

MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI- ÉS INFORMATIKAI KAR



**VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HIDRAULIKUS HAJTÁS KAPACITÁS
VÁLTOZÁSA RUGALMAS FÁZISVEZETÉKEK ALKALMAZÁSA
ESETÉN**

CÍMŰ

PHD ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KÉSZÍTETTE:

FEKETE TAMÁS

okleveles gépészmérnök,
okleveles közgazdász

SÁLYI ISTVÁN GÉPÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:

VADÁSZNÉ PROF. DR. BOGNÁR GABRIELLA

EGYETEMI TANÁR

TÉMACSOPORT VEZETŐ:

VADÁSZNÉ PROF. DR. BOGNÁR GABRIELLA

EGYETEMI TANÁR

TÉMAVEZETŐ:

DR. CZUPY IMRE PH.D.

EGYETEMI DOCENS

Miskolc

2022

Fekete Tamás

VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HIDRAULIKUS HAJTÁS KAPACITÁS
VÁLTOZÁSA RUGALMAS FÁZISVEZETÉKEK ALKALMAZÁSA
ESETÉN

PHD ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Miskolc, 2022

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzések	4
3. A váltakozó áramú hidraulikus hajtás vizsgálata	5
4. Új tudományos eredmények – Tézisek	10
5. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó saját publikációk	11
6. Irodalomjegyzék.....	13

1. BEVEZETÉS

Az embert ősidők óta foglalkoztatja, hogy a megélhetéséhez szükséges feltételeket megteremtse saját maga számára. Az idő előrehaladtával személyes és ősei tapasztalatai alapján arra törekedett, hogy minden téren fejlessze a megélhetéséhez szükséges eszközöket, ezáltal kímélve az emberi erő mértékének ráfordítását, céljai elérése érdekében.

A XX. századot a tudományos, a technikai, az egészségügyi és a szociális fejlődés korszakaként tarthatjuk számon. A világháborúk koraként is emlegethetjük, amelyeknek megszámlálhatatlan következményei voltak az utókor számára is. A XIX. században elkezdődött a termelés és a szolgáltatások gépesítése, a globális kommunikációs hálózatok kiépítése, ami egyre gyorsuló iramban folytatódott a XX. században. Ebben az évszázadban alapvetően megváltozott az élet minden területe és az egész emberi társadalom számottevően átalakult.

Ennek a folyamatnak köszönhető a hidraulikus és pneumatikus technikának a kialakulása. A hidraulikus és pneumatikus technika a XX. században robbanásszerű fejlődésen ment keresztül, mert a különböző iparágak számára elengedhetetlen volt a technikai szint növekedése a termelékenység szempontjából. A termelési folyamatok gyors ütemű mechanizálása és automatizálása, a gépek kinematikai kialakításának egyre bonyolultabbá válása, az átvitt teljesítmény növelésének szükségessége egyre jelentősebb követelményeket támasztott az energia átvitelével és irányításával kapcsolatban. Az energia továbbítás módjának szempontjából különböző energiaközvetítőket lehet felhasználni. A megfelelő energiatovábbítási technológia kiválasztása különböző szempontok alapján történik, és ezeket kell összevetni az energiaközvetítő módok sajátos tulajdonságaival, amelyek esetlegesen behatárolják alkalmazási területüket. A folyékony energiaközvetítő közeg alkalmazását, az átvitt energia jellemző paramétereinek (erő, nyomaték) egyszerű megváltoztatása, a túlterhelés elleni egyszerű védelme és a rendkívül nagy fajlagos teljesítmény a hidraulikus rendszereket, a nagy mértékben és gyorsan változó követelmények megvalósítására teszik alkalmassá.

A második világháború után, az akkor még titkosnak számító fejlesztések egyre jobban kezdtek elterjedni a haditechnikán kívül az ipar különböző területein is. A világ legfejlettebb országaiban egyre inkább megjelentek és fejlődtek a speciális elemeket gyártó vállalatok. Egyre jobban kezdtek elterjedni az egy adott terméktípusra specializálódott gyártóüzemek, amelyek így a nagyvállalatok beszállítójává válhattak.

A hidraulika nagy teljesítménysűrűsége miatt a XX. században elterjedt egy mondás, miszerint:

„A hidraulika a XX. század izomzata, az elektronika az agya.”

A XX. század vége felé az egyre korszerűbb mechatronikai rendszerek megjelenésével a számítógépes irányítás is egyre jobban előtérbe került az elektrohidraulikus elemek felhasználásának segítségével.

