



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésautomatikai Tanszék

Kombinált közúti-vasúti forgalomirányító rendszerek

dr. Katkó László
egyetemi adjunktus, BME

Varga István
tudományos munkatárs, MTA-SzTAKI

2000. március 29.

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETŐ	3
2	AZ EREDETI RENDSZER FELÉPÍTÉSE, MŰKÖDÉSE, BIZTONSÁGTECHNIKÁJA	4
3	AZ ALKALMAZOTT VONATÉRZÉKELŐ ELEMEEK ÉS SOROMPÓ BERENDEZÉSEK	8
3.1	A SOROMPÓ BERENDEZÉSEK HAZÁNKBAN:	9
3.2	A VASÚT ELSŐBBSÉGE, A KÖZÚTI-VASÚTI KERESZTEZŐDÉSEK BESOROLÁSA, A JOGSZABÁLYI KÖRNYEZET	10
3.2.1	A vasút elsőbbsége	11
3.2.2	A közúti-vasúti kereszteződések besorolása	11
3.2.3	A jogszabályi környezet főbb előírásainak összefoglalása	12
4	AZ ÚJ RENDSZERKONCEPCIÓ	15
4.1	ÁLTALÁNOS ALAPELVEK	15
4.2	KOMBINÁLT RENDSZER KETTŐS VASÚTI BEJELENTKEZÉSEL	17
4.2.1	Alkalmazási terület	17
4.2.2	Információáramlás	17
4.2.3	Szolgáltatások, működés hibamentes esetben	19
4.2.4	Hibajelenségek, a rendszer reagálása	20
4.2.5	Egy vasúti behatás van a „B1” ponton, vagy távolabb	22
4.2.6	Egy vasúti behatás van a „B2” ponton	22
4.3	KOMPLEX IRÁNYÍTÓ BERENDEZÉS	23
4.3.1	Alkalmazási terület	23
4.3.2	Információáramlás	23
4.3.3	Szolgáltatások, működés hibamentes esetben	23
4.3.4	Hibajelenségek, a rendszer reagálása	23
4.4	SZÜKSÉGES MÓDOSÍTÁSOK	25
5	A KÖZELJÖVŐ FEJLESZTÉSI ÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI	26
5.1	VASÚTI FEJLESZTÉSEK	26
5.1.1	Sebességfüggő sorompólezárás	26
5.1.2	Korszerű áramköri elemek alkalmazása sorompó berendezésekben	28
5.1.3	Eseménytároló alkalmazása	28
5.1.4	Nem biztosítóberendezési korszerűsítési lehetőségek	29
5.2	KÖZÚTI FEJLESZTÉSEK	30
5.2.1	Az eseménnytárolók alkalmazása	30
5.2.2	A „közúti detektorok” alkalmazása	30
5.2.3	A VER alkalmazása	31
5.2.4	Járműdetektorok telepítése a közúton	32
6	VONATKOZÓ JOGSZABÁLYOK, IRODALOM, MELLÉKLET	33

1 Bevezető

Az összehangolt működésű közúti-vasúti berendezések meglétét igen sok körülmény indokolta, azonban a rendszeresen jelentkező működésbeli problémák szükségessé tették a meglévő rendszerek átértékelését, a módosítások meghatározását, ütemezését.

1997-98-ban végzett felmérő munkánk eredményeként megállapítottuk, hogy továbbra is számolni kell az összehangolt rendszerek jelenlétével, alkalmazásával, ugyanakkor a hatóságok, gyártók, kezelők, és üzemeltetők részéről egyaránt igen erős az igény, hogy készüljön el egy új rendszerkoncepció, amely a modern mikroprocesszoros (elsősorban közúti forgalomirányító) berendezésekre támaszkodik, figyelembe veszi azok működésének kötöttségeit, biztonságtechnikai felépítését, maximálisan kihasználja azok adottságait, és egységes követelményeket tartalmaz mindenki számára.

A vasúti pálya biztosításának szempontjából azok legkritikusabb pontjai a közúti-vasúti kereszteződések.

Ezek kezdettől fogva állandó balesetveszélyt rejtettek magukban, és ez a közúti közlekedés technikai fejlődésével még tovább fokozódott, jóllehet a biztonság növelésére már a kezdetektől számtalan intézkedést vezettek be, és még több műszaki megoldást alkalmaztak. Ha általában igaz az, hogy a vasúti biztosítóberendezések fejlődésének a balesetek a mozgatórugói, akkor ez az útátjáró berendezésekre fokozottan érvényes.

A közfeltűnést keltő sorompóbalesetek után a közvélemény általában kifogásolja a biztosító berendezések műszaki színvonalát, kevesli a biztonságot, túlzottnak érzi a balesetek kockázatát (holott az a baleseti statisztikák szerint nem haladja meg a közúti közlekedés átlagos kockázatát). Elgondolkodtató, hogy a MÁV statisztikája szerint az elmúlt időszak útátjárókban történt közúti baleseteinél csupán átlagosan 2-3 százalékában, (vagyis 1-2 esetben!) állapítható meg a vasút felelőssége, kb. 80 %-nál a közúti járművek a sorompó tiltó jelzése ellenére hajtottak az útátjáróba, a többinél egyéb körülmények (lopás, stb.) játszottak közre.

Jelen oktatási segédlet a „Közúti Közlekedési Automatika” c. tárgy hallgatóinak készült. Emiatt kissé bővebben tárgyalja a kombinált rendszerek vasúti oldalát a mellékletben, egyben mintául szolgálhat arra, hogy egy összetett kutatási-fejlesztési téma befejezése után milyen sokrétű dokumentációt kell készíteni.

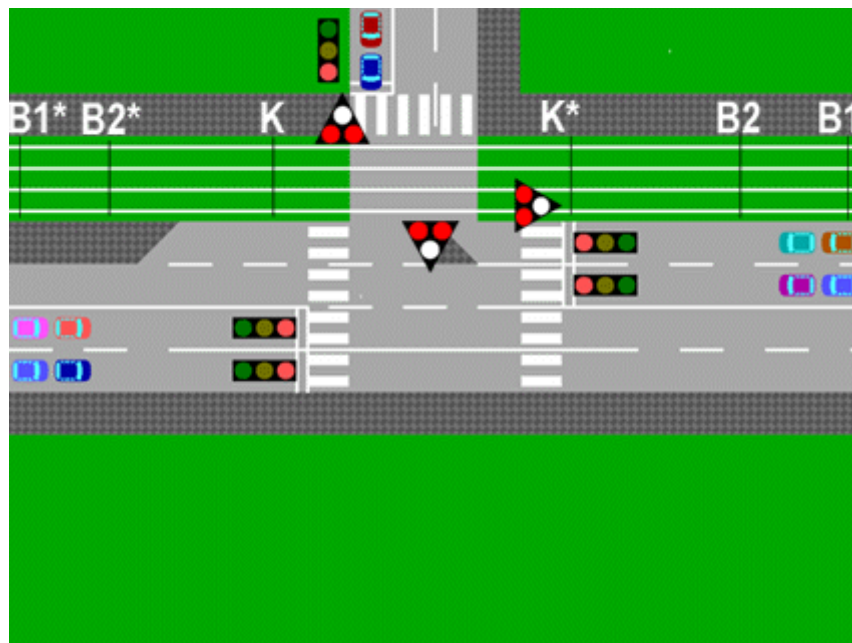
2 Az eredeti rendszer felépítése, működése, biztonságtechnikája

Az első összehangolt rendszer tervezése 1971-ben kezdődött. Ez tulajdonképpen egy SIEMENS készülék szolgáltatásainak adaptációja volt a hazai viszonyokra. Mivel ellentétben a kiindulási alappal, nem egy komplex berendezés készült, szükséges volt a két rész, nevezetesen a közúti forgalomirányító berendezés, és a vasúti jelző- és biztosítóberendezés közé egy illesztő egység (ADP = adapter) alkalmazása.

Ennek bemeneteiként alakult ki a kettős vasúti bejelentkezés. Maga a készülék csak labormodell szinten valósult meg, mert a gyártás legfőbb akadálya az import alkatrészek beszerzése volt.

A módosított, jóváhagyott, és jelenleg is üzemelő ADP-2 egy szűkített egység, amely a Nikola Tesla (NT) készülékben helyezkedik el egy relésávnyi terjedelemben. Jóval kisebb a forgalom- és biztonságtechnikai szolgáltatása, mint az eredeti ADP-nek, elemei pedig az 1975-ös technikai színvonalnak felelnek meg.

Az ADP-2 két üzemmódban dolgozhat, a közúti gép automatikus vezérlése, vagy sárga-villogója esetén, kézi vezérlés nem lehetséges. Mindkét esetben a vasúttól két bejelentkezési, és egy kijelentkezési jelet, továbbá üzemkészség állapot (vasúti zavar) információt kap működéséhez (1. sz. ábra).



1. sz. ábra: Behatási, kilépési pontok, fénysorompók, járműjelzők az eredeti változatban

A közúti berendezés a vasúti biztosítóberendezés *kezelője* számára ad üzemállapot jeleket (automata üzem, sárga-villogó üzem, vasúti program fut).

A közúti berendezés automata üzem esetében az első bejelentkezés hatására - üzemserű működés esetén - átáll egy un. vasúti programra, amely nem tartalmaz a vágányokat keresztező irányok számára szabad jelzést, csak sárga és piros jelzéseképek vezérlését teszi lehetővé, akkor, ha kell. A második bejelentkezés a közút állapotától függetlenül tilosra kapcsolja a fénysorompó áramköréit, és lezárja az útátjárót. Kijelentkezéskor az NT gép visszaáll az eredeti programra.

Sárga-villogó üzemben az első behatási pont meghaladása után - szűk körben programozható - időzítés múlva merev sárga, majd minden jelző piros jelenik meg a közúti fényjelzőkön (menekítés). Ennek hossza is programozható, azonban mindenképpen meg kell hogy haladjon a második bejelentkezést, vagyis a fénysorompó átállását a maximális ürítési idővel. Ezt követi a visszatérés sárga-villogó üzemre, mert már az időközben tilosra váltott fénysorompók tiltják a keresztező mozgásokat.

Az ADP-2 döntő része az NT gép elemeiből épül fel (LM. Ericsson típusú jelfogók, időzítők), kiegészítve normál elektrotechnikai elemekkel (kondenzátorok, ellenállások). A két fizikailag kapcsolódó rendszer (az ADP-2 és a vasúti biztosítóberendezés), egymástól galvanikusan független, az információcsere külön érintkezőkön keresztül, saját tápellátásról történik.

1985 óta az NT gépeket a kombinált rendszerekben is fokozatosan különböző elektronikus berendezések váltották fel. Az új készülékekben az eredeti kialakítás szerinti kommunikációs jeleket alkalmazzák, és a működés is változatlanul a régi elvhez igazodik. Eltérés az illesztő áramkörök hardver megoldásaiban, és a kapcsolatok lekezelését végző szoftver lehetőségében tapasztalható.

