

Az SBB személyforgalom Ee 922 sorozatú kétfrekvenciás tolatómozdonya*

* *Eisenbahn-Revue*, 2009/12, Alberto Cortesi cikke, fordította: Előhegyi István

Előzmények

Az SBB személyközlekedési részlege ma 53 darab idős villamos meghajtású tolatójárművel rendelkezik, amelyek összességében 38 db Ee 3/3, 7 db Ee 3/3 II és 8 db Ee 934 sorozatú járművet jelentenek és ezek életkora 40 és 70 év között mozog, valamint a mai követelményeknek sem felelnek meg. A javítási költségek is igen gyorsan emelkednek. Ezen kívül ezek a járművek a következő években esedékesek az igen költséges nagyjavításra. A vonatélképzés elemzése során az SBB személyközlekedési divízió egyebek mellett a tolatási teljesítményeket is vizsgálta. A jövőben a mai 17 szolgálati hely közül csak 9-re lesz szükség, amely az állomány jelentős csökkentését eredményezheti. A jövőbeli szolgálati helyek közül Basel (3), Bern (3), Biel (1), Brig (4), Chur (1), Luzern (2), Romanshorn (1) és Zürich (6) vehetők számításba.

A jövőben a villamos tolatómozdony állag a 29-es darabszámot nem lépi át. A 21 db új Ee 922 típus mellett még előreláthatólag a személyközlekedési divízió összes, 45 db Ee 3/3 és Ee 3/3 II mozdonya kivonható a forgalomból.

Kiírás és átadás

Az SBB kilenc új tolatómozdony szállítására írt ki nemzetközi pályázatot. 2007 decemberében az SBB Igazgatótanácsa 44,2 millió frankban (28,5 millió €) adott megbízást a Stadler Winterthur AG részére.

Az egységesítés érdekében két-áramnemű, 15 kV/16,7 Hz és 25 kV/50 Hz mozdonyok beszerzése történt. A kizárólag 15 kV/16,7 Hz áramnemű mozdonyok mellett ennek többletköltsége elhanyagolható. A kismértékű pótlólagos investíció ellenében

ez a határállomásokon való flexibilis alkalmazhatóságot jelent, mint Basel– és a tervezett Genève–La Plaine vonal 15 kV/16,7 Hz tápfeszültségre való átállítása után, 2012-től Genfben is.

Az új mozdonyok fejlesztése

Másfél éves a Stadler Winterthur cég és az SBB közötti intenzív együttműködés után a 21 új tolatómozdony közül az első Ee 922 sorozatú jármű a Svájci Szövetségi Vasutak Zürich-i szolgálati helyén üzembe állt. Az Ee 922 egy kifejezetten tolatószolgálatra tervezett villamosmozdony, amely 15 kV/16,7 Hz és 25 kV/50 Hz áramnemre alkalmas. 100 km/h legnagyobb sebességével (eng. 120 km/h, tolatás: 40 km/h), 750 kW teljesítményével és többesvezérlési lehetőséggel a mozdony könnyű tehervonatok vonali továbbítására is alkalmas.

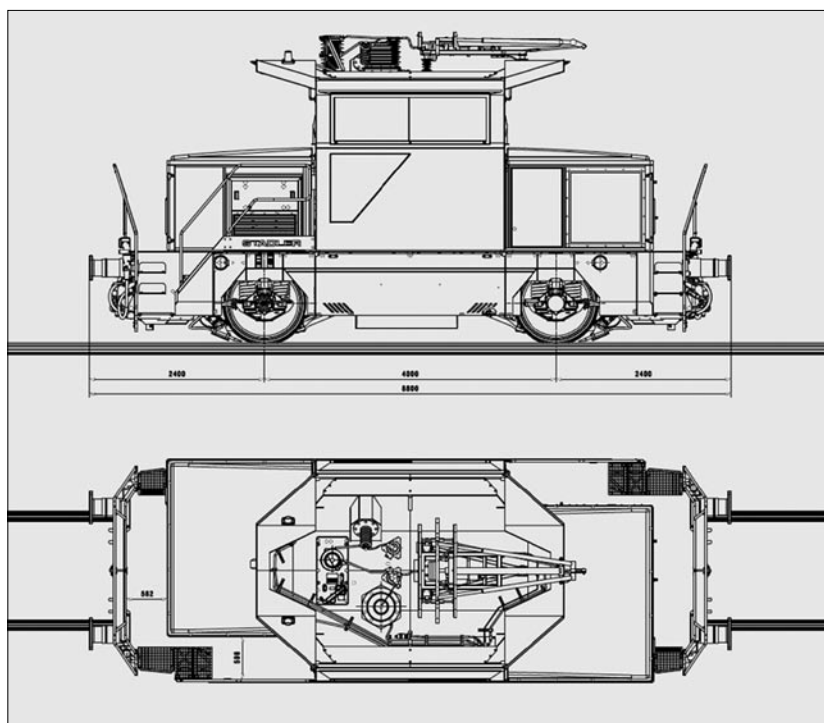
Az SBB személyközlekedési alkalmazásra az Ee 922 az alkalmazási feltételektől függően kis ráfordítással

40 t össztömegről 44 t össztömegegre szerelhető át. A mozdony tervezett legnagyobb össztömege 45 t.

Mint villamos jármű, az Ee 922 fogyasztása nagyon gazdaságos, kipufogógáz és zajszegény üzemet tesz lehetővé; csekély karbantartás igényességű és ezzel nagy rendelkezésre állást és élettartamot biztosít.

Az Ee 922 alapját egy a Stadler Winterthur AG által kifejlesztett „Ee(m) 2/2”, a tolatószolgálatra és tehervonati szolgálatra készült gyártmány-sorozat képezi. Ez a gyártmány-sorozat két teljesítményszályt, 750 és 1500 kW osztályt foglal magába és kívánságra kiegészítő dízel hajtással, mint hibrid üzemű mozdony is szállítható (lásd 1. táblázat).

