

MODUL RENDSZERŰ REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD FEJLESZTÉSE

Szabó József Zoltán*

BEVEZETŐ

A felsőoktatási intézményekben és az ipari gyakorlatban is komoly kihívást jelent, hogy az elsajátítandó ismeretanyag egyre növekszik, a gyakorlati oktatásra fordítható idő viszont egyre csökken. A mérnökök képzése és az ipari tréningek kapcsán is felmerül az igény, hogy a gyakorlati tudást gyorsan, hatékonyan és lehetőség szerint az elmélettel együtt lehessen átadni. Ezt a feladatot a legegyszerűbben bemutató eszközökkel a valóságot hűen tükröző modellekkel lehet megoldani.

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépészmérnöki Karán több évtizedes hagyománya van az állapotfüggő karbantartás és a műszaki diagnosztika oktatásának. A rezgésdiagnosztika komoly gazdasági előnyöket jelent a gépek üzemeltetésében. A rezgésméréssel olyan gépészeti problémákat, károsító hatásokat tanulmányozhatunk, amelyek a gép teljes üzemideje alatt hatnak az alkatrészekre. Felismerésükkel, megszüntetésükkel a gépek élettartama jelentősen meghosszabbítható, a hibák előrejelzésével a termelés folyamatossága biztosítható. Az általam kifejlesztett és az Óbudai Egyetem Géptan laborjában készített WibroShoW nevű berendezés egy rezgésdiagnosztikai próbapad, amely segítségével a forgógépek üzemeltetése során előforduló, rezgésekkel kapcsolatba hozható tönkremeneteli módok és azok eredete bemutatható, modellezhető, elemezhető. Ez egy olyan anyagi modell, amely az oktatásban kiváló szemléltető eszköz, de alkalmas lehet valóságos gépészeti folyamatok mélyebb vizsgálatára, magasabb szintű elemzésére is.

A WibroShoW demonstrációs eszközt egy speciális szaktudás oktatása érdekében készítettük. A régmúltban a legegyszerűbb mechanikai mozgások, a gravitáció, vagy az akár az embert körülvevő levegő nyomása, térfogata és hőmérséklete közötti összefüggések is misztikus, felfoghatatlan dolgok voltak. Minden tudósnaak voltak azonban kísérleti berendezései, melyeken a vizsgált folyamatot akár többször is elő lehetett állítani. Az embert a világ megismerésének folyamatában mindig a közvetlen tapasztalat, majd az ebből eredő racionális okfejtés segítette és vitte előre az egyre bonyolultabb feladatok megoldásában.

A megismerés kezdete a tanulás, amely alatt ismeretszerzést végzünk. A tudományos kutatás a tanulás továbbfejlesztése, annak érdekében, hogy a mások által már

rendszerbe foglalt tudást konstruktívan felhasználva, egy új tudományos megfigyeléssel leírhatóvá tegyünk olyan jelenségeket, amelyek még sötét foltot jelentenek a tudomány térképén. Cikkemben a modellezést és az oktatás támogatását szeretném összekapcsolni, egy olyan berendezés bemutatásával, amely mind a kutatómunkában, mind a tanulási folyamatban nagy segítségére lehet korunk mérnökeinek.

1. GÉPÉSZETI RENDSZEREK MODELLEZÉSE

A mechanikai törvényszerűségeket csak tudatosan felépített fizikai megfigyelések és ezek alapján levont elméleti következtetések segítségével lehet felfedezni. A mérnöki tudományok egyik fontos sajátossága, hogy a kísérletezés és az elméleti összefüggések sajátos konfigurációjával, elegyével dolgozik.