Az ADP-2 áramkörei az alábbi hibajelenségekre reagálnak:

- Ha az első bejelentkezés nélkül azonnal a második jelenik meg, a NT sárga-villogóra vált át, mert nem történt meg a programváltás, és ellentétes közúti-vasúti jelzéseképek jelenhetnek meg. A sárga-villogó a kijelentkezéskor szűnik meg, mintha akkor kapcsolták volna üzembe a NT készüléket, azaz merev sárga - minden jelző piros után áll helyi automata vezérlésre.

- Sárga-villogó üzemben a fentiek szerinti átmenettel minden jelző piros képet vezérel ki az ADP-2. Mivel elképzelhető, hogy a villogó üzemet éppen egy, a vágányokat keresztező irány piros izzójának kiégése okozta, ezekben az irányokban mindenhol ismétlőjelzőt kell alkalmazni.

- A közút automata üzeme esetében egy időzítő áramkör figyeli a programváltás folyamatát. Ha az átmenet a beállított (15-25 másodperc) időn belül nem történik meg, az ADP-2 a közúti berendezést merev sárga, minden jelző piros képek után sárga-villogóra állítja át.

- Ha a vasúti berendezéstől "zavar" jelzés érkezik, (pl. amiatt, mert az első bejelentkező szakasz foglaltsága 10 perc elteltével sem szűnik meg!) az NT gép átkapcsolódik sárga-villogó üzemre.

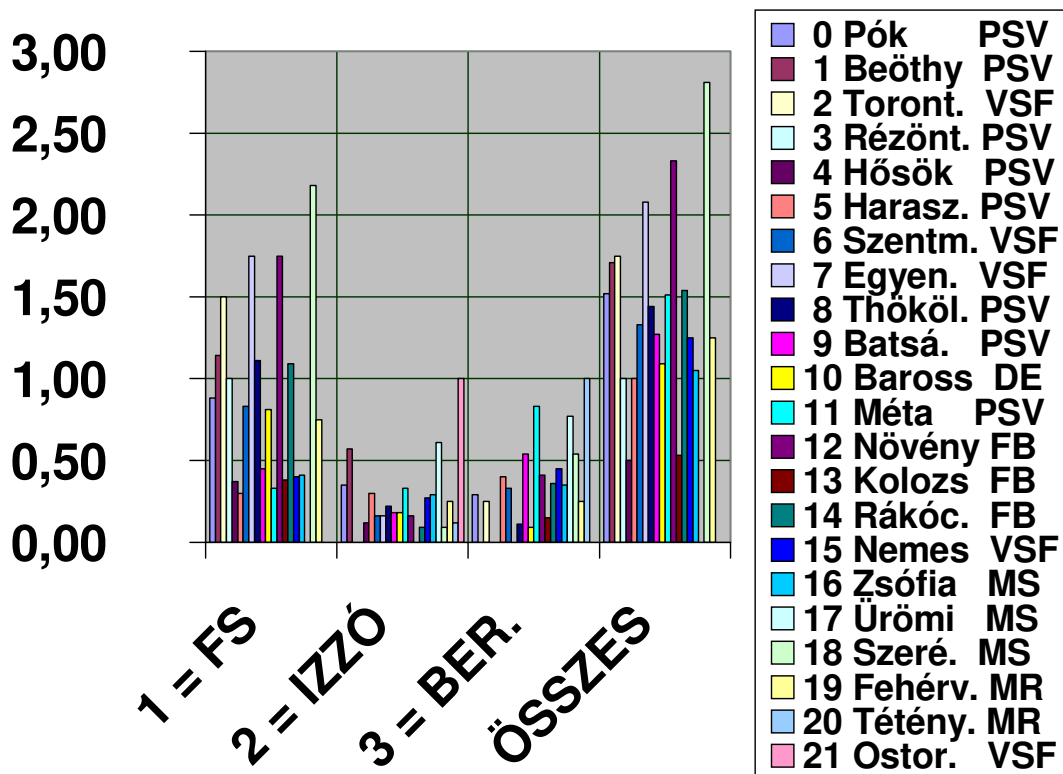
Nincs hibajelzés az ellentétes jelzéseképek valódi megjelenése esetén, amelynek okai lehetnek:

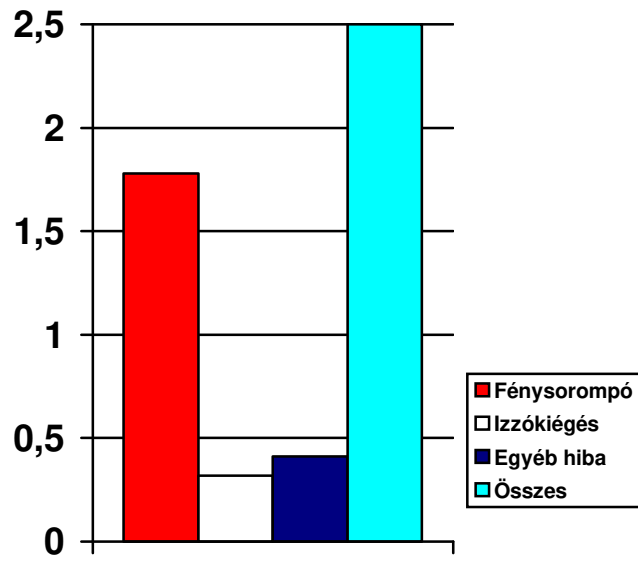
- ADP-2 hiba, (pl. a "Nullázó jelfogó" beragadása miatt a számlánc leáll)
- az ADP-2 kimenő feszültségének hiánya (nincs ellenőrzés szakadásra),
- zöld jelző kábelének zárhlata pl. vasúti program futása esetén.

Végső konklúzióként az NT gépes kombinált rendszerek cseréjének okai:

- Az előző pontban ismertetett, nem ellenőrzött hibalehetőségek.
- A kettős bejelentkezés megbízhatatlansága.
- A berendezések kora (20 év), elhasználtsága, karbantartási igénye.
- A berendezések gyártása megszűnt! (Így az ADP-2 egységé is.)
- A forgalom- és biztonságtechnikai követelmények elavult szintű teljesítése. (Általános sárga jelzésnél nincs gyalogos piros, nincs tetszőlegesen programozható minden jelző piros, izzóellenőrzési korlátok, kapacitási nehézségek.)
- A forgalom pillanatnyi igényeihez való alkalmazkodás túl nagy követelmény a gépek számára, (a rugalmas forgalomszabályozást a jelenlegi ADP-s rendszer nem, vagy csak igen nehézkesen tudja megoldani).
- A két berendezés közötti információ átadás biztonságtechnikai fejlesztése az ellenőrzés megbízhatóságának irányában.
- A vasúti "zavar" állapot jelenleg nehézkes kezelésének feloldása, egyszerűsítése. (Vasúti zavar érzékelésekor a "minden jelző piros" jelzés vezérlése és a sárga villogó jelzés inkább okoz bizonytalanságot, mint biztonságot a közúti forgalom számára. Különösen hátrányos ez a gyalogosoknak.)

Bár az elmúlt évek tapasztalatai során bebizonyosodott, hogy az összehangolt rendszerek helytelen működések döntő része a vasúti pályák állapotának, illetve ennek következtében a biztosítóberendezés elemei téves jeleinek tudhatók be, (2. sz. ábra), ugyanakkor a fenti ellentétes jelzések több helyszínen, többször is megjelentek, ezért megszüntetésük alapvető követelmény mindkét oldal üzemeltetői, és hatóságai számára.





2. sz. ábra: A budapesti részletes hibafelmérési eredményeinek összesítése (hiba/csp./hó)

3 Az alkalmazott vonatérzékelő elemek és sorompó berendezések

A meglévő rendszer szolgáltatásainak és hátrányainak elemzése után a következőkben az új koncepció kialakításához a vasúti biztosítóberendezés műszaki oldalára térünk rá. Először az információt szolgáltató vonatérzékelők összefoglaló értékelését végeztük el, (fajták, telepítési költségek és üzemeltetési tapasztalatok), hiszen jelenleg, és a közeljövőben is ez képezi a teljes rendszer megbízható működésének alapját. Ezt követi a sorompó berendezések főbb jellemzőinek ismertetése.

Mivel a segédlet a közúti oldallal nagyjából tisztában lévők számára készült, a téma összetett jellege, és szakmai érthetősége miatt szükségesnek láttuk a „vasúti oldal” kissé részletesebb leírását. Ez található a mellékletekben.

A közúti-vasúti kereszteződéseknel a sorompó berendezésekben, hazánkban a következő vonatérzékelő elemeket alkalmazzák:

- Folyamatos, hosszú, egyenáramú szigeteltsín, a számított behatási távolságtól a kereszteződésig, mint bekapcsoló, a kereszteződésben, mint oldó vonatérzékelő elem.
- Rövid, (18 méteres) egyenáramú szigeteltsín, a számított behatási távolságtól kezdődően, mint bekapcsoló, a kereszteződésben vagy a kereszteződés két oldalán, mint oldó vonatérzékelő elem.
- Szigetelt sínütközőt nem igénylő, más sínáramkörre szuperponálható 13kHz-es szigeteltsín, a számított behatási távolságtól kezdődően, mint bekapcsoló, a kereszteződésben vagy a kereszteződés két oldalán, mint oldó vonatérzékelő elem.
- Különleges esetekben, rövidített (2 méteres) szigetelt sínütközőt nem igénylő, más sínáramkörre szuperponálható 13 kHz-es szigeteltsín a kereszteződés egyik oldalán, mint kiegészítő oldó vonatérzékelő elem.
- Kísérleti jelleggel különböző típusú tengelyszámláló berendezés, a számított behatási pontoknál bekapcsoló, az útátjáró körzetében mint oldó vonatérzékelő elem. Kompletten, egy egyvágányú sorompó valamennyi vonatérzékelő elemét tartalmazza.
- Állomási sorompókat az állomási biztosítóberendezés működteti.

A felsorolt elemek beépítési költségei mai áron (1998) a következők:

- Egyenáramú szigeteltsínek telepítése függetlenül attól, hogy folyamatos, vagy rövid, hagyományos szigetelő betét alkalmazásával kb. 300 E Ft. Az előre gyártott ragasztott kötést alkalmazásával kb. 500 E Ft, plusz a telepítési viszonyoktól függően a kábelezés költsége kb. 1100 Ft/m.
- 13 kHz-es sínáramkör kb. 350 E Ft, plusz a telepítési viszonyoktól függően a kábelezés költsége kb. 1100 Ft/m.