Az összes üzemmódban, beleértve a nehéz vonali szolgálatot is tolatószolgálattal együtt pl. a nem villamosított rakodórampával ellátott helyeken („nem villamosított utolsó mérföld”), a hibridváltozat, mint gazdaságos



1. ábra A Stadler Ee922 kétfeszültségű és kétfrekvenciás tolatómozdony



2. ábra Az Ee 922 formatervezett tolatómozdony az SBB személyszállítás szolgálatában

megoldás áll rendelkezésre, amely a helyi szolgáltatásoktól (dízelmozdony és tolatószemélyzet) függetlenséget tesz lehetővé. Az Ee 922 úgy mechanikai, mint a villamos tervezése és gyártása, valamint a szerelése Winterthurban készült és fog készülni. A Winterthur mozdonygyár ebben alapozhat az egykori munkatársainak tapasztalataira és a know-how-ra.

Az új fejlesztés az SBB-vel történő intenzív együttműködés alapján alakult ki úgy, hogy a tolatószolgálat és a könnyű vonali szolgálat követelményeit a tervezés során konzekvensen figyelembe vették. Nagyon megkönnyítette a munkát az a körülmény, hogy a feltétlenül csak néhány fontos „sarokpont” került megfogalmazásra.

Míndez arra ösztönözte a gyártót, hogy új és részben nem hagyományos megoldásokat alkalmazzon, ami széles teret nyitott a gazdaságos és funkcionálisan is optimális megoldásoknak, amelyekből mind a gyártó, mind az üzemeltető előnyöket könyvelhetett el. Az egyszerű és célirányos eljárás az új fejlesztésnél is lehetővé tette az egyáltalán nem általánosan rövid, egy éven belüli átfutási időt, beleértve az engedélyezést és a szállítási határidőt is.

Kialakítás és tulajdonságok

Alapkonceptió

A kéttengelyes kivitelű Ee 922 kifejezetten a tolató és a könnyű nyíltvonalai tehervonati szolgálat céljaira lett kialakítva. Az ütközők közötti 8,8 m

teljes hosszával a teljesítmény és tömegkategóriájában összemérhetően kompakt megoldás. Kinyúlása és ezzel a keresztirányú mozgása ívekben való futáskor csekély. Ez megkönnyíti az ívekben való kapcsolást és csökkenti az „S” kanyarokban való toló üzemből az ütközőkre gyakorolt kedvezőtlen keresztirányú terheléseket.

Az Ee 922 mindkét végén rendelkezik a tolatószemélyzet részére munkatérrel, amelyek a fő-, vagy az egymással szemben fekvő mellék feljárók segítségével kényelmesen elérhetők.

A mindkét végén elhelyezett munkatér, valamint a hosszirányú feljárók és a vezetőfülke azonos szintmagasságban van elhelyezve, amely a munkaterületek váltását akár menet közben is könnyen elérhetővé teszi. Erre a célra körkeresztmetszetű kézikorlátók vannak beépítve.

Az Ee 922 a mozdonyvezető számára kitűnő kilátást biztosít, amely messze túlterjed a vonatkozó UIC-651 döntvény előírásain. Az üvegezett homlokajtókat optimális rálátást biztosítanak az ütközőkre.

A tolatószemélyzet biztonságának növelése érdekében a járműkapcsolási hely (berni négyszög) térsége LED lámpával van megvilágítva. Ez 10 km/h sebesség alatt automatikusan bekapcsol, ezzel együtt a tompított fény álló helyzet fényre kapcsol át.

Az Ee 922 a maximális 45 000 kg szolgálati tömegről, 40 000 kg szolgálati tömegre szerelhető át. Ehhez a mozdony oldalán elhelyezett egyenként kb. 2000 kg tömegű ballaszt súlyokat kell targoncával fel- vagy leszerelni. Más egyéb ehhez nem szükséges, így a mozdony igen rövid idő alatt a helyi tengelynyomáshatárokhoz igazítható.

A vonali szolgálatban a mozdony kitűnően illeszkedik a „push-pull” tehervonati üzemhez, amely a közeljövőben új gazdaságos üzemi lehetőségeket rejt magában. Egy-egy a vonat végén lévő kompakt mozdony megtakaríthatja a mozdonyváltást a végállomásokon. Ellentétben a négy-

tengelyes nagy teljesítményű mozdonyokkal a vonóerőt toló üzemből nem szükséges korlátozni (ez Svájcban kb. 150 kN) hogy a siklásveszély az „S” kanyarokban való tolás folyamán elkerülhető legyen. Kedvezőnek értékelhető a kompakt kialakításnak köszönhetően, hogy az ütközők oldalirányú kimozdulása is csekély.

A mozdony külső vonalai az ürszelvényre vonatkozóan megfelelnek az UIC 505-1 döntvény előírásainak és az alsó tartományban pedig az AB-EBV U3 előírásoknak. Azzal együtt, hogy a mozdony szabad magassága a kerékpárok tartományában 100 mm, a mozdony az összes európai fővonalai ürszelvényelőírásoknak is megfelel.

Dizájn

Annak ellenére, hogy egy tolatómozdony alapvetően munkaeszköz, a tervezés során mégis bevontak a munkákba egy dizájn céget is. A mozdony alkalmazási területe (személyszelvények és vonaterősítések beállítása), így a mozdony gyakran fordul meg az utasok körében, így tulajdonképpen egy „névjegy” funkciót is teljesít.

A tervezéssel szoros együttműködésben változatok készültek, amely a legmegfelelőbb formát biztosította a funkció figyelembevételével úgy, hogy ezzel a gyártási költségek sem növekedtek jelentősen.