Dolgozatom témaválasztása a hidraulikus rendszerekben rejlő, kiaknázatlan lehetőségeknek köszönhető.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Kutatómunkám során az elsődleges feladatomban az volt, hogy egy szinkron rendszerű, váltakozó áramú, hidraulikus hajtás kísérleti berendezését megtervezsem, elkészítsem és működtessem. Erre elsődlegesen azért volt szükség, mert a témában kevés berendezés került kivitelezésre és ennek megfelelően sok kérdésre nem kaptunk még kielégítő választ. A váltakozó áramú kísérleti hajtások többségében a fázisterekben a hidraulikus energia továbbítása merev fázisvezetékek felhasználásával került kivitelezésre, és szerepük nem került részletes tárgyalásra. Az új szinkron rendszerű kísérleti berendezésem fázistereiben – miután dugattyúkkal is működtettem – kísérleti jelleggel membránokat is alkalmaztam, hogy ezáltal a résvesztéseket meg tudjam szüntetni, ugyanis a henger és a dugattyú között számottevő volt. Következő vizsgálandó feladatomban az volt, hogy hogyan befolyásolja a rendszer működését, ha a merev fázisvezetéseket rugalmas (flexibilis) csövekkel helyettesítem. Az eddigi kutatómunkák során kérdésként merült fel, hogy az olaj hőmérséklete, milyen mértékben változik meg működés közben, de méréseket előttem nem végeztek ezzel kapcsolatban. Munkásságom alatt ezeket a kérdéseket igyekeztem alaposan megvizsgálni, hogy a hajtás tulajdonságairól részletes képet kaphassunk, és az eddigi váltakozó áramú hajtásokkal foglalkozó kutatások során felmerült, de nem vizsgált pontokat megválaszoljam.

A cél elérése érdekében az alábbi lépéseket végeztem el:

- # a külföldi és hazai szakirodalom alapos áttekintése, különös tekintettel a váltakozó áramú hidraulika tárgykörében;
- # a váltakozó áramú hidraulikus hajtások elhelyezése a gépészeti tudományokban, mint kutatási terület;
- # kísérleti berendezés tervezése és kivitelezése, az eddigi konstrukciók hibáinak figyelembevételével, amely merev és flexibilis elemekkel egyaránt működtethető;
- # hőmérséklet, kapacitás, nyomaték és nyomásértékek mérésének lehetővé tétele a kísérleti berendezésen (a hajtás üresjáratú és terheléses állapotában), hogy a legfontosabb paramétereket egyidőben tudjam megvizsgálni;
- # a mérési eredmények kiértékelése és összegzése, és az előzetesen meghatározott összefüggésekkel való összevetése;
- # a szinkron rendszerű váltakozó áramú hidraulikus hajtás továbbfejlesztési lehetőségeinek a vizsgálata.

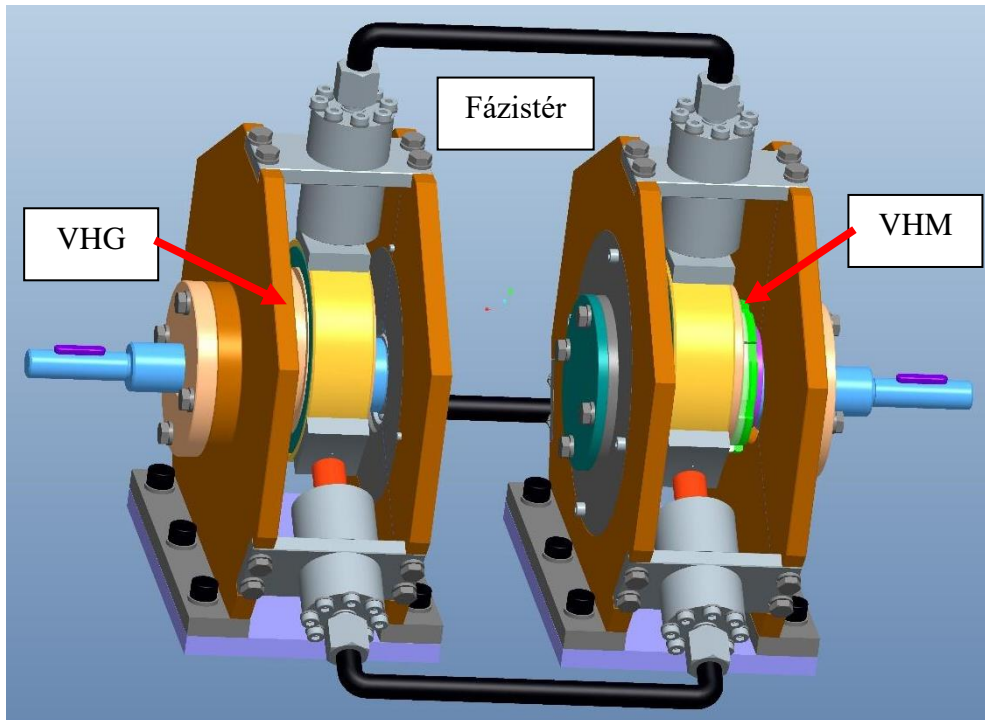
3. A VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HIDRAULIKUS HAJTÁS VIZSGÁLATA

A hidraulikus hajtások többféleképpen csoportosíthatók. A villamos analógia alapján megkülönböztetünk egyenáramú és váltakozó áramú hidraulikus hajtásokat [4].

