OKTATÁSI CÉLÚ GÉPÉSZETI ESZKÖZ FEJLESZTÉSE

ENTWICKLUNG EINES MASCHINENDIAGNOSTIK-LEHRMITTELS

Eric Rahne, okl. villamosmérnök, igazságügyi szakértő (PIM Kft.)

ÖSSZEFOGLALÁS
A rezgésdiagnosztika sikeres alkalmazásához alapos szaktudás kell. A hatékony oktatáshoz hordozható, a gépészeti hibák minden típusának bemutatásra alkalmas VibDemo nevű próbapadot fejlesztett a PIM Kft. már 1999 és 2004 között. Ma már világszerte közel 70 eladással büszkélkedő és CE-minősítéssel is rendelkező sikertermék. A VibDemo fejlesztési lépésein és nehézségein túl magát a terméket és annak továbbfejlesztési lehetőségeit is bemutatjuk.

INHALT
Die erfolgreiche Anwendung der Schwingungsdiagnostik erfordert gründliche Fachkenntnisse. Die PIM GmbH hat zwischen 1999 und 2004 einen VibDemo-Prüfstand entwickelt, der alle mechanischen Fehlerarten demonstrieren kann. Mit weltweit fast 70 verkauften Einheiten und CE-Zertifizierung ist dieser ein Erfolgsprodukt. Neben den Phasen und Schwierigkeiten der Entwicklung von VibDemo stellen wir das Produkt und sein Entwicklungspotential vor.

1. ELŐZMÉNY

A rezgésdiagnosztika sikeres alkalmazásához nemcsak megfelelő műszerek és szoftverek kellenek, hanem alapos szaktudás is. Ez elsősorban a spektrumelemzésen alapuló gépállapot-felmérő eszközök esetében elengedhetetlen.

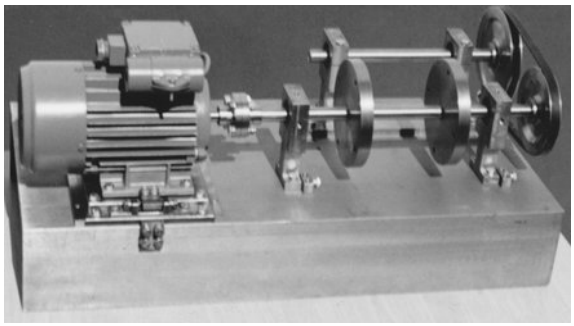
Természetesen nem szervezhető meg, hogy minden szakmai kezdőnek biztosítva legyen egy egyetemi vagy főiskolai gépészeti laboratóriumi gyakorlata vagy valamelyik ipari vállalatnál végezhető gyakorlati betanítása. Az utóbbival kapcsolatosan problémás az is, hogy a hibajelenségek felismeréséhez hibás gépek kellenének, lehetőleg mindenféle konstrukcióból és még többféle hibákkal.

Cégünk már 1999-es évben ismerte föl, hogy a saját ügyfeleinknek nyújtott helyszíni (tehát az ügyfél gépein végzett) gyakorlati oktatás sem oldja meg a fenti képzés szükségleteit. Ugyanis nem mindig akadt éppen elég hibás gép, vagy csak nagyon kevés hibatípus volt jelen. Szándékosan pedig senki sem rontja el a gépeit...

Ipari gépeket szállítható oktatási eszköznek alkalmazni - azok mérete és súlya miatt - szintén nem bizonyult megoldásnak. Mindezekből kiindulva egy kifejezetten hordozható oktatási eszköz kifejlesztésébe kezdtünk bele.

2. AZ ELSŐ VÁLTOZAT (1999)

A fejlesztés szó szerint kezdeti nehézségekkel járt. Ugyanis az első, 1999-ben elkészült (lenti képen látható) VibDemo próbapadunk tömege messze túlhaladta az 50 kg-ot. Alapkivitelben, plexiburkolat és kiegészítő tartozékok nélkül!