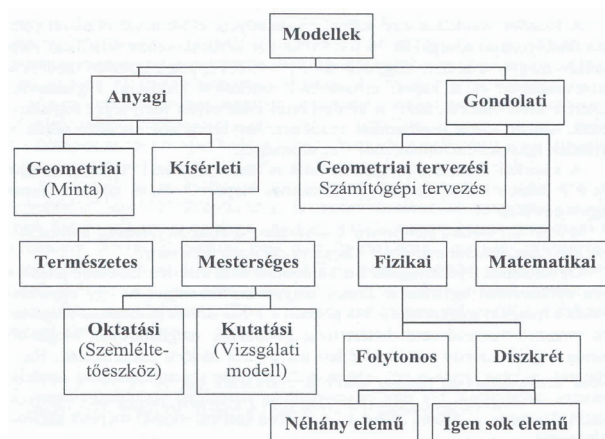
A szakirodalom [1] szerint az anyagi világ megismerésének alapja a megfigyelés, amely három szintre tagozódik. A legalsó szint az egyedi megfigyelés, - amikor egy konkrét tárgyat figyelünk, mérünk, amelynek végén általában számszerű eredményt is kapunk – általános mérnöki tevékenységként fogható fel. A következő szint egy jelenség megfigyelése, amikor egy eseményt, folyamatot, jelenség csoportot figyelünk, elemzünk abból a célból, hogy az adott eseményre nézve általános következtetéseket tudjunk levonni. Ez a tevékenység már magasabb szintű kutatói, tervezői tevékenység, amelyet a köznyelvben kísérletezésnek nevezünk. A harmadik szint az alapjelenségek megfigyelése, amely a legmagasabb szintű tudományos megfigyelés, célja alaptörvények megalkotására általános érvényű összefüggések létrehozása.

„A modell a valóság olyan egyszerűsített mása, ami a vizsgált jelenség és ezen belül a meghatározott cél szempontjából a valóságnak megfelelően viselkedik”. [1] A műszaki gyakorlatban a valóságos folyamatok rendkívül sokfélék, így az őket szemléltetni, vagy vizsgálni hivatott modellek is igen változatosak lehetnek. Az általam készített berendezés egy olyan géprezgés vizsgáló eszköz, amelyen képesek vagyunk szándékosan hibákat előállítani, majd a általuk gerjesztett rezgéseket diagnosztikai műszerekkel és módszerekkel vizsgálni. Így szemléltetni és elemezni tudjuk a különféle gépalkatrészek terhelés közbeni viselkedését. Annak érdekében, hogy a próbapadot el tudjuk helyezni a modellek rendszerében fordítsunk néhány szót a modellek felosztására, a modellekkel kapcsolatos fontosabb alapfogalmakra.

*egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet. e-mail: szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu

A modellalkotás definíció szerint „az a tevékenység, amely a világ megismerési folyamatát segíti elő, újabb ismeretek megszerzését teszi lehetővé”. A különböző típusú modellek különböző feladatok megoldására használhatók, lásd 1. ábra. Elméleti megközelítés szerint a modellek alapvetően két fő típusra oszthatók fel:

- anyagi modellekre és
- gondolati modellekre



1. ábra. A műszaki tudományokban alkalmazott modellek csoportosítása [1.]

Az anyagi modellek fizikailag megvalósítottak, a háromdimenziós valóságban léteznek. Abban az esetben, ha ezek csak geometriailag hasonlítanak a valóságra, akkor ezek a geometriai modellek nem modellek, csak mintának tekinthetők.

Az anyagi modellek számunkra fontosabb csoportja a kísérleti modell, amelynek ismét két fajtája van: a természetes és mesterséges kísérleti modellek. A kísérleti modellek egy műszaki folyamat valamilyen, előre meghatározott célú tanulmányozását szolgálják. A kísérleti modell általában nem terjed ki a vizsgált jelenség egészére. Kialakítását mindig a konkrét vizsgálati cél határozza meg, így geometriailag sem minden esetben hasonló az eredeti szerkezethez. Amint látjuk ebbe a csoportba sorolhatók a mesterségesen előállított az oktatást segítő szemléltető eszközök, így a cikk tárgyát képező WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad is. A rezgésdiagnosztikai kísérletekben általában mesterséges kísérleti modelleket használnak, azonban a modell nem minden esetben mesterségesen kísérleti célra előállított szerkezet, előfordulhat az is, hogy a kísérlet tárgya egy üzemszerűen termelő berendezés. Ilyenkor ezt ún. természetes modellnek tekinthetjük.