- Tengelyszámláló berendezés költsége kb. 3-5 millió Ft, plusz a telepítési viszonyoktól függően a kábelezés költsége kb. 1100 Ft/m.

A felsorolt elemek üzemeltetési tapasztalatai, előnyei, hátrányai:

- Az egyenáramú szigeteltsínek csak jól karbantartott pályán üzemelnek megbízhatóan. A ritkán használt, többnyire elhanyagolt pályán nagyon gyakori az indokolatlan foglaltság, ami a sorompók zavartatását eredményezi.
- A 13 kHz-es szigeteltsínek az egyenáramúnál jobban elviselik szennyezett ágyazatot, nem igényelnek bonyolult beszállítást.
- A tengelyszámláló berendezésről kevés az üzemi tapasztalat a megbízható vélemény kialakításához, de az eddigi üzemeltetés során egyetlen hiba sem jelentkezett. Előnye, hogy teljesen független az ágyazati viszonyoktól, belsőteri egysége is elektronikus, ami valószínűleg jól csatlakoztatható más elektronikus elemekhez. Rossz ágyazati viszonyoknál és ritkán használt vágányokon várhatóan ilyen érzékelőket fog a MÁV telepíteni. (Egyetlen hátránya a költsége.)
- Az állomási sorompókat az állomási biztosítóberendezés áramkörei megbízhatóan működtetik.

Az eddig leírtakat figyelembe véve a legmegbízhatóbb működést az állomási sorompók, illetve az ágyazati és forgalmi viszonyok függvényében a 13 kHz-es, vagy a tengelyszámlálós vonatérzékeléssel működtetett vonali sorompó berendezések biztosítják.

A közúti forgalomirányító rendszerrel kombinált vasúti sorompók működtetése biztonságosan megoldható a mindkét rendszerre ható közös vonatérzékelővel is. Megfelelően tervezett, biztonságos áramkörök kialakításával (és némi szemlélet változtatással) egységes, a közút és a vasút számára is megfelelő megoldás alakítható ki.

3.1 A sorompó berendezések hazánkban:

Az útátjáró biztosítás a hatósági előírásoknak megfelelően, az adott helyszín közúti és vasúti forgalmi paramétereitől függő biztonsági követelményekhez igazodva, a műszaki felszereltség szerint, más-más technikai megoldásokat jelent.

A fő- és mellékvonalakat összehasonlítva megállapítható, hogy az útátjáró biztosítást tekintve a fővonalak sokkal egységesebbek. A mellékvonalakon az állomási biztosítóberendezéshez kapcsolódnak; ez utóbbiak sokféleségéből (mellékvonalainkon 8 féle berendezéstípus üzemel) és a szerkezeti függés kialakításának különböző módjaiból adódik, hogy az állomási útátjáró fedező berendezések igen eltérnek egymástól.

Ez műszakilag akkor okoz problémát, ha az állomáson szolgáltatásüneteltetést rendelnek el, miközben a vonatközlekedés fennmarad, de a sorompó(ka)t nem lehet automatikusan üzemeltetni (nem önműködő, kvázi vonali sorompó). A vonaliak pedig szerkezetileg, vagy a kezelés, visszajelentés, vonatérzékelés szempontjából lehetnek igen különbözőek.

Az egyes berendezések eltérő kialakítása és műszaki állapota miatt fennálló biztonsági szintkülönbségek, vagy a helyenként erősen lecsökkent forgalom okozta új körülmények kialakulása, vagy éppen (pl. pályarekonstrukció következményeként) felemelt sebességnél valamely berendezéstípus alkalmatlanná válása miatt is indokolt az új rendszerkoncepció alapját képező egységesítés.

Ezt alátámasztja, hogy a közúton is jelenleg 5 féle forgalomirányító berendezés kapcsolódik a vasúthoz. Anélkül, hogy a különböző biztosító berendezések részletes ismertetését céloznánk meg, a következőkben a realizáció típusától eltekintve funkcionálisan felsoroljuk a lehetséges vasúti sorompó berendezéseket.

A kombinált berendezések alkalmazási esetei a vasút szempontjából a következő fő típusokban, illetve azok kombinációiban lehetségesek: [11]

Állomási sorompók, ezen belül:

- kezeléssel vezérelt állomási sorompó,
- vonat által vezérelt állomási sorompó.

Vonali sorompók, ezen belül:

- vonat által vezérelt vonali sorompó,
- állomási indítású vonali sorompó,
- vonatszemélyzet által ellenőrzött sorompó,
- helyből kezelt nyíltvonali sorompó.

A besorolásban szereplő fő- és alcsoportok függetlenek attól, hogy egy adott helyen milyen biztosító berendezés (szabadkapcsolású, KA-69, DOMINO, elektronikus SIEMENS, stb.) üzemel, és milyen végkészülékeket vezérel automatikusan, vagy működtet kézi kezelésre (teljes sorompó, fény sorompó, félsorompó, ez utóbbi kettő együttese, stb.)

Nem vettük figyelembe azt sem, hogy egy biztosító berendezés központi forgalomirányítás (KÖFE, KÖFI) alatt áll, vagy önálló egységként működik, mert a közúti gépeknél sem tettünk, - és a továbbiakban sem teszünk - ilyen megkülönböztetést, hiszen nyilvánvaló, hogy egy magasabb szolgáltatási szintű rendszernek garantálni kell az alacsonyabbakra megfogalmazott követelményeket.

A központi ellenőrzésű-, és irányítású vasúti rendszereknek annyi előnye van, és lesz, hogy a közút oldaláról előírt, (vagy a jelen tervben javasolt) visszajelzések felhasználásával hatékonyabbá teheti az együttműködés hétköznapi munkáját, vagy a balesetek megelőzését.

3.2 A vasút elsőbbsége, a közúti-vasúti kereszteződések besorolása, a jogszabályi környezet

3.2.1 A vasút elsőbbsége

A terepadottságok (természeti környezet, építmények, egyéb tereptárgyak), a közúti ill. vasúti pályák vonalvezetése korlátozhatják az úttájárók fékúttávolságon belüli folyamatos beláthatóságát.

Azonos haladási sebességről a teljes megállásig megtett utakat összehasonlítva megállapítható, hogy a vasúti járművek fékútja lényegesen hosszabb a közútiakénál. Ezt, és a tömegviszonyokat is figyelembe véve, a keresztezésekben a vasutat kell előnyben részesíteni, a közúti forgalom ideiglenes - a feltétlenül szükségesnél nem hosszabb ideig tartó - lezárásával.

A nagyobb mozgási energia miatt az esetleges lassítás-gyorsítás többletköltsége, az egy-egy egységre jutó nagyobb utasszám, vagy a menetrendszerűség olyan másodlagos szempontok, amelyek tovább erősítik a vasút elsőbbségét alátámasztó érveket.

A vonatkozó jogszabályok is a vasút elsőbbségét írják elő, és ezzel a fenti fő indokok (sebesség, fékút, tömeg, utasszám, stb.) alapvetően egyet kell értenünk. A kivételekre vonatkozó javaslatokat a 4.) pont tartalmazza.

3.2.2 A közúti-vasúti kereszteződések besorolása

A közúti és vasúti nyomvonalak metszési területei alapvetően feloszthatók:

- külön szintű, és
- szintbeli keresztezésekre,

amely utóbbiak lehetnek valamilyen automatikus berendezéssel szabályozottak, vagy irányító készülék nélküliek.

A külön szintű keresztezések (alul-, felüljárók) tervezését, létesítését

- a nyomvonal típusa (autópálya, vasúti fővonal, stb.),
- a megengedett sebesség, és
- a súlyozott forgalomnagyság determinálja.

A külön szintű csomópontokat nem, a szintbeliek közül pedig csak azokat vizsgáljuk, ahol a kényszerpálya és a közút kereszteződésében haladó közúti járművek forgalmát valamilyen automatikus készülék irányítja. Ezek a berendezések lehetnek:

- a) csak vasúti sorompó berendezés,
- b) csak közúti fényjelző készülék,
- c) fizikailag egy berendezés, amely irányítja a közutat és a vasutat egyaránt,
- d) fizikailag két, vagy több, egymással összehangolt üzemben működő berendezés

(elterjedten: kombinált berendezés).

3.2.3 A jogszabályi környezet főbb előírásainak összefoglalása

Ad a)

A vasúti átjárót biztosító jelzőberendezésekre vonatkozó előírásokat az [1] 19. § (1) - (8) tartalmazza, az átjáróban közlekedni a 39. § (1) - (6) szerint kell.

A vonatkozó jogszabályt [2] egészíti ki, a kiegészítéseket, pontosításokat az alábbi részek tartalmazzák:

- Hatáskörök, feladatelhatárolások: 2.§ (2), (3)
- Egyes forgalomszabályozási előírások: 9. § (1) - (13)

Forgalomszabályozási műszaki szabályzat

VIII. fejezet Vasúti átjárók forgalomszabályozása

- A vasúti átjárók biztosítása: 26.1 - 26.17
- Gyalogosok átvezetése vasúti pályán: 27.1 - 27.4
- Vasúti átjárók közúti jelzései: 28.1 - 28.9
- Vasúti átjárók különleges forgalomszabályozásai: 29.1 - 29.3

A 26.3 pont szerint:

"A vasúti átjárót abban az esetben kell biztosítani, ha a vasúti átjáróban

- a) szilárd burkolatú utat két vagy több vágányú vasúti pálya keresztez,
- b) szilárd burkolatú utat 80 km/óránál nagyobb engedélyezett sebességű vasúti pálya keresztez,
- c) a vasúti pálya főútvonalat keresztez,
- d) menetrendszerű közforgalmú autóbusz közlekedés van,
- e) a mértékadó járműforgalom 150-nél nagyobb,
- f) az egy óra alatt áthaladó közúti járművek – személygépkocsi egységre átszámított – száma naptári évenként legalább 50 esetben eléri vagy meghaladja a 100-at, vagy
- g) a rálátás a rálátási háromszögben nem szabad és a szabaddá tétel költsége jelentősen meghaladná a biztosítás költségét. A vasúti átjárón átvezető olyan földút esetében, ahol a csökkentett rálátási háromszögben a rálátás szabad, a biztosítás mellőzhető."

Ad b)

A jelenleg érvényes jogszabály szerint a közúti fényjelző készülékek csak villamos forgalmat szabályozhatnak. Ez esetben:

"A forgalomirányító fényjelző készülék jelzése a villamosra is irányadó, kivéve ha a villamosforgalom irányítására külön - négy fehér lámpából álló - fényjelző készülék működik." [1] IV. fejezet 53. § (2)

Külön irányítási típust jelent "az utat keresztező villamos áthaladásának biztosítására szolgáló fényjelző készülék". Ez esetben a [2]-ből az:

"Egyes fényjelző készülékek alkalmazása" című alfejezet 20.1 - 20.6 pontjaiban foglaltak az irányadók.