A szakirodalom, általában véve a hidraulikus rendszerek alatt az egyenáramú hidrosztatikus hajtásokat érti, amelynek terjedelme széleskörű, de ennek egy speciális ága a váltakozó áramú hidraulikus hajtás, amelynek irodalma meglehetősen szűkös. Ezt kevesen vizsgálták, ezért én összekötő anyagot biztosítok ehhez, az eddigi kutatási eredmények mellé.

Ahhoz, hogy a szinkron rendszerű, váltakozó áramú hidraulikus hajtás működési feltételeit és tulajdonságait meg tudjam mérni, egy kísérleti berendezést kellett létrehoznom. Az 1. ábra a kutatómunkám során megtervezett kísérleti berendezés 3D-s CAD modelljét mutatja. A hidrogenerátor (és jelen esetben a hidromotor) szerkezeti kialakítását tekintve radiális

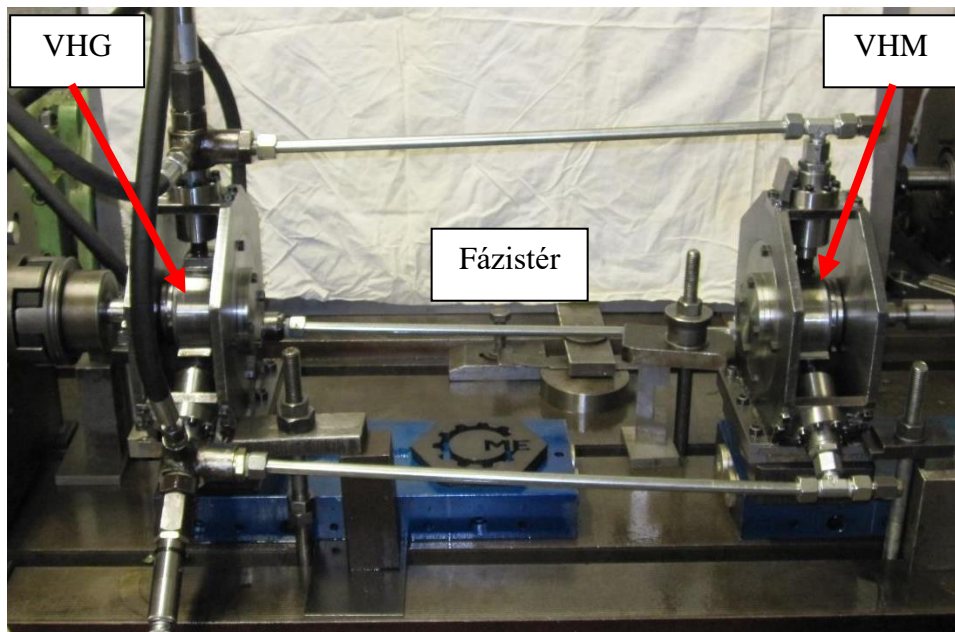
elrendezésű fázistérrel rendelkező konstrukcióját választottam, mert gyárthatóság szempontjából ezt tudtuk megvalósítani a legpontosabban a műhelyünkben.



1. ábra. A szinkron rendszerű, váltakozó áramú hidraulikus hajtás 3D-s modellje a PTC Creo 3.0 verziójában.

A modell megrajzolása után a műhelyrajzokat is elkészítettem, amelyek alapján elkészültek az egyes alkatrészek. A szinkron rendszerű, váltakozó áramú hidraulikus hajtás vizsgálatához szükséges kísérleti berendezést a Miskolci Egyetem Szerszámgépek Tanszékének műhelycsarnokában készítettem el. A szinkron rendszerű, váltakozó áramú hidraulikus hajtások kialakítása többféle is lehet. A tervezésnél az egyik legfőbb szempont, amit figyelembe vettem az, hogy a váltakozó áramú folyadékáram, milyen módon valósítható meg. A váltakozó áramú rendszereknél a folyadékoszlop mozgását (pulzálását) kellett előállítanom, mert ennek segítségével adódik át a hidraulikus energia a hidrogenerátor és a hidromotor között. Mivel a hidrogenerátor és a hidromotor dugattyújára azonos nagyságú erő hat, így együtt lehet vizsgálni a szinkron rendszer esetében.

