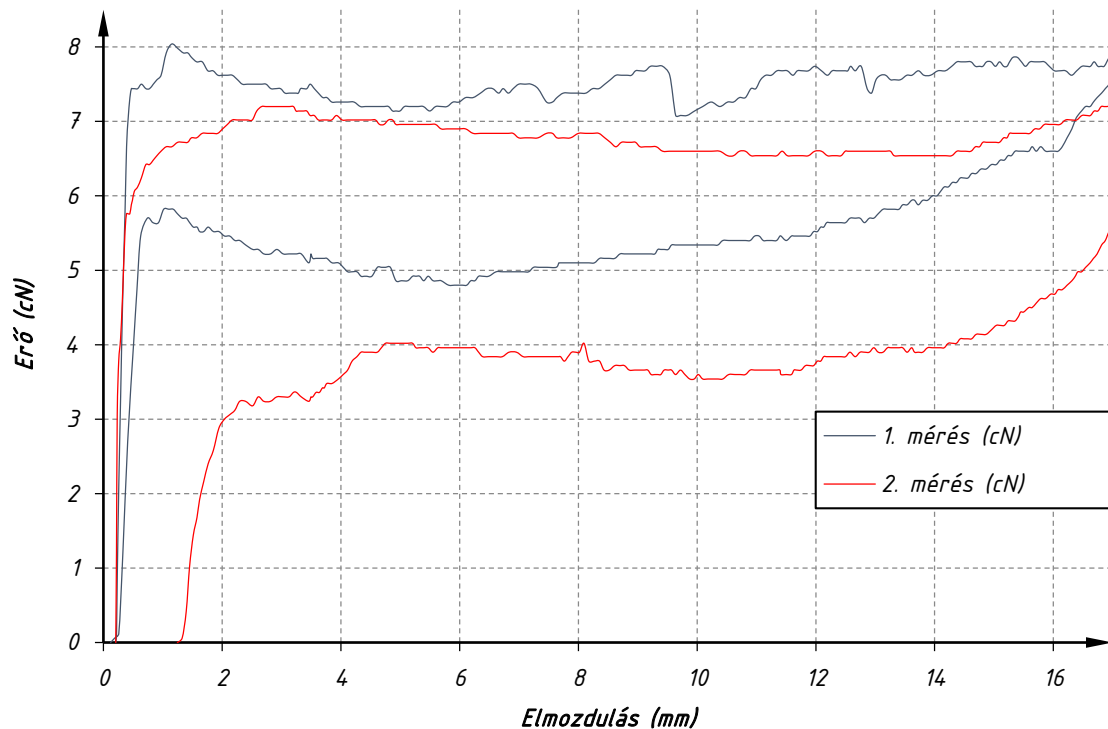


11. ábra A mérőberendezés



12. ábra Erőmérő cella

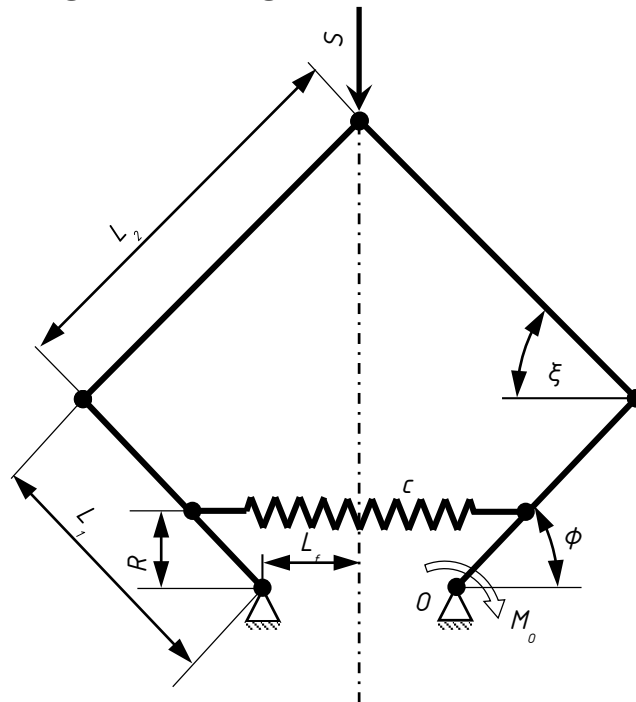
A 11. ábrán látható mérő szerkezetbe egy 5N-os erőmérő cellát (12. ábra) helyeztünk el, aminek a végére egy tűkét szereltünk. Ez a tűske érintkezett a pantográf palettájával. A mozgatóorsó segítségével az áramszedőt tudtuk összezárni, valamint felengedni. A mozgató orsó egyenletes sebességű süllyesztése illetve emelése a kézi meghajtás miatt nem megvalósítható, de így is sikerült fölvenni a rugóerő diagramot (13. ábra). Ezek a görbék az elmozdulás függvényében ábrázolják a rugóerőt. A mérés során először összezártuk az áramszedőt majd kinyitottuk. Két különböző méretű áramszedőnek is megmértük a rugóerejét, ezáltal általános megállapítást tehettünk, hogy a rugónak a munkatartományban állandó nyomóerőt kell biztosítania.



13. ábra Rugóerő görbe ollós áramszedőre vonatkozólag

Az ábrán látható, hogy a pantográf zárásakor- rugó megnyúlik- a rugó nagyobb erőt fejt ki, mint amikor kinyitjuk – a rugó visszanyeri eredeti hosszát – kisebb erőt ad le, tehát a rugónak hiszterézise van. A 14. ábrán még az is látszik, hogy a rugóerő nem teljesen konstans, adott megnyúlásnál kis mértékben csökken, vagyis negatív rugómerevség figyelhető meg. Ez a jelenség a rugó felfekvésekor fellépő kontakt-erőkkel magyarázható.

4.2 Rugóállandó meghatározása



14. ábra Rugóállandó meghatározásához szükséges feltételek [10]

A rugómerevség meghatározásához [10] szükséges feltételeket a 14. ábra szemlélteti. A méretezés során azt feltételezzük, hogy a főrugó által keltett nyomaték az O pontban megegyezik a sarunyomás (S) és az egyes tagok súlyának nyomatékával.

$$M_r = C \cdot R \cdot (2 \cdot L_f - L_B) \cdot \sin(\varphi) + C \cdot R^2 \cdot \sin(2 \cdot \varphi)$$

$$M_0 = (S + G_2) \cdot L_1 \cdot \frac{\sin(\xi + \varphi)}{\sin(\xi)} + G_1 \cdot L_1 \cdot \cos(\varphi)$$

$$M_0 = M_r$$

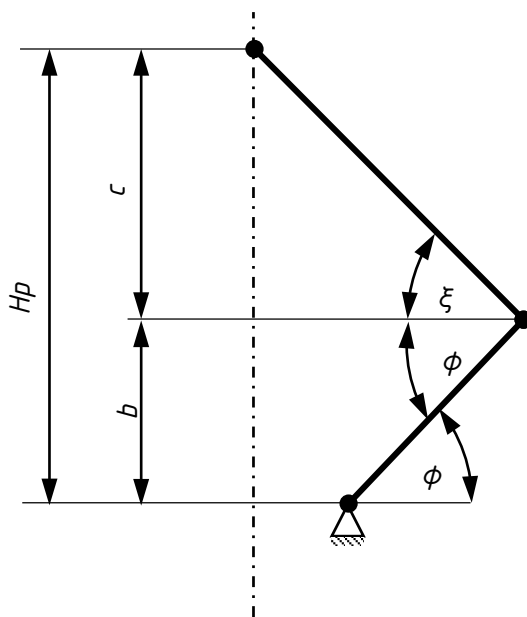
Ahol:

- C : rugómerevség,
- R : a rugó bekötési pontja és az O pont távolsága,
- L_B : rugó nyugalmi hossza,
- S : sarunyomás,
- G_1 : L_1 tag súlya,
- G_2 : L_2 tag súlya.

Mivel a modell áramszedő karjainak súlya elhanyagolhatóan kicsi, $G_1 \approx 0$, és $G_2 \approx 0$, ezért elegendő csupán a sarunyomás keltette nyomaték figyelembevétele. Ezekkel az egyszerűsítésekkel, és a két egyenlet segítségével a C -re az alábbi összefüggéshez jutunk:

$$C = \frac{S \cdot L_1}{R \cdot (2L_f - L_B) \cdot \sin \varphi \cdot R^2 \cdot \sin(2\varphi)} \cdot \frac{\sin(\xi + \varphi)}{\sin \xi}$$

Ezek után szükséges még a ξ szög meghatározása, amit a 15. ábra szemléltet:



15. ábra ξ szög meghatározási módszere

$$H_p = b + c$$

$$c = H_p - b$$

$$\sin \varphi = \frac{b}{L_1}$$

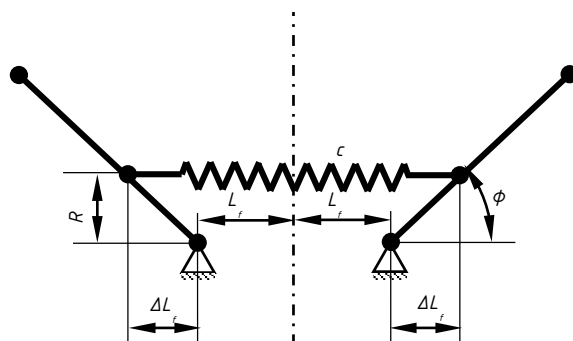
$$b = \sin \varphi \cdot L_1$$

$$\sin \xi = \frac{c}{L_2}$$

$$\xi = \sin^{-1} \left(\frac{c}{L_2} \right)$$

$$\xi = \sin^{-1} \left(\sin \varphi \cdot \frac{H_p - \sin \varphi \cdot L_1}{L_2} \right)$$

Következő lépés a rugó terheletlen hosszának (L_B) számítása, amit a 16. ábra segítségével. A számításhoz azzal a közelítéssel lehet élni, hogy a rugó a kinyitott állapotában szinte terheletlen.



16. ábra L_B meghatározása

$$\cos \varphi = \frac{\Delta L_f}{R}$$

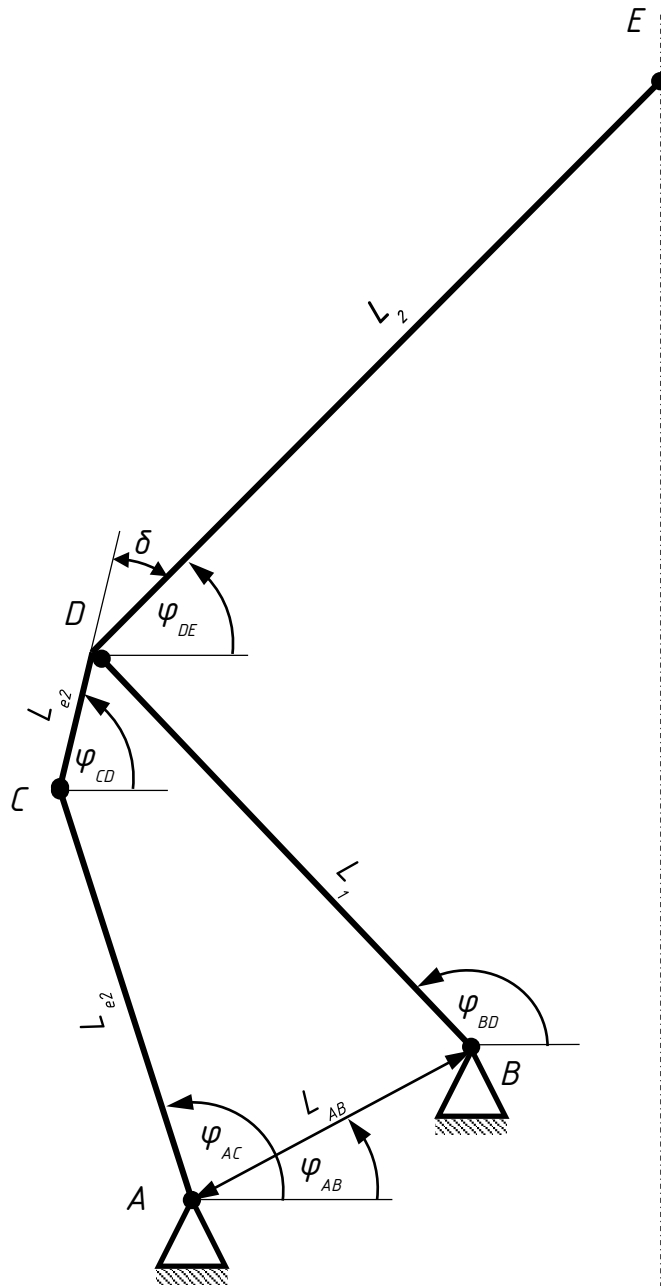
$$\Delta L_f = \cos \varphi \cdot R$$

$$L_B = 2 \cdot (L_f + \Delta L_f) = 2 \cdot [L_f + (\cos \varphi \cdot R)]$$

Végül a sarunyomás (S) értékét kell megállapítani. Ezt a sorozatmérés során kapott értékek maximumának átlagából lehet előírni, ami $0,0081 \text{ kg}$.