A modellek másik fő csoportját a gondolati modellek képezik, amelyek nem tárgyiasult, fizikailag megvalósított modellek, hanem csak kétdimenziós formában képiles, vagy matematikai formában léteznek. Azért tekintjük mégis modelleknek őket, mert alkalmasak a vizsgált jelenség viselkedésével kapcsolatos következtetések levonására.

Az előbbieket alapján megállapítható, hogy minden mo-

dell, ami digitális számítógépeken kerül alkalmazásra a gondolati modellek kategóriájába tartozik.

A gondolati modellek három csoportját különböztetjük meg:

- geometriai tervezési modellek,
- fizikai (mechanikai), és
- matematikai modelleket

A geometriai tervezési modellek nem tekinthetők modelleknek, mivel azok nem felelnek meg a modellekről alkotott definíciónak, és általuk nem ismerhető meg új ismeretanyag az anyagi valóságról. Ezek a modellek csak megjelenési formájukban hasonlítanak a valósághoz, hasznuk azért jelentős, mert előkészítői lehetnek pl. a végeelem modellezésnek, így nagyon fontosak a mérnöki tervezési munkákban. Fontosak továbbá a valóságot leíró, de azt képiles nem kielégítően reprezentáló modellekkel együtt jól használható, és jól demonstrálható modellek létrehozásában.

A fizikai (mechanikai) gondolati modellek azok, amelyek a valóság fizikai (mechanikai) viselkedését írják le annak megismerése céljából. A fizikai modellek matematikai felírásai, valamint a természettörvények közvetlen matematikai felírásai alkotják a matematikai modelleket. Meg kell még jegyezni, hogy a WibroShoW készülék nem csupán geometriai hasonlóságot mutat a valóságos gépszerkezetekkel, hanem egy-egy rezgésdiagnosztikai probléma – például egy rendszer sajátfrekvenciájának változása a kiegyensúlyozatlanság, vagy az alapozás csillapításának függvényében – differenciálegyenletekkel is felírható, majd rezgésméréssel a különféle változások elemezhetők. A próbapad használható olyan formában is, hogy egy elméletben megfogalmazott gondolati modell felállítását, szimuláció elvégzését követően a gondolati modell valóságos anyagi modelljén ellenőrizzük az általunk felállított hipotéziseket. [3.] A felhasználás módja a céltól függ, ebben is a próbapad univerzális tulajdonsága mutatkozik meg.

2. A WIBROSHOW REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD LÉTREJÖTTÉNEK ELŐZMÉNYEI



2. ábra Az U-500 rezgésdiagnosztikai próbapad (1993)

Az Óbudai Egyetem jogelődjében a Bánki Donát Műszaki Főiskolán több évtizede foglalkozunk az állapotfüggő karbantartás és a műszaki diagnosztika oktatásával. [2.] Oktatjuk mindazon elméleti és gyakorlati ismereteket, amelyek segítségével a gépek meghibásodásai üzem közben, akár teljes terhelés mellett kimutathatók és az alkatrészek idő előtti tönkremenetele megelőzhető. A teljesség igénye nélkül a legfontosabb műszaki diagnosztikai módszerek a rezgésdiagnosztika, a zajmérés, a termográfia, az olajban lekopott részecskék vizsgálata, az olaj analízis, az ipari endoszkópia, valamint a korszerű gépbeállítási módszerek a helyszíni kiegyensúlyozás, a lézeres tengely és szíjbeállítás, stb. Büszkén mondhatjuk, hogy mindezen módszerek és a hozzájuk tartozó műszerek az oktatásban bemutatásra kerülnek. El kell azonban mondani azt is, hogy a korszerű eszközök képességeinek bemutatásához feltétlenül szükségesek olyan berendezések, amelyeken oktatni, tanulmányozni, elemezni lehet a különféle meghibásodásokat, tönkremeneteli módokat.