Az előző két bekezdésben feltüntetett előírásokból következik, hogy jogszabályt kellene módosítani ahhoz, hogy a villamoson kívül bármely más kényszerpályás jármű számára is közúti fényjelző készülékek elemei valósítsák meg az áthaladás biztosítását, illetve a vonatvezető számára adandó visszajelzést.

Az "egyed fényjelző készülékek alkalmazása" csak a megkülönböztetett járművek esetében tesz engedményt (20.5 pont), jelenleg tehát az a), vagy d) pontok szerinti szabályozási rendszer lehetséges, vagy - még az adott helyen üzemelő közúti fényjelző készülék mellett is - szükséges a jelzőőr kézi irányítása.

Ad c)

A szakemberekkel folytatott konzultációk, és előkészítő munka során mindig felmerült a komplex közúti - vasúti berendezés kérdése. Tekintettel arra, hogy a rendszernek sem itthon, sem külföldön nincs "készen kapható" megoldása, - ha lenne is, hazai alkalmazását jelenleg egy sor jogszabály meg sem engedné, - csak a teljesség kedvéért tüntettük fel a besorolásban.

A jelentkező erős igény, napjaink technikai színvonalának realitásai ugyanakkor arra ösztönöztek bennünket, hogy a megoldást ne vessük el, "mint eleve lehetlent", hanem fogalmazzuk meg a felvetődő kérdéseket, és foglaljuk össze az érintettek által azokra adott válaszokat.

Ad d)

A kombinált berendezések jogszabályi környezetét a [2] "Egyes forgalomszabályozási előírások" 9. § (4) és (6) határozza meg, nevezetesen:

(4) Ha a vasúti átjárótól számított 30 méter távolságon belül (lakott területeken kívül, ha a vasúti átjárón átvezető út földút, 21 méter távolságon belül) útkereszteződés van és az útkereszteződésben a vasúti átjáró felől érkező járműveknek – a keresztező útról mindegyik irányból érkező járművel szemben – elsőbbségük nincs,

a) az útkereszteződés forgalmát a vasúti átjárónál elhelyezett fénysorompóval függésben levő jelzőkészülékkel kell irányítani, vagy

b) a vasúti átjáró felől érkező járműforgalom részére az útkereszteződésnél legalább 30 méter (lakott területen kívül, ha a vasúti átjárón átvezető út földút, 21 méter) hosszú külön útfelületet (menekítő sávot) kell biztosítani, kivéve ha a vasúti átjárót szabályosan igénybevevő leghosszabb jármű a vasúti átjáró és az elsőbbséggel rendelkező út között biztonságosan elfér.

Nem szükséges az a), illetőleg b) pontban foglalt előírások megtartása, ha a vasúti átjáróhoz érkező jármű az elsőbbségadási kötelezettségének teljesíthetőségéről még a vasúti átjáróba történő behaladása előtt meggyőződhet.

(6) A vasúti átjáró biztosítását és forgalomszabályozását úgy kell megoldani, hogy azok tegyék lehetővé a forgalom számára – a biztonság sérelme nélkül – a legrövidebb zárvatartási időtartamot.

4 Az új rendszerkoncepció

4.1 Általános alapelvek

Minden kombinált rendszer alapja a vasút elsőbbsége, vagyis a közúti forgalomirányító berendezés a kapcsolattartásban alárendelt szerepet játszik.

Ez alatt azt értjük, hogy:

- csak a közúti gép használ fel működéséhez vasúti információkat,
- a vasút működését a közúti berendezés állapota, visszajelzései nem befolyásolják,
- a vonat közeledésekor a mellékletben ismertetett számítások alapján kiadódó távolság elérésekor a fénySOROMPÓ „TILOS”-ra vált, ekkorra a közúti berendezésnek a lehetőségekhez képest maximális biztonságot nyújtó állapotban kell üzemelnie,
- a közúti berendezés a vasúti vágányokat keresztező irányok számára csak akkor adhat „SZABAD” (zöld) jelzést, ha a vasút üzemkész, nincs lezárva és nincs vonalhiba.

A vasúttól érkező információkat a megbízhatóság fokozására hibafigyeléssel kell ellátni. Ezt úgy kell megvalósítani, hogy minden információ két külön éren érkezzon ponált és negált alakban függetlenül attól, hogy a közúti gép jelfogós, vagy elektronikus biztosító berendezéshez kapcsolódik. A két összetartozó pont antivalencia kapcsolata esetén a jel felhasználható, tartós **(0,1 másodpercet meghaladó) ekvivalencia** észlelésekor hiba keletkezett (zárlat, szakadás, jeladási hiba), ilyenkor a közútnak a biztonság irányába kell lépnie **(sárga-villogóra, vagy sötétre kapcsolás)**.

1999. január 1-től a mikrogépes közúti berendezést tartalmazó rendszerek telepítésekor a biztonság fokozása érdekében a közúti forgalomirányító berendezésben a vasúti információkat két, egymástól független szinten kell kezelni. Az első, *logikai (szoftver)* szinten a forgalomtechnikai tervekkel összhangban, csomópontonként egyedi programozással meg kell valósítani azt a feltételrendszert, amely meghatározza, hogy a közúti jelzőlámpáknak hogyan kell működni a különböző vasúti jelek hatására.

A második, *az elsőtől eltérő felépítésű logikai, vagy közvetlen hardver* szint ellenőrizze a helyes működést, és hiba észlelésekor kapcsolja a közúti berendezést **sötétre**. (Hiba alatt itt most azt értjük, hogy a közúti berendezésben valamely áramkör meghibásodása, vagy helytelen programozása következtében a vasúti biztosító berendezés felől érkező, lezárást, vagy emelt biztonságú működést kérő jelek - vonalhiba, vasút lezárva, vasút nem üzemkész - ellenére a vasutat keresztező irányok számára zöld jelzés lenne kiadható, vagy jelenne meg.)

A fenti elsőbbség egyúttal a vasúti oldal felelősségével is jár, nevezetesen:

- a MÁV és HÉV részéről országosan felül kell vizsgálni a kombinált berendezések szükségességét, ahol nem biztosítható a megfelelő adatátvitel, meg kell szüntetni a kombinált rendszert (pl. Budapesten a Jászberényi út - Maglódi út csomópont)

- biztosítani kell az együttműködéshez szükséges információk logikailag és fizikailag előírt szintű adását, és meg kell szüntetni a téves jelek keletkezésének lehetőségét,
- garantálni kell a vasúti járművek előírásokban rögzített közlekedését, (mozdonymenetek sebességtúllépése),

- vasúti „ZAVAR” (behatási pontok, fénySOROMPÓK meghibásodása, vagy a berendezés kikapcsolása) esetén a vonat csak akkora (esetleg a jogszabályban, vagy az F2-ben rögzített 15 km/ó-nál is alacsonyabb!) sebességgel közeledhet az útátjáróhoz, hogy szükség esetén előtte meg tudjon állni,
- jelfogós vasúti biztosító berendezésektől érkező jelek esetén a vasútnak garantálnia kell, hogy a két jelváltási időköz (a jelfogók átállása miatti ideiglenes ekvivalencia kapcsolat)
kisebb legyen, mint 0,1 másodperc!
- új fejlesztésű, telepítésű elektronikus berendezéseknél elvárható a szelektív (sebességfüggő) vonatérzékelés legalább három kategóriában (részletesen az 5.1.1. pontban).

A szolgáltatások, kapcsolatrendszer és biztonságtechnika új rendszerkonceptióját az alábbi három fő esetben tárgyaljuk:

- a) kombinált rendszer kettős vasúti bejelentkezéssel,
- b) kombinált rendszer egy vasúti bejelentkezéssel,
- c) komplex irányító berendezés
(közúti jelzőket is vezérlő elektronikus fénySOROMPÓ készülék).

Az egyes realizációknál a következő szempontokra térünk ki:

- 1) alkalmazási terület,
- 2) információáramlás,
- 3) szolgáltatások, működés hibamentes esetben,
- 4) hibajelenségek, a rendszer válaszai,

végül összefoglaljuk a szükséges módosításokat, és az 5. pontban a közeljövőben megvalósítható hardver és szoftver fejlesztéseket.

4.2 *Kombinált rendszer kettős vasúti bejelentkezéssel*

Ez a változat gyakorlatilag a jelen érvényes jogszabályok alapján telepített, illetve a közeljövőben telepítendő, kombinált rendszerű csomópontokat fedi le. A módosítások jogerőre emeléséig, illetve azoknak széles körben, a járművezetők számára is tudatosított napi gyakorlattá válásáig a régi elvű rendszereket kell telepíteni.

A javasolt módosításokat (ebben és a későbbi pontokban is) aláhúzott írásmóddal emeljük ki. Az új rendszerre vonatkozó javaslatok jelenleg van hatósági jóváhagyás alatt vannak.

4.2.1 *Alkalmazási terület*

Minden olyan közúti - vasúti csomópont, amelyre kombinált berendezés telepítését írja elő a jogszabály, vagy egyéb hatósági előírás, és a vasút a vágányok mindkét irányából (ellenmenet biztosítás) az előírt távolságokból két-két behatási és egy-egy kilépési érzékelő működtetésével megbízható jeleket ad a következők szerint.

4.2.2 *Információáramlás*

A vasúttól érkező információk:

- a) „A vasúti biztosító berendezés üzemkész”:

A közúti jelzőlámpák csak akkor irányíthatják a csomópontot, ha a vasút üzemképes. Ha a jel megszűnik (vagy a jel negáltja, azaz vasúti „ZAVAR” információ érkezik) a közúti gép kapcsoljon át **sárga-villogóra**.

- b) „Vasúti lezárási szándék előrejelzése”

(*Információtartalom:* bármely irányból nézve vonat tartózkodik a „B1” és „B2” behatási pontok között, és a belső foglaltsági szakasz, vagyis a „B2” és „K” pontok közötti vágányzóna még üres):

Mielőtt a vasút lezárja a sorompót előjelzést kell adnia (a „B1” ponton, lásd az 1. sz. ábrát), ez kezdeményezi a közúti berendezés számára a vasúti jelzésprogramra való áttérést. Az előjelzés és a tényleges lezárási között biztosítandó időtartam a csomópont geometriájától és forgalomtechnikai terveitől függ.

Jelenleg az alábbi képlet alapján kell számítani:

$$t_{12} = t_{mps} + t_{min} + t_{ms} + t_{max} + t_{bist}$$

ahol: t_{12} : az előjelzés ideje,

(minimum 16, átlagosan 20 - 30 másodperc),
 t_{mps} : a leghosszabban átfedett piros-sárga időszak,
 t_{min} : a minimális zöld idő (5 mp),
 t_{ms} : a maximális sárga idő (3, 4, vagy 5 mp, a sebesség függvényében),
 t_{max} : a geometriából adódó maximális üritési idő,
 t_{bize} : biztonsági tartalék idő.

