



LENGYEL GYÖRGY

okleveles gépészmérnök
vasútgépészeti referens
Nemzeti Közlekedési Hatóság

Fékszámítás és vonat menetdinamikai ellenőrző program

Bevezető

Az ellenőrző programmal lehetséges egyedi és vonatba sorolt járművek fékezési, gyorsulási úthosszainak ellenőrzése, féküzemi, haladási és gyorsulási menetdinamikai jellemzőinek (pl. ütközőre, vonóhorogra ható erők) meghatározása, mely egyben utolsó ellenőrzésként is szolgál az üzemengedély kiadása előtt.

György Lengyel
Eisenbahnmechanik Referent
Maschineningenieur

Kontrollprogramm für Bremsberechnung und Fahrdynamik von Zügen

Kurzfassung

Die Absicht die Fahrzeug und Zugberechnungssoftware ist der Prüfung der Brems- und Beschleunigungswege durchführen, die Berechnung die dynamischen Kenngrößen der Bremsung, Bewegung und Beschleunigung (z. B die wirkenden Kräfte an der Puffer und der Zulanlagen), daß bedeutet der letzte Prüfung voraus der Ausgabe der Betriebsgestaltung.

György Lengyel
Railway Mechanical Equipment
Referent
MSc Mechanical Engineer

Brake calculation and running diagnostic software

Summary

The purpose of the vehicle and train control software is to prepare preliminary and subsequent calculations concerning to braking and accelerating distances, to determine the dynamic parameters of braking, translation and acceleration (p. ex. acting forces on buffer gear and draw gear), that means the very final check before issuing authorisation.

I. Bevezetés

Hazánk Európai Unióba történő csatlakozásával egyre több vontató- és vontatott jármű megjelenésével kell számolni a magyar közforgalmú vasúthálózaton. Az EU meghatározza azokat a legfontosabb kereteket, amelyeken belül a vasúti rendszerek működhethetnek, vonatkozik ez a járművek üzembe helyezési engedélyére is. Azonban az egyes tagországok minimális mozgástérrel rendelkeznek az üzemeltetés területén, sőt az egyes országok jelenlegi eltérései szükségessé teszik azt, hogy minden egyes ország külön engedélyeztetési eljárásokat folytasson le annak céljából, hogy a hálózaton áthaladó vontató- és vontatott járművek biztonsággal közlekedhessenek.

Bármilyen rendszer (ETCS, EVM) is legyen felszerelve az adott járműre,

a megállást biztosító fékezési kapacitás, a fékút döntő jelentőségű. Ezen túlmenően a vontató- és vontatott járművek az adott ország közforgalmú hálózatán való működéséről is biztosítani kell az engedélyező hatóságokat, mert az egyes országok egyedi pályageometriai és üzemeltetési tulajdonságokkal rendelkezhetnek.

A járművek helyes működése leginkább a gyorsulási illetve ami még fontosabb, a fékezési úthossz vizsgálatával ellenőrizhető. A gyártócégek számításokkal támasztják alá, hogy az adott járművek gyorsító és fékező rendszerei megfelelnek az európai szintű és helyi specifikációknak, de ennek ellenére hasznos lehet, ha a jármű fékezési paramétereinek ismeretében egy gyors számítás is történik, amelynek célja egy utólagos és egyben utolsó ellenőrzés.

Ennek egyik eszköze a fékszámítás és menetdinamikai ellenőrző program, melynek bemeneti oldalán a gyorsítási rendszerek (pl. vontatómotor teljesítmény) illetve a fékezési rendszerek alapparamétereinek (pl. fékhenger

Jármű	AB	
Adatbázis	MAV	
Adatbázis	netr. 480	480
Visiüttársaság		
Jármű adatok		
Mozdony vagy kocsi	Mozdony	1
Mozdony		
Mozdony tömege t	85	85
Mozdony hossza m	18	18
Mozdony teljesítménye kW	2300	2165
Mozdony villamos		
fékteljesítménye kW	200	200
Indítási vonóerő kN	300	300
Terhelés t	0	0
Tengelyek száma:	4	4
Hajtott tengelyek száma:	4	4
Fékezett tengelyek száma:	4	4
Kerékátmérő- névleges mm	1250	1250
Csiszázsvédelem van-e i/j igen	0%	1