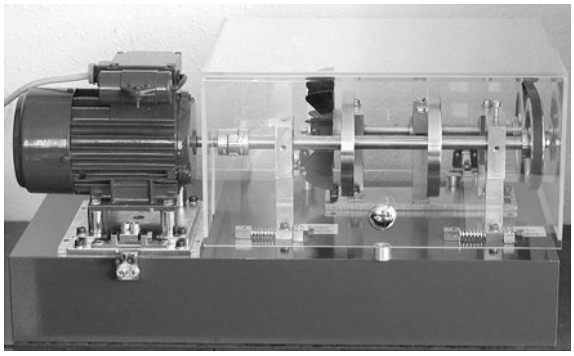
1. ábra: a VibDemo első változata (1999)

A tömegén túl más szempontok alapján sem voltunk még elégedettek vele:
- szíjfeszítés/fogaskerék-beállítás előnytelen
- ferde csapágy "behúzza" magát (leállásig!)
- villamos hiba bemutatásához kell állítható fék
- túl kevés furat a tárcsákon (egyensúlyozáshoz)
- hiányzik a védőburkolat (munkavédelem)

Mivel cégünk 2000 óta rendszeres (a FAT és az MMK által is akkreditált) rezgésdiagnosztikai oktatást végzett, a megfelelő oktatási eszköz rendelkezésre állása égető fontosságúvá vált. Tehát a fent felsorolt hiányosságok megszüntetése érdekében fejleszteni kellett az eszközt.

3. A MÁSODIK VÁLTOZAT (2001)

A VibDemo próbapadunk tömege ugyan nem változott (inkább csak nőtt), de néhány "apró" változtatás révén javult a használhatósága, teljessége. Plexiburkolatot is kapott, ami az oktatás során szükséges munkavédelem szempontjából igen fontos.



2. ábra: a VibDemo második változata (2001)

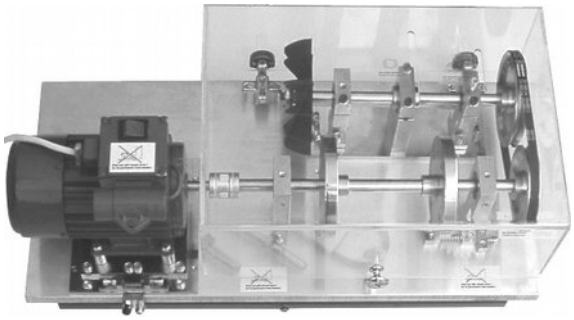
Most már megoldottnak tekinthettük a szíj- és foghajtás-beállítással kapcsolatos kényelmi problémákat, a ferde csapágy "önbehúzási" gondot, lett fék, több tárcsafurat és védőburkolat.

Viszont a tömeg igen zavaró tényezőnek mutatkozott (lift nélküli 3. emeleti szállodai oktatóterem tanulsága), és néhány további apróság is elégedetlenségre adott okot:
- rezonanciajelenségek oktatásához kell
  - fordulatszám változtatási lehetőség
  - eltérő merevség vagy alátámasztás
- kiegészítő tartozékként kell
  - görbe tengely (jó csapágyakkal)
  - jó tengely "valódi" rossz csapágyakkal
- fogaskerekek csak ipari kivitelűek lehetnek (pontos megmunkálású köszörült fogakkal)
- a tengelyek köszörült pontosságúak legyenek

Megjegyzés: Az első - tesztcélokra Németországba eladott VibDemo egységet - fenti okok miatti "használhatatlanságra" hivatkozva vissza is kaptuk a vevőtől.

4. SZINTE TELJESEN ÚJ VERZIÓ (2002)

Ez a szinte teljesen új kivitel egyben a VibDemo első kereskedelmi változatává is vált. A fejlesztés minden eddigi tapasztalatot igyekezett figyelembe venni: alumíniumalap került a nehéz vas U-profil helyére (könnyebb és egyben jobb rezgéscsillapító), megszülettek a fent említett tartozékok, valamint javult az alkotóelemek pontossága.



