

Prototípus egyenáramú motoros Ganz-Metró szerelvény műterheléses átfogó hajtástechnikai vizsgálata.

Feladatom volt a nyomaték- és motoráram-lengések, továbbá a járműnek a kerékátmérő-eltérések miatt bekövetkező, regisztrált térbeli mozgásai közti korreláció elemzése. Ganz-Hunslet és a BKV közös megbízása, 1993. (Dr Zvikli Sándor témavezető.)

Rövid összefoglalás:

Az egy motor-négy kerék rendszerű, különleges elrendezésű csoportshajtás miatt a konstrukció aszimmetrikus lengésgerjesztés iránti érzékenysége magas volt, s ennek kvantitatív értékelését végeztük el járműfutások alatt az alkalmazott korszerű mérő-, regisztráló- és real-time analízáló rendszer együttesével. A méréseket és a nyomatékmérő eszközt megterveztem, majd a Ganz Mérési és Kutatási Osztálya realizálta azokat. Feldolgozásukat és kiértékelésüket Győrben végeztem el. A kutatás-igényességű, terjedelmes vizsgálat bírálója a BME Vasúti Járművek Tanszéke volt. Az eredményeket a megbízók tudomásul vették.

A megbízásos feladat indítékai az alábbiak voltak:

Évek óta húzódott az új fejlesztésű Ganz-Hunslet G2 metrószerelvény prototípus-vizsgálata, s emiatt a szerelvény sorozatgyártásának megrendelése.

Az egyik vizsgálandó jelenség az olykor megjelenő nyugtalan futás nagyobb sebességen, amelynek során a kocsi vége feletti padlón állva igen kellemetlen rezonancia-jellegű ugrálás volt észlelhető, a kocsi végen szinte elviselhetetlen volt a padló minden irányú táncoló-ugráló mozgása. Ennek kiváltó oka részben ismeretes volt, mert a kerékátmérők nagyobb eltéréseinek megállapításakor voltak észlelhetők. Közösen elfogadottan egy szigorúan veendő, max 1 mm-re korlátozott átmérő-eltérést írtak elő a fenntartás alatti kerékesztergályozáshoz. Ehhez a KTMF, egyetemünk elődje elektronizálta a padló alatti kerékeszterga átmérő-mérő berendezését, amellyel kb. 0,3-0,5 mm hibán belül volt lehetséges az átmérő mérését és dokumentálását elvégezni.

A forgóvázon belül egy motorral hajtott két kerékpár-tengely, mint csoportshajtás a kissugarú ívekben csak csúszáskiegyenlítővel tudott közlekedni, de nagyobb átmérőkülönbségnél egyenesben is észlelhetők voltak mozgási bizonytalanságok. Az orosz metrókocsik egyedi kerékshajtásúak, és az ilyen elrendezésekre jellemzően jó futási tulajdonságúak, s az egymás mögötti tengelyek eltérő átmérőinek hatása gyakorlatilag nem észlelhető. Egyik oldali kerekének 1-2 mm-es eltérése, ha ritkán előfordult, nem jelentett zavaró körülményt, erősebb kopását észrevéve esztergára küldték.

A csoportshajtásban az együtt hajtott 4 kerék átmérőjének a nyugati járműgyártók szerint 0,3-0,5 mm max hibával azonosnak kell lennie a nyugodt futáshoz, amit a MÁV a V43 sorozatú mozdonynál igyekezett is betartani. A BKV kerékesztergáinak mérési pontossága kevésbé volt ezen a szinten, ami az említett fejlesztés után javult. A G2 szerelvényt gyakran bevitték az esztergára az átmérők mérésének céljából, és 1 mm feletti eltérés észlelésekor újra esztergálták, elősegítendő a szerelvény sikeres próbaüzemét.