Mint formaképző elemek az egyes felületek és élek kidolgozottak ami a költségelőirányzat ellenében hat. Az 50 fokban megdöntött felületek és az ezzel együttjáró formaképzés során az alsó oldalsó „ékszerű ablak”-nál olyan dizájn elemek kerültek bevezetésre, amelyek – támogatják a feketén körbefutó ablaksort – így a mozdonyok egy modern megjelenést biztosítanak. Ezt a hatást erősíti a külső héjazattal összefüggésben szerkesztett vezetőállás szélvédők és homlokajtókat, amely egyébként a tisztást is könnyebbé teszi.

Összességében az Ee 922 mozdony egy teljesen modern megjelenést biztosít, a gyártási költségek említésre méltó növekedése nélkül.

A mozdony keretszerkezete

A konstrukciós kialakítás – mint az az eddigi járműveknél megszokott – hegesztett acél elemekből készült keretszerkezet, amelyen helyezkedik el a transzformátor, áramirányító, ballaszt és kiegyenlítő súlyokat hordja, valamint vezeti a kerékpárokat.

A vezetőállások és burkolatok hasonlóképpen acélból készültek és a kerethez elasztikus csavarozással kapcsolódnak, amely ezek leszerelését a főjavítások alkalmával jelentősen megkönnyíti. A szférikus formázású részek, mint például a szekrény fedelek üvegszálerősítésű műanyagból készültek, amely ezek leszerelését daru igénybevétele nélkül lehetővé teszi.

A keret oldalsó pófáin vannak a leszerelhető 2000 kg súlyú ballasztok elhelyezve. Ezekkel az öntött kivitelű ballasztokkal lehet a mozdony tengelynyomását a különféle tengelyterhelési követelményekhez igazítani. Ezek keresztirányban vannak elasztikusan felfüggesztve, amely keresztirányú ütközések esetén (kitérőkön történő átmenet) erőteljes tompítást biztosít. A keret megfelel az EN 12663 előírásainak és az ütközők terheléséhez is több mint 2×1000 kN van figyelembe véve.

A vágánykapcsolatok bejárása során a csekély kerékterhelés különbségek elérése érdekében a keretszerkezet hosszirányában kisebb csavarozási merevséggel készült.

A kisebb felütközések elleni védelemre „Crash-ütköző” van felszerelve. Ezek ellentétben a hagyományos nagyteljesítményű ütközőkkel azt eredményezik, hogy ráütközéskor fellépő nagy energiát saját magukban emésztik el, amivel a keretet a nem kívánatos deformációktól védik, egészen kb. 30 km/h sebességig egy hasonló álló helyzetben lévő járműre ütközés esetén.

Futómű, mechanikus fékszerkezeti elemek

A futómű két kerékpárból, egyenként két monoblokk keréktárcsából áll,

amelyek a kovácsolt tengelyekre sajtoltak. A nagy tengelyterhelés miatt a kerekek 1100 mm átmérőjűek és a nagyteljesítményű mozdonyoknál alkalmazott kiviteleknek felelnek meg. Ezzel egy mérsékelt Hertz feszültség biztosítható a kerék és a sín között, amely hosszú élettartamot jelent.

A vontatómotorok a marokcsapágycsapatok fölött vannak elhelyezve és a két csapágycsapat egyrészről közvetlenül a tengelyre van szerelve, másrészről a nyomtatékthoz van rögzítve. Ez egy nagyon kompakt és egyszerű hajtás. A Gmeinder Getriebe und Maschinenfabrik GmbH által az Ee(m) gyártmányosorozat keretében tervezett új konstrukciójú hajtómű egyfokozatú 1:5,94 áttétellel rendelkező kivitel. Ez lehetővé teszi más áttétel megvalósítását is és magasabb teljesítmény és vonóerő átvitelét mint az Ee 922 mozdony esetében. A marokcsapágycsapatokon vannak a rugóerőtárolós fékegységek rögzítve. Ennek az előnye, hogy a rugózási mozgások esetén nem keletkezik viszonylagos mozgás a féktuskó és a kerék között úgy, hogy a féktuskók a fékezés során mindig pontosan a kerékre fekszenek fel.

E tulajdonság miatt a hagyományos tuskóhézag a tárcsafékekhez hasonlóan csökkenthetővé vált, ami ugyanazon fékegység esetén nagyobb fékezőerő kifejlesztését teszi lehetővé. A hővel szemben nagy ellenállóképességű szinteranyagok felhasználásával a fékezési követelmények csak egy féktuskó, az UIC 320 mm normál méret kerekenkénti alkalmazásával is teljesíthetőkké váltak.

A választott szinteranyag jelenleg az SBB-nél használt, amely a teljes sebességtartományban állandó súrlódási tényezővel rendelkezik és nagymértékben érzéketlen az időjárási viszonyokkal és bemozdításokkal szemben. Ehhez jön az, hogy ez a kerék és sín közötti tapadási viszonyokat olyan kedvezően befolyásolja, hogy a pneumatikus csúszásvédelem elkerülhetővé vált. Ellentétben a hagyományos öntöttvas féktuskókhoz

elkerülhető a keréktárcsák nem kívánatos felrakódása, amely az öntöttvas féktuskók esetében zaj kifejlődéséhez vezet. A gördülési zaj a tárcsafékekkel rendelkező járművekéhez hasonló mértékű.

A jármű flexicoil rugókon nyugszik, amelyek a gördülőcsapágycsapatok házára fekszenek fel. A flexicoil rugók a jármű keresztirányú elasztikus vezetését is megoldják. A tengelyágházak és a jármű keretszerkezete között egy-egy keresztirányú csillapító van elhelyezve és ez a marokcsapágycsapatokkal együtt a magasabb sebességtartományban is biztosítja a jármű nyugodt futását.