5. FÉLPANTOGRÁF ÁRAMSZEDŐK MÉRETMEGHATÁROZÁSA

A félpantográf áramszedők geometriája (18. ábra) nagyban hasonlít az ollós áramszedőkére. (Megjegyzendő, hogy az elnevezés az ollós áramszedő nevére utal csupán, szerkezetét tekintve egy egyszerű négycsuklós mechanizmus, melynek tagjai úgy vannak méretezve, hogy az E pont adott pályán mozogjon.) Az ollós áramszedők szimmetriájából adódik, hogy, a paletta függőleges irányú mozgása minden esetben egy egyenest követve történik. Ez már nem igaz a félpantográf áramszedő mechanizmusára. Ez ugyanis önmagában nem képes a függőleges irányú mozgás linearitásának biztosítására, ezért szükség van egy segédmechanizmusra, amit a műszaki gyakorlatban egyenesbe vezető mechanizmusnak hívnak.



17. ábra félollós áramszedő mechanikai modellje

3. táblázat: A 17. ábra jelmagyarázata

Jel	Megnevezés
L_1	A mechanizmus 1. tagjának a hossza
L_2	A mechanizmus 2. tagjának a hossza
L_{cs}	Az alapcsap és a paletta csuklójának távolsága
φ_{AC}	Az 1. tag az alapsíkkal bezárt szöge
L_{e1}	Egyenesben vezető tagjának a hossza
L_{e2}	L_2 – es tag meghosszabbítása a segédmechanizmus részére
L_{AB}	A és B pont távolsága
φ_{AB}	előbbi irányszöge

A félollós kivitelű áramszedő kialakítását M. Louis Faiveley, francia lakatos szabadalmaztatta 1955-ben [12]. A szerkezetet Watt féle paralelogrammából vezette le, melynek a negyedik csúcsa egy meredek elhajlású görbét ír le, ami alig tér el az egyenestől (18. ábra). Ha ehhez a csúcshoz tartozó oldalt meghosszabbítjuk, akkor ennek a karnak is hasonló lesz a pályagörbéje. A később ismertetésre kerülő módszer segítségével elő lehet állítani ezt a pályagörbét. Ennek az áramszedőnek a geometriai adatai:

$$|\overline{r_{AB}}| = 467,5 \text{ mm}$$

$$\varphi_{AB} = 33^\circ$$

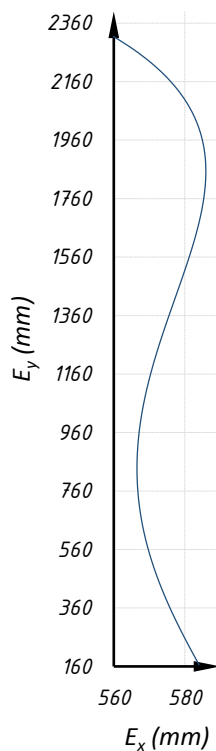
$$|\overline{L_{e1}}| = 227 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_{e2}}| = 1400 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_1}| = 1615 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_2}| = 1800 \text{ mm}$$

$$\delta = 36^\circ$$

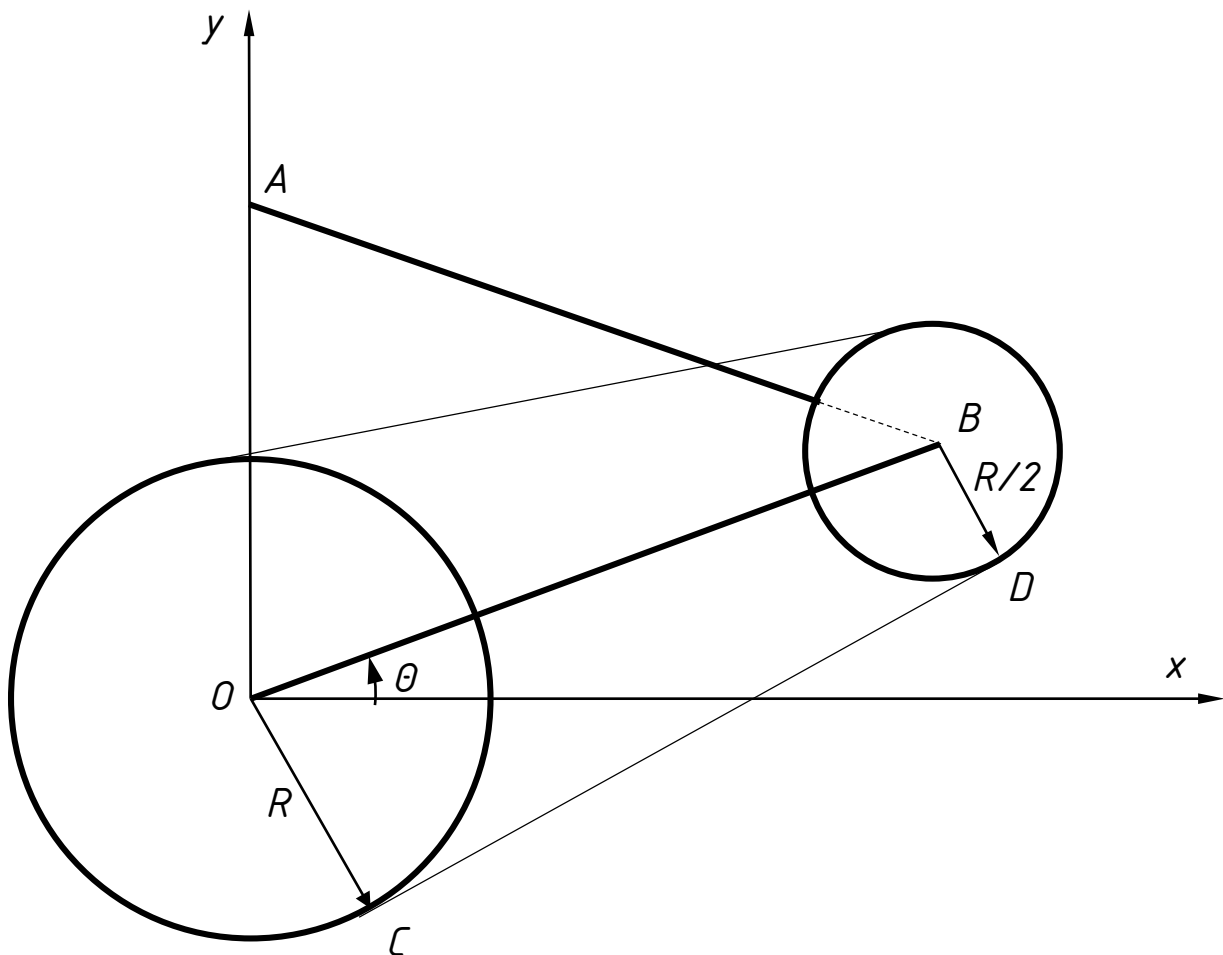


18. ábra Faiveley áramszedőjének pályagörbéje

Látható, hogy az első felpantográf áramszerző pályagörbéje igen kis eltérést mutat a függőleges egyenestől.

Az SNCF mérnökei ugyanezt a mechanizmust [13] a bolygókerékes hajtómű (19. ábra) működési elvéből vezették le.

Kijelenthető, hogy a felpantográf áramszerzők sokkal kisebb helyre elférnek, ami a több-áramnemű mozdonyok alkalmazása során merült fel, mint igény, másrészt pedig sokkal merevebb mechanizmus, aminek a nagysebességű közlekedésben van kiemelkedő szerepe.



19. ábra Lánckerekes (fogaskerekes) mechanizmus segítségével levezetett pantográfmodell [13]

5.1 Egyenesbe vezető mechanizmus

A szerkesztés során a fő mechanizmushoz szerkesztjük hozzá a segédmechanizmust, amely egyenes pályára kényszeríti a pantográfra, ezt egyenesben vezető mechanizmusnak nevezik. A segédmechanizmus az irodalomban fellelt ismeretek alapján szerkesztéssel határozható meg, aminek kulcsfontosságú eleme az inflexió kör. Ennek segítségével elvégezhető a szerkesztés [1][2].

5.1.1 Az inflexiós kör tulajdonságai

Ebben a részben a síkmozgást végző test mozgásának geometriai tulajdonságairól esik szó, amelynek a mozgása három kiválasztott helyzettel definiálható. Ezek a kiválasztott helyzetek általában három különböző időpillanatra vonatkoznak, ezáltal a mozgás pillanatnyi állapotához jutunk. Azért csak három helyzetet vizsgálunk, mert így a feladat még nem túlságosan megkötött. A mozgó síkoknak a pontjai mozgásuk során kétszeresen végtelen sok pályagörbét írnak le. Ezek között található bármelyik pillanatban egyszeresen végtelen sok pályagörbe, aminek pillanatnyi inflexiója van. (Inflexió egy görbe esetén azt jelenti, hogy egy adott helyen a görbülete végtelen nagy értéket vesz föl, szabadon fogalmazva: „kiegyenesedik”). Ha tetszőleges pillanatban megkeressük azokat a pályagörbéket, aminek pillanatnyi inflexiójuk van, akkor arra az eredményre jutunk, hogy az összes pillanatnyi inflexiós pontok egy köríven helyezkednek el, és ezt inflexiós körnek nevezzük. Azok a pontok, amik nem az inflexiós körön helyezkednek el, azoknak véges nagyságú görbületi sugaruk van. Az inflexiós kör mindig tartalmazza a P pillanatnyi pólust, a pólushoz tartozó p pólusérintőt és az n pólusnormálist (20. ábra).

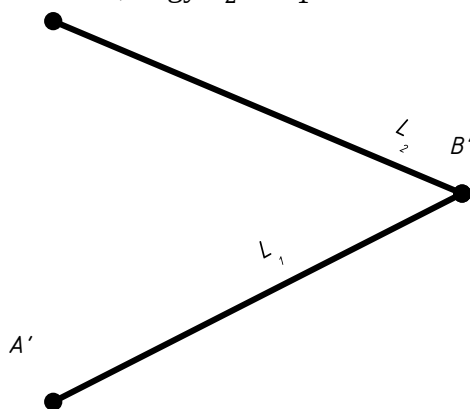
5.2 Egyenesbe vezető mechanizmus szerkesztése az áramszedőhöz

Az egyenesbe vezető mechanizmusnál alapkövetelmény, hogy kellően hosszú szakaszon a négycsuklós mechanizmus egy tetszőleges pontja (jelen esetben az E pont – 17. ábra) elegendő hosszú szakaszon, kellő pontossággal, vagyis bizonyos tűréshatáron belül egyenes pályán mozogjon. Ahhoz, hogy ez a geometriai feladat megoldható legyen, föl kell állítani néhány mellékfeltételt is, amik jelen esetben a következők:

- az E pont pályája függőleges legyen,
- a működési magasság a számítással meghatározott értéket teljesítse,
- az E, B és C pontok egy egyenesen feküdjenek (19. ábra).

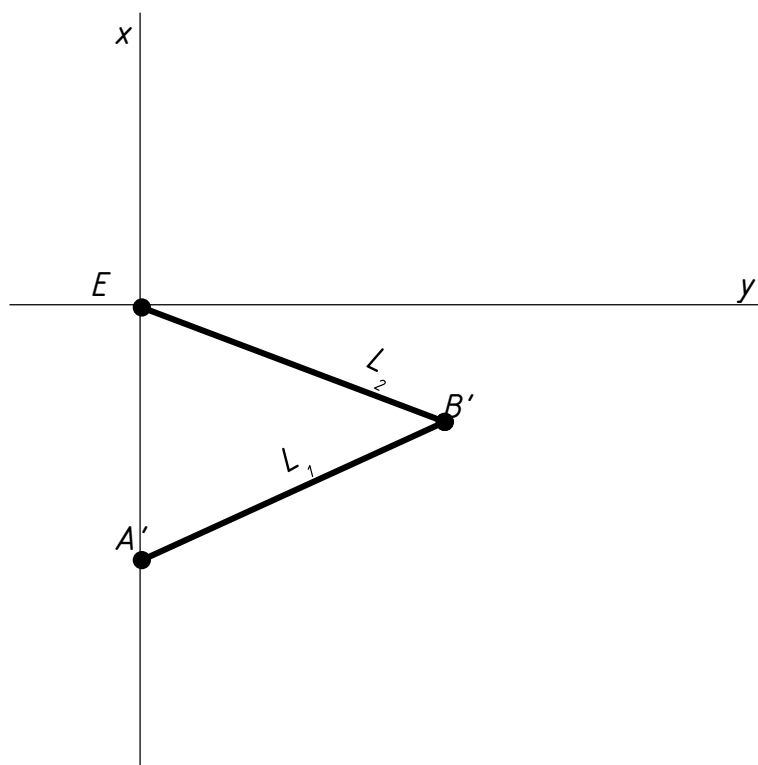
A szerkesztéshez fölhasználjuk a szimmetria adta egyszerűsítést, miszerint a PE egyenes (18. ábra) az inflexiós kör átmérője. Ezek fölhasználásával az alábbi szerkesztési menetet kell követni:

- 1. lépés:** A korábban kiszámolt L_1 és L_2 tagokat tetszőleges helyzetben föl kell venni, azzal a kitétellel, hogy $L_2 > L_1$