Közben folytak az egyeztetések a gyártó és a BKV között, amelyek során a leendő üzemeltető a néha bekövetkező rendkívül nyugtalanító ugráló jellegű futás okainak felszámolását kérte. A megállapodásuk szerint mind a BME Vasúti járművek-, mind az akkori főiskolánk Vasútgépész tanszékét megkeresték egy alapos mérő-elemző kiértékelés céljára, de feltételül szabták a kerékpár tengelyen ébredő nyomaték-lengések mérésének regisztrálását is.

Ez a kikötés olyan súlyos volt, hogy a BME nem vállalta a méréseket. Meg kell jegyezni, hogy még a Ganz sem rendelkezett olyan méretű nyomatékmérő eszközzel, hogy ezt el tudta volna végezni, sem pedig olyan jel-leszedő eszközzel, amellyel a közel 200 mm átmérőjű tengelyre ragasztandó nyúlásmérő bélyegek igen kismértékű ellenállás-változásait 60 km/h sebességnél regisztrálni tudta volna. A beszerezhető HBM eszközök ekkora átmérőre nem voltak alkalmasak - tehát csak egy újonnan fejlesztendő eszköz birtokában volt lehetséges a méréseket elvégezni.

Egy ilyen célú új eszköznek az elvét végiggondolva, az elkészíthetőségét és használhatóságát a lehetőségek szerint megbecsülve megoldhatóként fogalmaztam meg a mérési feladatot, és Dr Zvikli Sándor megbízott tanszékvezető a BKV-Ganz Hunslet közös megbízású szerződést kötötte. Ebben mindketten maximális mértékű támogatásukról biztosítottak, a lehető leggyorsabban, és jó eredményt kérve.

A Ganz-H. a Mérési-és Kutatási Osztálya teljes eszköztárát és dolgozói kapacitását adta, nekünk az összes mérési pont jellegét, helyét, célját, eszközét és a szükséges előkészületeket kellett megfogalmaznunk, kidolgoznunk, amelyeket továbbítva, a Ganz-H. csarnokában a kiszerelt és daruval felemelt forgóvázon a mérőhelyek- és eszközök előkészítésével, bélyegek felragasztásával, kábelezéssel, hitelesítő célú erő- és nyomatékmérésekkel jelenlétünkben a Ganz-H. szakembergárdája realizált. Ez utóbbiakhoz kellett levegőbe emelni a forgóvázat.

A nyomatékméréshez szükséges szétszedhető jelleszedő eszközt magam terveztem meg, itt készültek el az alkatrészei a KTMF-en.

Egyidejűleg kerültek regisztrálásra az alábbi jelek:

- nyomaték a kerékpár tengelyén,
- motoráram,
- sebesség,
- függőleges, hossz- és keresztirányú gyorsulások 3, részben 4 csapágytokon,
- húzóerők a forgóvázbán,
- a vontatómotor - amely vízszintes iker kihajtó tengelyeivel a kerékpár-tengelyek körül lévő hajtóműveken át hajtott, és a forgóváz himbájára fektetve, annak térbeli mozgásaiban részt vett – függőleges tengelye körüli, vízszintes síkban történő lengő mozgásainak gyorsulásjelei,
- útjelei,

Mindezeket, azaz minden csatorna jelét már próba-regisztrálva a forgóvázat részben letakarva begurították a szerelvény alá, a sokcsatornás mérőrendszert az utastérben összeállították, próbálták, és futásra előkészítették. A terheléshez kb 10 t homokzsákokat raktak be.

A méréshez a forgóváz egyik kerekét 2mm –rel kisebbre esztergályozták, a másik három kerék azonos átmérőjű volt. Ezzel egy aszimmetrikus, de előfordulható geometriai hibát vittünk be a hajtásrendszerbe, amellyel várhatóan nagy futási rendellenesség fog fellépni.

A mérések során a nyomatékmérő rendszer jelleszedőjét módosítanom kellett, de a két mérés közti éjszaka elegendő volt, a terhelt állapotú mérés alatt a vett nyomatékjelek teljesen használhatóak voltak.