Hosszanti irányban a hajtásegységek egyrészről a központi vonó-, nyomórudakhoz kapcsolódnak, másrészről egy-egy hosszanti irányítókar segítségével a tengelyágház és a keret között vannak rögzítve. A hosszanti irányítók köszönhetően hosszanti rugalmassági tényezőjüknek „cx” megengedik a kerékpárok részbeni radiális beállítását az ívekben, amely a nyomkarima és a sínek kopását csökkenti és az ívekben való futáskor a csikorgást is kedvezően befolyásolja. A speciális vonóerő vezetései geometriából eredően feleslegesek a kiegészítő nyomtatékthoz.

Vonóerőátzármaztatás kerékpár–szekrény szerkezet

A kerékpár és a mozdony szekrény közötti vonóerő és fékezőerő átvitelhez a marokcsapágycsapatok közepén rögzített rudak szolgálnak. A két rúd geometriai elrendezése olyan, hogy annak hatásvonala a szekrény oldalról lényegében a vonóhorog magasságában metsződik és kerék oldalról pedig a vonóerő átvétele a sínkorona felső élének közelében történik. Ebből eredően a következő előnyök származnak:

- A vonóerőnek a vonókészülék magasságában történő elvétele megakadályozza a vonóerő elágazódását a mozdony szekrényen. Azok a nagy vonóerőingadozások, amely például a tapadási határ elérésekor keletkeznek,

nem vezetnek a járműszekrény bukducslásához, bólintó mozgásához. A fő lengésformák ezen leválasztása kedvezően hat a jármű nyugodt futására az adhéziós határon való üzemmódotban és lengésekhez sem vezet.

- A kerékpár oldaláról a mélyen elhelyezett vonóerő támadási pont a tengely csapágyazás teljes tehermentesülését eredményezi, amely például a hajtómű fölött elhelyezkedő nyomatótámon lép fel. Ennek a tulajdonságnak köszönhetően a tengely csapágy és a keretszerkezet közötti hosszirányú rugókarakterisztika „cx” lágy módon volt kialakítható, amely a vonóerőtől független radiális kerékpárbeállást tesz lehetővé az ívekben. A kerékpárok részbeni radiális beállása csökkenti a nyomkarima- és a sínkopást, valamint az ívekben való futáskor fellépő csikorgást.
- A mélyen elhelyezett vonóerő vezetés egy további előnye (az elforgási merevség és az oldalt elhelyezett nagy áttételű hajtás kombinációjában), hogy a csekély sűrűdésből eredő öngerjesztő lengésekre való hajlamot (remegés, orsózás) az adhéziós határ elérése vagy átlépésekor csökkenti. Ezek a nem kívánatos lengések a makro csúszási tartományban ebben a tekintetben kedvezőtlen módon kialakított mozdonytípusoknál figyelhetők meg és állandósult zavaró hatásokat jelentenek. Az Ee 922 mozdony a teljes próbautazási idő alatt e tekintetben rendkívül nyugodt járást, lengésmentes tulajdonságokat mutatott fel a tapadási határ elérésekor vagy annak átlépése esetén is.

Kiegyenlítő tömegek a stabil futás érdekében

Általánosságok

A kerekek kis kúposágú profilja és a két kerék merev összekötése következtében gurításkor – felülről nézve –

periódikus kigyózó mozgások lépnek fel, amelyek a rugók felett elhelyezett tömegeket lengésekre készítetik.

Növekvő menetsebesség esetén a lengések frekvenciája növekszik és ezzel együtt azok amplitúdója is. Ezek a jármű saját frekvenciáit és más lengésformáit erősíthetik. Ha a gerjesztési frekvencia és a saját frekvencia megegyezik, akkor olyan rezonancia jelenségek léphetnek fel, amelyek instabil futáshoz vezethetnek vagy a „kritikus sebességet” írhatják felül.

Forgóvázas szerkezetű járművek esetében a „zavaró” lengési forma, amely instabil futást idéz elő a forgóváz elforduló mozgása a függőleges tengely körül, kéttengelyes járművek esetében ez maga a járműszekrény elfordulása annak függőleges tengelye körül.

Forgóvázas járművek esetében a szekrény és a forgóváz között fellépő lengések lengéscsillapítókkal meghatározott határok között tarthatók. Kéttengelyes járművek esetében ez a lehetőség nem áll fenn. Ismeretesebbek nehéz kéttengelyes rövid tengelytávolságú járművek, amelyek instabil futásra hajlamosak, és ezek alacsony sebességeken lépnek fel.

A futástechnikai számítások megmutatták, hogy az Ee 922 rugózási tulajdonságai a tömegek, a geometria vonatkozásában külön intézkedések nélkül kedvezőtlen kerék/sín kapcsolati feltételek mellett 70 km/h sebesség környékén instabilitások lépnek fel, amelyek a jármű biztos futását befolyásolják.

Ez idő szerint a tehervonatok maximális sebessége 120 km/h. Ez az elképzelt alkalmazási spektrum az új fejlesztésű Ee(m) 2/2 esetében kedvezőtlen vágányviszonyok mellett azonos feltételek mellett hagyományos eszközökkel nem érhető el. Hasonlóképpen az Ee 922 mozdonyra az átállításoknál előírt 100 km/h sebesség a választott 4 m tengelytávolság nem volt realizálható.

Azért, hogy ennél a járműtípusnál a „zárt” alkalmazási spektrum elérhető legyen, itt egy olyan „kiegyenlítő”

tömeg rendszer került alkalmazásra, ami a tolatómozdonyoknál a mindenképpen szükséges ballaszt tömegeket az instabilitást előidéző lengések csillapítására használja.