1. ábra Bemeneti panel alapadat részletei

Abbildung 1. Eingangstafel

Figure 1. Input surface

Fék			
Villamos fék			
Villamos fék van-e	igen ▼	1	1
Vontatómotor hatásfok	0,98	0,98	0,98
Transzformátor hatásfok	0,98	0,98	0,98
Hajtáslánc hatásfoka	0,98	0,98	0,98
Elméleti visszatáplált teljesítmény	192	5271	5271
Pneumatikus fék			
Van-e pneumatikus fék?	nem ▼	0	1
Féktípus	Tárcsa ▼	2	2
Van-e fékhiszterézis? i/n	nem ▼	0	0
Nagynyomás bar	8	0	0
Átkapcsolási sebesség - felső	80	0	0
Kisnyomás bar	3,8	0	0
Átkapcsolási sebesség - alsó km/h	55	0	0
Fékhengerek száma	8	8	8
Fékhenger átmérője "	10	8	8
Fékhenger ellenőrző N	1500	1500	1500
Fékrendszer áttétele:	8,51	8,51	8,51
Fékváltó állása	P ▼	G	G ▼
Rudazati hatásfok:	0,8	0	0
Féktárcsa max. átmérője mm	305	920	920
Féktárcsák száma:	8	8	8

2. ábra Fékrendszer paraméterei
 Abbildung 2. Kenngrößen der Bremsanlage
 Figure 2. Parameters of the breaking system

átmérője) megadásával az ellenőrző hatás egy rövid számítással meggyőződhet az engedélyezési dokumentációkban közölt adatok valódiságáról.

A jármű alapparaméterei a következők:

- tömeg
- teljesítmény
- hossz
- tengelyszám.

A gyorsítási rendszerek alapparaméterei a következők:

- teljesítmény
- vonóerő
- hajtott tengelyek száma.

A villamos fékezési rendszerek alapparaméterei a következők:

- villamos fék teljesítmény
- fékezett tengelyek száma

- van-e csúszásvédelem.
 A pneumatikus fékezési rendszerek alapparaméterei a következők:

- tuskós vagy tárcsás fék
- fékhengerek száma
- fékhengerek átmérője
- fékhengerek nyomása
- fékrendszer áttétele
- fékrendszer által kifejtett összes erő
- van-e fékhiszterézis.

Az ellenőrző program szakirodalomban meghatározott erőkapcsolati tényező értékekkel számol, ezzel meghatározható az elméleti jelleggörbe. Többek között az is megállapítható, hogy mindent egybevetve, mennyi tartalék van a fékrendszerben minden egyes időpillanatban.

2. A program működésének ismertetése

A program megírásának elsődleges célja az egyedi járművek menettulajdonságainak vizsgálata volt a megadott paraméterek alapján. A program további fejlesztésének eredményeként lehetővé vált tetszőleges összeállítású vasúti szerelvények egyszerűbb erőtani, menetdinamikai tulajdonságainak számítása a fék- és vonóerő kifejtésére alkalmas elemek ki-be kapcsolásával. Az erőtani számítások közé tartozik a kapcsolószerkezeti elemekre gyakorolt erőhatás gyorsítási, haladási és fékezési esetekben.

A program elméletileg korlátlan számú járműből álló szerelvény fék- és gyorsulási úthosszának számítására alkalmas, a gyakorlatban az Excel program, illetve az adott számítógép teljesítőképessége szab határt. A program bemeneti paneljének részlete az 1. ábrán látható, itt állítható be, hogy az adatbázisban tárolt járművek adataival számoljon a program minden egyes jármű esetén, vagy a felhasználó szabadon állítsa be az adatokat. A program „AL” fülének paraméterei