A modern mikrogépes forgalomirányító berendezések intelligenciája lehetővé teszi a gyorsabb reagálást, és programváltást, ezért a következő képlet alapján javasoljuk számítani az előjelzési időt:

$$t_{12} = t_{vmax} + t_{bize}$$

ahol: t_{12} : az előjelzés ideje,
 t_{vmax} : bármely a vágányokat keresztező irányról a vágányokat nem keresztező irányra váltó fázisátmenet közül a maximális váltási idő, (mert vágányokat keresztező irányra visszaváltás nem lesz lehetséges; a közúti berendezésnek kell garantálnia, hogy vasúti bejelentkezés után ne követhesse egymást két, a vágányokat keresztező fázis!),
 t_{bize} : biztonsági tartalék idő (az előző 30 %-a).

Ez az időtartam határozza meg a vasúti „B1” és „B2” behatási pontok közötti távolságot, nevezetesen és *változatlanul*:

$$l_{12} = t_{12} * v_{me}$$

ahol: l_{12} : a két pont közötti távolság,
 t_{12} : az előjelzési idő,
 v_{me} : a pályára engedélyezett maximális sebesség.

c) „Vasúti fényesorompó zárva”

(*Információtartalom*: bármely irányból nézve vonat tartózkodik a „B2” behatási-, és „K” kilépési pontok között, függetlenül a külső szakasz foglaltságától):

Mielőtt a fényesorompó le lenne zárva, a közúti jelzőlámpáknak a vasúti program szerint kell üzemelniük. Ha a programváltás bármely ok miatt nem történik meg az előírt időpontig, akkor a 4.2.4. sz. alpont szerint kell eljárni.

d) „A vasúti behatási pontok között vonat tartózkodik”

(*Információtartalom*: bármely irányból nézve vonat tartózkodik a „B1” behatási-, és „K” kilépési pontok között):

Az információ jelenleg opcionális, redundáns. (Pl. a Dorog 10-es elkerülő csomópontban használják). Feladata, hogy a közúti gép más csatornán keresztül is *ellenőrizhesse a vonat kihaladását*.

Ha a jel tovább folyamatosan fennáll, mint egy átlagos vonat megállás nélküli áthaladási idejének ötszöröse, azaz (a jövőben telepítendő gépeknél programozhatóan) kb. 10-15 percig, akkor valószínűsíthető, hogy a vasúti biztosító berendezés nem működik megfelelően, ezért a közúti gép álljon át sárga-villogóra, majd a foglaltsági jel megszűnésekor a bekapcsolási programon keresztül térjen vissza normál üzemre!

A vasút számára információk adásának kiépítése csak akkor célszerű, ha azokat valamilyen módon fel is használják (pl. a forgalomirányító központhoz nem kapcsolódó berendezések hibájáról a közúti szerviz gyors értesítése, a jel visszajelentése a vonatvezetőnek). Ezek:

- a) „A vasúti program működik”,
- b) „A közút sárga-villogóban üzemel”,
- c) „A vasutat keresztező irányok detektorai szerint az útátjáró üres”.

4.2.3 Szolgáltatások, működés hibamentes esetben

Ennek a rendszernek működése a közúti gép fix jelzésidőtervű, vagy forgalomfüggő automatikus üzeme esetében nagyjából megfelel a régi elvnek azzal az eltéréssel, hogy a vasúti programra való átállás úgy történjen, hogy attól függően, hogy az eredeti program melyik fázisában (hányadik másodpercében) érkezik a „B1” jel, a vasúti program különböző másodperceibe ugorjon a vezérlő program a veszteségidők, felesleges várakoztatások minimalizálása érdekében.

A vonat kilépése után a zárási időszak hosszának és célszerűen a keresztirányok detektoradatainak függvényében történjen meg a keresztirányok áthaladtatása az alapprogramra való visszatérés előtt.

Új szolgáltatásként a mikrogépes közúti berendezésektől elvárható az eseménytároló (fekete doboz) funkció beépítése. Ennek a közút két alapvető tárolási feladatán („üzemmód váltások, hibaesemények rögzítése hosszabb időszakra”, és „a jelzőcsoportok működése részletes jellemzőinek tárolása rövidebb időszakra”) túl „a vasúti információk rövidebb időszakra vonatkozó részletes rögzítését” is el kell látnia.

A közúti gépeket fel kell készíteni a szelektív bejelentkezési információk: minimálisan három sebességkategóriára vonatkozó (40 km/ó alatt, 80 km/ó felett, és a kettő között) jeleinek értelmezésére, és a vasúti programra való áttérések sebességfüggő korrekciójára.

A közút kézi vezérlése továbbra sem javasolt, bár a vasúti információk a kezelő rendőr számára megjeleníthetők (mint ahogy a meglévő kombinált rendszerekben már Budapesten mindenhol beépítették a kijelzőket).

A közút vezérelt-, vagy hiba miatti sárga-villogó üzemmódja esetén az adott csomópont geometriájának, beláthatóságának, az alkalmazott közúti berendezés hibakezelésének, (esetleg a

sárga-villogó üzem vonatvezető számára történő visszajelzésének) függvényében lehessen választani az alábbiak közül:

- a vasúti bejelentkezések ne váltsanak ki semmilyen hatást,
- a „B1” jel kapcsolja a teljes csomópont, vagy csak a keresztező irányok jelzőit „sötét” üzemre, amelyről a vonat kilépése után álljon vissza sárga-villogóba.
- kerüljön kivezélésre a menekítő „MINDEN JELZŐ PIROS” (MJP) az alábbiak szerint:

A „B1” információ megjelenése után t_1 késleltetéssel minden iránynak 3 másodperc sárgát, utána MJP-at kapcsoljon a közúti berendezés. A t_1 késleltetési idő csomópontonként külön-külön úgy számítandó, hogy a t_{12} számított előzárési időből levonandó a csomópont biztonságos kiürítéséhez szükséges menekülővörös (t_m) ideje: kb. 8-15 másodperc, és a 3 sec sárgaidő.

A második behatás (fénySOROMPON a „TILOS” jelzés megjelenése) után t_2 késleltetéssel álljon vissza minden jelző pirosról sárga-villogóra. Ha nincs félsorompó, akkor $t_2 = 5$ sec, ha félsorompó is van, akkor $t_2 = 17$ sec (annak érdekében, hogy a félsorompó csapórúdja mozgásának kezdetétől számított 5. másodpercben szűnjön meg a MJP állapot).

4.2.4 Hibajelenségek, a rendszer reagálása

A legtöbb módosítási javaslatot a hibakezeléssel kapcsolatosan tesszük az alábbi két fő területen:

- A) Ha a „B1” jel elmarad, és azonnal a „B2” érkezik nem szükséges a régi rendszer szerinti MJP állapoton keresztüli sárga-villogóra állás!
- B) Ellentétes jelzési képek jelen(het)nek meg a közúti és vasúti jelzőkön.

Ad A) / 1. A közút automata üzemben van.

- Ha a 2. behatás pillanatában egyetlen vasutat keresztező irány sem kap szabad jelzést, akkor a berendezés álljon át vasúti programra minden zavaró jelzések (sárga-villogó, MJP) nélkül.
- Ha a 2. behatás pillanatában valamely vasutat keresztező irány kap piros-sárga, vagy zöld jelzést, akkor a vasutat keresztező irányok azonnal kapjanak 3 másodperces sárgát, majd pirosat, és ezután álljon át a közúti gép vasúti programra SV, vagy MJP nélkül.
- Így működjön a rendszer abban az esetben is, ha emiatt piros-sárga jelzésről, vagy a minimálisnál rövidebb zöld jelzésről történik a sárgára váltás.
- Ha az 1. ponton a bejelentkezés megtörtént, viszont a vonat gyors érkezése (pl. mozdony menet sebességtúllépése) miatt a „B2” elérésekor a még nem a vasúti program fut, akkor az előző három bekezdésben foglaltak szerint működjön a kombinált rendszer.

Ad A) / 2. Ha a közút sárga-villogó üzemben van,

- és a „B1” elmarad, akkor a 2. bejelentkezés hatására minden irányban 3 másodperces sárga után MJP-at kapcsoljon a közúti berendezés.
- Ha nincs félsorompó, akkor a MJP jelzésekép hossza az előzőkben leírt t_m .
- Ha félsorompó is van, abban az esetben a MJP 2. behatástól számított 17 másodpercnél hamarabb nem szűnhet meg, és legalább t_m hosszúságú legyen.

Ad B) A tiltott jelzéseképek megjelenése:

- A fenti javaslatokból látható, hogy azon hiba észlelése esetén, amikor a közút „B1” nélkül csak „B2” bejelentkezést kap (azaz a fényorompó „VÖRÖS”-re vált), ha a keresztirány is megengedett (*felhívó: piros-sárga jelzést, - amelyre sajnos a járművezetők nagy része a zöld kivárása előtt elindul, - vagy szabad: zöld jelzést kap*) keresztirányoknak azonnal sárga jelzésre kell váltaniuk.
- Így normál működés mellett nem fordulhat elő az ellentétes jelzéseképek kivezérlése. Balesetveszély akkor keletkezhet, ha a „B2” jel érkezése után (a német DIN szabvány szerint alkalmazott, és általunk is javasolt 300 ms elteltével) a fényorompó „VÖRÖS” jelzésével egy időben a keresztelő irányok valamelyikének jelzőjén (pl. egy kábelzárlat miatt) „ZÖLD” jelenhet, vagy jelenik meg.
- A „B2” - „K” belső szakasz foglaltsági jelét tehát be kell vonni a zöld együttégés ellenőrző, többszintű (hardver és szoftver) hibafelismerő rendszerbe, és a tiltott együttégés észlelése esetén a közút kapcsoljon „SÖTÉT” üzemre.

Ez a változás, a közlekedési szabályok betartása mellett, nem okozhat balesetveszélyt, hiszen a jelenség (vagyis a közúti gép sötét), „a normál falusi 220 V-os hálózat”-ról működő közúti berendezéseknél tapkymaradás miatt bármikor előfordulhat!

- A „fényorompó vörös, és közúti zöld együttégés” ellenőrzésnek nem kell kiterjednie a közúti berendezésekben napjainkban általánosan előírt és a többi közúti jelző számára alkalmazandó „közbenső idő” figyelésre, mert a fentiekben ismertetett, - a hibajelenség észlelésekor azonnal váltást igénylő, - esetekben a közbenső idő nem tartható.
- A mai modern mikrogepes közúti berendezések természetesen lehetővé teszik a hibaállapotok más módon történő lekezelését is. Például azt, hogy a hibaállapot automatikusan törölődjön a sorompó nyitásakor. Ezt azonban nem javasoljuk, mert, ha előállhat az, hogy a vonatok érzékelése az 1. behatási ponton bizonytalan, akkor bekövetkezhet az is, hogy a „B2” is bizonytalanra válik. Ez utóbbi viszont rendkívül balesetveszélyes, tehát azt el kell kerülni, hogy „sötétre” kapcsolt állapotból automatikus hibaoldás legyen lehetséges a közúti gépeknél.