Erre a célra az évek során több megoldás is született. Az első ilyen szerkezet a 2. ábrán látható 90-es évek elején kifejlesztett U-500 fantázianévre hallgató próbapadunk. A próbapad a kor színvonalának megfelelt, csapágy-hibadiagnosztikát, egy- és kétsíkú helyszíni kiegyensúlyozást, lézeres tengelybeállítást és pálya-egyenesség mérést lehetett vele végrehajtani. Hordozhatósága révén sikerrel szerepelt az oktatásban, kiállításokon konferenciákon, segítségével például az SKF tanfolyamain, illetve az ország több egyetemén és főiskoláján tartottunk előadást. Hátránya, hogy ezt csupán bemutató eszközként lehet használni. Állandó fordulatszáma miatt a mérési eredmények nagymértékben függenek a felállítási helytől, gyakorlatilag a bemutatóhoz használt asztal határozza meg az aktuális rezgésjellemzőket.

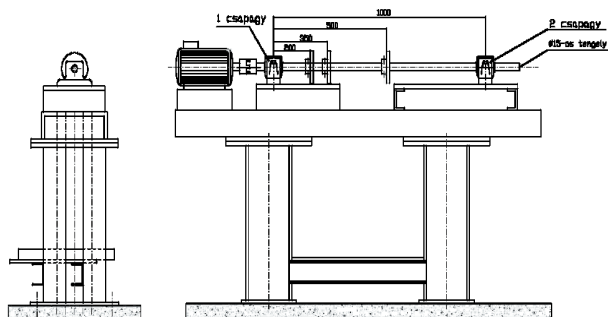
A problémák kiküszöbölésére és mélyebb diagnosztikai vizsgálatok igénye által 1996-ban készült el a 3. ábrán látható U-1000 diagnosztikai próbapad, amely (mint látható) olyan kísérletekre lett tervezve, amelyen valószínű gépezeti alkatrészeket lehetett vizsgálni. [2.] A próbapad tömege meghaladja a 300 kg-ot, frekvencia-

váltós 1,1 kW teljesítményű motorjával meghajtva már ipari méretű akár 1:1 arányú alkatrész modellezésre is alkalmas. A berendezést a mai napig használjuk, az évek során számos ipari megrendelés, szakdolgozat és TDK munka készült el a segítségével.

A berendezés legnagyobb előnye, hogy valóságos rendszerek vizsgálatára alkalmas. A teljesség igénye nélkül végeztünk már csapágy fárasztásos vizsgálatot többféle csapágytípusra, mértünk fogaskerék hajtóműveket, végeztünk tengely hajlító kritikus fordulatszám meghatározására szolgáló „Laval tengely” vizsgálatot, nem is beszélve a helyszíni kiegyensúlyozás, a tengelybeállítás, illetve a szíjrezonanciák vizsgálatáról. A próbapad rendkívül alkalmas hajtásláncok vizsgálatára és vázszerkezet vizsgálatokra. Számos rezonanciával, fellazulással, kiegyensúlyozással, tengely-beállítással kapcsolatos mozgás-animációs kísérletet hajtottunk végre, melyekből az évek során sok tapasztalatot szereztünk a különféle mechanikus és csapágyproblémák számítógépes szimulációjának témakörében is. [3.] A modell hátránya, hogy fixen telepített, nem mozdítható és minden kísérlet jelentős átépítéssel, új rögzítő és felfogató alkatrészek felszerelésével jár. Ez azt jelenti, hogy a már elkészült kísérleti összeállítást szét kell szerelni, amely sok esetben egész napos szerelési, beállítási munkát igényel. Az oktatás szempontjából nézve a próbapad kiváló lehetőséget adott a TDK és szakdolgozat kísérletek elvégzésére, azonban egy viszonylag kis területű laborban került telepítésre, amely korlátozza az órai bemutató méréseken résztvevők létszámát.