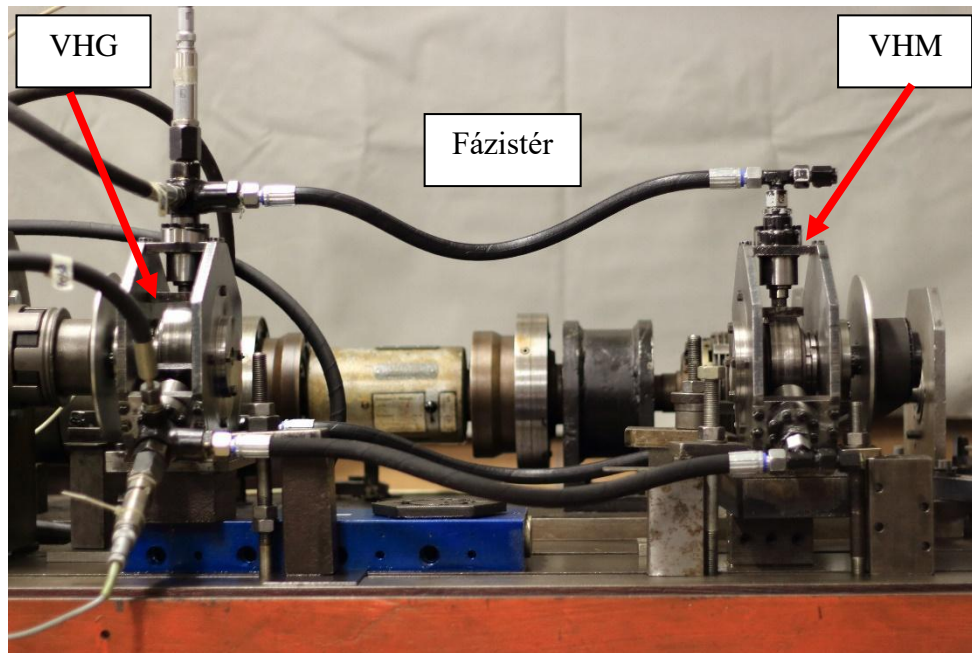
A kivitelezésre került berendezés fényképét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. *A szinkron rendszerű, váltakozó áramú hidraulikus hajtás kísérleti berendezése merev fázisvezetékekkel.*

Ezt a hajtásformát lehet rugalmas tengelynek is nevezni (ez az elnevezés független a fázistér anyagától), ugyanis a hidrogenerátor és a hidromotor egysége egymáshoz viszonylag közel, a térben tetszőleges módon elhelyezett tengelyek összekapcsolását teszi lehetővé nyomaték és fordulatszámváltás nélkül.

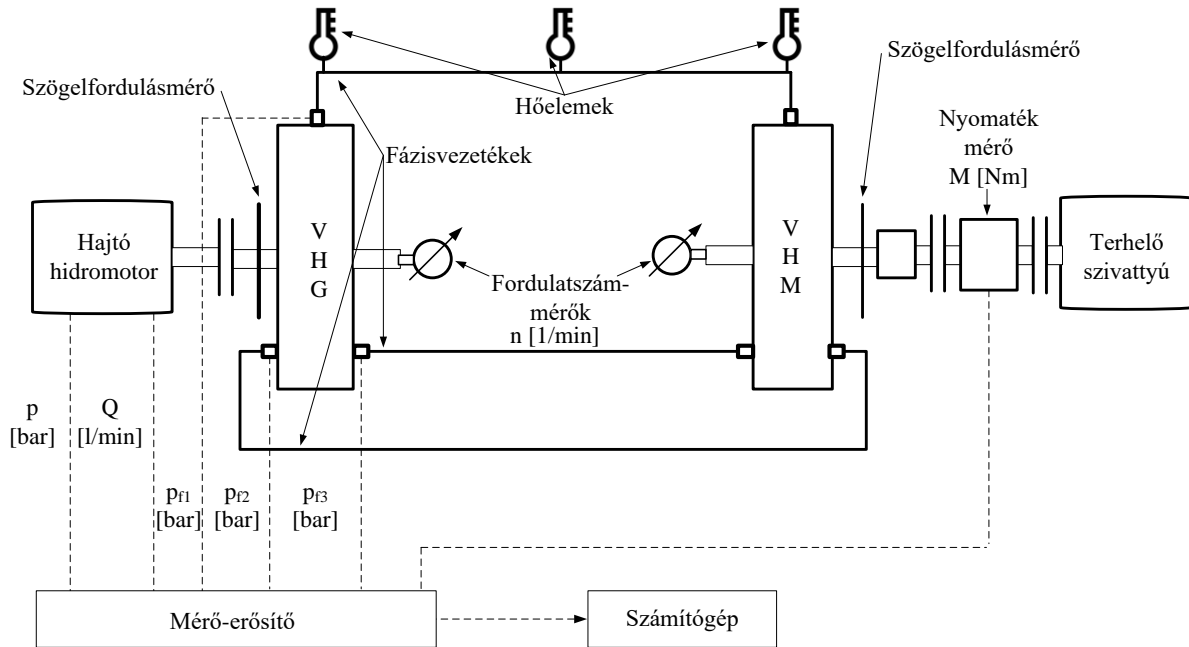
A kísérleti berendezésnél a merev fázisvezetéseket helyettesíthetjük flexibilis, hidraulikus vezetékkel is. Flexibilis vezeték használata esetén eltérő tulajdonságokkal rendelkező hajtást kapunk, ugyanis a rugalmas fázisvezetékek használata hatással van a rendszer működésére. A kísérleti méréseket a 3. ábra által mutatott rugalmas fázisvezetékekkel rendelkező kísérleti berendezésen, és a 2. ábra által szemléltetett merev tömlőkkel felszerelt változatokon végeztem el.