BEÁLLÍTÁSOK			
Sebesség		120	
Járműtípus	Tetszőleges		▼
Fékezési üzemmód	Tetszőleges		▼
Emelkedő	Hegytető		▼
Mértékadó emelkedő	20	◀ ▶	
Hegytető	40	◀ ▶	
Völgy	40	◀ ▶	
Változó emelkedő eleje	-15	◀ ▶	
Változó emelkedő vége	24	◀ ▶	
Sínfelület	Száraz		▼
Nyelv	Magyar HU		▼
Kivezérés - Gyorsítás	Teljes kivezérés		◀ ▶
Kivezérés - Haladás	Részleges vezérlés		◀ ▶
Kivezérés - Fékezés	Részleges vezérlés		◀ ▶
Lépésköz	Gyorsulás	1	16%
Lépésköz	Fékezés	0,5	22%
Kézfék rendben			
Menetellenállás	Egyedi jármű		▼
Súrlódási tényező		Minimális	▼
	Gyorsítás	Haladás	Fékezés
Útköző	OK	OK	OK
Vonóhorog	OK	OK	OK

3. ábra Beállítások
 Abbildung 3. Darstellungen
 Figure 3. Adjustments

az egyedi jármű adataira vonatkoznak. A felhasználó itt állíthatja be szabadon a jármű paramétereit illetve azt is, hogy a program adatbázisban tárolt járművek adataival számoljon minden egyes jármű esetén.

A bemeneti panel segítségével állítható, hogy a fékrendszer pl. rendelkezik-e fékhiszterézissel vagy sem, illetve a felhasználó tetszőleges fékállást tud kiválasztani, amelyet a program felajánl.

Ha a felhasználó az adatbázisból választja ki a jármű adatait, akkor a program azt is tudja, hogy a jármű rendelkezik-e villamos fékkel, fékhiszterézissel, illetve milyen fékállások közül lehet választani. Adatbázisból választott teherkocsik esetén a program tudja azt is, hogy az adott kocsi milyen raksúlyvál-

tóval rendelkezik, beállítható automatikus számítás, illetve számítás téves raksúlyváltó állítással is. Így elméletileg kikövetkeztethetők a hibás beállítás következményei. A fékrendszer beállításait segítő panel elrendezése a 2. ábrán látható.

3. A program által szolgáltatott eredmények

A program „ER” füle szolgáltatja az adatokat, de ehhez a jármű, illetve a vonat általános adatait lehet beállítani, mint a jármű vagy vonat sebessége, emelkedő, az időjárás függvényében változó súrlódási tényező. A fékút mérés alapfeltétele, hogy a fékezés megközelítőleg sík, egyenes pályán következzen be, de a program segítségével lehetőség nyílik arra is,

hogy mértékadó emelkedőn, hegytetőn, völgyben, illetve tetszőleges emelkedőn lehessen gyorsítási és fékezési úthosszat számítani. Eközben a program ellenőrzi a kézfékek hatássóságát, valamint az ütköző-vonókészülékekre ható számított erőket.

A program kiszámolja a gyorsítási úthosszat, az egyenletes sebesség tartásához szükséges munkát, valamint a fékút hosszát. Mindhárom esetre a program diagramot rajzol, amelyen a felhasználó feltüntetheti a kívánt paramétert, pl. fékerő, sebesség, súrlódási tényező.