3. A WIBROSHOW REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD TERVEZÉSI SZEMPONTJAI

A mikroelektronika és a számítástechnika rohamos fejlődésével a műszaki diagnosztikai műszerek és szoftverek is jelentős változáson mentek keresztül. Az egyre korszerűbb műszerek az oktatási és kísérleti eszközpark fejlődését is igényelték, így született meg egy olyan kísérleti modellező és bemutató eszköz létrehozásának az



3. ábra. Az U-1000 próbapad szerkezeti felépítése „Laval tengely” (bal oldali kép), illetve csapágy kifáradás és ékszíj rezonancia vizsgálatokhoz (jobb oldali kép) felszerelve (2002)

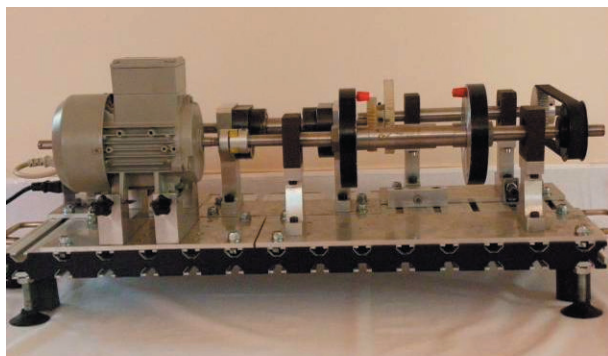
igénye, amely rendelkezik az eddig fejlesztett próbapadok jó tulajdonságaival és egyben kiküszöböli hátrányait is. Amint az előző fejezetben láttuk bizonyos tapasztalattal már rendelkezünk a rezgésdiagnosztikai próbapadok gyártásának és használatának területén, ezért az új WibroShoW modellel szemben támasztott követelményeket az alábbi szempontok szerint fogalmaztam meg :

- alkalmas legyen kísérleti modell és demonstrációs eszközként való használatra
- fontos a hordozhatóság, hogy az eszközt egy ember megerőltetés nélkül szállítani tudja,
- optimális geometriai méret és tömeg,
- megfelelően merev alaplemez,
- rugalmas, lágú és merev alapozással is rendelkezzen
- legyen alkalmas sokféle rezgésdiagnosztikai kísérlet és bemutató elvégzésére,
- legyen alkalmas más műszaki diagnosztikai eszköz bemutatására is,
- könnyű szerelhetőség,
- könnyű és gyors átalakíthatóság a különféle kísérletekhez és bemutatókhoz,
- rugalmasan fejleszhető legyen, ne keljen szétfűzni egy-egy új kísérlet megvalósításához,
- a fordulatszám fokozatmentesen állítható legyen,
- szabályozható legyen a felfutás és kifutás időtartama
- legyen tartós, korrózió mentes és esztétikus kivitelű
- a kezelő és a megfigyelők számára is biztonságosan üzemeltethető legyen

4. A WIBROSHOW REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD BEMUTATÁSA

A vázolt szempontok figyelembe vételével egy állandó alaplemezzel rendelkező, modulokból felépíthető próbapad ötlete fogalmazódott meg. A méret és a tömegcsökkentés érdekében elsősorban alumínium alkatrészekben kellett gondolkodni, ennek azonban megfelelő merevséggel kell rendelkeznie a kísérletek során előforduló olyan erőhatásokkal szemben is, amelyeket például a forgó tömegek kiegyensúlyozatlansága okoz.