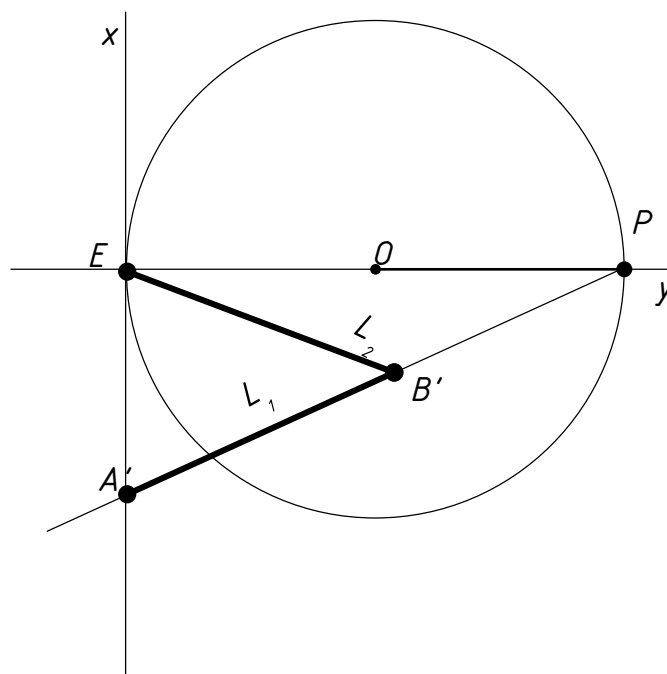
20. ábra Szerkesztés 1. lépése

- 2. lépés:** A paletta csuklójához (E) függőleges egyenest (x) kell húzni, majd az x egyenesre, az E ponton át merőlegest (y) kell állítani



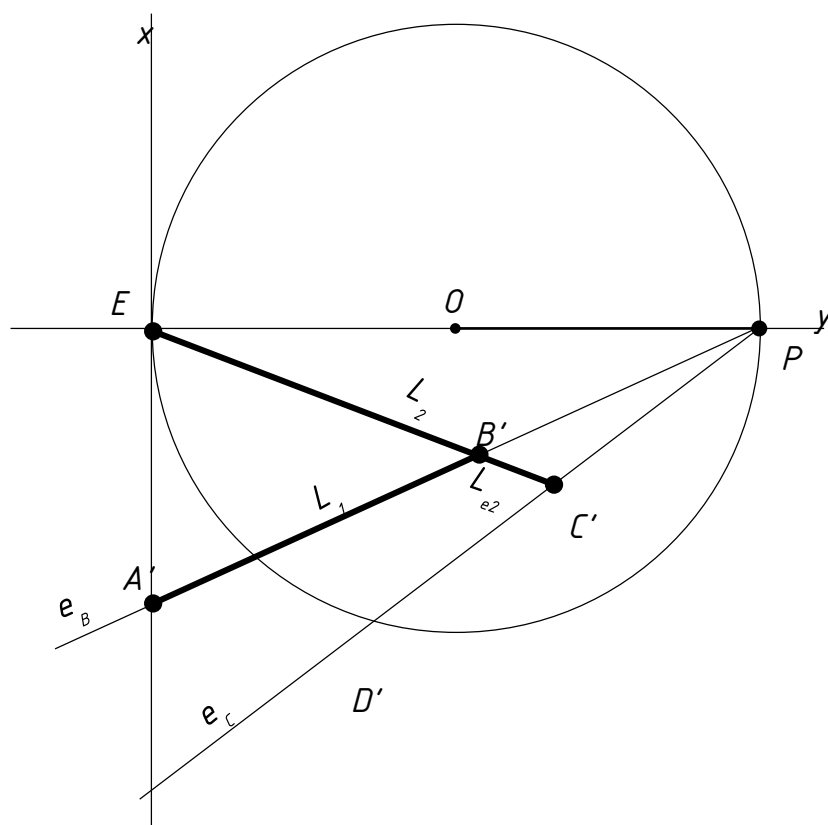
21. ábra Szerkesztés 2. lépése

- 3. lépés:** Az L_1 tagot addig meg kell hosszabbítani, addig, amíg az y egyenest el nem metszi, ez lesz a P pont. Az EP szakaszt meg kell felezni, és ez a felezőpont (O) lesz az inflexiós kör középpontja. Ezután a kör megrajzolható



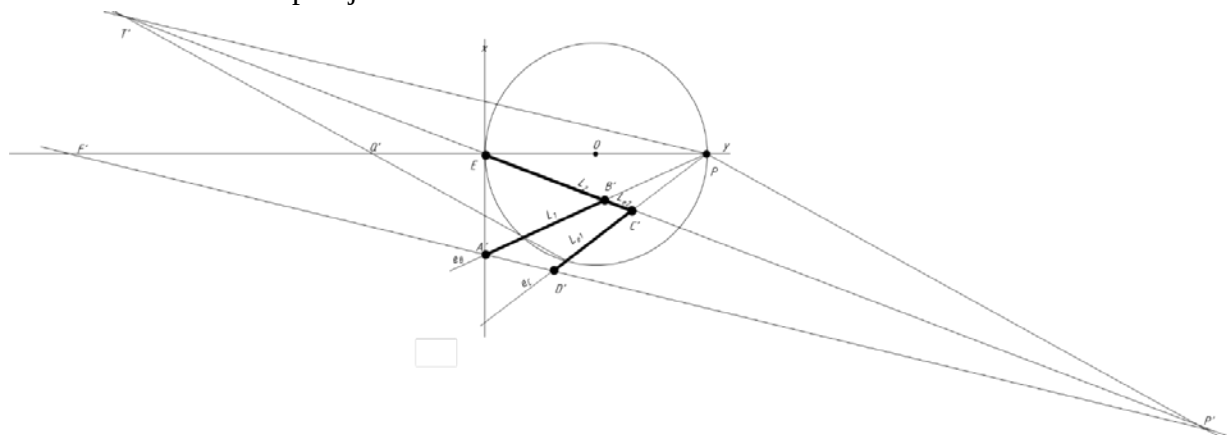
22. ábra Szerkesztés 3. lépése

- 4. lépés:** Az L_2 tagot meg kell hosszabbítani, L_{cs} távolsággal (C'), és össze kell kötni a P ponttal



23. ábra Szerkesztés 4. lépése

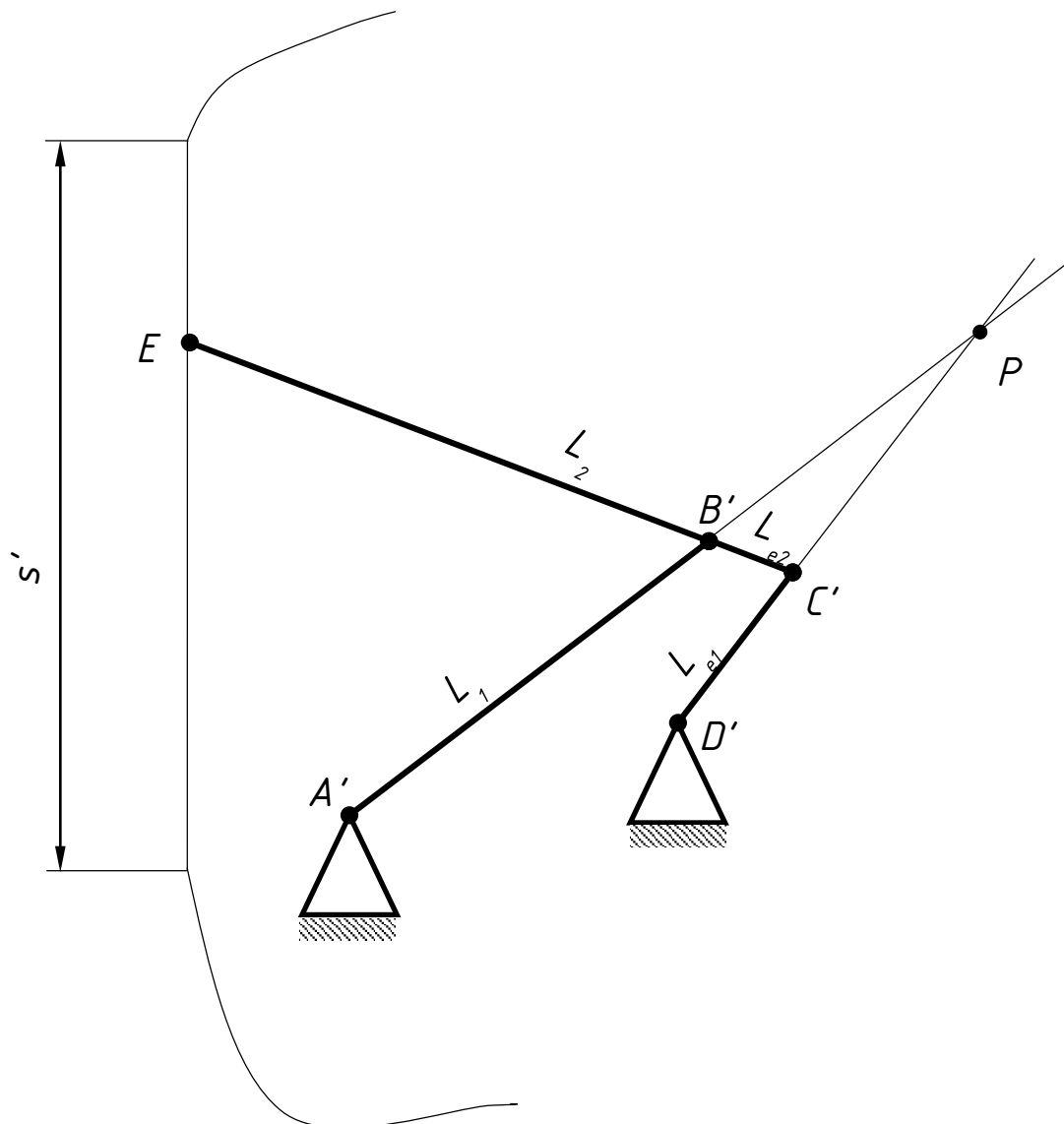
5. lépés: Ahol az e_c és e_b metszi az inflexiós kört, azokat a pontokat össze kell kötni, és meg kell hosszabbítani, hol metszi az y egyenest, az lesz a Q' pont. Az L_2 tagot addig meghosszabbítom, míg az előző egyenest nem metszi, ez lesz a T' pont. A T' -t össze kell kötni a P ponttal. A talppontok által meghatározott egyenessel párhuzamosat kell húzni a P pontból, és az L_2 tagot meg kell hosszabbítani addig amíg ezt az egyenest el nem metszi, a metszéspontjuk lesz a P' pont. A P' pontból az A' ponton át egyenest kell húzni, és ahol ez metszi az e_c egyenest, ott lesz a D' pont, azaz az egyenesbe vezető mechanizmus csuklópontja.



24. ábra Szerkesztés 5. lépése

A megszerkesztett mechanizmus vázlatát külön ki lehet rajzolni, egyben bejelölve rajta a működési magasságot, és az E pont pályáját. Mivel a pályagörbe nem lesz tökéletes egyenes

(25. ábra), ezért nekünk kell eldönteni azt, hogy milyen toleranciát engedünk meg az egyenestől való eltéréstől.



25. ábra Az elkészült mechanizmus sematikus ábrája

$$\begin{aligned}\overline{r_{BC}} &= \overline{L_{e1}} - \overline{r_{AB}} \\ |\overline{L_{e1}}|^2 &= |\overline{L_1}|^2 + |\overline{r_{BC}}|^2 - 2 \cdot |\overline{r_{BC}}| \cdot |\overline{L_1}| \cdot \cos \beta\end{aligned}$$

Ebből ki lehet fejezni a β szöget

$$\begin{aligned}\beta &= \cos^{-1} \left(\frac{|\overline{L_1}|^2 + |\overline{r_{BC}}|^2 - |\overline{L_{e1}}|^2}{2 \cdot |\overline{r_{BC}}| \cdot |\overline{L_1}|} \right) \\ \varphi_{BD} &= \varphi_{BC} - \beta\end{aligned}$$

A φ_{BD} szög ismeretében a φ_{BC} szög is számítható.

$$\varphi_{CD} = \tan^{-1} \left(\frac{|\overline{L_1}| \cdot \sin \varphi_{BD} - |\overline{r_{BC}}| \cdot \sin \varphi_{BC}}{|\overline{L_1}| \cdot \cos \varphi_{BD} - |\overline{r_{BC}}| \cdot \cos \varphi_{BC}} \right)$$

Ezek után már meg lehet határozni az $\overline{L_2}$ vektor hosszát.

$$\begin{aligned}|\overline{L_2}| &= \sqrt{(E_x - D_x)^2 + (E_y - D_y)^2} \\ \varphi_{DE} &= \tan^{-1} \left(\frac{E_y - D_y}{E_x - D_x} \right) \\ \delta &= \varphi_{CD} - \varphi_{DE}\end{aligned}$$

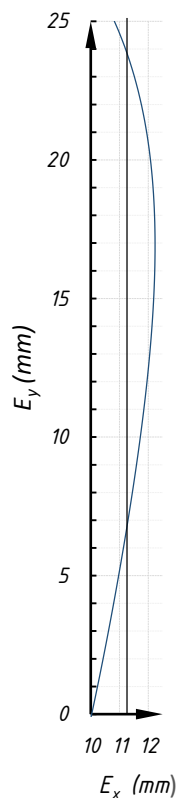
A δ szöget a mozgás során állandónak véve kell meghatározni az E pont pályagörbáját. Kísérletezés során megállapítható, hogy akkor kapjuk a legegyenesebb pályagöbét, ha a $\delta \cong \varphi_{AB}$, valamint a karhosszak akkorák, hogy a δ szögre meghatározott feltételt kielégítik. A karhosszak ismeretében előállítható az E pont pályagörbéje, mint φ_{AC} függvénye.

$$\begin{aligned}E_x &= |\overline{L_{e1}}| \cdot \cos \varphi_{AC} - |\overline{L_{e2}}| \cdot \cos \varphi_{CD} - |\overline{L_2}| \cdot \cos \varphi_{CD} \\ E_y &= |\overline{L_{e1}}| \cdot \sin \varphi_{AC} - |\overline{L_{e2}}| \cdot \sin \varphi_{CD} - |\overline{L_2}| \cdot \sin \varphi_{CD}\end{aligned}$$

Ezeknek a függvényeknek a segítségével megrajzolhatjuk az E pont pályagörbáját. Példaképpen vegyük azt az áramszedőt, aminek a műszaki rajza a mellékletben szerepel.

$$\begin{aligned}|\overline{r_{AB}}| &= 8,3 \text{ mm} \\ \varphi_{AB} &= 12,5^\circ \\ |\overline{L_{e1}}| &= 12 \text{ mm} \\ |\overline{L_{e2}}| &= 2,88 \text{ mm} \\ |\overline{L_1}| &= 17 \text{ mm} \\ |\overline{L_2}| &= 19,12 \text{ mm} \\ \delta &= 32,6^\circ\end{aligned}$$

Ezeknek a paramétereknek a segítségével meghatározható a pantográf pályagörbéje, amit a 27. ábra szemléltet. Megfigyelhető, hogy az E pont pályája a mozgás során a középértéktől körülbelül ± 1 mm-t tér el, H0-s szabványt és 50 mm-es mozdonyt feltételezve, ahol az üzemi tartomány 25 mm. Kísérletek során megállapítottuk, hogy a pályagörbe a már említett $\delta = \varphi_{AB}$ szög esetén a legegyenesebb. A rajzokról megállapítható, hogy az eddigi konstrukciók ezt a feltételt nem elégítik ki.