3. ábra: a VibDemo harmadik változata (2002)

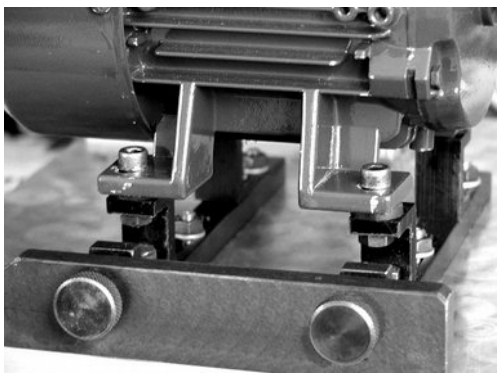
A VibDemo alaphoz való rögzítetlenségének kompenzálására az alumíniumlap alá felszerelhető vaslapokat alkalmaztunk. Nyilván ezekkel együtt még mindig nagy volt az eszközünk tömege, de a "kezdeti" > 50 kg-ból lefaragtunk 15 kg-t!

4. ábra: rezgéscsillapító vaslapok (2002)

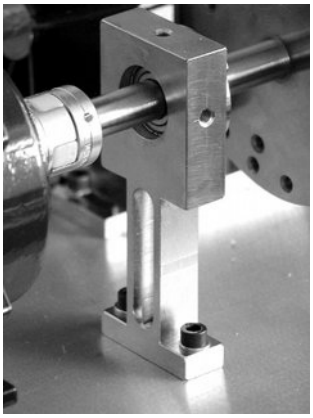
Az eladott készülékekkel kapcsolatban nem győztük a fenti vaslapok megfelelő rögzítésének fontosságát hangsúlyozni. Másodsorban sem ügyfeleink, sem mi nem voltunk elégedettek a 35 kg cipelendő össztömeggel. Ezeken kívül felmerültek további gondok és elvárások:
- további súlycsökkenéshez "rugalmas" csapágyházak kellenek
- a tengelyvonal-beállítás mechanikája nem felel meg a "valós" beállítási körülményeknek
- a hibaszimulációk könnyedén, műszer nélkül "kinullázhatóak" legyenek
- az egyfázisú motorok rezgései ne kerüljenek a próbapad többi elemeihez

5. SIKERES MÓDOSÍTÁSOK (2003)

Ez a kivitel még megtartotta a vaslapokat, de megoldotta a fent felsorolt problémákat egy teljesen új tengelyvonal-beállítás (villanymotor-rögzítés) alkalmazása révén, valamint a marással kikönnyített (változatlanul teljes egészében vasból készült) csapágyházakkal.



5. ábra: új motorrögzítés és tengelyvonal-beállítási szerkezet "0"-helyzettel (2003)



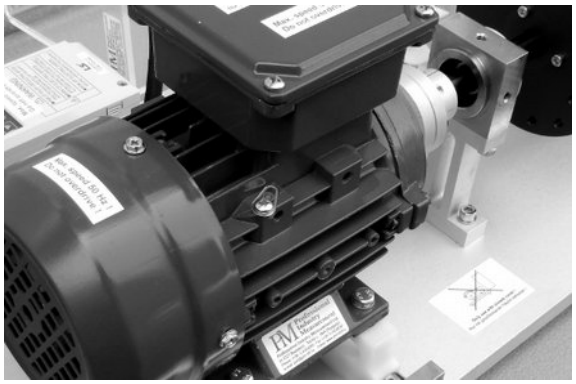
6. ábra: marással kikönnyített csapágyház

Bevált az egyfázisú betáplálású frekvenciaváltó, mellyel háromfázisú villanymotorokat lehet üzemeltetni. Azon túl, hogy mód nyílt a fordulatszám tetszőleges változtatására (és stabil megtartására), nem kellett kínlódni az egyfázisú motorokra jellemző (meg nem szüntethető) 50 Hz-es és 100 Hz-es rezgésekkel sem.

Viszont továbbra sem tetszett a 35 kg-os össztömeg, valamint felmerültek újabb elvárások is:
- a súlycsökkenéshez (a vaslapok elhagyásához) még rugalmasabb csapágyházak kellenek
- alumínium-tárcsákkal csökkentsük a tömeget
- kétféle "láb" legyen (alumínium és gumi)
- a motortartó műanyag túl könnyen törik
- tengelyvonal-beállítási gyakorlatokhoz kell egy gyűrű a tengelyre (e nélkül túl kicsi a tengelyátmérő a mérőfejek felszereléséhez)