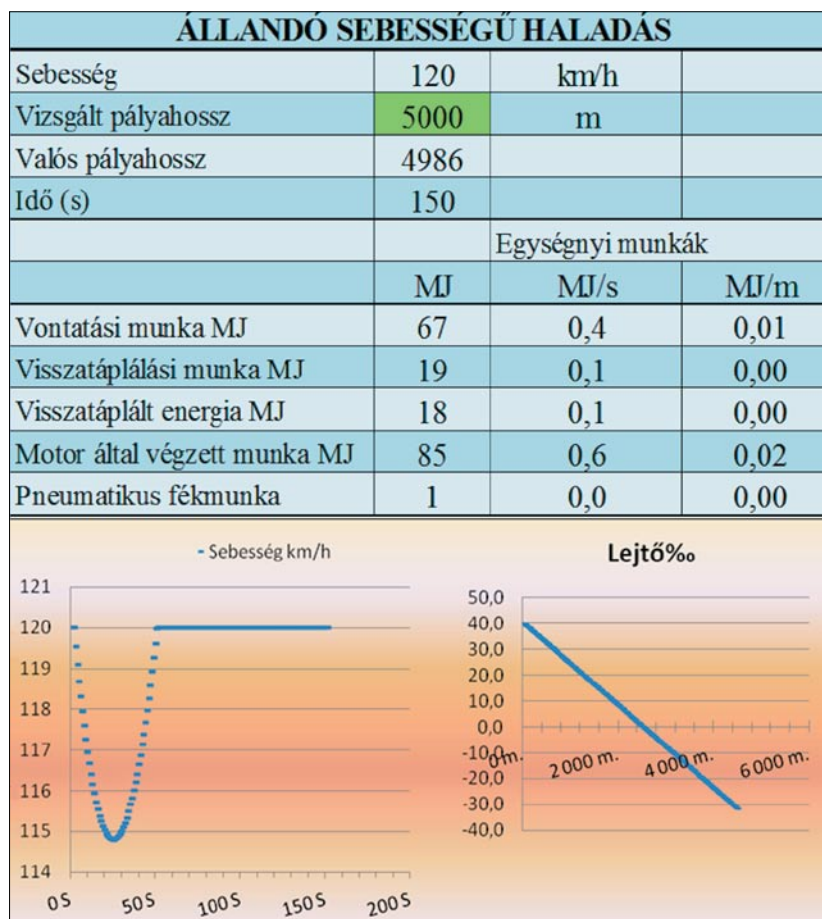
Haladás esetén, vonóerő üzemmódban, nem elegendő teljesítmény esetén lecsökken a sebesség a beállított érték alá, az emelkedés csökkenésével a jármű felgyorsít a beállított sebességig. Lejtőn bekapcsol a villamos fék, ha ez nem elegendő, akkor a pneumatikus fék is elkezd működni úgy, hogy a sebesség továbbra is a beállított értéken maradjon, melynek diagramja a 4. ábrán látható (ez arra az esetre igaz, ha a tényleges, vagy vizsgált jármű fékvezérlése erre képes, illetve programozott).

4. A program által számított eredmények összehasonlítása a valós adatokkal

Az 1. táblázatban található a program által számított fékútak a MÁV 480 sorozatú TRAXX mozdonyára 120 km/h sebesség mellett (Az alábbi táblázatokban a MIN, illetve MAX értékek a súrlódási tényező minimális, illetve maximális értékeire vonatkoznak, értelemszerűen a minimális súrlódási tényezőhöz maximális fékút tartozik.)

A 2. táblázatban található a hatósági mozdonyvizsgákon mért fékútak a 480 001-011 pályaszámú mozdonyok esetén 120 km/h sebesség mellett, P állásban (vagyis személyvonati fékkel).

A 3. táblázatban található a program által számított fékútak a MÁV 480 sorozatú TRAXX mozdonyára 160 km/h sebesség mellett.



4. ábra Állandó sebességű haladás paraméterei

Abbildung 4. Darstellungen der Bewegung bei beständig Geschwindigkeit

Figure 4. Adjustments of translation at constant speed

		120 GY	120 P	Idő	120 P reak	Idő
Szárász		Gyorsítás	Fék	Fék	Fék	Fék
Súrlódási tényező	MIN	368	320	17,4	374	19,0
	MAX	285	264	14,1	317	15,7
Nedves						
Súrlódási tényező	MIN	507	412	22,2	465	23,8
	MAX	304	271	14,4	324	16,0
Fagyos						
		511	577	32,1	630	33,7

1. táblázat Számított fékútak 120 km/h sebességnél
 Tabelle 1. Berechnungswerte der Bremswege bei 120 km/h
 Table 1. Calculated distances at speed of 120 km/h

	480 001	480 002	480 003	480 004	480 005	480 006	480 007	480 008	480 009	480 010	480 011
1. út [m]			700,0	680,0	640,0	640,0	620,0	650,0	700,0	700,0	720,0
1. idő [sec]			38,0	38,0	36,6	37,4	36,4	37,3	40,6	41,4	40,4
2. út [m]			700,0	680,0	650,0	650,0	690,0	690,0	710,0	740,0	750,0
2. idő [sec]			40,0	38,4	36,7	37,1	39,2	39,4	41,8	43,8	42,0
átlag [m]	730,0	705,0	700,0	680,0	645,0	645,0	655,0	670,0	705,0	720,0	735,0