27. ábra Märklin áramszedő pályagörbéje

A δ szög meghatározásához szükség van egy kezdő szöghelyzetre. Ezt az értéket tetszőlegesen választhatjuk meg. Ilyenkor azt kell eldönteni, hogy az L_{e1} vagy az L_1 kar legyen közel vízszintes. Ez lényegében csak esztétikai kérdés, de kihatással van a δ szög nagyságára. Ha a mechanizmus fő paramétereit megtartjuk, és meghatározunk egy olyan karrendszert, amivel a fentebb említett szögekre való előírást betartjuk, akkor a 28. ábrán látható pályagörbét kapjuk.

$$|\overline{r_{AB}}| = 8,3 \text{ mm}$$

$$\varphi_{AB} = 12^\circ$$

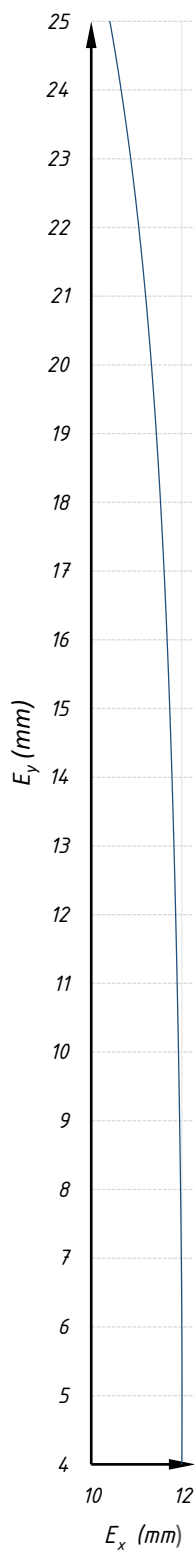
$$|\overline{L_{e1}}| = 12 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_{e2}}| = 3 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_1}| = 17 \text{ mm}$$

$$|\overline{L_2}| = 20,82 \text{ mm}$$

$$\delta = 12,0081^\circ$$

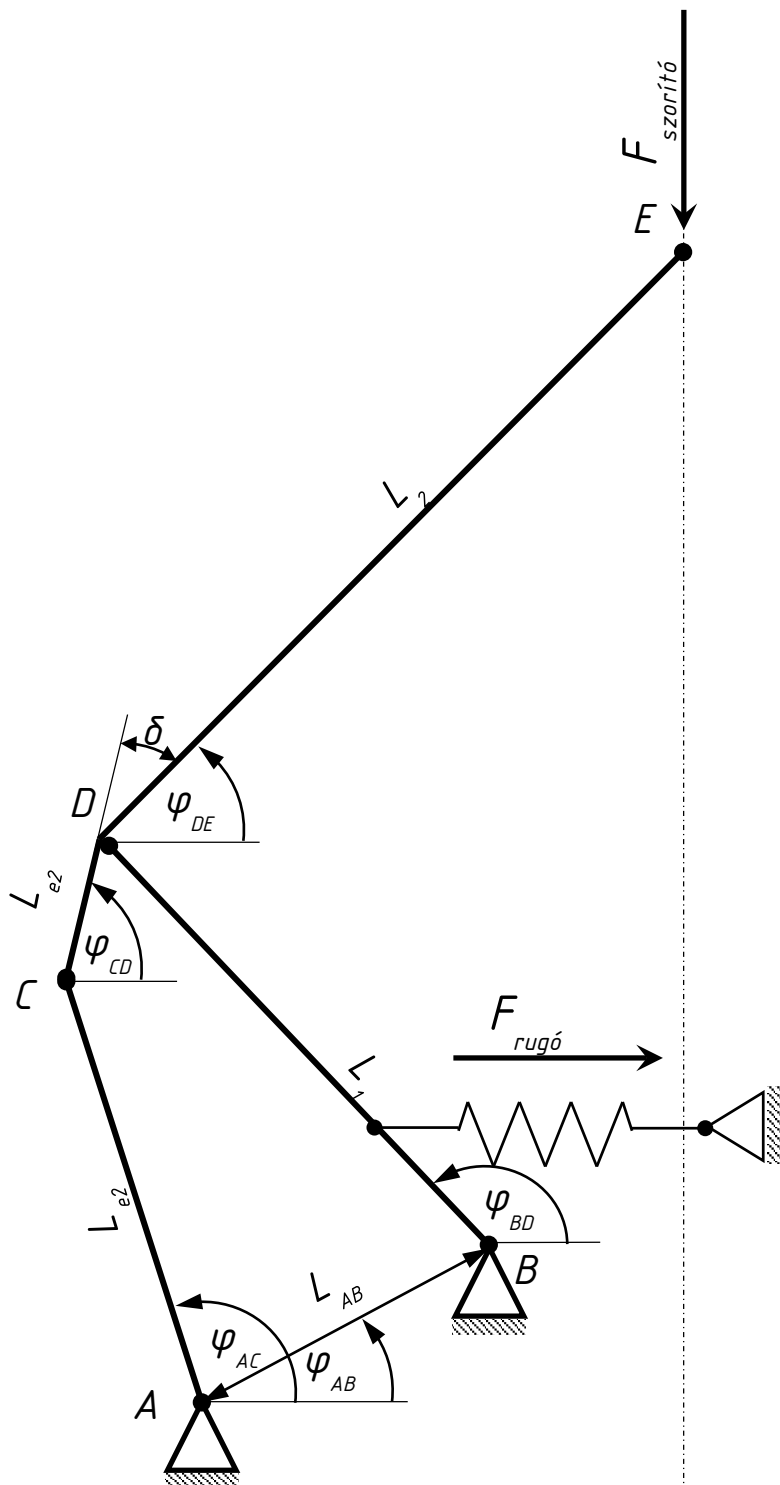


28. ábra Märklin áramszedő pályagörbéje, módosított paraméterekkel

Belátható, hogy a módosított paraméterekkel, egy sokkal egyenesebb pályagörbe érhető el.

6. FÉLPANTOGRÁF RUGÓKARAKTERISZTIKÁJÁNAK MÉRÉSE

Ha a 14. ábrán látható szerkezetet kiegészítjük egy rugóval, akkor megkapjuk a félpantográfok dinamikai modelljét (29. ábra). Ezen típus esetén is fontos az áramszedőbe beépített rugó karakterisztikájának kimérése. Ennek a típusnak is biztosítania kell a munkatartományban az állandó szorító erőt a paletta és a felsővezeték között.



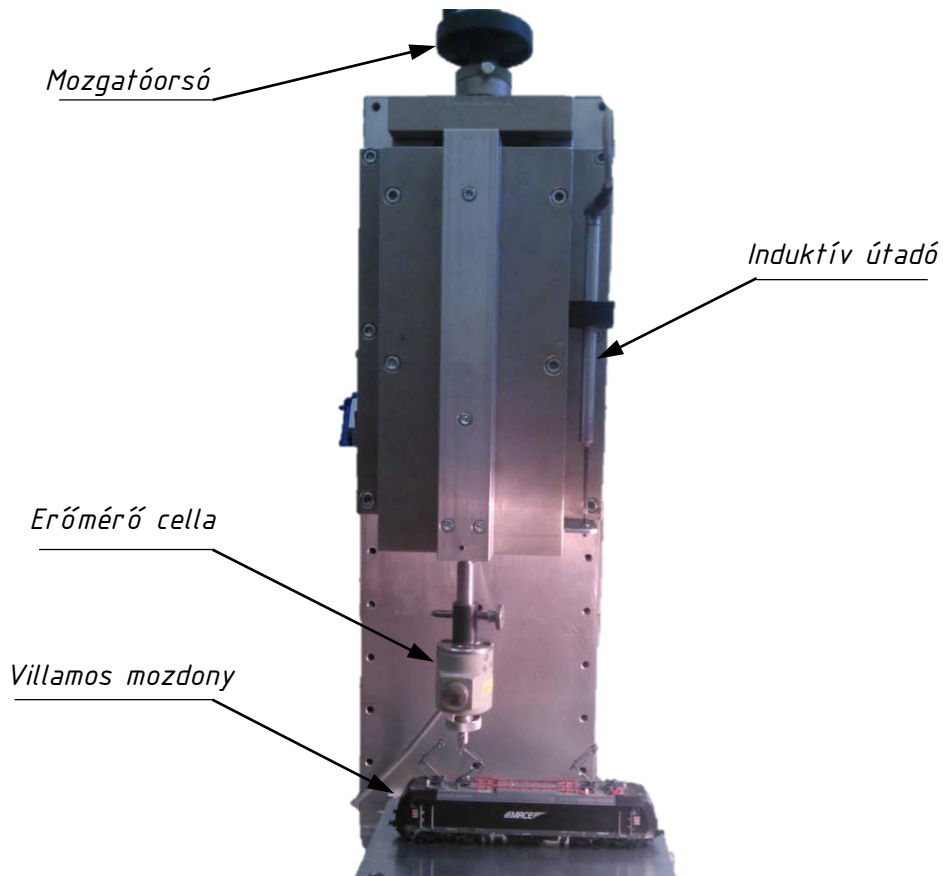
29. ábra Félpantográf dinamikai modellje

6.1 A mérés leírása

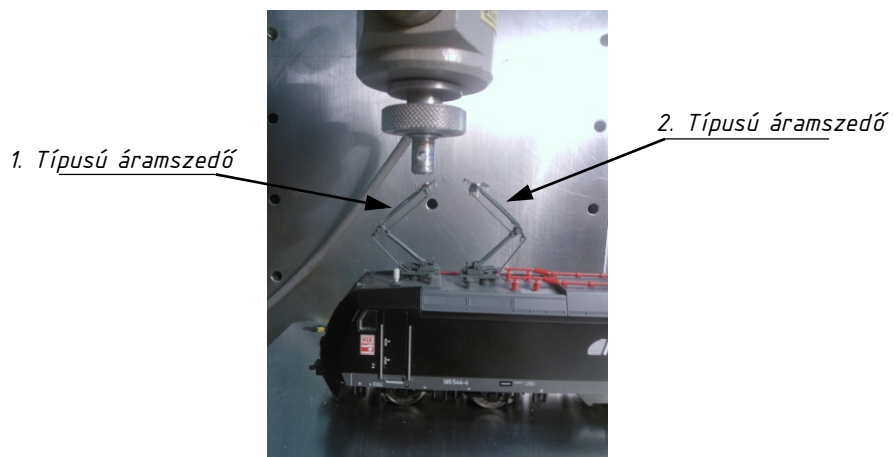
A Märklin Hungária Kft. rendelkezésünkre bocsájtott egy több áram nemű TRAXX villanymozdony 1:87-es (H0) méretarányú modellt (30. ábra), amin négy darab áramszedő található. Az ezekben alkalmazott rugók karakterisztikáját határoztuk meg.