3. ábra. *A szinkron rendszerű, váltakozó áramú hajtás kivitelezett kísérleti berendezése rugalmas fázisvezetőkkel.*

Az általam kivitelezett kísérleti berendezésen végzett méréseim célja, hogy alaposan megismerjem a szinkron, váltakozó áramú, hidraulikus hajtás működési tulajdonságait, az elméleti nyomaték és a fordulatszám karakterisztikák összefüggéseit, mind merev és rugalmas fázisvezetők esetében.

Az előzőekben ismertetett összeállításokkal meghatározhattam a hajtómű fontosabb jellemzőit, a hidromotor fordulatszámát és terhelhetőségét, illetve ezek összefüggéseit a megfelelő mérőműszerek segítségével. A mérőműszerek elrendezését a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A kísérleti berendezéshez használt mérő berendezések elhelyezése.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK – TÉZISEK

1. Tézis

Elméleti számításokkal bebizonyítottam és mérési eredményekkel is igazoltam, hogy az egyenlőtlen terhelés a váltakozó áramú szinkron hajtás működését instabillá, majd pedig működésképtelenné teszi. A szinkron hajtás egy olyan speciális eset, ahol a hidrogenerátor és hidromotor fordulatszáma megegyezik, azaz $n_g = n_m$. Ebből adódóan rugalmas tengelynek is nevezhetjük.

2. Tézis

Kísérleti berendezésen végzett mérésekkel bebizonyítottam, hogy a merev (acél csővezeték) fázistérrel rendelkező, váltakozó áramú, szinkron rendszerű hidraulikus hajtással ellentétben, a flexibilis (hidraulikus tömlő) fázistérrel rendelkező váltakozó áramú, szinkron rendszerű, hidraulikus hajtás azonos beállítások esetén (azonos a hajtó egyenáramú hidromotor fordulatszáma és a fázisdugattyúk löketének hossza), előbb esik ki a szinkronból, azaz a terhelési szöge (a hidrogenerátor és hidromotor egymáshoz viszonyított szöge) kisebb.

3. Tézis

Elméleti úton bebizonyítottam, majd kétféle mérési elrendezéssel igazoltam, hogy a fázisvezetékek a rendszerben, mint kapacitív ellenállások vannak jelen. Azaz nyomásnövekedéssel energiát tárolnak, amelyet nyomáscsökkenés esetén (az adott fázis nyelő helyzete esetén) a rendszer számára visszaszolgáltatnak. Az egyes elrendezések többször megismételt mérések esetében is megegyező értéket mutattak.

4. Tézis

Mérési eredményekkel bebizonyítottam, hogy a váltakozó áramú, szinkron rendszerű, hidraulikus hajtásnál a fázistérben lévő olaj nem melegszik fel számottevően, terhelés hatására sem. Ennek az az oka, hogy az olaj nagyfokú felmelegedését elsősorban a folyadéksúrlódás okozza, viszont a váltakozó áramú rendszereknél az olaj kismértékű elmozdulása miatt, nem tud kialakulni az egyenáramú rendszerre jellemző parabolikus áramlási kép.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

Külföldi folyóiratban megjelent lektorált szakcikk

- [FT 1] Fekete, T.: The alternating current synchronous hydraulic drive. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering, Tome XII [2014] - Fascicule 2 [May], ISSN: 1584-2665 [print]; ISSN: 1584-2673 [online], 2014.
- [FT 2] Fekete, T.: Alternating Current Hydraulic Drive the Possibility of Applying in the Automotive Industry - Vehicle and Automotive Engineering, page:49-57, Springer International Publishing AG, ISBN: 978-3-319-51188-7, 2017
- [FT 3] Fekete, T., Czupy, I.: Exercise stress test of a synchronous alternating current hydraulic drive. International Journal of engineering and technology (2319-8613 0975-4024), 2020.
- [FT 4] Fekete, T.: Analysis of flexible hose of hydraulic capacity. Mechanics and mechanical engineering lodz technical university. (1428-1511), 2020.