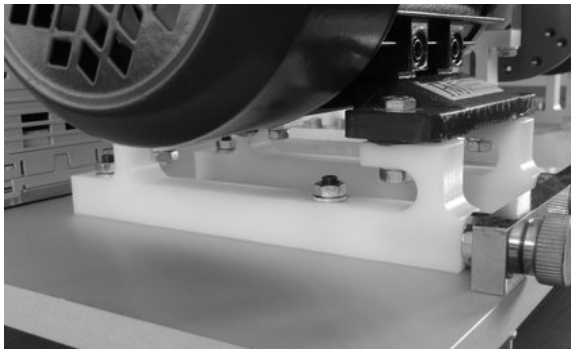
6. A "VÉGLEGES" VÁLTOZAT (2004 óta)

Ez a kivitel végre elérte a megcélzott - 25 kg alatti - össztömeget. Minden tartozékkal együtt! A megoldást a kikísérletezett geometriai alakú - alumíniumból készített, marással kikönnyített - csapágyházlábak adták. Sőt, a két részből álló szerkezet gyártása (és annak költsége) is némileg kedvezőbbé vált. A vaslapok pedig véglegesen eltűntek, ezen túl azóta a tárcsákat is a könnyebb alumíniumból készítjük.



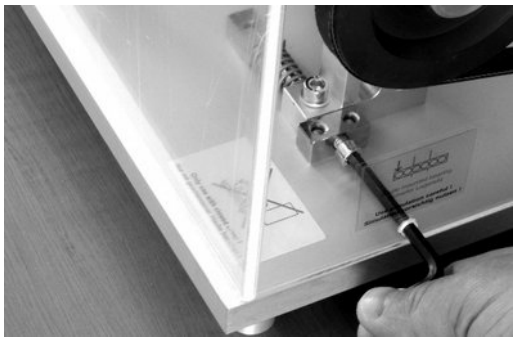
7. ábra: kétrészes "hangolt" csapágyház

A motortartó műanyagelemei ívelt kimarásainak és új anyagának köszönhetően is végre ellátták rezgéscsillapító szerepüket, anélkül, hogy könnyen összetörtek volna.



8. ábra: íves marással készített motortartó

Néhány kisebb változtatás a plexiburkolaton a legtöbb hiba zárt burkolat mellett történő bemutatását tette lehetővé, a teljes rendszer szállítására (saját kezűleg) gyártott fadoboz is könnyítésen és több használhatósági javításon esett át. Tömege 7,3 kg-ról 4,8 kg-ra csökkent.



9. ábra: hibaszimuláció zárt burkolat mellett

10. és 11. ábra: régi és új szállítódoboz

7. CE-MEGFELELŐSÉG, MŰSZAKI ADATOK

A CE-megfelelőség első hallásra nem tűnik izgalmas témának, de mégis munkát adott nekünk. Ugyanis rejtetté kellett tenni a védőburkolat nyitási érzékelőjét. (Ennek megoldását természetesen itt nem áruljuk el.)

Ezen felül végtelen sok felirattal (inkább piktogrammal) kellett ellátnunk a VibDemo próbapadunkat, hogy még a legóvatlanabb (és akár olvasás-tudatlan) felhasználó se tudjon kárt tenni magában. Ennek eredményeként büszkélkedhetünk azzal, hogy a mi eszközünk nem csak CE-nyilatkozattal rendelkezik, hanem valódi bevizsgálással igazolt biztonságos kivitelben kerül a felhasználókhoz.

A VibDemo jelenleg is gyártott és forgalmazott változata a következő képességekkel bír:

Bemutatható hibák

- egyensúlyozatlanság
- statikus egyensúlyozatlanság
- dinamikus kiegyensúlyozatlanság
  - 2 vagy 3 síkban
  - 2 eltérő fordulatszámú tengelyen
- tengelyvonal-beállítási hiba
  - oldalirányú eltolódás
  - szöghiba
  - mindkettő kombinációja
- ferde csapágyfészek
- mechanikus játék, laza szerelés
- szíjhajtás hiba
  - tárcsabeállítási hiba
  - szíjhiba
  - szíjrezonancia
- görbe tengely
- gördülőcsapágy hibabeállítások
  - használat révén elkopott csapágyak
  - külső gyűrű hiba (ideiglenes)
- fogaskerékhajtás hibái
  - szoros vagy laza foghézag
  - ferde illesztés
  - többféle foghiba (két fogaskerék kombinálása)
  - fogismétlődési frekvencia
- villanymotor-frekvenciák