A sokcsatornás mérőmagnetofon a Ganzé volt, a mérési adathalmazt 5db VHS rendszerű kazettában vették ki a magnóból, ezekről kezdtük Győrben a jelek kiértékelését. Itt egy japán gyártmányú 2 csatornás real-time analízátorral dolgoztunk, amellyel a gyorsulásjelekből

kétszeri integrálással kirajzolható útjeleket kaptunk, továbbá korreláció-elemzést végeztünk az egyes jelek közti kapcsolatok kimutatására. Frekvenciaanalízissel mutattuk ki az aktuális domináns komponens, amely a korreláció megfelelő értéke mellett az együttes mozgások egyik fő bizonyítékául is szolgált.

Ez több száz órában, mintegy 3 hónapig tartott, valamennyi ésszerű jelpárra elvégezve a kiértékelést.

A 2 mm-es átmérőhiba épp olyan kellemetlen hatású volt, mint amelyek miatt a vizsgálatot megfogalmazták. 8 Hz körüli lengések következtek be, amelyek egy szabálytalan, de zárt térbeli görbét írtak le. Ezek az útjelek vektorosnak vett irányjaiból, az időlépték alapján voltak kiszerezhetőek – akkor még nem volt olyan rajzprogram, ami ezt elvégezte volna.

Az átmérőhibásra beállított kerékpár a gördülési útelteréseket kiegyenlítő, keresztirányban is mozgott, de ez csak úgy volt lehetséges, hogy nyomkarimájának belső oldalán felmászott a sínkorona oldalán, keréktalpa kb. 10 mm-nyire felemelkedett a sínről, majd vissza. Mindezt nyolcszor másodpercenként.

Amikor felemelkedett, akkor a vontatómotor a súlypontjának függőleges tengelye körül, a kitámasztó gumirugók ellenében olyan irányú vízszintes síkbani lengést végzett szintén 8 Hz-el, hogy a forgóváz hímáját, amelyen feküdt, annak függőleges tengelye körül elforgatta, ezzel a csapágytokon át keresztirányú húzóerőt gyakorolt a kerékpár tengelyére, s azt áttolta a másik oldalra, amely eseményhez a kerék felfelé kúszott a nyomkarima oldalán.

A vontatómotor a rászerezelt hajtóművekkel és ezekkel együtt már jelentős hosszával komoly tehetetlenségi nyomatékú tömeget jelent - súlypontjának függőleges tengelye körül - amelynek visszatérítő gumirugója elegendően rugalmasnak bizonyult ahhoz, hogy az átmérőhibás kerékpár keresztirányú mozgását közel harmonikus lengő mozgással segítse, illetve kényszerítse.

Összefoglalva:

Megállapítást nyert, hogy az átmérőhibás vasúti kerékpár által előálló úthossz-hibák kiegyenlítéséhez a szükségszerűen viszonylag lágy felfüggesztésű vontatómotor függőleges tengely körüli lengései lengéserjesztő hatásúak.

A másféleképpen, de szintén gumirugós konstrukciójú csapágytok az erős csillapításának köszönhetően a motortömeg által keresztirányban lengetett hímához túl erősen kapcsolva magával tudja vinni az ágytokot, s vele a kerékpárt, amely a nagy húzó-nyomó erő miatt felkúszik a sínfej oldalán, mindezt 8-szor másodpercenként.

Az egyébként korszerű, kompakt forgóváz konstrukció az említett karbantartási hiányosság hatására, mint a nem azonos kerékátmérők, nagyon kellemetlen futási tulajdonságok előidézésére hajlamos.

....

Az elvégzett mérések eredményét Gábor Péter adjunktus a BME Vasúti járművek tanszékéről, mint a kutatási munka külső véleményezője, emlékezetesen röviden tárta a BKV- Ganz-Hunslet –KTMF közös témalezáró értekezlete elé: „A KTMF megállapította a kedvezőtlen járműviselkedés okait. A továbbiakban a folytatásról kell gondolkodnunk”.

Dr Szénásy István
Győr, 2015-03-02