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent lektorált szakcikk

- [FT 5] Erdélyi J.; Fekete T.; Lukács J.: A kontrakciós henger konstrukciós és működési tulajdonságai. (p.3-5) Pneumatika, hidraulika, hajtástechnika, automatizálás XII. évf. 2008.
- [FT 6] Fekete T.: Szinkron váltakozó áramú hidraulikus hajtás és az excenter működési elve. GÉP – A gépipari tudományos egyesület műszaki folyóirata, LXIV. évfolyam, oldal: 43-46, Miskolc 2013/5.
- [FT 7] Fekete, T.: Szinkron váltakozó áramú hajtás paramétereinek vizsgálata. Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem Közleménye, ISSN: 2062-9737, Miskolc 2020.
- [FT 8] Fekete, T.: A flexibilis hidraulikus tömlő kapacitásának vizsgálata. Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem Közleménye, ISSN: 2062-9737, oldal:371-381, Miskolc 2021.

Tudományos közlemény, idegen nyelvű konferencia kiadványban

- [FT 9] Fekete T.: Three-phase alternating current (ACH) hydraulic motor. XXX. OTDK, page: 280, Baja 2011.
- [FT 10] Fekete T.: Applying diaphragms in the alternating current synchronous hydraulic drives. XXVI. microCAD International Scientific Conference, page: 35-40, Miskolc 2012.

- [FT 11] Fekete T.: The alternating current synchronous hydraulic drive. XXVII. microCAD International Scientific Conference DVD, Miskolc 2013.

Tudományos közlemény, lektorált, magyar nyelvű konferencia kiadványban

- [FT 12] Fekete T.: Háromfázisú váltakozó áramú hidromotor -forgóelemes fázistér kialakítással-. XXV. microCAD International Scientific Conference, oldal: 17-22, Miskolc 2011.

Tudományos közlemény, magyar nyelvű konferencia kiadványban

- [FT 13] Fekete T.: Váltakozó áramú hidraulikus hajtások. Doktoranduszok fóruma, Miskolc 2010.

- [FT 14] Fekete T.: Háromfázisú váltakozó áramú hidromotor fázistereinek csillag- és delta kapcsolása és ennek konstrukciós kérdései. XXX. OTDK, oldal: 324, Baja 2011.

Szakmai tudományos előadás idegen nyelven

- [FT 15] Fekete T.: Háromfázisú váltakozó áramú hidromotor csillag- és delta kapcsolása és ennek konstrukciós megoldásai. XXIV. microCAD International Scientific Conference, Miskolc 2010.
- [FT 16] Fekete T.: The alternating current hydraulic drive (ACH). MMaMS 2012 Modelling of mechanical and mechatronic systems, Zemplínska Sírava 2012.

Szakmai tudományos előadás magyar nyelven

- [FT 17] Fekete T.: Szinkron rendszerű váltakozó áramú hidraulikus hajtás. XXI. Nemzetközi gépészeti találkozó OGÉT, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Arad 2013.

Megjelenés alatt lévő külföldi folyóiratban megjelenő idegennyelvű szakcikk

- [FT 18] Fekete, T.: Load testing of alternating current hydraulic drive - Vehicle and Automotive Engineering, Springer International Publishing AG, ISBN: 978-3-319-51188-7, 2022

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bergeron, L.: Du comp de belier en hydraulique. An comp de fondre electricité. Paris, 1950.
- [2] Constantinescu, G.: Theory of wave Transmission. England, 1922Constantinescu G.: Sonics. Trans. Soc. of Engineers, London, June 1959.
- [3] Petrescu, R. V. V.; Aversa, R.; Apicella, A.; Mirsayar, M.; Kozaitis, S.; Lebdeh, T.; Petrescu, F. I. T.: George (Gogu) Constantinescu. American Journal of Engineering and Applied Sciences. ISSN Print: 1941-7020, p. 965-979, 2017.
- [4] Lukács J.; Fűrész F.; Harkay G.; Kröell Dulay I.: Hidraulikus rendszerek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1977., ISBN: 9631017109.
- [5] Kröell Dulay I., Lukács J.: Fundamentals of Hydraulic Power Transmission (Studies in Industrial Engineering). North-Holland (August 1, 1988), ISBN-10: 0444989730
- [6] Schlösser W. M. J.: Hydraulische werktuigen in de techniek. Dutch, Waltman, 1959.
- [7] Péter József: Géptervezés alapjai. Miskolc: Miskolci Egyetemi Kiadó, 402 p. dokumentum típusa: Könyv/Szakkönyv, 2008
- [8] Czupy, I.; Horváth, B.; Lukács, J.: Talaj-gyökér kapcsolat lazítása váltóáramú hidraulikus kísérleti berendezéssel. PNEU-HIDRO konferencia kiadványa. Miskolc, 2004. p. 67-71.
- [9] Czupy, I.; Lukács, J.: A váltakozó áramú hidraulikus hajtás alkalmazása rezgőmozgás létrehozására. Pneumatika, hidraulika, hajtástechnika, automatizálás. 2005. p. 57-59.
- [10] Czupy, I.; Váltakozó áramú hidraulikák elméleti és konstrukciós kérdései: Constructional and Theoretical Issues of Alternating-current Hydraulic Drives. XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő 2008: p. 60-64.
- [11] Czupy, I.: Váltakozó áramú hidraulikus tuskólazító berendezés elméleti és konstrukciós kérdései. Doktori (PhD) értekezés. Sopron-Miskolc 2006.
- [12] Czupy I., Lukács J.: Tuskólazítás váltakozó áramú hidraulikus berendezéssel. MTA Agrár Műszaki Bizottsága Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Nr. 28. Gödöllő, 2004. pp. 255-258.
- [13] Czupy I., Horváth B., Lukács J.: Application of alternating-current hydraulics to develop stumplifting machinery. Hungarian Agricultural Engineering 14/2001. p 64-66.
- [14] Czupy I., Horváth B., Lukács J.: Development research of AC hydraulic energy transfer. Hungarian Agricultural Engineering 13/2000. p 74-75.
- [15] Czupy I. - Dr. Horváth B., Eine forstliche Anwendung des hydraulischen Antriebes mit Wechselströmung der Flüssigkeit. Treffen der Sektion Forsttechnik des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten Sopron, 2002. március 6-8. Tagungsbericht S. 140-144.