A VibDemo moduláris felépítésű, csupán egy 10-es villáskulccsal és egy 4-es imbuszkulccsal szerelhető. Műszaki adatai a következők:

Hajtás:
3x230VAC háromfázisú motor, 2985 f/p, 180W, egyfázisú frekvenciaváltóról táplálva
Külső méretek:
600 mm (h) x 315 mm (sz) x 265 mm (m)
Tömeg:
kb. 22 kg (az összes tartozékkal)
kb. 4,5 ... 5 kg szállítódoboz

8. A VIBDEMO ALKALMAZÁSA ÉS SIKERE

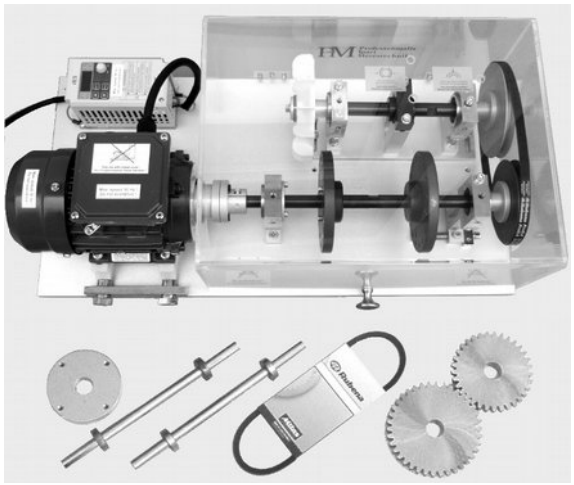
Korábban már említésre került, hogy közel 70 egységet értékesítettünk az évek során. Mindezt úgy, hogy soha sehol reklámot nem tettünk közé a VibDemo próbapadnak, hiszen egyedileg készített eszközökről van szó és gyártási lehetőségünk (illetve a beszállítóink kapacitása) igen korlátozott. Ennek ellenére szállítottunk már Belgiumba, Dél-Koreába, Dubaiba, az Egyesült Arab Emirátusokba, Finnországba, Hollandiába, Kínába, Kuvaitba, Magyarországra, Nagy-Britanniába, Németországba, Nigériába, Norvégiába, Olaszországba, Oroszországba, Portugáliába, Romániába, Spanyolországba és Svédországba (szigorúan ABC-sorrendben).

Cégünk mérnöki filozófiájának megfelelően minden lehetőséget megragadunk a felnövekvő új műszaki szakemberek és mérnökök nemzedékének képzési támogatásához. Így örvendetes, ha termékeinkkel és műszereinkkel, valamint tudásunkkal és több évtizedes tapasztalatunkkal segítséget nyújthatunk a bennünket megkereső főiskolai és egyetemi hallgatóknak is.

Szinte rendszeresen tartunk szakmai előadásokat (természetesen a VibDemo alkalmazásával) több magyar főiskolán és egyetemen, de szakdolgozatokhoz és diplomamunkákhoz is biztosítjuk a rezgésdiagnosztikai és gépbeállító műszereinken túl a próbapadunkat is. Így készült már több rezgésdiagnosztikával, gépbeállítással vagy akár tengelykapcsoló tulajdonságaival foglalkozó munka a VibDemo alkalmazásával.

12. ábra: VibDemo a rezgésdiagnosztikában

13. ábra: VibDemo alkalmazása tengelyvonal-beállítási gyakorlathoz



14. ábra: VibDemo és néhány tartozéka (2004)

9. A VIBDEMO TOVÁBBFEJLESZTÉSE

Az eddigiek alapján talán az a benyomás támadhatna, hogy itt megállt a VibDemo fejlesztése. Ez azonban nem így van, egyrészt ugyanis keresünk megoldásokat a gyártás-közbeni könnyebb szerelhetőségre és a gyártási költségek csökkentésre. Másrészt vannak ötleteink a bemutatható gépészeti hibák tárházának bővítésére, például szivattyúk és ventilátorok áramlási hibáinak, valamint siklócsapágyak diagnosztikai módszereinek bemutatására.