A kiegyenlítő rendszer régóta ismert és egy vagy több olyan kiegyenlítő tömegekből épül fel, amely rugózás segítségével (esetleg csillapítással ellátott) van a lengő rendszerrel olyan módon összekötve, hogy ez a rendszer önlengése során az ebben tárolt energiát az ellenfázisokban kivonja.

Sok ilyen alkalmazás fordul elő pl. magas épületeknél, mint tornyok vagy függesztett hidak esetében. Gyakori esetben fordulnak elő az ellenlengő rendszerek inga formában, amelyek saját frekvenciái az építmény önfrekvenciáival megegyeznek, amelyek a fellépő lengésekkel (pl. szél hatására) ellenfázisban együtt lengenek.

Vasúti járművekhez ezt a rendszert ismereteink szerint még nem alkalmazták, ezért erre szabadalmi védelem lett bejegyezve.

Az Ee 922 lengő rendszere

Mindkét mozdonynál kiegyenlítő tömegek kerültek beépítésre, amelyek keresztirányban rugalmasan vannak a mozdony keretszerkezetre felerősítve.

A függesztő rendszer a kiegyenlítő és a mozdony kerete között oly módon van beállítva, hogy a kiegyenlítő tömegek keresztirányú saját lengési frekvenciája a mozdonykeret saját támolygó mozgásának frekvenciájával egyezzen meg. A lengéstechnikai beállítás egy speciális „Többtest-program” segítségével került kiszámításra.

A sajátfrekvencia átlépése esetén a kiegyenlítő rendszer gerjesztett állapotba kerül és semlegesíti a lengésekből származó hatásokat. Hagyományos jármű esetében ez az állapot (e sebesség elérése esetén) futástechnikailag instabil, megengedhetetlen állapotba kerül.

A kiegyenlítő tömeg és a mozdonykeret közötti mozgások csillapítottak. Ez nem csak a lengések amplitúdójá-

ra terjed ki, amely rezonancia esetén néhány centimétert is kitehet, hanem nem pontosan az önfrekvenciával megegyező gerjesztés esetén is csillapítást nyújt a kiegyenlítő rendszer és a mozdonykeret között.

A flexicoil rugókon elhelyezett mozdonykeret elmozdulást végez (jármű hosszanti tengelye körüli elfordulás), mialatt a kiegyenlítő tömeg a jármű keresztirányú mozgásával elentétes fázisban lévő mozgást végez. Az Ee 922 mérésekkel kiegészített típuspróbák alkalmával végzett számítások azt bizonyították, hogy az eredmény messze a várakozások felett van. Még nehéz vágányszakaszon alkalmazott nagymértékű kúposág esetén sem lehetett soha instabilitásokat érzékelni.

A jármű ellentétben a hagyományos járművekkel magasabb sebességeken is nyugodtabb futást biztosít.

Számításokkal igazolható, hogy a stabil futás 200 km/h sebességig, sőt azon túl is lehetséges lenne. Természetesen ez az Ee 922 járműre csak elméletileg érvényes, mert az egyéb feltételek a magasabb sebességeket kizárják.

A mozdonyra keresztirányban rugalmasan rögzített kiegyenlítő tömegek alkalmazása azért is előnyös, amikor kemény keresztirányú lökések keletkeznek – amely például a kitérőkön való haladáskor fordulnak elő – ezek a kerettől nagymértékben elszigeteltek. Ez a rögzítési rendszer került alkalmazásra az oldalakon elhelyezett egyenként 2000 kg súlyú ballaszttömegek esetében is úgy, hogy ezek a mozdony 45 t tömegét keresztirányban kb. 30%-ban kiegyenlítik, amely a kerék/sín kapcsolatban fellépő ütközési erőket jelentősen csökkentik és ez is a futástulajdonság javulásához vezet.

Villamos részek

Áramirányító

A vontatási berendezésekben IGBT áramirányítók, az ABB Bordline CC750 vannak alkalmazva. A beépí-

tett modulok a legmesszebbmenőkig megegyeznek az újabb GTW és FLIRT megoldásokkal; helytakarékossági okokból ezeket új házban kellett elhelyezni és a belső terek hűtését megoldani. Az áramirányító ház külső fedele egyidejűleg az előfelépítmény külső köpenyét is képezi. Ezzel hely takarítható meg és egyidejűleg a hozzáférés is jobban biztosítható.

A választott áramirányító egy IGBT technikával kialakított kompakt egység, vasúti alkalmazásra tervezett kivitelben. Arra szolgál, hogy az egyfázisú felsővezeték feszültséget a két vontatómotor számára háromfázisú feszültséggé alakítsa át. Ezen kívül a segédüzem 400 V háromfázisú tápfeszültséget kap és innen történik az akkumulátor töltése.

A teljes berendezéshez a hálózati áramirányító, motorköri áramirányító, két háromfázisú fedélzeti átalakító (3×400 V változtatható frekvenciájú) és az akkumulátortöltő tartozik.

A hosszú személyvonatok energiaellátásához 800 kW teljesítményű 1000 V feszültségű vonatfűtő berendezés van beépítve.

Az átalakító a mai kivitelében 120 kN vonóerő kifejtését engedi meg. A mechanikus részek min. 150 kN átvitelére tervezettek. A hűtés normál vízűtés, amely nagyon kompakt felépítést biztosít. A hűtőközeg visszahűtése külső hőcserélő, transzformátor, áramirányító, vontatómotor szellőzők segítségével történik.