30. ábra A mozdony

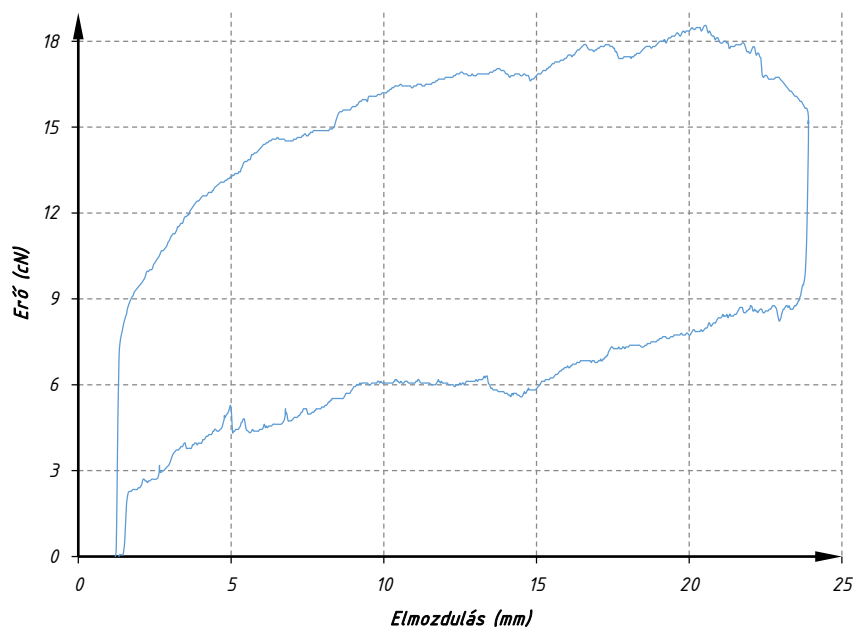


31. ábra A mérőberendezés és főbb részei

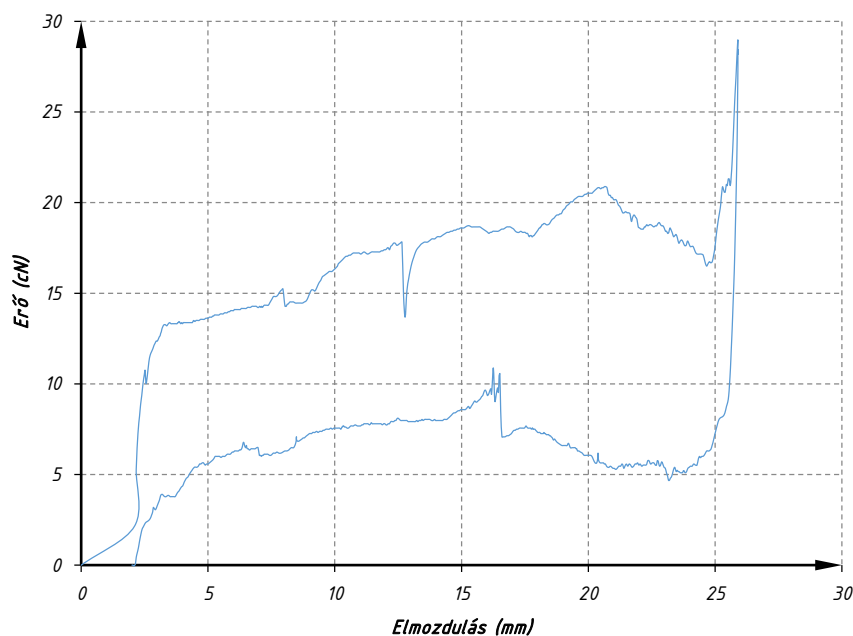


32. ábra Erőmérő cella

A mérőberendezésbe (31. ábra) egy induktív útdő és egy 5N-os erőmő cellát (32. ábra) helyeztünk el, aminek segítségével tudtuk mőni az elmozdulást és a palettán őbredő őrt. Az erőmő cella végére egy tőske lett elhelyezve, ami őrintkezett az áramszedő palettájával. A mozgató orsó segítségével őlsőz őrszezártuk, majd őlengedtők az áramszedőt. Ennek során ől lehetett venni a rugó karakterisztikáját (elmozdulás őggvényében ábrázolva a rugóőrt).



33. ábra 1. típus rugóőrt őrbője



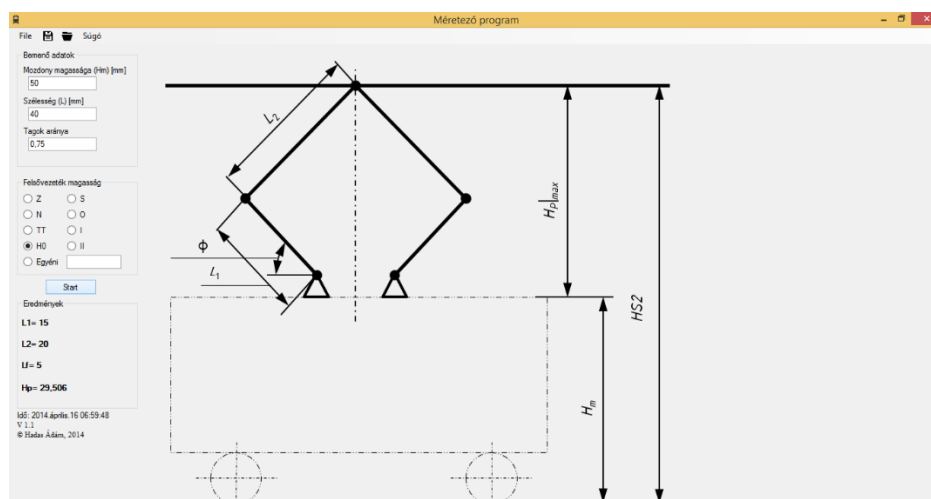
34. ábra 2. típus rugóőrt őrbője

A mőrsnél bebizonyosodott, hogy a őlpantográf áramszedőkben is őzel konstans őrt kell kifejtenie a rugónak. A rugónak amellet, hogy a megfelelő szorítóőrt biztosítania kell, feladata még az áramszedő kinyitása is.

A 33. és 34. ábrák jól szemléltetik, hogy a rugók közel állandó erőt fejtenek ki. Észrevehető az is, hogy a félpantográfok rugóerő görbéi nem tartalmaznak olyan közel állandó erejű szakaszt, mint az ollós áramszedők (13. ábra). Ez abból adódik, hogy a félpantográfok több csuklót tartalmaznak, amik súrlódásos lengéscsillapítóként viselkednek, és befolyásolják a rugóerőt. A túszerű kiugrások pedig azért jelentkeznek, mert a kézi orsós mozgatás nem tett lehetővé tökéletes állandó sebességű nyitást illetve zárást. A modell félpantográfban van egy rugó, ami az L_1 tagnál lévő rögzítési pont körül meg van hajlítva, és amelynek segítségével mechanikusan biztosítja a közel konstans rugóerőt.

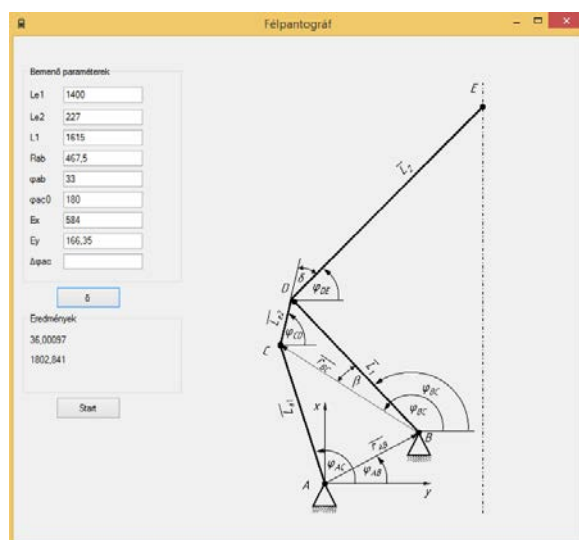
7. MÉRETEZŐ PROGRAM

Az áramszedő tervezését és modellezését elősegítendően egy MATLAB [6] modell került megírásra, amely a MATLAB környezet nélkül nem használható. Ennek orvoslására egy Windows környezet alatt futtatható, a méretezést elősegítő program készült (35. ábra). A mellékletben szereplő függvények Visual Basic [5] nyelvre lettek fordítva. A programba be lett építve a NEM 202-es szabvány által a méretarányokhoz meghatározott felsővezeték magasság értékei. Mivel gondolni kell arra, hogy ezt a programot nem csak a modellvasút gyártó cég fogja használni, ezért ki lett egészítve egy olyan mezővel, ami segítségével tetszőleges felsővezeték magassághoz lehet áramszedőt méretezni. Gondolva arra is, hogy ezt nem csak magyar anyanyelvű felhasználók fogják használni, a program a magyar mellett angol és német nyelven képes kommunikálni a használójával. Az eredmények könnyebb kezelése érdekében minden egyes futtatáskor egy szöveges fájlba menti az adatokat, az időponttal együtt, ezáltal könnyebben vissza lehet követni a számításokat.

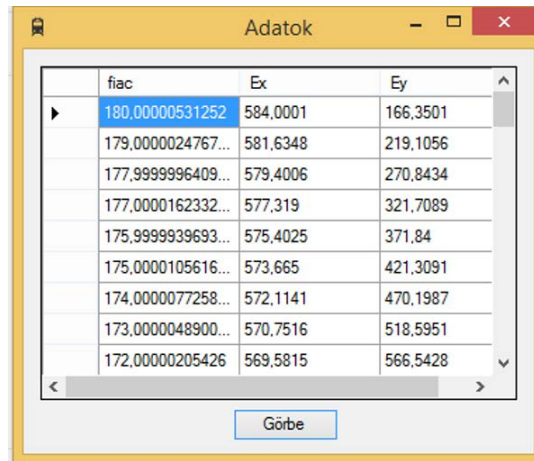


35. ábra Ollós áramszedőt méretező program kezelőfelülete

A felpantográf áramszedőkhöz is elkészült a méretező program (36. ábra). Először meg kell adni neki a geometria fő méreteit. A programot először lefuttatva a δ szög és az L_2 tag hosszát számítja ki.



Ha a δ szöget a megfelelő értékre állítottuk be, akkor meghatározhatjuk az E pont pályagörbét. Először az adatok egy táblázatban (37. ábra) jelennek meg, annak érdekében, hogy meg lehessen győződni, hogy a φ_{AC} szög egyenletes változása mellett E_x és E_y pontok változása is közel egyenletes-e.

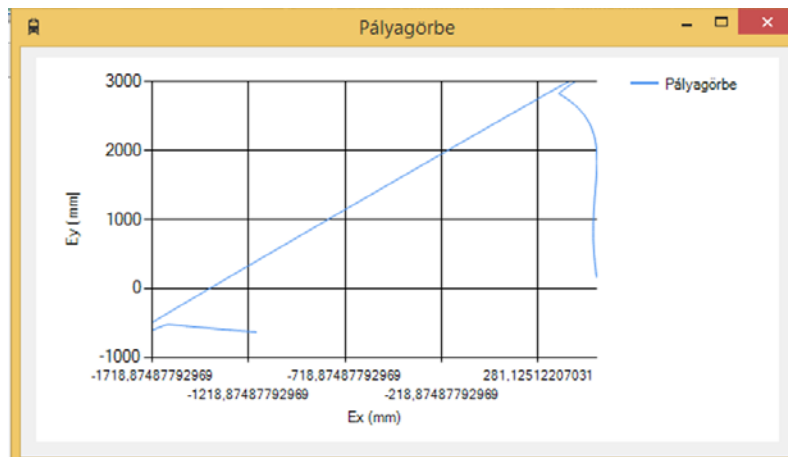


	fiac	Ex	Ey
▶	180,00000531252	584,0001	166,3501
	179,0000024767...	581,6348	219,1056
	177,9999996409...	579,4006	270,8434
	177,0000162332...	577,319	321,7089
	175,9999939693...	575,4025	371,84
	175,0000105616...	573,665	421,3091
	174,0000077258...	572,1141	470,1987
	173,0000048900...	570,7516	518,5951
	172,00000205426	569,5815	566,5428

Görbe

37. ábra A pályagörbéhez szükséges adatok táblázata

Ha ezeket az értékeket is megfelelőek, akkor meg kell vizsgálni magát a pályagörbét, ennek során meg tudunk győződni arról, hogy mennyire egyenes az E pont mozgása. Ekkor a program egy derékszögű koordináta rendszerben ábrázolja (38. ábra) az E_x és E_y koordináta párokat



38. ábra A program diagram felülete

8. KONKLÚZIÓ

Jelen dolgozatban az ollós és félollós kialakítású áramszedők geometriai és dinamikai vizsgálatával foglalkoztunk. Előállítottuk azokat a geometriai összefüggéseket, amivel az ollós- és a félpantográfok geometriája megtervezhető. Illetve a félpantográfokhoz a szakirodalmakban megtalálható szerkesztést fölhasználva, meghatároztuk az egyenesbe vezető mechanizmus szerkesztését az alapmechanizmushoz. A geometriai összefüggések alapján elkészült egy MATLAB modell, amely segítségével megrajzoltuk a függvények ábráit. A matematikai modell alapján megírtunk egy olyan, MATLAB-tól független méretező programot, amit Windows környezetben maradéktalanul lehet futtatni. A dinamikai vizsgálattal meghatározva mindkét típusban alkalmazott rugó karakterisztikáját, ami alapján kimondható, hogy a rugónak a munkatartományban konstans rugóerőt kell biztosítani. Valamint meghatározásra került az ollós áramszedőkben alkalmazandó rugó rugóállandójának a meghatározása is. Elkészítettük mind a két áramszedő típus 3D-s CAD modelljét, amelyek segítségével modellezhetők a pantográfok mozgásának tulajdonságai.