Fényképek és műszaki adatok forrása:

PIM Professzionális Ipari Méréstechnika Kft.
H-1221 Budapest, Tanító u. 19/A
Tel.: (1) 424-00-99
Fax: (1) 424-00-97
e-mail: pim@pim-kft.hu
web: www.pim-kft.hu
www.termokamera.hu
www.gepszakerto.hu

TERMOGRÁFIA - elmélet és gyakorlati méréstechnika

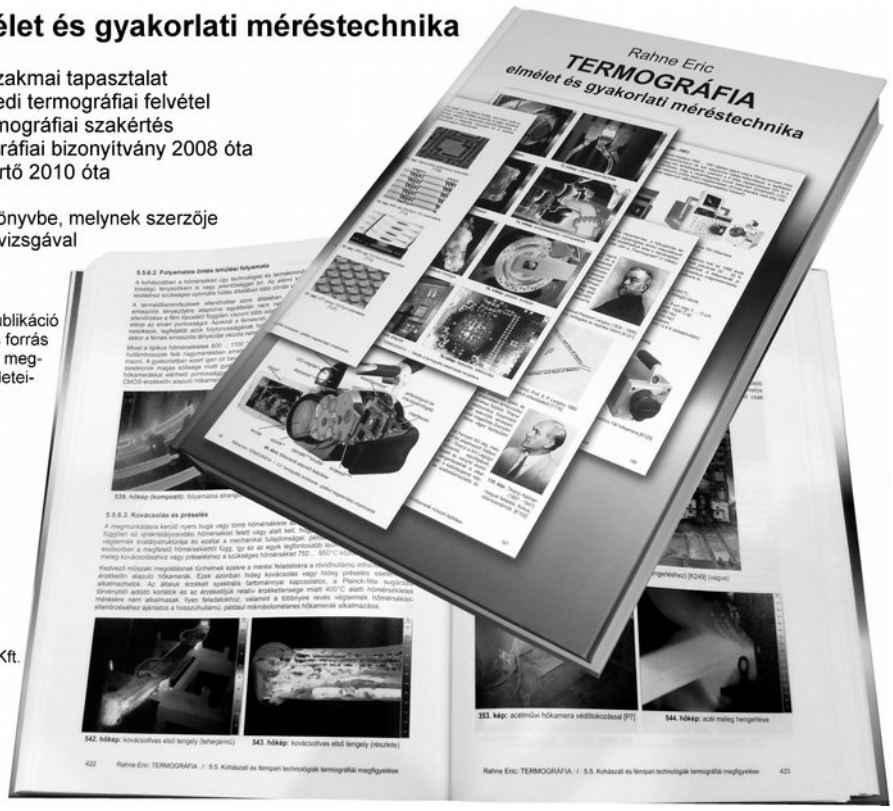
- Több mint 20 év szakmai tapasztalat
- Közel 65 ezer egyedi termográfiai felvétel
- Több mint 350 termográfiai szakértés
- 3-as szintű termográfiai bizonyítvány 2008 óta
- Igazságügyi szakértő 2010 óta

Mindezt tömörítve egy 651 oldalas könyvbe, melynek szerzője Magyarország egyetlen, 3-as szintű vizsgával rendelkező termográfiai szakértője.

A könyv 379 irodalmi forrás és 76 saját publikáció feldolgozása, több mint kétezer internetes forrás tanulmányozása, valamint a szerző szinte megszámolhatatlan saját méréseinek és kísérleteinek tanúlságai alapján készült.

Eredményként 303 színes ábra, 452 kép, 754 részletes hőkép, 50 táblázat és 180 képlet segítségével tárul az olvasó elé a termográfia szakmai világa - részletesen, de mégis könnyen érthetően.

Megrendelhető:

15.500 Ft + ÁFA áron

PIM Professzionális Ipari Méréstechnika Kft.
1221 Budapest, Tanító u. 19/A
web: www.pim-kft.hu
e-mail pim@pim-kft.hu
telefon: (1) 424-00-99