Transzformátor

Az alsó elhelyezésben beépített Sécheron gyártmányú transzformátor oly módon tervezett, hogy azonos házban különféle feltételeknek, az Ee(m) típusú járműveknek is megfelelő legyen. Az Ee 922 esetén beépített fűtési tekercselés mellett 1000 V/800 A (800 kW), más mozdonytípushoz való 1500 kW-os fűtési tekercs és a hozzátartozó áramirányító is beépíthető. Opcionálisan, átkapcsolási lehetőséggel egy további fűtési kör is üzemeltethető: ekkor

azonban egyidejű üzemben a vontatási teljesítmény csökken, amely az üzemre alig bír kihatással, mert a teljes fűtési teljesítmény általában csak a vonatelőfűtés és az előklimatizálás során szükséges.

Vontatómotor

A külső szellőzésű hatpólusú vontatómotort az Austria GmbH gyártotta az új Ee 922 mozdonyban alkalmazott marokscsapágyas kivitelre. A specifikus peremfeltételekre nagy figyelmet szenteltek (csoportos hajtás). A tolatóüzemben szükséges erősebb kivitel miatt egy új pálcás gyűrűs kivitel valósult meg.

A motor különösen kis veszteségszintű módon lett tervezve, hogy korlátozott áram esetén is (csak egy áramirányító üzemel) nagy forgatónyomaték jöjjön létre. A tekercselések szigetelési osztálya 200 és jobb tulajdonságokkal rendelkezik, mint az az Ee 922 esetében a teljesítmény és vonóerő esetében szükséges lenne.

A nagyobb teljesítményű, Ee(m) típusú változathoz egy külsőleg azonos kivitelű, azonos kapcsolódó tömegű, de kétszeres teljesítményű és nagyobb nyomaték kifejtésére alkalmas változat készült.

Vonatbefolyásoló rendszerek

Az Ee 922 mozdonyba vonatbefolyásoló rendszer nincs beépítve, mert ez csak kifejezetten a tolatószolgálat ellátására van számításba véve. Ennek ellenére a mozdony a következő vonatbefolyásoló rendszerek beépítésére előkészített:

- Integra-Signum,
- ZUB 262ct, integrált eurobaliz antennával.

Beépítési lehetőséggel rendelkezik a vonatbefolyásoló rendszerek érzékelő elemeinek beépítésére a svájci, osztrák és német vasutak vonalain történő alkalmazás és a 15 és 25 kV átmenet eseteire:

- Indusi,
 - Transition mágnesek 15 kV/25 kV.
- Ezekkel a berendezésekkel a svájci (kivételem a nagysebességű vonalak)

vasutak összes, valamint a német és az osztrák vasutak vonalain való közlekedés feltételei adottak.

Az jármű alsó részeire összesen 11 érzékelő és mágnes szerelhető. Az ezekhez tartozó elektronikai berendezések egy külön szekrényben helyezhetők el.

Rádió-távírányítás és feltételek

Az Ee(m) jármű opcionálisan egy hordozható Chatron-Theimeg rádió-távírányító berendezéssel is ellátható.

Hasonlóképpen lehetséges olyan rádió-távírányító berendezés beépítése, amely lehetővé teszi egy másik, a vonatba sorozott mozdony távírányítását többesvezérlési kábelösszekötetés használata nélkül.

Ez például Push-Pull üzemben előnyös nem kapcsolt közbelső kocsik esetén.

Hűtőrendszer

Egy központi, változtatható fordulatszámú járatható ventilátor egy szűrőn keresztül szívja a hűtőlevegőt, amely azután az egymás után kapcsolt áramirányító hűtővíz és főtranszformátor olajhűtő hőkicsérőlkön át áramlik. Végül a hűtőlevegő a csatornákon keresztül a vontatómotorokhoz kerül, amelyek keresztül hosszirányban áramlik át.

Az egyes hűtőkörök a keringető szivattyú segítségével a hűtési igény szerint vezéreltek.

Írányítástechnika és diagnosztika

Az Ee 922 írányítástechnikai rendszere a Flirt családnál már bevált rendszer.

A járműbusz CAN-Open-hálózat rendszerként van kialakítva. A hardware nem redundáns kivitelben valósult meg. A már bevált I/O elemek mellett az analóg és bináris be/kimeneti elemcsoportok (Sécheron) kapcsolódnak az áramirányítóhoz, a TRAS 1000 sebességmérő berendezéshez és a járműbuszhoz, displayhez. A járműbusz Seletron CAN-Powerline család elemeiből épül fel. Ez több

Ee 922 sorozatú mozdony többesvezérlését teszi lehetővé.

Szoftver

A szoftver a már bevált és meglévő Flirt- és Stadler GTW alapokra épül, ami a mozdony különleges alkalmazási körülményeihez lett igazítva, kiegészítve, különös tekintettel a levegős rendszerre.

Diagnosztika

Először került alkalmazásra az új fejlesztésű „Railvis” diagnosztika. A display az ethernet segítségével kapcsolódik a járművezérlő egységhez (FLG). A display a folyamatadatok megjelenítése mellett diagnosztikai számítógépként is szolgál. Ez a diagnosztikai rendszer használatos a zürichi S-Bahn kétfedélzetes vonatainál, valamint a Norvég Államvasutak részére szállított új Stadler vonatoknál.

Rendszerátkapcsolás 15kV/25kV

Az Ee 922 mozdony mint kétáramnemű jármű a két áramnem közötti átmenethez szükséges berendezésekkel el van látva. A mozdony egy-egy végén elhelyezett érzékelők a határlomásokon felismerik az átkapcsolási helyeket és szükség esetén gondoskodnak a vákuum főmegszakító kikapcsolásáról. A bekapcsolás előtt a primer feszültségváltó automatikusan érzékeli a felsővezeték feszültségét és gondoskodik a főáramkör újbóli felépítéséről.