- [16] Czupy I., Horváth B., Lukács J.: Konstruktions- und theoretische Fragen des forstlichen Wurzelstockziehers mit hydraulischem Antrieb. Trends of wood working, forest and environmental technology development and their applications in manufacturing process. International Science Conference Zvolen, 2001. Section 1. pp 287-291.
- [17] Kröell Dulay, I.: Hidraulika, pneumatika a XX. században Magyarországon, Szocio Produkt Kft., Miskolc, 2001.
- [18] Lukács, J.: Váltakozó áramú hidraulikus hajtások elméleti és konstrukciós kérdései. Kandidátusi értekezés. Miskolc, 1976.
- [19] Lukács, J.; Erdélyi, J.: Váltakozó áramú hidrogenerátorok (VHG) elméleti és konstrukciós kérdései, Tavasz Szél, Kaposvár, 2006.
- [20] Lukács, J.; Erdélyi, J.: A váltakozó áramú hidrogenerátor fázisdugattyúinak működtetési és konstrukciós kérdései. Pneumatika, hidraulika, hajtástechnika, automatizálás IX. Évfolyam, 2005. 60-63 oldal.
- [21] Erdélyi, J.: Váltakozó áramú hidraulikus aszinkron (A-VAH) hajtás (p. 113-116), OGÉT 2006. XIV. Nemzetközi Gépész Találkozó. Marosvásárhely. Románia.
- [22] Erdélyi, J.: Ph.D. értekezés – Váltakozó áramú hidraulikus aszinkron hajtások tervezési és konstrukciós kérdései, teljesítmény illetve mozgás átviteli tulajdonságainak vizsgálata, Miskolc, 2012
- [23] Lukács J., Erdélyi J.: Váltakozó áramú hidrogenerátor (VHG) működtető excenter tárcsáinak kiegyensúlyozási módszerei. GÉP Műszaki folyóirat LVII. 2006/8-9. Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos szemináriuma. (p. 54-57)
- [24] Erdélyi J.: Váltakozó áramú hidraulikus aszinkron (A-VAH) hajtás. OGÉT 2006. XIV. Nemzetközi Gépész Találkozó. Marosvásárhely. Románia. (p. 113-116)
- [25] Lukács J., Erdélyi J.: A fázisdugattyúk berágódásának kérdése, váltakozó áramú hidrogenerátoroknál. Géptervezők és Termékfejlesztők XXI. Országos Szemináriuma. 2005. november 10-11.
- [26] Gruber, J.; Blahó, M.: Folyadékok mechanikája, 7. javított kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
- [27] Hibi, A.: Three phase Altemating Current Hydraulic Automatic Power Transmission Part2. Power. October 1979, p. 435-439.
- [28] Hibi, A.: Three phase Altemating Current Hydraulic Automatic Power Transmission Part3. Power. November 1979, p. 481-482.
- [29] Hibi, A.: Three phase Altemating Current Hydraulic Automatic Power Transmission Part4. Power. December 1979, p. 521-526.
- [30] Hibi, A.: Three phase Altematmg Current Hydraulic Automatic Power Transmission Part1. Power. September 1979, p. 411-413.