Ezen a helyen szeretnék köszönetet mondani Raboczki Józsefnek és Horváth Rolandnak a félpantográf áramszedők mechanizmusának tervezéséhez nyújtott segítségükért.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Sályi István: *Egyszerű síkbeli mechanizmusok I. rész*
Egyetemi jegyzet; Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998, 70.-77. oldal
- [2] ifj. Dr. Sályi István: *Mechanizmusok, A gépek kinematikájának és dinamikájának alapja*
Egyetemi tankönyv; Tankönyvkiadó, Budapest, 1975, 310.-322. oldal
- [3] Dr. Jezsó Károly: *Mechanizmusok*
Egyetemi jegyzet; Universitas-Győr Nonprofit Kft, Győr, 2008, 147.-153. oldal
- [4] Cleghorn, W. L.: *Mechanics of Machines*
Egyetemi tankönyv; Oxford University Press, Oxford, 2005, 49.-50., 125.-131. oldal
- [5] James Foxall: *Tanuljuk meg a Visual Basic 2005 használatát 24 óra alatt*
Könyv; Kiskapu kiadó, Budapest, 2006
- [6] Szörényi Miklós: *Matlab*
Elektronikus jegyzet; <http://www.sze.hu/~pusztai/Matlab.pdf>
- [7] Raboczki József: *AOp 317 típusú (ollós) villamosmozdony-áramszedő karbantartása és javítása vontatási telepek részére*
Technológiai utósítás; MÁV Rt. Gépészeti Igazgatóság, 1993
- [8] Raboczki József: *AFp 121 és AFp 221 típusú (félkarú) villamosmozdony-áramszedő karbantartása és javítása vontatási telepek részére*
Technológiai utósítás; MÁV Rt. Gépészeti Igazgatóság, 1993
- [9] NEM 202 Modellvasúti szabvány
http://www.miba.de/morop/nem202_d.pdf
- [10] Dr. Czére Béla: *A vasúti technika kézikönyve 1.*
Könyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975, 750 -752. oldal
- [11] Ganz Villamossági Közlemények: *Félpantográf rendszerű áramszedő fejlesztése és üzemi tapasztalatai*
Folyóirat, 23. szám, Budapest, 1986. 80-88. oldal
- [12] M. Louis Fiaveley: *Nouveau dispositif de prise de courant*
Szabadalmi leírás, Gr.3-Cl.3 No. 1.129.013, 1955, Francia Köztársaság Ipari és kereskedelmi Minisztérium
- [13] P. Boissonnade, R. Dupont: *VERS LES 300 km/h SOUS CANTÉNAIRE 25 kV – 50 Hz*
Revue Générale des Chemins de Fer, sept 1970., 492-505. oldal

10.MELLÉKLET

10.1 MATLAB programok

10.1.1 Hely-idő függvény

```
function g=g(fi,L1,Lf)
r=[];
for i=0:1:90;
    j=i*pi/180;
    r=[r L1*sin(fi+j)+((L1+Lf)^2-(L1*cos(fi+j)+Lf)^2)^(0.5)];
end
g=r;
end
```

10.1.2 Sebesség-idő függvény

```
function h=h(fi,L1,Lf)
r=[];
for i=0:1:90;
    j=i*pi/180;
    r=[r (L1*cos(fi+j)+((L1+Lf)^2-(L1*cos(fi+j)+Lf)^2)^(-0.5)*
    (L1*cos(fi+j)+Lf)*L1*sin(fi+j))];
end
h=r;
end
```

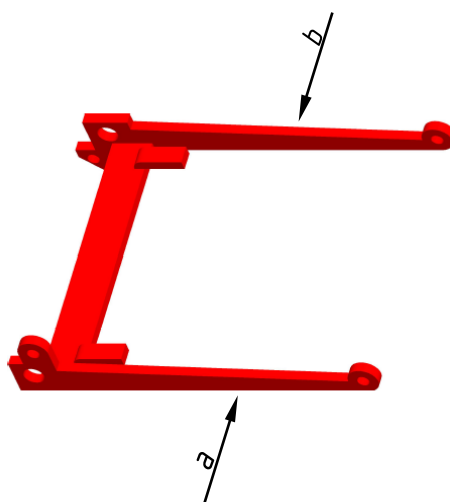
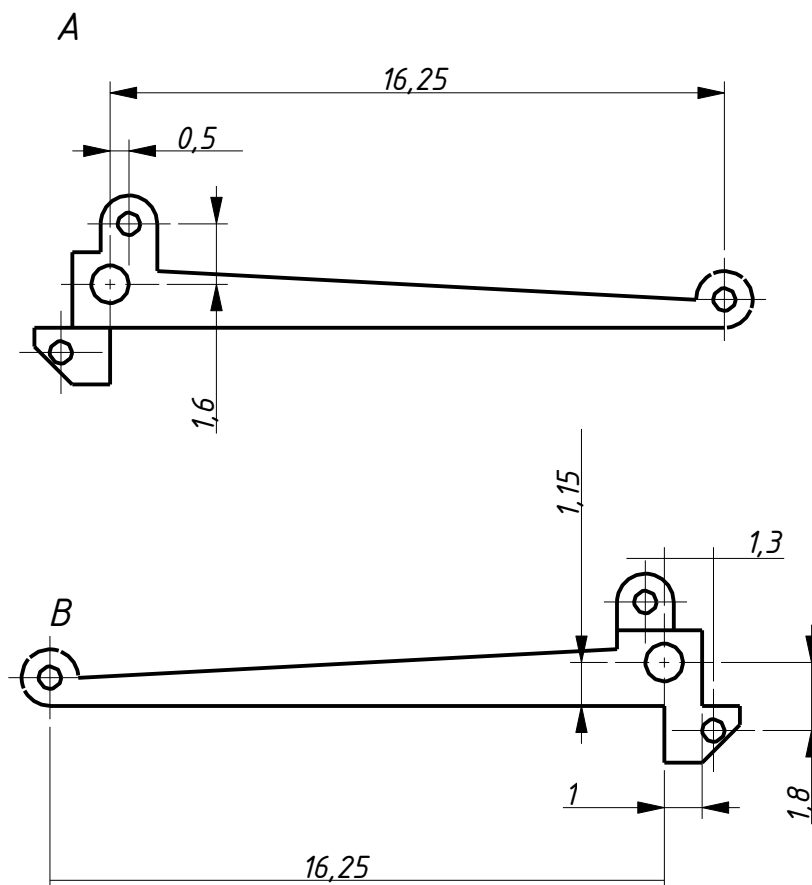
10.1.3 Hely idő függvény érintő függvénye

```
function k=k(fi,L1,Lf)
r=[];
for i=0:1:90;
    j=i*pi/180;
    r=[r ((L1*cos(fi)+((L1+Lf)^2-(L1*cos(fi)+Lf)^2)^(-
    0.5)*(L1*cos(fi)+Lf)*L1*sin(fi))*(fi+j))-(fi+j)];
end
k=r;
end
```

10.1.4 Méretező program ollós áramszedőre

```
clear;
format shortg;
format compact;
y=inputdlg({'Mozdony magassága (mm)';'Szélesség (mm)';'Tagok
aránya'}, 'Áramszedő', [1 18; 1 18; 1 18], {'', '', '0.75'});
Hm = str2double(y{1,1});
L = str2double(y{2,1});
a = str2double(y{3,1});
HS2=75;
L2= L/2;
b= 1-a;
L1= a*L2;
Lf=b*L2;
fi0=0.01;
g=g(fi0,L1,Lf);
h=h(fi0,L1,Lf);
k=k(fi0,L1,Lf);
kul=k-g;
kul_sz=kul*100./g;
keres=keres(kul_sz,16);
Hp=Hp(keres,L1,Lf);
if Hp>=(HS2-Hm)
    eredmeny1=[L1,L2,Lf,Hp];
    msgbox(int2str(eredmeny1), 'eredmény');
else eredmeny1='Újra';
    msgbox(eredmeny1, 'eredmény');
end
eredmeny1
```

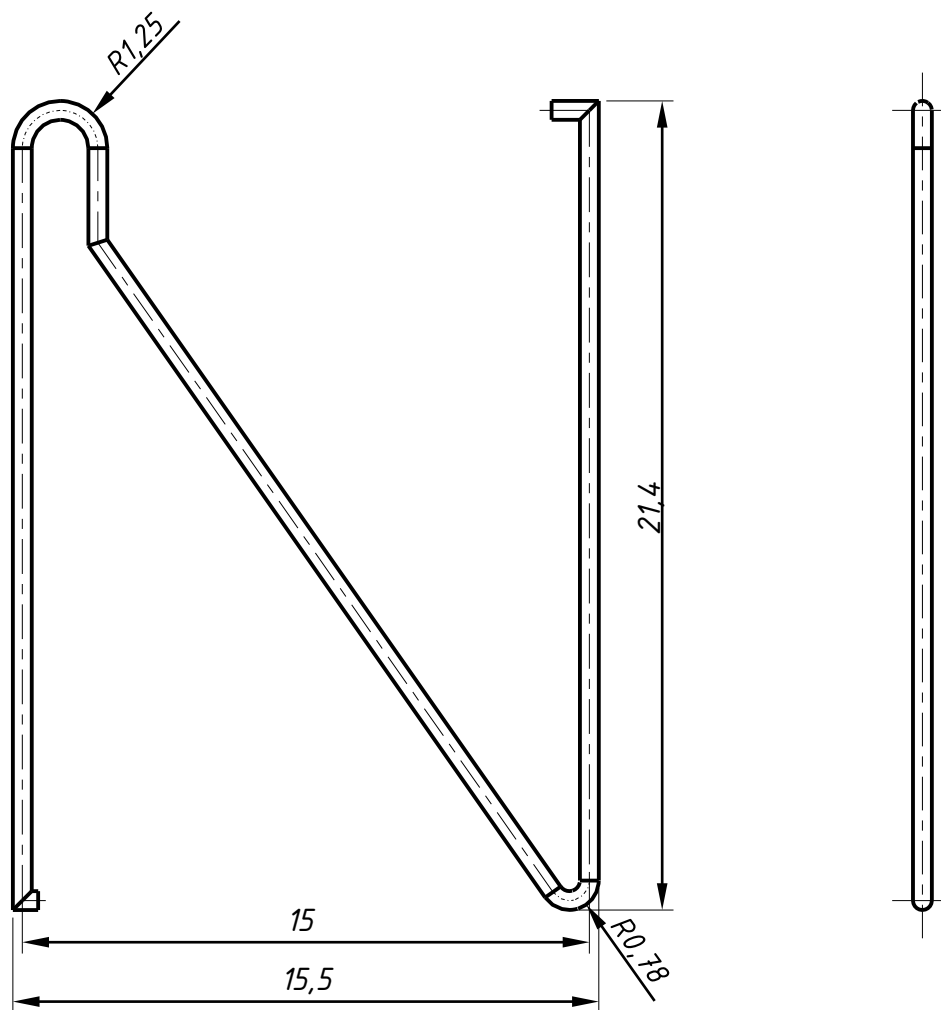
10.2 Műszaki rajzok



M 2:1

A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

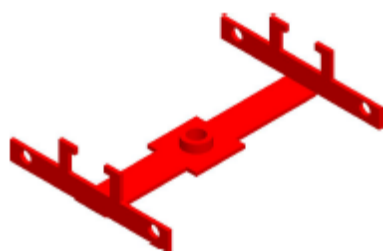
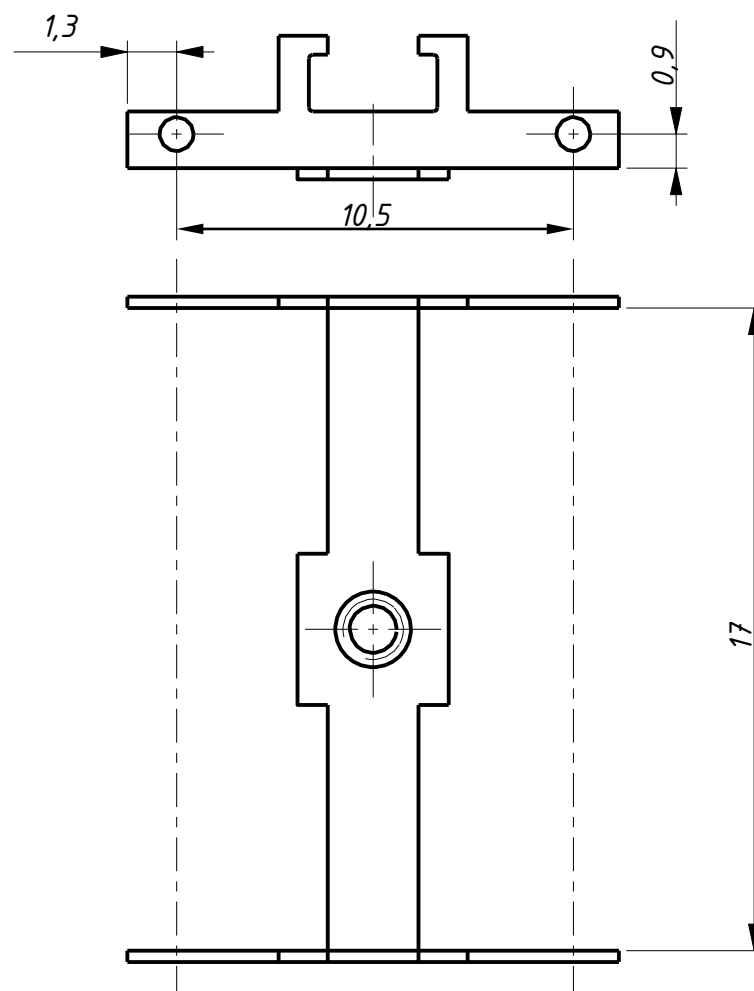
Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Ollós áramszedő alsó tagja és méretei	
Dátum	2013. 04. 14.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-1