Pneumatikus elemek és fékvezérlés

Az Ee 922 tolatómozdony fékrendszere kopásmentes villamos visszatápláló fékberendezésből, valamint egy levegősen működtetett mechanikus fékből áll, amely rugóerőtárolós fékkel van kiegészítve. Az UIC előírásainak megfelelő levegős fékrendszer magára a mozdonyra, valamint mint indirekt fék a vonatszerelvényre is hat. A mozdonyon – ha az lehetséges, és gyorsfékezések esetén – a beállított fékezőerő a visszatápláló fékezés

segítségével valósul meg. A levegős fék csak alacsony sebességeken, a keréktalpak karbantartása céljából kerül kivezélésre vagy nem kielégítő vagy teljesen kiesett villamos fékezés esetén a hiányzó fékezőerő pótlása céljából lép üzembe (blending).

A levegős-mechanikus fék 100% fékszázalékot biztosít. Mint egy további fékrendszer, a mozdony rugóerőtárolós fékberendezéssel is fel van szerelve. Ez egyrészt, mint rögzítőfék működik, de mint redundáns fékberendezés szükség esetén számításba van véve, és teljesen független más fékrendszerektől, ugyanígy a villamos féktől is függetlenül működik.

A fék két karral működtethető. A menetkapcsoló segítségével a mozdony fék működtethető. Ekkor prioritásként a villamos visszatápláló fék működik, amely a vontatási áramirányító által beállítható legnagyobb vonóerőérték határáig vezérelhető.

A „vezetői fékezőszelep” karral a folytatólagos fék működtethető, amely közvetlenül a kerekek felületére hat. Ez azzal az előnnyel jár, hogy a kerekek futófelülete egyúttal karbantartást kap, amely kedvezőbb adhéziós feltételeket biztosít.

Az „üres” kocsik gyors feltöltéséhez a mozdony külön töltési nyomáshullám (magasnyomású töltőhullám, ford. megj.) szeleppel rendelkezik. Továbbá rendelkezik alacsonynyomású túltöltés funkcióval – nyomásigazítás is lehetséges – amely segítségével a blokkolt járműfékek feloldhatók. A csúszási és perdülés viszonyokat fordulatszám szenzorok ellenőrzik, amelyek közvetlenül a járműtengelyhez kapcsolódnak, a jeleket a jármű számítógépe feldolgozza és elektronikus vezérlést biztosít.

A mozdony sűrítettlevegő ellátásához egy csavarkompresszor és egy kétkamrás utánkapsolt légszárító berendezés van beépítve. A kompresszor a kimeneten ennél a járműtípusnál nagy 2400 l/perc levegő termelőkapacitással rendelkezik. A képződő kondenzátumot egy szintellenőrzött gyűjtőtartály fogja fel.



3. ábra Elkészült az Ee 922 testvére. Már üzembe helyezték a Stadler Eem 923 sorozatú hibridüzemű tolatómozdonyát az SBB Cargo megrendelésére

Vezetőállás és kezelőelemek

A nagyméretű vezetőállás – amely a két homlokajton keresztül jól hozzáférhető – négy személy részére kínál helyet és klímatisztalt tartózkodási helyül is használható.

Az összes ablak, valamint az ajtók is szigetelő üvegezéssel vannak ellátva. Ha az ajtók vagy az ablakok nyitva vannak, akkor a klímaberendezés energiatakarékossági okokból lekapcsol.

A mozdonyvezető számára körös-körül jó kilátás van biztosítva, amely túl van az UIC 651 döntvény minimális előírásain is. Az egyrészes homloküvegek nincsenek, mint az a dízelmozdonyoknál szokásos módon a kipufogógázok elvezetésére szolgáló középszlopokkal megtörve. A teljesen üvegezett homlokajtó segítségével a mozdonyvezető jó rá-

látással bír az ütközőkre, amely a tolatást könnyíti. Ebből a munkahelyzetből a mozdonyvezető 30 cm-re kihúzhatja a vezetőasztalt. Az oldalra eltolható vezetőasztal lehetővé teszi számára a vágány egyidejű megfigyelését a nyitott eltolható ablakon keresztül is.

A széles eltolható ablak alatt háromszög alakú üvegezés van kialakítva a tolatóüzemben használatos mértékadó törpe jelzőeszközök jobb megfigyelhetősége céljából.

Minden menetirányhoz egy-egy vezetőállás van kialakítva, amely akár ülő, akár álló helyzetben is kezelhető és egy ún. „repülő-váltást” is lehetővé tesz.

Általános teljesítményadatok

Környezet és energia

A teljesítményelektronikában és mechanikában alkalmazott új technikai megoldásoknak köszönhetően a jármű energiatakarékos és alacsony emisszókibocsátású. A nagy ütemfrekvenciás táplálású IGBT technika, az optimalizált software és veszteségminimalizált vontatómotor együttesen nagyon kedvező hatásfokot eredményez a felsővezeték és a sín viszonylatában. Hasonlóképpen jó az energiamérleg a visszatáplált

fékezési energia és a szükség szerint vezérelt hűtés miatt. Ha a jármű nem mozog, akkor automatikusan „Stand by” üzemmódra kapcsol. Ekkor az összes szükségtelen energiafogyasztó, mint az olajszivattyúk, ventilátorok, és egyéb segédüzemi berendezések kikapcsolnak. Egy áramlásjelző rendszer ellenőrzi a nyitott ajtókat és ablakokat, és automatikusan lekapcsolja a klímaberendezést, ha annak energetikai szempontból ésszerűtlen üzeme hosszabb ideig fennmarad.

Zajviszonyok

A szinter anyagú féktuskók miatt a keréktalpak nem érdesednek fel, amik a magas ütemfrekvencián működő áramirányítók mellett, de a csendesre tervezett hajtómű miatt is az Ee 922 úgy álló helyzetben, mint nagy vonóerőkifejtés esetén és guruláskor is viszonylag csekély zajterhelést jelent és a Szövetségi Hivatal (BAV) mai igen szigorú zajszennyezéssel kapcsolatos előírásait is teljesíti.