4.2. Kombinált rendszer egy vasúti bejelentkezéssel

Ez a rendszerváltozat két megoldásban képzelhető el, elsősorban olyan helyeken, ahol a vasúti behatási pontok telepítése valamilyen nehézségbe ütközik. Mindkettő közös jellemzője, hogy a 4.1.2. pontban ismertetett információknak a közúti berendezéshez el kell jutniuk. A rendszer alkalmazása, működése, hibakezelése megfelel a 4.1. pontban leírtaknak, eltérés az információk keletkezésében van.

4.2.5 Egy vasúti behatás van a „B1” ponton, vagy távolabb

Ez a jel adja „a vasúti lezárási szándék előjelzése” információt. Ahhoz, hogy a fénySOROMPÓ az előírt t_2 időpontban vörösre váltsa a vasúti biztosító berendezésben ilyen hosszúságú késleltető áramkör beiktatása szükséges. Az idő letelte után a vasút a fénySOROMPÓT mindenképpen átállítja, de felhasználhatja a közúti gép „a vasúti program működik” jelét, és annak megjelenése után, korábban is vörösre vezérelhet. A t_2 idő figyeléséhez, valamint a „közúti zöld - fénySOROMPÓ vörös” ellenőrzéséhez a vasúttól át kell adni a „fénySOROMPÓ zárva” jelet.

4.2.6 Egy vasúti behatás van a „B2” ponton

Ez a jel adja „a vasúti fénySOROMPÓ zárva” információt. Ahhoz, hogy a fénySOROMPÓ vörös jelzésének megjelenése előtt a közút lezárhasson, az előírt t_1 időpontban, vagy azt megelőzően kezdeményező jelnek kell érkeznie. Az információ érkezik például a legközelebbi vasúti szolgálati helyről, vagy ha „B1”-en nem lehet vasúti érzékelést telepíteni, akkor egyéb megfelelő biztonságú detektorról vezeték, vagy vezeték nélküli adatátvitelen (5.2.2. pont).

Mindkét esetben, ha az objektív körülmények miatt az előjelzés a szükségesnél korábban keletkezik, a közúti berendezésnek kell gondoskodnia arról, hogy az idődifferenciát a vasúti programra váltási folyamatában a biztonság megtartása, de a közúti átbocsátóképesség maximális kihasználása mellett érvényesítse.

Ugyanakkor a vasútnál is meg kell tenni mindent annak érdekében, hogy a közút kapacitása csak a legminimálisabb veszteséget szenvedje. A kézi kezelésű előjelzések csak akkor kerüljenek kiadásra, amikor szükségesek.

Nem szabad olyan jelenségeket megengedni, mint amit a kombinált rendszerek felmérésekor a Soroksári út - Beöthy utca csomópontban többször is tapasztaltunk, - ahol a HÉV Vágóhid felől kézi előjelzést ad, - nevezetesen, azt hogy pl. már több mint **8 perce** a vasúti program futott, és a vonat még az állomáson tartózkodott! Emiatt a keresztező irányok feltorlódtak, sőt a közelben néhány 10 méterre lévő, a közút zárásakor még a fénySOROMPÓVAL védett, az holdfém fényjelzést adó engedélye után a vasúti (nem HÉV) vágányokra is ráálltak!

Ez természetesen szabályszegő magatartás a járművezetők részéről, hiszen nem győződtek meg az áthaladás teljesíthetőségéről, viszont ilyen eseteket szül a felesleges túltartózkodás.

4.3 Komplex irányító berendezés

(közúti jelzőket is vezérlő elektronikus fényoszorompó készülék)

4.3.1 Alkalmazási terület

A komplex fényoszorompót olyan vasúti útátjáróban lesz célszerű alkalmazni, ahol viszonylag kis mértékű a vasúti forgalom (egyvágányú mellékvonalak, iparvágányok), és a közút is csekély irányítási igényrel lép fel (két-, három kisforgalmú irány). Ilyen berendezés pillanatnyilag készen nem kapható, de a fejlesztésnek ideális alapjául szolgálhat a SIGNALIT Rt.-ben kifejlesztett UTB típusjelű elektronikus készülék, (rendszerábrája a 3. sz. ábrán), amelyet már felkészítettek a régi elvű kombinált üzemre is. A fényoszorompó berendezés dobozába elhelyezhető lenne egy kiskapacitású (pl. 3 jármű jelzőcsoport vezérlésére szolgáló módosított ZEBRA 3 típusú) forgalomirányító egység.

4.3.2 Információáramlás

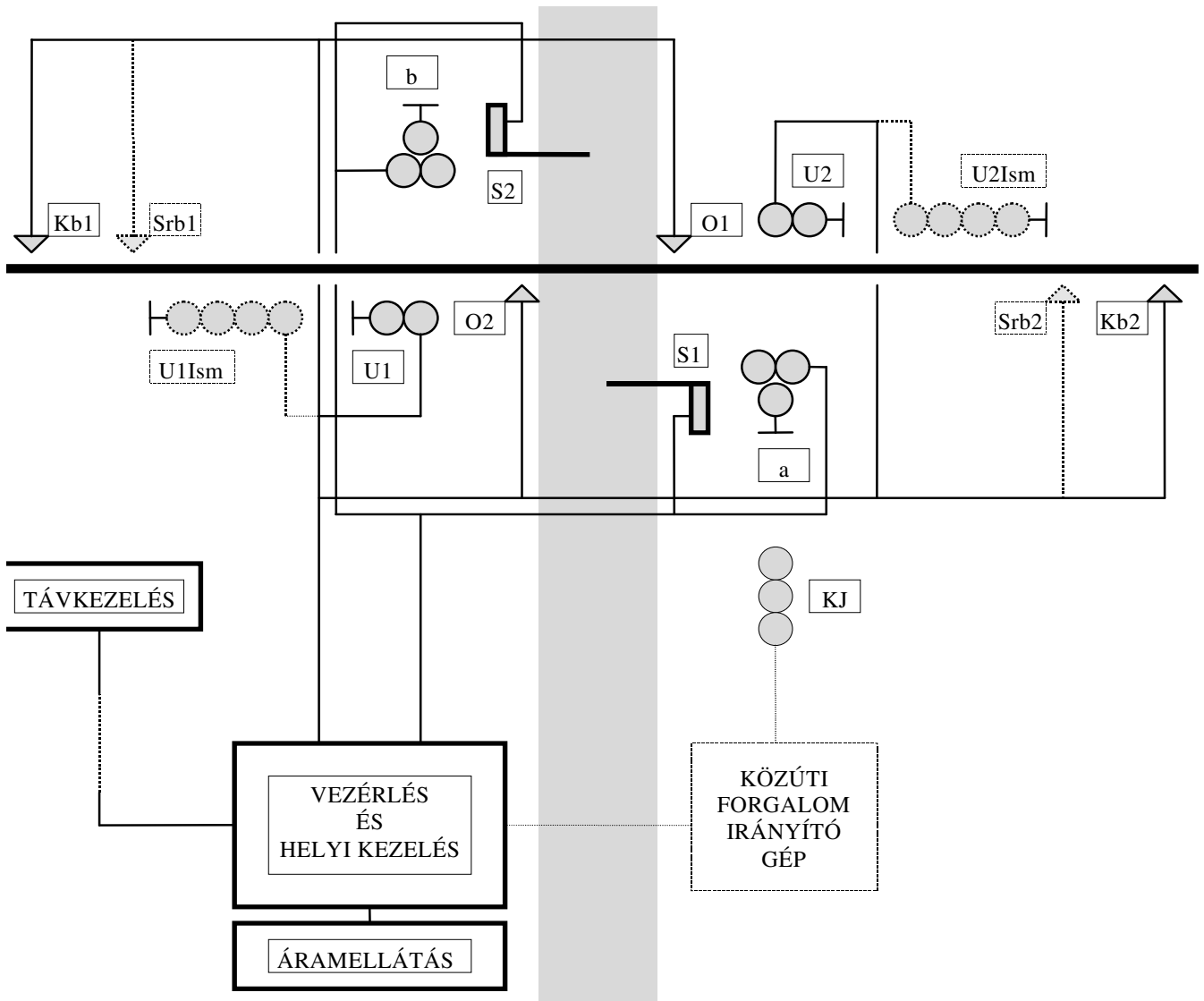
Maguk az alapinformációk megfelelhetnek a 4.1.3.-ban leírtaknak, de teljesen új adatforgalom válik lehetségessé, hiszen ebben a rendszerben több, fizikailag egymás melletti kártyákon elhelyezhető mikroprocesszor „beszélgetne” egymással. Az adatok nagysebességgel, soros táviratok, vagy akár párhuzamos formában is cserélődhetnek, sőt bővíthetnek pl. a közeledő vonatról szóló pontos sebességértékek átadásával.

4.3.3 Szolgáltatások, működés hibamentes esetben

Az alaplóműködés (automata üzem) megfelelne az előzőkben vázoltaknak azzal az eltéréssel, hogy a közúti gép nem működne sárga-villogó üzemben sem vezérelten, sem hiba észlelése után, hanem „sötét” üzemre váltana. Ugyancsak sötétre kell váltania, vagy teljesen le kell kapcsolnia a közútnak a táphálózat kimaradása esetén, hiszen az akkumulátorok kapacitásának minden amperóráját a fényoszorompó áramkörei számára kell biztosítani.

4.3.4 Hibajelenségek, a rendszer reagálása

A sárga-villogó üzem javasolt elmaradása miatt egyszerűsödik a hibakezelés is, hiszen akár vasúti zavar, akár közúti hiba lép fel a közút sötétre kapcsolásával a jelen KRESZ szerinti, a működő-, vagy kikapcsolt fényoszorompó melletti elhaladásra vonatkozóknak lépnek életbe .



Jelmagyarázat:

S1,S2	Sorompó hajtóművek
a,b	Közúti jelző
U1,U2	Vasúti jelző
U1ism,U2ism	Vasúti ismétlőjelző (opcionális)
Kb1,Kb2	Közúti forgalomirányító berendezés behatási pontja
Srb1,Srb2	Sorompó behatási pontja (opcionális)
O1,O2	Feloldó behatási pont
KJ	Közúti forgalomirányító jelzőlámpa

3. sz. ábra: Az UTB elektronikus útátjáró fedező berendezés

4.4 Szükséges módosítások

Műszaki módosítási javaslatainkat az előzőkben aláhúzva ismertettük. A jogi-, és hatósági tennivalók három fő területre koncentrálnak.