M 2:1

A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

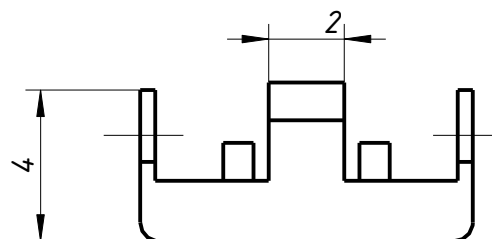
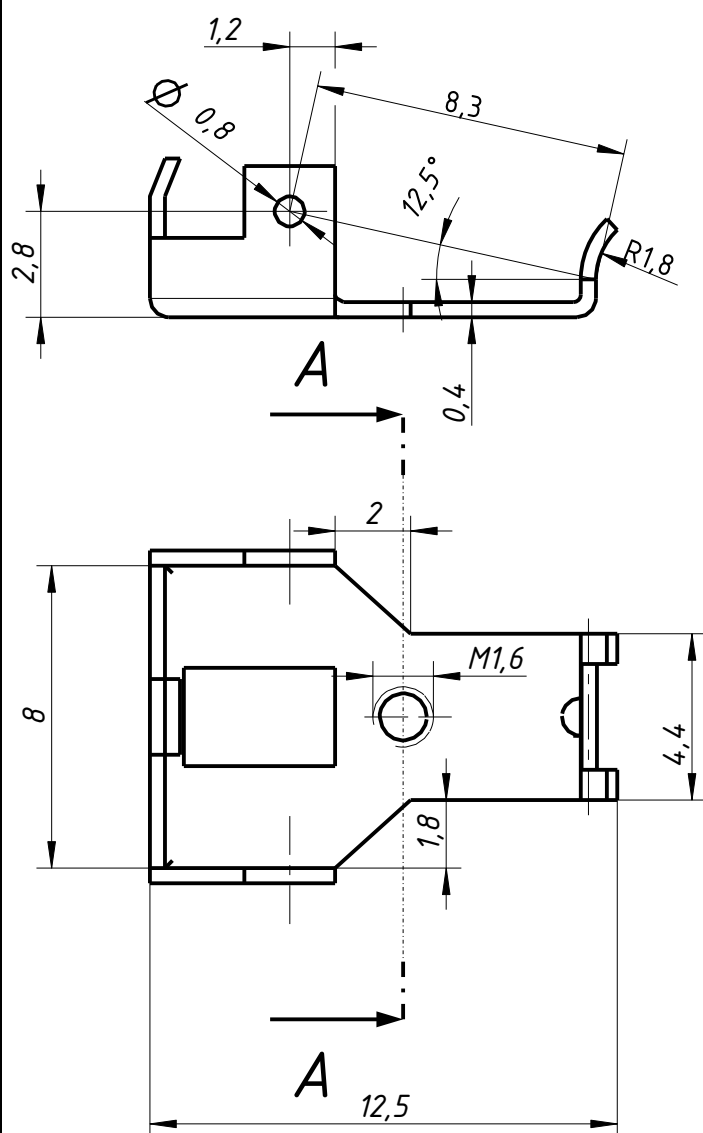
Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Ollós áramszedő felső tagja és méretei	
Dátum	2013. 04. 14.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-2



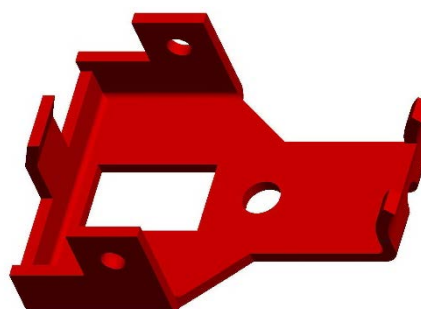
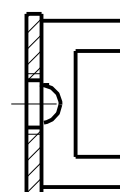
M 2:1

A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Ollós áramszedő talpazata és méretei	
Dátum	2013. 04. 14.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzsám TMDK-2014-3

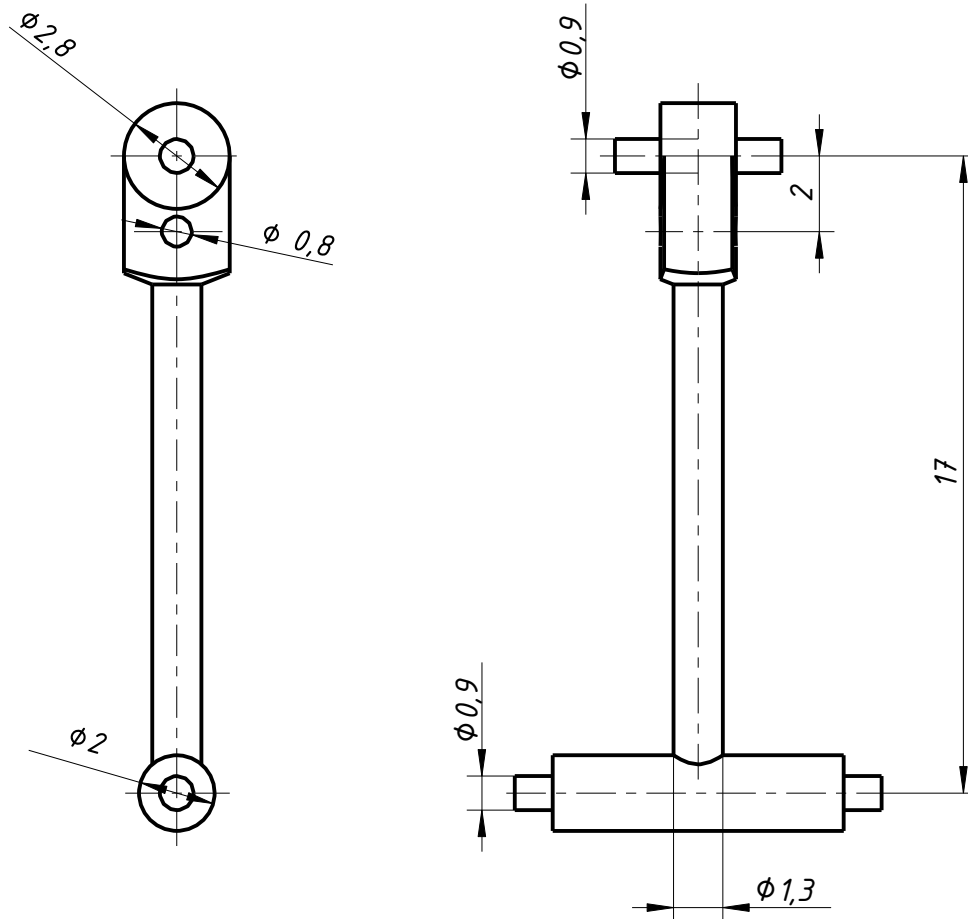


A-A



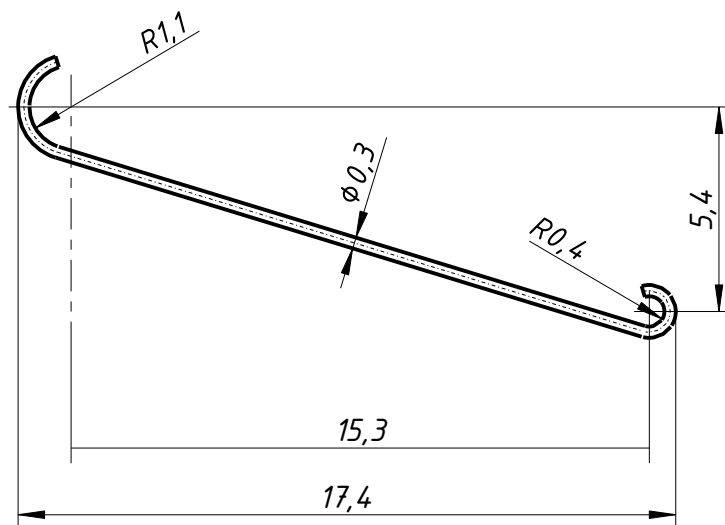
A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf talapzata és méretei	
Dátum	2014. 04. 14.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzsám TMDK-2014-4



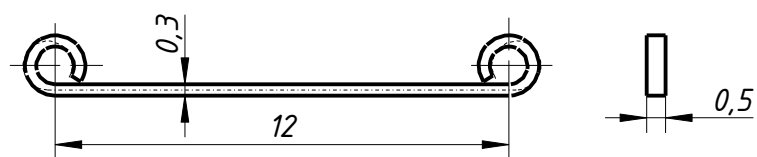
A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf alsó karja és méretei	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-5



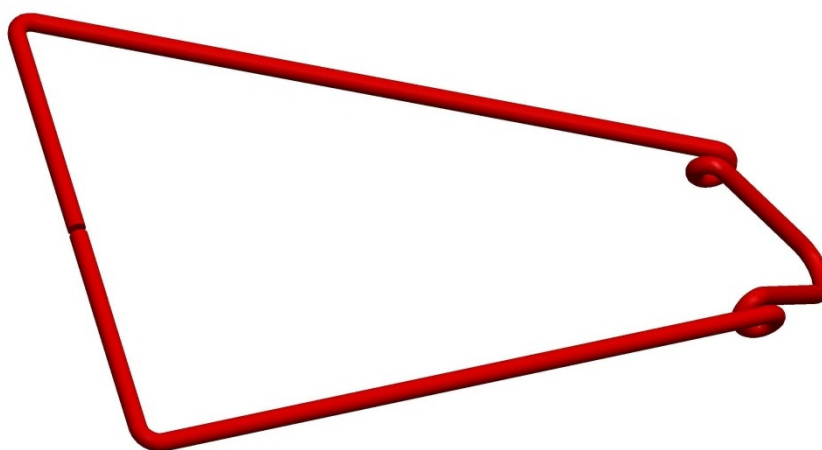
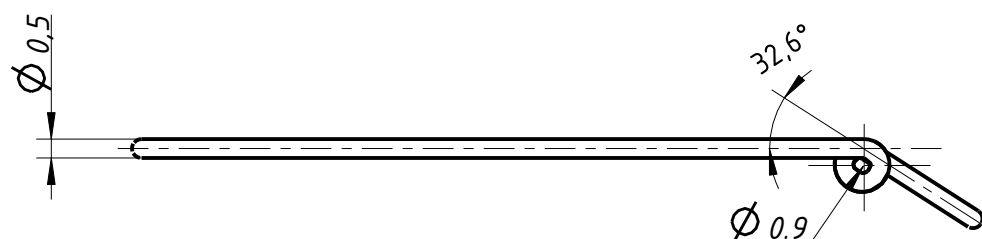
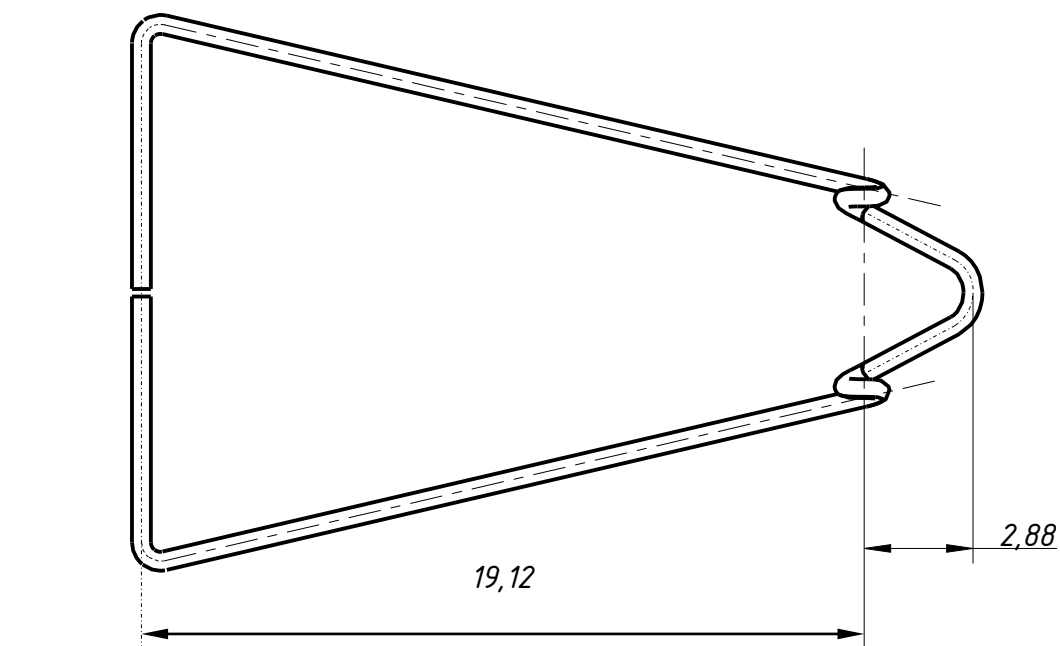
A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf palettájának vízszintes megvezetője	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzsám TMDK-2014-6



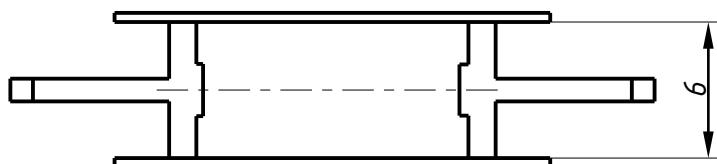
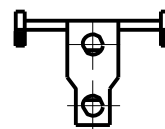
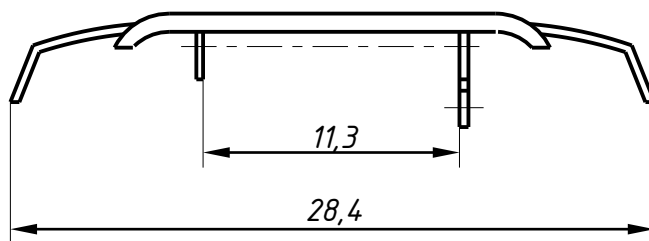
A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf egyenesbe vezető mechanizmusa	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-7