2. táblázat Valós fékútak 120 km/h sebességnél, P állásban
 Tabelle 2. Ist-Werte der Bremswege bei 120 km/h
 Table 2. Real braking distances at speed of 120 km/h

		160 GY	160 R	Idő	160 R reak	Idő
Szárász		Gyorsítás	Fék	Fék	Fék	Fék
Súrlódási tényező	MIN	816	604	24,0	675	25,6
	MAX	663	494	19,5	565	21,1
Nedves						
Súrlódási tényező	MIN	1075	741	30,0	812	31,6
	MAX	658	484	19,5	555	21,1
Fagyos						
		1088	1018	43,0	1089	44,6

3. táblázat Számított fékútak 160 km/h sebességnél, R állásban (vagy gyorsvonati fékkel)
 Tabelle 3. Berechnungswerte der Bremswege bei 160 km/h
 Table 3. Calculated distances at speed of 160 km/h

	480 001	480 002	480 003	480 004	480 005	480 006	480 007	480 008	480 009	480 010	480 011
1. út [m]			800,0	830,0	780,0	800,0	840,0	840,0	900,0	900,0	970,0
1. idő [sec]			35,2	35,4	?	34,6	36,4	35,2	39,9	39,4	39,6
2. út [m]			820,0	800,0	900,0	840,0	810,0	830,0	920,0	920,0	900,0
2. idő [sec]			41,3?	33,9	?	35,2	35,4	36,5	40,1	40,5	39,6
átlag [m]	1080,0	1100,0	810,0	815,0	840,0	820,0	825,0	835,0	910,0	910,0	935,0

4. táblázat Valós fékútak 160 km/h sebességnél, R állásban
 Tabelle 4. Ist-Werte der Bremswege bei 160 km/h
 Table 4. Real braking distances at speed of 160 km/h

A 4. táblázatban található a hatósági mozdonyvizsgákon mért fékútak a 480 001-011 pályaszámú mozdonyok esetén R vonatnemváltó állás alkalmazásával, 160 km/h sebesség mellett.

5. Magyarázat

A számsorokat tanulmányozva több észrevétel, kiegészítés tehető:

- A fékútak tekintetében a járművek csoportokba oszthatók.

A 2. és 4. táblázat bal oldalán a Bombardier által számított minimális és maximális értékek láthatók. A járművek kizárólag a 9. mozdonytól esnek bele ebbe a tartományba.

- A program által számított értékek csak fagyos – azaz a lehető legkedvezőtlenebb – időjárási körülmények között esnek a mért értékek tartományába.

A program az elméleti súrlódási határ figyelembe vételével számol, a csúszás elleni védelem a csúszás fellépésekor azonnal közbelép és leszabályoz.

A fékút távolságának valóságos értékekhez való közelítése két módon lehetséges:

- egyrészt a kivezérlés értékének megváltoztatásával,
- másrészt a súrlódási tényező határértékének csökkentésével.

6. Következtetések

Az előzők alapján megállapítható, hogy a fékszoftverben különféle módosítások történtek, hogy a nedves és száraz időben bekövetkezett fékezéskor a fékútak lehetőleg igen kis tartományon belül változzanak, erre biztonsági okok miatt van szükség. A program számítása szerint a 480 sorozatú mozdony „G” vonatnemváltó állása mellett alig változik a fékút a „P” vonatnemváltó állás mellett elvégzett fékezéshez képest, annak ellenére, hogy a teljes hengerfeltöltés még be sem következett.

Tárcsafékes mozdonynál elengedhetetlen a szoftveres beavatkozás „G” vonatnemváltó állás esetén. A program segítségével bizonyítható, hogy az adott paraméterek alkalmazása mellett rendelkezik-e a fékrendszer tartalékkal, és ha igen, akkor mekkora ez a tartalék.

Ha a rendszerben nincs tartalék, akkor az a fékrendszer súlyos tervezési hiányosságaira utal. Szükség esetén a program kisebb mértékű módosításával lehetőség nyílik közúti járművek hasonló jellegű ellenőrzési számításának elvégzésére is.