- [31] Lukács, J.; Breznai, A.: Háromfázisú váltakozóáramú szinkron rendszerű hidrosztatikus hajtások dinamikai vizsgálata és szimulációja. MicroCAD. Miskolci Egyetem, 1996.
- [32] Lukács, J.; Breznai, A.: Synchronized Alternating Current Hydrostatic Power Transmission Internationala a Specialistilor in Domeniul hidropneumaticii, Nagybánya, Románia, 7-8. 07. 1995.
- [33] Lukács, J.; Smadi, R.: Váltakozó áramú hidraulikus tengelykapcsoló. XIII. Szerszámgép Konferencia és Kiállítás, 1998.
- [34] Lukács, J.; Smadi, R.: Váltakozó áramú hidrosztatikus tengelykapcsoló nyomásgerjesztő és nyomásvevő elemeinek szinkronhelyzete és annak kísérleti mérése. Magyar Tudomány Napja, Doktori Fórum, Miskolci Egyetem 1998.
- [35] Lukács, J.: Váltakozó áramú hidraulikus energiaátvitel berendezéseinek illesztése hidraulikus transzformátor segítségével. Pneu-Hidro '84 Konferencia, Győr, 1984. 94
- [36] Lukács, J.: Szabadalom; lajstromszám: 3148.
- [37] Fekete Gy.: Egyszerű hidrosztatikus hajtások építése. Mezőgazdasági kiadó, Budapest 1982. ISBN: 963-231-442-5
- [38] Fekete Gy.: Háromfázisú váltóáramú hidrosztatikus energiaátvitel. Gépgyártástechnológia 19. évf. 10. sz., Miskolc 1979 (o. 434-435)
- [39] Pattantyús, Á. G.: Gyakorlati Áramlástan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.
- [40] Ponomarjov, Sz. D.: Szilárdsági számítások a gépészetben c. kötet. Rezgések Ütések. Budapest, Műszaki Könyvkiadó 1966.
- [41] Prikryl, I.: Hibrid váltakozó áramlású hidraulikus mechanizmusok és alkalmazási területük. Pneu-Hidro '84 Konferencia, Győr, 1984., p. 259-269.
- [42] Prikryl, I.: Hybride hydraulische Mechanismen mit Wechselstrom der Flüssigkeit. Hydraulika, 1982/1. S. 14. Bratislava, 1982.
- [43] Prokes, J.: Fázisvezérlés, új módszer a váltakozó áramú hidraulikában Pneu-Hídó '84, Kollokvium, Győr, 1984, p. 268-279.
- [44] Prokes, J.: Néhány probléma a váltakozó áramú hidraulika fejlesztése és alkalmazása terén, Pneu-Hidro '75 Konferencia, Győr, 1975.
- [45] Prokes, J.: Der hydrostatische Antrieb als System für die Informationsübertragung. Ölhydraulik und Pneumatik. 7,8, 1969.
- [46] Prokes, J.: Hydrostatische Antriebe mit Standardelementen. Mainz, Krausskopf-Verlag GmbH., 1968
- [47] Smadi, R.: Váltakozó áramú hidrosztatikus tengelykapcsoló elméleti és konstrukciós kérdései. Miskolci Egyetem Doktori Fórum. Miskolc 1997.

- [48] Smadi, R.: Self-locking phenomenon of the alternating-current hydraulic driver clutch engine unit phase pistons and their compression receiver disks interlocking with them, 6th International Scientific Conference “Achievements in the Mechanical and Materials Engineering”, Miskolc, 1-3 December 1997, pp. 238-242.
- [49] Smadi R.: Változó áramú hidraulikus tengelykapcsoló konstrukciós és elméleti kérdései. Doktori (PhD) értekezés. Miskolc 1998.
- [50] Smadi, R., Lukács, J.: Konsequenzen der Abweichung des theoretischen Sinuscharakters der Flüssigkeit – Induktions-scheibe auf den Phasendruck bei hydraulischen Wechselstromantrieben, Anlagen, Miskolci Egyetem Közleményei, 1998.
- [51] Smadi, R.: Változó áramú hidraulikus tengelykapcsoló, XIII. Szerszámgép Konferencia, Miskolc, 1998. október 26-27., pp. 189-192.
- [52] Wikipédia – Perachora kerék; Armilláris gömb
- [53] Kozák, I.: Vékony falú cső korlátozott rugalmas-képlékeny alakváltoása belső nyomás hatására. Kandidátusi értekezés. Miskolc 1960.
- [54] Kármán, T., Maurice, A., B.: Matematikai módszerek, műszaki feladatok megoldására. 2. kiadás. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1967.
- [55] Valasek, I.: Tribológiai kézikönyv. Tribotechnik Kft., Budapest, 1996.
- [56] Valasek, I.: A tribológia alapjai. Tribotechnika Kft., Budapest, 2002.
- [57] Budinszki, J.: Gépelemek kenése. Tribotechnika Kft., Budapest 2003.
- [58] Gál, P.: Járműtribológia. Tribotechnika Kft., Budapest, 2003.
- [59] Székely, E.: Mérések pontosságának megítélése. BME jegyzet, Budapest, 2011.
- [60] Kosolev, V.: Metallográfiai táblázatok - Metallográfiae Tabulki. 2. javított kiadás. Prága, 1991.