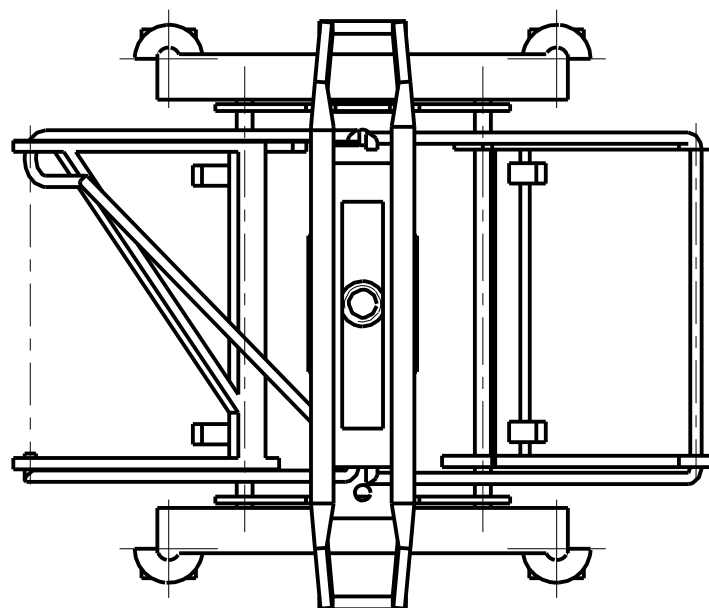
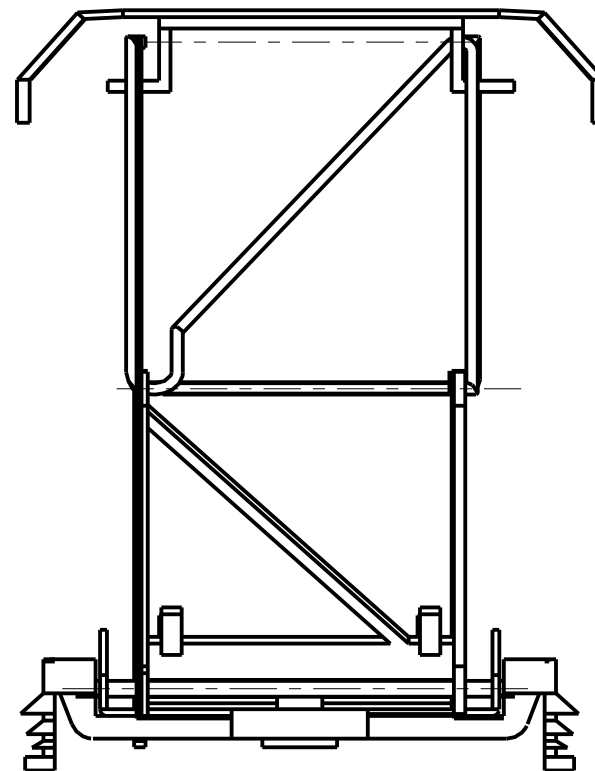
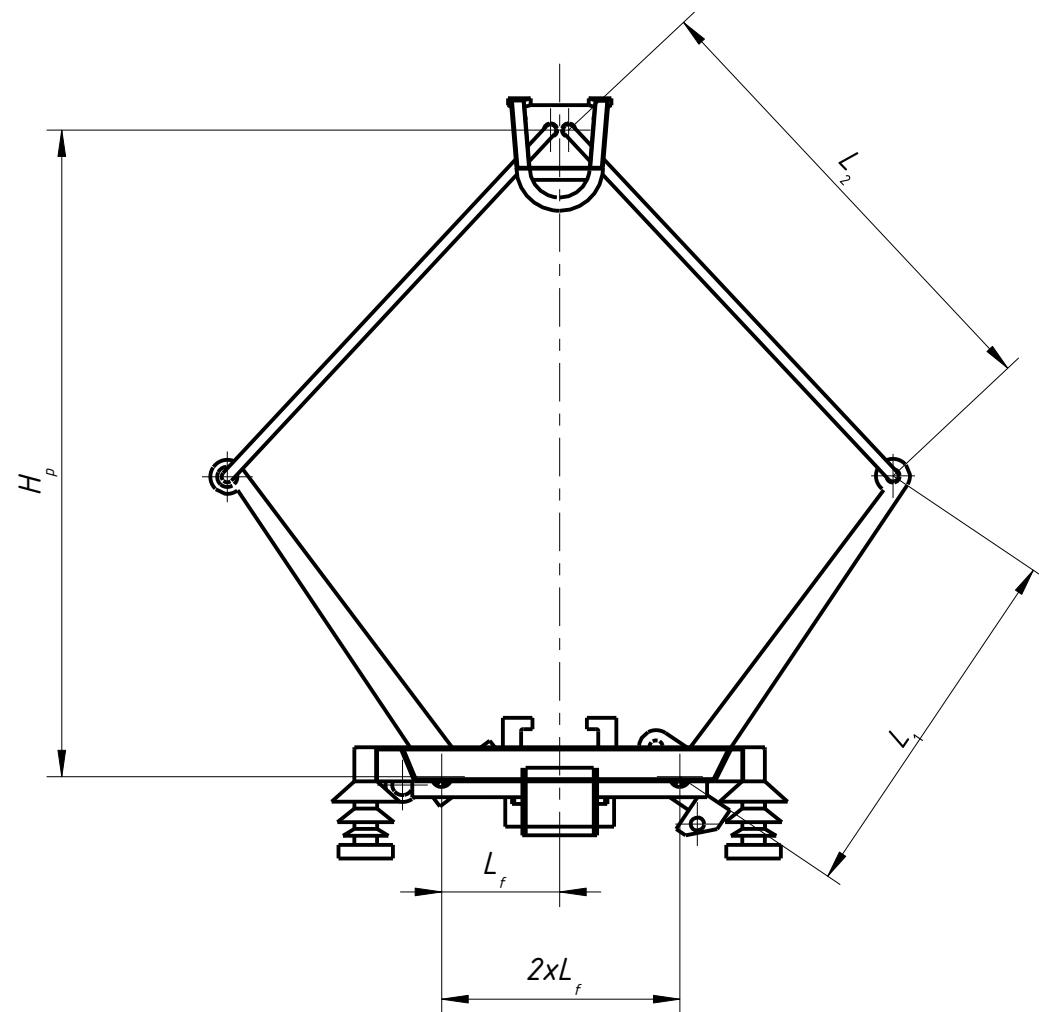
A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf felső karja és méretei	
Dátum	2014. 04. 14.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajkszám TMDK-2014-8

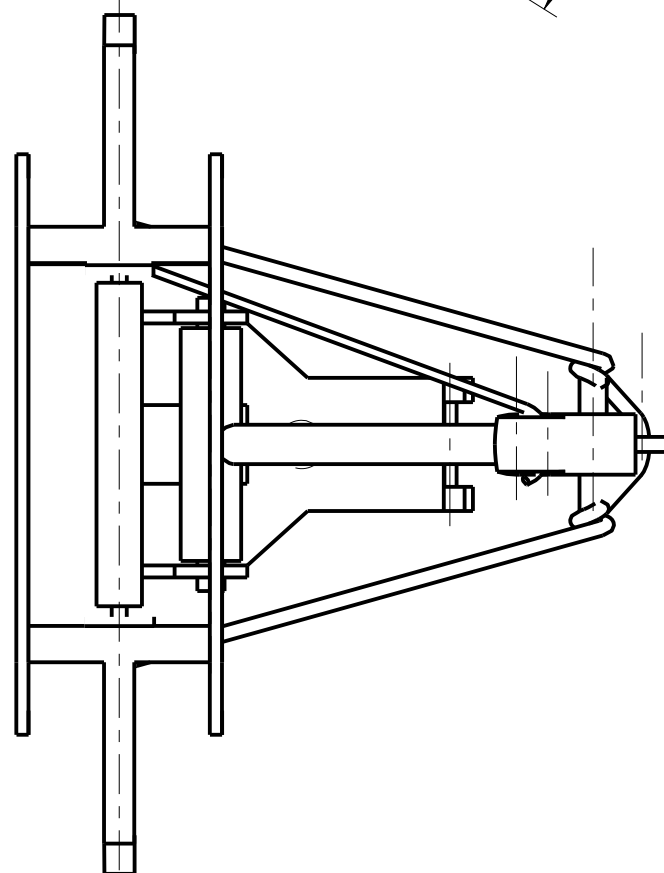
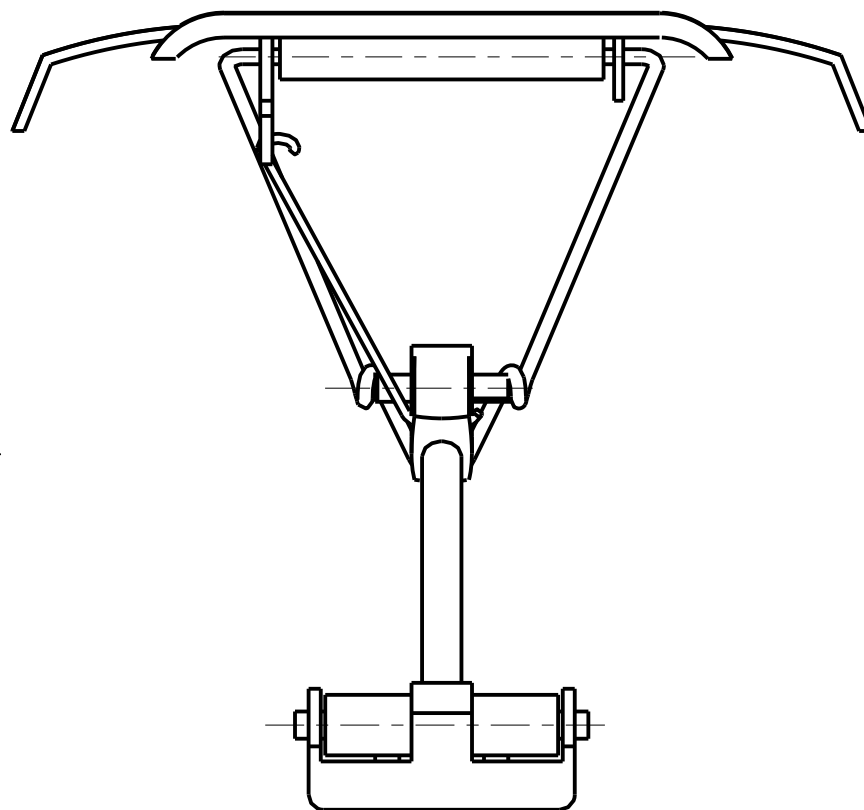
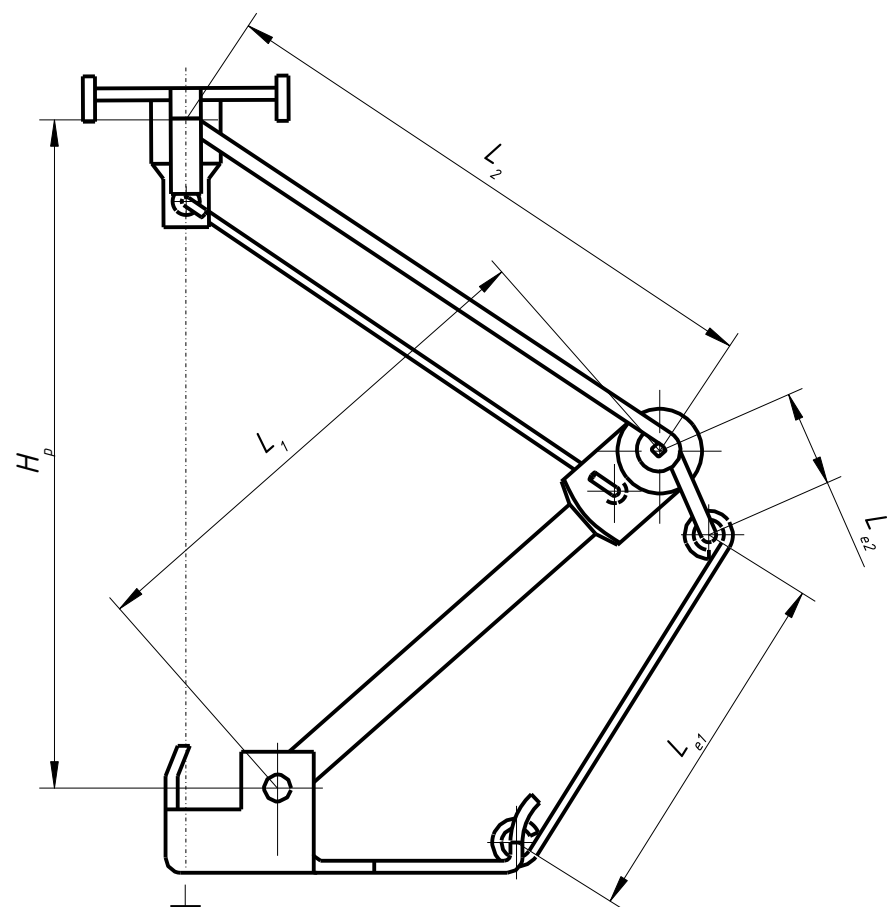


A rajz csak a feladat szempontjából szükséges méreteket tartalmazza.

Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf palettája	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-9



Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf kinyitott állapota és méretei	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer 			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-10



Név	Hadas Ádám	Széchenyi István Egyetem	Gyártmány Märklin	
Aláírás			Megnevezés	
Ellenőr	Kovács Gáborné		Félpantográf kinyitott állapota és méretei	
Dátum	2013. 11. 12.	MECHATRONIKA ÉS GÉPSZERKEZETTAN TANSZÉK	Anyag	Méretarány 5:1
Vetítési rendszer 			Tömeg	Rajzszám TMDK-2014-11