Életciklus költségek

A villamos erőátvitel a dízelüzemmel összehasonlításban általában csekélyebb üzemi és karbantartási költségeket mutat fel. A választott járműkonceptió (kétengelyes; forgóváz nélküli) a építésében és a karbantartásában is megfelelően kedvezőbb, jóllehet a funkciót tekintve több, mint amit a kétengelyes járművek általában nyújtani tudnak. Különösen nagy figyelmet szenteltek a jó hozzáférhetőségre és a beépített készülékek kis karbantartás igényességére.

A kerékkopásoknál a passzív sugárirányú kerékpárbeállítás és a hagyományos járművekhez viszonyítottan relatíve kis tengelytávolság miatt hasonlóképpen alacsonyabb érték várható.

Típusvizsgálat és BAV engedély

Az első mozdony szolgálatba állítása előtt elvégezték a biztonságtechni-



4. ábra Az SBB Cargo megrendelésére gyártott első Eem 923 tehervonat továbbít

Sorozat	Ee 922	Ee 923 (Ee (m)2/2)
Nyomtávolság	1435 mm	1435 mm
Felsővezeték feszültség	15 kV/16,7 Hz, 25 kV/50Hz	15 kV/16,7 Hz, 25 kV/50Hz
Szolgálati tömeg	40 t vagy 45 t, átszerelhető	42 t – 45 t (dízel teljesítménytől függően)
Legnagyobb sebesség	100 km/h (terv: 120 km/h)	120 km/h
Max. vonó/fékerő (felsővezeték és dízelüzem)	120 kN (124 kN rövid ideig)	150 kN
Max. telj. kerékkarimán (felsővezetékől)	750 kW	1500 kW
Max. telj. kerékkarimán (dízelüzem)	–	290 kW vagy 165 kW
Vontatómotorok száma	2, csoportban elhelyezve	2 (saját áramirányítóval)
Kompresszor szállítási teljesítmény	2400 l/perc	2400 l/perc
Tengelytávolság	4000 mm	4000 mm
Kerékátmérő új/kopott	1100/1030 mm	1100/1030 mm
Ütközők közötti hossz	8800 mm	kb. 9000 mm
Jármű szélessége	3100 mm	3100 mm
Magasság	4306 mm	4306 mm
Úrszelvény profil	UIC 505-1 / AB-EBV U3	UIC 505-1 / AB-EBV U3
Vonatfűtés	1000 V/800 A	opcionális
Rádió távirányítás többes üzemben	opcionális	opcionális

1. táblázat Az Ee 922 és Ee 923 mozdonyok műszaki paraméterei

kai szempontból fontos kísérleteket a legnagyobb sebességről történő megfékezettségre, 100 km/h sebességig a futásjóságra, az EN 14363 szerint az ívekben való futásra a kiegyenlítettlen vágánysíkokban mérhető keresztirányú gyorsulásokra 0,85 m/s²-ig, valamint a zajméréseket a jellemző SBB vonalakon. Ezen kívül a jármű átfogó mérőberendezésekkel is fel van szerelve.

Az eredmények messze a megengedhető határértékek alatt maradtak, vagy a várakozásokat úgy múlták felül, hogy a BAV engedély 2009 július 3-tól érvényesen lett kiadható az első mozdonyra.

Különösen említésre méltó a jó futástulajdonság, amely 110 km/h sebességig az Yverdon és Neuchatel közötti pályaszakaszon bizonyítható volt, ugyanígy a teljes terhelés melletti zajszint is.

Hasonlóképpen a kerék-sín erők az ívekben való futás valamint az instabil futás vonatkozásában az

értékek jelentősen a megengedett értékek alatt maradtak. Hasonlóképpen teszt alá vetették a feltételekben előírt követelményeket, a Zürich melletti 25 ezrelék emelkedő bejárását, 400 tonna terheléssel és a szerződés szerint megkövetelt 25 km/h sebességgel.

Első üzemi tapasztalatok és kilátások

Az első mozdony 2009 júliusban történt átvétele óta Zürich-Herdernben van állomásváltva és a személyzet kiképzése folyik. Ezalatt a mozdony rendszeres szolgálatot is végez. Az üzembe helyezés óta eltelt rövid idő még átfogó értékelésre nem ad módot. Az eddig szerzett tapasztalatok azért örövendetesek.

Az mozdony üzemeltetése során 2009 júliusa óta zavaró körülmény nem fordult elő. 2009-ben még további két mozdonyt vett át az SBB; a maradék 18 pedig 2010-ig került leszállításra.

Elkészült a továbbfejlesztett tehervonati, hibrid verzió

Az SBB személyszállítás által üzemeltetett Ee 922-esekkel formájában szinte teljesen megegyező Eem 923 sorozatjelű tolatómozdonyokat az SBB Cargo rendelte meg.

Az Eem 923-asokat tolató és könnyű vonali szolgálatra rendelték. A hibrid mozdony a 99%-ban villamosított svájci vasúthálózaton fog üzemelni. Engedélyezett sebessége 100 km/h. (120 km/h konstrukciós sebességre tervezték). A 9100 mm hosszú 41 tonna tömegű mozdony teljesítménye villamos üzemmódban keréken 1500 kW. A nem villamosított vonalrészek kiszolgálását a mozdonyba épített dízelmotor teszi lehetővé. Ennek keréken leadott teljesítménye 290 kW. Az első kettős erőforrású Eem 923-as mozdony 2012. március 9-én az SBB Cargonál szolgálatba állt. Az SBB Cargo 30 db Eem 923-ast rendelt a Stadlertől.