4.1 A WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad felépítése, kialakítása

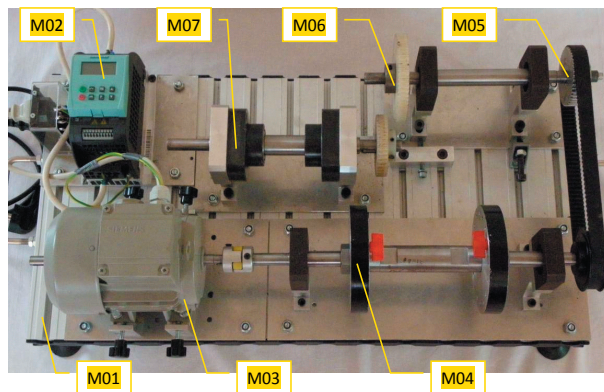


4. ábra. A WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad

A 4. ábrán a próbapad felépítése kísérhető figyelemmel. Amint az látható, a tömeg és méret optimalizálásának problémájára a megoldást egy kereskedelemben kapható hornyokkal ellátott FESTO alaplemez jelentette, amely alapvetően pneumatikus alkatrészek és mechatronikai elemek összeépítésére szolgál. Ez az alkatrész a lelke a szerkezetnek, mert erre lehet minden modult felszerelni. Az egyes modulokat egy-egy saját alumínium lemezre „modul felfogató lapra” szereljük fel. A modulokat az alap lemez hornyjaiban speciálisan erre a célra kiválasztott csavarokkal, vagy horony anyákkal rögzítjük. Az így kialakított modul lemezek növelik az alaplemez merevségét is.

Ezzel a megoldással a próbapad új feladatra történő átépítése rendkívül egyszerű, mert az egyes modulok furatai a horonyozásnak megfelelően vannak kialakítva, így a modul bárhová felszerelhető és a horonyban a kívánt helyre csúsztatható. Mivel az alaplap mindkét oldalán vannak hornyok, így a modell talajjal való érintkezésének módját (a csillapítási tényezőt) is könnyedén meg lehet változtatni, amely a rezgések jellegét látványosan két rugalmas gumibakkal és egy merev lábbal lehet kísérletezni. A két legfontosabb modul a hajtómotor és frekvenciaváltó, melyek a modell mozgatását oldják meg. Sajnos a cikk terjedelme nem teszi lehetővé minden részegység részletes ismertetését, ezért a következőkben a próbapad műszaki adataira és az eddig elkészült modulokra szorítkozom, melyek az 5. ábrán kísérhető figyelemmel.

4.2 A WibroShoW próbapad részegységei, főbb műszaki adatai



5. ábra A WibroShoW rezgésdiagnosztikai kísérleti pad alapkiépítésű moduljai.

Méret: 700 mm x 350 mm x 300 mm

Tömeg : 15 – 25 kg (a kiépítéstől függően)

Hajtómotor teljesítmény: 180 W

Fordulatszám tartomány: 0 – 6000 f/perc

A próbapad részei és ezek legfontosabb feladatai:

M01 – Alaplap – lehetőséget teremt a modulok variálható konfigurációkban történő rögzítésére

M02 – Frekvenciaváltó modul – feladata a fordulatszám módosítása, szabályozása

M03 – Motor modul – feladata a forgó mozgás előállítása
 M04 – Tengely-beállítási és dinamikus kiegyensúlyozási modul –kiegyensúlyozás, tengely beállítás
 M05 – Ékszj-, fogazott szj-, és lánchajtás modul – komplex rezgés, zaj és termográfiai vizsgálat
 M06 – Fogaskerék hajtás - fogaskerék hajtás komplex rezgés, zaj és termográfiai vizsgálat.
 M07 – Csapágyhiba modul – multi-funkciós rezgés, zaj és termográfiai diagnosztikai vizsgálatok

- a csillapítás változtatásával aktív és passzív rezgésmentesítési módszereket lehet bemutatni,
- a rezgésmérés mellett termográfikus hőmérséklet mérésre és zajmérésre is alkalmas, így nem kell másik eszközt fejleszteni ezek bemutatására
- a diagnosztikai műszerek és szoftverek mellett a gépbeállító módszerek is demonstrálhatók,
- a próbapaddal végezhető kísérletek eredményei átül-tethetők az ipari gyakorlatba

4.3 A WibroShoW próbapad jellemzői, előnyei

A fejlesztés eredményeként tehát egy olyan készülék született, mely a rendelkezésre álló helyet maximálisan kihasználja. Megfelel a variálhatóság és könnyű átszerelhetőség igényének, valamint életszerű hajtáslánc kialakítások megvalósítását teszi lehetővé. Talán legfontosabb jó tulajdonsága, hogy a változtatható fordulatszámú hajtáshoz bármilyen újabb modul illeszthető, csak az áthajtást kell megtervezni. Gyakorlatilag egy soha véget nem érő fejlesztési potenciállal rendelkezik, mert az egyes modulokat külön-külön megtervezve és elkészítve máris egy teljesen új tulajdonságokkal rendelkező mérési összeállításra, kísérleti modellre tehetünk szert. A próbapadon elvégezhető legfontosabb rezgésdiagnosztikai vizsgálatok az alábbiak:

- jó és rossz csapágyak összehasonlító vizsgálata,
- tengelyek hajlító kritikus fordulatszámának vizsgálata,
- görbe tengely vizsgálata,
- kifutás és felfutás tranzien vizsgálatok,
- rezgéselnyelő talpak rezgéselnyelő képességének összehasonlító elemzése,
- fogaskerék hajtások rezgésmérése, bolygómű és csiga-hajtás rezgésdiagnosztikai vizsgálatai,
- ékszj, fogazott szj és lánchajtások üzemelésének, beállítási hibáinak vizsgálata,
- vázszerkezet rezonanciavizsgálata szinuszosan gerjesztett rezgésekkel,
- mozgás-animációs vizsgálatok az összes előzőekben felsorolt hibákra,
- forgórészek egy és kétsíkú helyszíni kiegyensúlyozása,
- lézeres tengelybeállítás, lézeres szjbeállítás, stb.

A próbapad felhasználói szempontból értékes tulajdonságai:

- a könnyű szerelhetőség miatt pillanatok alatt össze- és szétkapcsolható elemek segítségével hatásosan mutathatók be egyes alkatrészek meghibásodása, rezgésekre gyakorolt hatása
- könnyen demonstrálható a jó és rossz állapot közötti különbség,
- a fordulatszám fokozatmentes változtatása lassú és gyorsfordulatú hajtások modellezésére, vagy akár rezonanciában való üzemelésre is alkalmassá teszi,

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az WibroShoW próbapad 2010 szeptemberétől foglalja el helyét a Korszerű Diagnosztika tantárgy oktatásban az Óbudai Egyetemen. A próbapad segítségével a hallgatók elméleti tudásukat kiegészíthetik gyakorlati tapasztalatokkal. Saját méréseket végezhetnek, kísérleteket hajthatnak végre, TDK és diplomamunka keretein belül. Testközelből tapasztalhatják, hogy egy mechatronikai rendszer rezgéseire milyen hatással van egy kiegyensúlyozatlan rotor, egy rosszul beállított tengelykapcsoló, vagy egy „pittinges” csapágy. Megtanulhatják, hogyan lehet a károsító hatásokat üzem közben a rezgésspektrumok segítségével megjeleníteni, illetve dokumentálni. A próbapad nagy segítséget jelent az oktatóknak is, mert a modulrendszernek köszönhetően egy-egy gyakorlati órán akár többféle műszaki probléma bemutatására is sor kerülhet.

Szeretném még kiemelni, hogy az elkészült próbapad nem egyszerű oktatóeszköz, mivel alkalmas különféle meghibásodások kísérleti elemzése által új információk megszerzésére is, amelyet akár PhD képzésben is felhasználhatunk. A próbapadot hordozhatósága és jó kezelhetősége miatt ipari tréningekhez is ajánlom, remélem, hogy bemutatásával a diagnosztikával foglalkozó ipari szakemberek érdeklődését is sikerült felkeltenem. Bizom abban, hogy munkámmal hozzájárultam a rezgésdiagnosztika és a gépészmérnökök oktatásának magyarországi fejlődéséhez.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] Szerk. M. CSIZMADIA B., NÁDORI E.: Modellalkotás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 2003
- [2.] SZABÓ J. Z.: A karbantartás és diagnosztika oktatása a BMF Bánki Donát Gépészmérnöki Karon. KAJAOK 2006 Országos Karbantartási Konferencia 2006.jan.26.-27. Budapest
- [3.] SZABÓ J. Z.: Gépészeti szerkezetek mozgás-animációs rezgésdiagnosztikai vizsgálata. Nemzetközi Gépész és Biztonságtechnikai Szimpózium BMF BDGBK Budapest, 2007.nov. 14.