Az egyik a már említett felülvizsgálat az olyan kombinált rendszerek megszüntetéséről, ahol az információátvitel nincs garantálva.

A másik a jogszabály módosítása két területen. A [2] jogszabály határozza meg a fenti kivételek (megszüntetés, vagy új telepítés alóli mentesség) megadásának feltételeit. Az [1] - [7] törvények és rendeletek tegyenek kivételt a kombinált rendszereknél a jelzések kötelező sorrendjére és minimális értékeire vonatkozóan, nevezetesen:

■ *a jelzések sorrendje a kombinált csomópontoknál bármikor (azaz piros-sárgából, vagy a minimális zöld letelte előtt) úgy változhat, hogy az összes jelző sárgára, majd „minden jelző pirosra” válthat.*

A harmadik, legfontosabb tennivaló a jogszabály módosítása után azok tartalmának széles körű elterjesztése belföldön és a beutazó külföldi járművezetők számára.

5 A közeljövő fejlesztési és alkalmazási lehetőségei

5.1 Vasúti fejlesztések

5.1.1 Sebességfüggő sorompólezárás

Egy vasútvonalon közlekedő különböző vonattípusokra (személyszállító vonat, gyorsvonat stb.) eltérő felső sebességhatárokat szabnak meg.

A vonalon a legalacsonyabb és legmagasabb, vonatra engedélyezett maximális sebességek között jelentős különbség lehet. Ez az önműködő sorompók tényleges zárvatartási idejét is befolyásolja, hiszen a behatási pontok telepítésénél mindig a pályára engedélyezett maximális sebességet veszik alapul.

A túlzottan hosszú ideig zárva tartott sorompó a közúti forgalom indokolatlan feltartóztatását eredményezi, ami a járművezetői türelmetlenséget és egyéb negatív reakciót figyelembe véve balesetveszélyes körülményeket teremthet.

Ez a probléma elsősorban fővonalakon - különös tekintettel az emelt sebességű vonalakra - jelentkezik, a mellékvonalakon, általában az alacsonyabb pályasebességek miatt, még az eltérő vonattípusok esetében sem keletkeznek nagy sorompó zárvatartási időkülönbségek.

A sebességfüggő sorompólezárás hazai alkalmazásával kapcsolatos kísérletek jelenleg még csak a budapest-hegyeshalmi emeltsebességű vasútvonalon folynak. Az eredményes vizsgálatok után számítani lehet ezen rendszer általános elterjedésére, természetesen azokon a vonalakon, ahol ez indokolt.

A hazai mellékvonali fejlesztési programcsomagban szereplő sebességemelés lehetősége (a kis tengelynyomású motorkocsik részére) indokoltá teheti a sebességfüggő behatás megvalósíthatóságának vizsgálatát az érintett mellékvonalakon is. Például egy 80 km/h-ra felemelt pályasebességű vonalon a tolató tehervonat ($v_{eng} = 40$ km/h) közlekedése esetén az önműködő sorompók zárvatartási ideje kétszer annyi, mint a könnyű motorkocsi ($v_{eng} = 80$ km/h) esetén.

A sebességfüggő sorompólezárást különösen a nagyforgalmú utak keresztezésénél lenne célszerű alkalmazni.

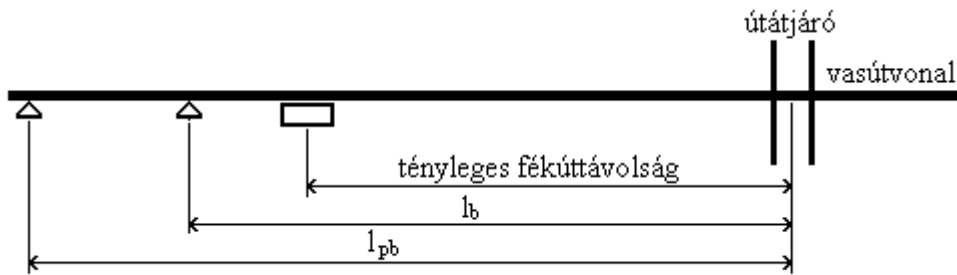
A sebességfüggő sorompólezárás alapfeltétele, hogy a közeledő jármű sebességét nagy biztonsággal meg kell tudni állapítani. Ez nem feltétlenül jelent pontos értékmeghatározást. Elegendő lehet csupán egy rögzített értékkel történő összehasonlítás: a jármű sebessége a kitüntetett értéknél kisebb, vagy nagyobb, illetve három kategória. A sebesség ismeretében kell eldönteni, hogy mikor kell a sorompót lezárni. A közlekedő vonat sebességétől függő sorompólezárás történhet:

egyirányú,

vagy

kétirányú

információátvitelre alkalmas pontszerű jelfeladás alkalmazásával. (4. sz. ábra)



4. sz. ábra: Pontszerű érzékelés

Kétirányú információátvitelre alkalmas pontszerű jelfeladás alkalmazása esetén a pályán engedélyezett legnagyobb sebességgel (v_{\max}) közlekedő jármű a sorompó felé közeledve $l_{pb} = v_{\max} * t_{\min}$ távolságra (ahol t_{\min} : minimális előzárási idő) működteti a sorompóhoz rendelt érzékelőelemet. A besugárzott távirat hatására a sorompó előlevezérlést kap, biztosítva ezzel a nagyobb sebességhez tartozó kiürítési időt.

Egyirányú információátvitelre alkalmas pontszerű jelfeladás alkalmazása esetén az útátjáró lezárása sebességmérés alapján, az útátjárótól l_{pb} távolságban történik. Amennyiben a mérés eredménye a beállított értéknél nagyobb, a sorompó azonnal előlevezérlést kap, biztosítva ezzel a szükséges kiürítési időt.

A vonat továbbhaladva, mindkét fenti esetben $l_b = v' * t_{\min}$ távolságban (v' : egy rögzített, a maximálisnál alacsonyabb sebességérték), érinti a normál behatási pontot, ahol az előlevezérlés szerepét a normál lezárás veszi át.

Ezt követően az útátjárótól tényleges fékúttávolságra egy pontszerű jelfeladó elemet ér el, amely a nagysebességű jármű részére háromféle táviratot képes feladni:

- 1.) Az útátjáró a nagy sebességre számított behatási pontnál, az útátjárótól l_{pb} távolságra záródott le (a pályamenti elem helyesen értelmezte a mozdonyberendezés táviratát). A jelfeladó elem olyan táviratot küld fel a fedélzeti berendezés számára, hogy a vonat teljes sebességgel haladhat tovább;
- 2.) A sorompó a normál behatási pont hatására záródott le. Annak érdekében, hogy a vonat az útátjárót csak a minimális előzárási idő letelte után érhesse el, a vonatot alkalmas sebességre le kell lassítani. Az erre vonatkozó parancsot (lassújel kezdete, vége, betartandó sebesség) a vezérelhető pontszerű jelfeladó elem közli a járművel;
- 3.) A sorompó nem záródott le. A vonat olyan sebességparancsot kap, hogy az útátjárót legfeljebb 15 km/h sebességgel érhesse el

5.1.2 Korszerű áramköri elemek alkalmazása sorompó berendezésekben

Több, mint 30 évvel ezelőtt készült el a hazai önműködő útátjáró fedező berendezések alapkapcsolása és gyártási dokumentációja, ami alapján lehetővé vált a sorompó berendezések sorozatgyártása. Az alapkapcsolás áramkörei XJ jelfogókból épülnek fel, amelyek, bár ma is megbízhatóan működnek, sőt a jelfogófüggéses biztosítóberendezések többsége is ilyen típusú jelfogókkal üzemel, megérték a technikai generációváltásra.

A DOMINO-70 állomási biztosítóberendezések áramkörei az XJ-nél újabb típusú jelfogókból (TM) épülnek fel. Ezek az elemek azonban a működtetésükre előírt viszonylag szűk hőmérséklettartomány miatt nem alkalmasak külsőtéri üzemeltetésre, így sorompó berendezésekbe sem építhetők be. A technikai fejlődéssel megjelentek a nyákba ültethető másodosztályú jelfogók, amelyek felhasználhatók sorompóáramkörök kialakítására.

Az elektronika egyre nagyobb teret hódít a biztosítóberendezési technikában, így az elektronikus sorompó berendezések kifejlesztése és alkalmazási előkészületei hazánkban is folynak.

5.1.3 Eseménytároló alkalmazása

A sorompóműködésben bekövetkező hiba- és zavarállapotok, bár a kapcsolástechnikának köszönhetően nem okozhatnak veszélyhelyzetet, a vasúti forgalom menetrendszerű lebonyolítását megzavarhatják (pl. sorompózavar miatt 15 km/h-s sebességcsökkentés).

Ha valamely szolgálati helyre visszajelentett vonali sorompó zavarát a forgalmi szolgálattevő kézzel nem tudja feloldani, vagy a vonatszemélyzet által ellenőrzött fényorompó válik üzemképtelenné, akkor a helyes működés visszaállításához szakemberek helyszíni beavatkozása szükséges. A hibakeresés időigényes folyamat lehet, főként, ha az üzemképtelen állapot nem folytonos, vagy a hibajelenség oka szerteágazó.

A szakemberek munkáját megkönnyíti, ha a sorompó berendezéshez eseménytároló egység kapcsolódik, amelynek funkciói a következők:

- a sorompó berendezéshez kapcsolt eseménytároló egység az egyes kitüntetett szerepű jelfogók (elektronikus egységek) működését rögzíti, megkönnyítve a helyszíni, vagy az utólagos hibafeltárást;
- kedvezőtlen esemény bekövetkezése esetén a körülményekre vonatkozó adatokat megadja.

Az eseménytárolóval szemben támasztott követelmények:

- az eseményrögzítőnek nagy üzembiztonságúnak kell lennie;
- az eseményrögzítő működéséhez vizsgálati csatornákra van szükség; a berendezés ezeknek az egymástól független csatornáknak az időbeli változásait figyeli és rögzíti.
- a berendezésnek tárolnia kell az év, hónap, nap, óra, perc, másodperc adatokat a bekövetkezett eseményekkel, illetve a külső beavatkozásokkal kapcsolatban (naplózási funkció);

- a rögzített adatoknak könnyen hozzáférhetőeknek kell lenniük, esetleg a berendezéshez tartozó helyszíni kezelőszerelvénnyel is; az adatokat ki kell tudni olvasni számítógépes feldolgozás vagy egyszerű nyomtatás céljából;
- az eseményrögzítő által felvett adatokat sem a kezelőfelületről, sem egyéb kapcsolattal nem szabad törölhetővé tenni; a telítődést meg kell akadályozni (pl. két nagykapacitású tárolóegység alkalmazásával, amelyek közül az egyik cserélhető);
- a jelfogós áramkör jellemzőiből adódóan eredhet olyan eset, amikor a jelfogó blinkel; az eseményrögzítőnek ezt fel kell ismernie és ezt egyszerűsítve kell tárolni, nehogy ezzel fontos adatokat írjon felül;

Az eseménytároló az adatrögzítéssel megkönnyíti ugyan a hibakeresést, de a hiba okának megállapítása a szakemberre hárul. Az eseménytároló feladatkörét célszerű lenne kibővíteni a hibafelismeréssel.

Ez megvalósítható pl. a sorompó berendezésből érkező jelsorozatnak előre beprogramozott jelsorozatokkal történő összehasonlításával. Első lépésben azt kell megállapítani, hogy a sorompó üzemszerűen működött-e. Hibás működés esetén meg kell vizsgálni, hogy a csúcsesemény bekövetkezése mely alapesemények (pl. kábelhiba, jelfogóhiba) bekövetkezésére vezethető vissza. Az alap- és csúcsesemények közti kapcsolatok meghatározásához tervezéskor hibafa-analízist kell végezni. Ez alapján a sorompó berendezésből érkező jelsorozatok vizsgálatához olyan elágazásos programstruktúrát kell felépíteni, ami optimális vizsgálati útvonalat biztosít.

A hibafelismeréshez tehát vizsgálóprogram, valamint az eseménytároló által igényeltnél lényegesen több vizsgálati pont és átviteli csatorna szükséges. Ezek kiépítésének többletköltsége nem biztos, hogy mindenütt arányban áll a hibaelhárításnál jelentkező időmegtakarítással, viszont a biztonsági szempontokat előnyben részesítve, különösen a nagyforgalmú utak keresztezésénél indokolt lehet hibafelismerési funkcióval bővített eseménytárolót alkalmazni.

5.1.4 Nem biztosítóberendezési korszerűsítési lehetőségek

A baleseti statisztikák azt mutatják, hogy a vasúti átjárókban bekövetkezett balesetknél csupán néhány esetben állapítható meg a vasút felelőssége. Az esetek többségében a gépjárművezetők figyelmetlensége, fegyelmetlensége okozza a tragédiát.

Ám a balesetek bekövetkezésénél sok esetben bizonyíthatóan az útátjáró közút felőli rossz észlelhetősége is szerepet játszik. Ennek részben rongálások (pl. sorompótörés), táblalopások az okai. Régen az Állami Biztosító fizette a gépjárművek okozta rongálások utáni helyreállítási költségeket, ma ezek jelentős része a vasutat terheli, mert a biztosítótársaságok csak akkor térítik meg a kárt, ha az okozó gépkocsit náluk biztosították.

A rongálási károk enyhítésére vezették be a félcsapórudaknál alkalmazható törőcsapot, így a sorompórúdnak ütköző gépkocsi nem rongálja meg az egész sorompót. A lopások elkerülése érdekében az alumínium jelzőtáblákat célszerű lenne mindenütt műanyagra cserélni.

A jobb láthatóság érdekében figyelemfelkeltő útburkolati jeleket kellene felfesteni: egyre többfelé lehet látni sűrűsödő sárga vonalakat, amelyek az optikai csalódás miatt (a vezető úgy érzékeli, hogy gyorsul) fékezésre készítetik a járművezetőt.

Az útburkolati jeleket ki lehet egészíteni fényvisszaverő prizmákkal. Ahol megoldható, ott célszerű az útátjáró körzetének kivilágítása. Az észlelhetőséget javítani lehet az átjáró előtti útszakasz bemarásával, terelősziget építésével, vagy akusztikus jelek alkalmazásával.

Az útátjáróknál a jobb rálátás biztosítása érdekében a nem használt és akadályozó építményeket le kell bontani. Ez a mellékvonali racionalizáló intézkedések során feleslegessé vált sorompóórházakra is vonatkozik, ha azok nem minősülnek ipari műemléknek.

5.2 Közúti fejlesztések

Ezen a területen három témát tartottunk fontosnak kiemelni:

- az eseménytárolók beépítését,
- a közúti detektorok vasúti alkalmazását,
- a veszélyhelyzet előjelző rendszer (VER) alkalmazását, és
- a közúti járműdetektorok telepítését.

5.2.1 Az eseménytárolók alkalmazása

Az új rendszerkoncepció ismertetésekor már említettük, hogy ahol még nincs megvalósítva, ott is célszerű utólag beépíteni az eseménytároló funkciót a mikrogépes közúti berendezésekbe. Szolgáltatásainak kialakításához a 4.1.3. pontban feltüntetettek túl segítségét, és további alapot nyújtanak az 5.1.3. pontban megfogalmazottak.

A néhány helyen még üzemben lévő jelfogós közúti berendezés eseménytárolójaként pedig ideálisan alkalmazható az EDINA-16 fantázianevű 16 csatornás mérő-, adatgyűjtő készüléknek egy újabb fejlesztésű változata, hiszen az eredetit pontosan erre a célra kísérleteztük ki a 80-as évek végén a BME Közlekedésautomatikai Tanszékén, és napjainkban is több példány található a MÁV-nál és a HÉV-nél.

5.2.2 A „közúti detektorok” alkalmazása

Erre a megoldásra akkor lehet szükség, ha a 4.2.2. szerinti eset áll elő, azaz egy vasúti behatás van a „B2” ponton, és más vasúti bejelentkezés csak igen körülményesen, bizonytalanul, vagy drágán valósítható meg, viszont a közútnak, és csak a közútnak mindenképpen előjelzést kell kapnia.

Napjaink technikai színvonala lehetővé teszi, hogy nagybiztonságú érzékelő elemeket (infrászorompó, ultrahang, reflexiós érzékelők, stb.) helyezünk el a pálya két oldalán, ami egyúttal a helytelen vágányon haladó menetekről is ad információt. Az igen költséges kábelkapcsolatot pedig felválthatja a vezeték nélküli (pl. rádiós) adatátvitel. Ez utóbbi rádiós kapcsolat fejlesztését, alkalmazását mindenképpen célszerű összekötni a következő pont VER készülékének alkalmazásával (összeférhetetlenség).

5.2.3 A VER alkalmazása

A Megamicro Rt. 1993 óta fejleszt a közúti forgalomban közlekedő járművek számára a veszélyes helyeken (elsősorban vasút-közút szintbeni kereszteződéseknél) figyelmeztető jelzést adó, ún. "Vészhelyzet Előjelző Rendszer"-t (rövidítve VER). A fejlesztés alapja az ilyen berendezésekkel szembeni követelményeket definiáló Feltétfüzet volt.

A cég elkészítette a berendezés terveit, legyártotta a kísérleti szériát és engedélyt kapott egyéves próbaüzem megtartására.

A fejlesztés megkezdése óta eltelt idő alatt a tárgyban illetékes Főhatóság kinyilvánította, hogy a VER rendszerek - mivel csak figyelmeztető információt adnak a járművek számára és visszahatásmentesen kell csatlakozniuk azokhoz a berendezésekhez, ahonnan az átvendő primer információt kapják - nem hatósági engedélykötelesek. Így az a helyzet állt elő, hogy a VER rendszerek alapjait leíró Feltétfüzet követelményei túl szigorúak lettek, hiszen ugyanazon előírásokat tartalmazták, mint amelyeket az engedélyköteles berendezések számára fogalmaztak meg. Ennek ellenére a fejlesztett VER rendszer igyekezett eleget tenni az összes leírt követelménynek.

A Megamicro Rt. által kifejlesztett, és egy évig tesztelt VER rendszer tapasztalatairól összefoglaló jelentés készült 1996 júliusában.

A jelentést értékelte a Közlekedéstudományi Egyesület VER Szakértői Tanácsa. Állásfoglalásuk 4. pontjában javasolta a cégnek, hogy független szakértői testülettől kérjen véleményt arról, hogy a megvalósított rendszer, annak szolgáltatásai mennyiben felelnek meg a Feltétfüzet-ben előírt követelményeknek.

A javaslat alapján a Megamicro Rt. felkérte a BME Közlekedésautomatikai Tanszékét a szakértői vizsgálat lefolytatására, amelynek eredménye igen pozitív volt. A készülék alkalmazásával napjainkban az a helyzet, hogy - elsősorban anyagi okok miatt - nem használják, pedig nagyon hasznos lenne a vasúti átjárókban előforduló balesetek csökkentése miatt elsősorban a tömegközlekedési-, és nagyméretű haszonjárműveken, hiszen ezek tömege már összevethető egy kisebb vasúti járművel.

Sőt az is elképzelhető, hogy egy gyorsan (pl. a szivargyűjtőba) csatlakoztatható, mobil vevőkészüléket kapjanak (béreljenek) határállomásainkon az autóbuszok, kamionok, de talán még személyautók is, amelyeket kilépéskor leadnak!

5.2.4 Járműdetektorok telepítése a közúton

1999 január 1-e után minden kombinált csomópontba - minimálisan a vágányokat keresztező irányokba - közúti járműérzékelő detektorokat kell telepíteni. Irányonként több belépő, és legalább egy kilépő detektor elhelyezésével a közúti berendezésnek biztosítania kell, hogy:

- a vasúti zárások utáni programok - azokon belül a keresztirányok zöldjeinek nyújtásával, vagy a programok többszöri futtatásával a feltorlódott járműáramlatot optimálisan átvezethessék, és a torlódásokat megszüntessék, még „a főirányok rövid ideig tartó kárára” is, valamint
- a vasút számára a közút adhasson információt a detektorok által érzékelhető területek „foglalt”, vagy „üres” állapotáról.

6 Vonatkozó jogszabályok, irodalom, melléklet

- [1] 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet (KRESZ)
- [2] 20/1984 (XII. 21.) KM rendelet
- [3] 1988 évi I. Törvény
- [4] 1991 évi XX. Törvény
- [5] 94/1991 (VII. 23.) Kormányrendelet
- [6] 9/1993 (III. 31.) KHVM rendelet
- [7] 26/1994 (IX. 23.) KHVM rendelet
- [8] Jelzőlámpás forgalomirányító berendezések iránt támasztott műszaki és forgalomtechnikai követelményrendszer (KTI 1990)
- [9] A közúti forgalomirányító berendezésekre vonatkozó műszaki irányelv (KTI 1991)
- [10] Műszaki feltétfüzet az elektronikus útátjáró berendezés kialakításához (BKV RT. 1996)
- [11] Közúti fényjelzőkészülékek és sorompó-berendezések közötti kapcsolatrendszer kialakítása (Feltétfüzet, MÁV RT. 1996)
- [12] Takács Károly: Útátjáró fedező berendezések a MÁV mellékvonalain (Diplomaterv, BME 1998)

Melléklet: Vonatkozó részek [12]-ből