



Miskolci Egyetem

A himbás-rudazatos mélyszivattyúzás üzemállapotának leírása a villamos paraméterek függvényében

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Koncz Ádám

okleveles olaj- és gázmérnök

Miskolci Egyetem, Olajmérnöki Intézeti Tanszék

Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola

Doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Dobróka Mihály, egyetemi tanár

Témavezető: Prof. Dr. Takács Gábor, professor emeritus

Miskolc, 2018

1 BEVEZETÉS

A hibás-rudazatos mélyszivattyús termelési módszer a legelterjedtebb mesterséges termelési módszer napjainkban. A Földön található, mesterséges termelési módszert alkalmazó olajkutak több, mint 75%-a üzemel ezen az elven (SPE, 2015.), sőt amióta ipari léptékű olajtermelés folyik, a hibás-rudazatos mélyszivattyúzás aránya mindig hasonlóan alakult (Beckwith, 2014.). Mi az oka ennek? A hibás-rudazatos szivattyúzás több mint 100 éve alkalmazott technológia, mialatt volt idő a rendszer tökéletesítésére és minden szempontból történő optimalizálására. Ennek ellenére még mindig lehet potenciális fejlesztési lehetőségeket találni, illetve a meglévő rendszereket fejleszteni. A doktori értekezés, melynek téziseit jelen kiadvány tartalmazza a hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszer felületei lehetőségeit kívánja kiterjeszteni, továbbá a rendszer vizsgálat területén mutat be új eredményeket.

1.1 A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKOLÁSA, KUTATÁSI MÓDSZEREK

A villamos motor és a mélyszivattyús rendszer kapcsolata már korábban is számos kérdést vetett fel. Több szerző is megfogalmazta, hogy a téma tudományos kutatása érdekes eredményekkel szolgálhat (Gibbs & Miller, 1997.). A kutatási irány tehát már a doktori képzés első perceitől világos volt: meg kell vizsgálni a hibás-rudazatos mélyszivattyús berendezést egész rendszerként, ám a motor szemszögéből indítva az elemzést.

A munka 2012-ben szakirodalom kutatással kezdődött. Az alapvető célok kitűzése, illetve a célok eléréséhez vezető út meghatározása volt a feladat a kutatás korai szakaszában. Már a munka elején nyilvánvalóvá vált, hogy nincsen olyan elérhető (árú) villamos mérőrendszer a piacon, amellyel a későbbiekben minden funkció megvalósítható. Ezért a szakirodalom-kutatással párhuzamosan megindult egy új mérőrendszer kifejlesztése is. A kifejlesztett mérőrendszer hardvere látható az 1-es ábrán.



1. ábra A kifejlesztett mérőrendszer hardvere

A szakirodalom-kutatás a hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszer meghajtó motorjainak tanulmányozásával és az elérhető motormodellek vizsgálatával kezdődött. A hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszerek meghajtó motorjai általában speciális karakterisztikájú aszinkron motorok, melyeket a ciklikusan változó terhelésekre illesztettek. Azonban a valóságban alkalmazott motorokról rendelkezésre álló információ korlátozott, kifejezetten a régen telepített berendezések esetében.

A villamos mérnöki gyakorlatban a bonyolult villamos készülékek viselkedését jellemzően helyettesítő kapcsolás segítségével írják le, és nincs ez másként az aszinkron motorok esetén sem. A paraméter-meghatározási eljárások segítségével a villamos készülék helyettesítő kapcsolásában az egyes elemek konkrét értékei megadhatóak, melyek segítségével az adott készülék viselkedése jól leírható. A hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszerekben alkalmazott nagy szlipű motorokhoz nem érhető el a szakirodalomban paraméter meghatározási eljárás, ezért egy jól használható és az aktuális igényekhez illeszthető motor modell fejlesztése sarkalatos pont volt a kutatás során. Egy új, saját kódolású algoritmust készítettem, mely alkalmas a helyettesítő kapcsolásban az egyes elemek értékeinek meghatározására. A többdimenziós optimálási probléma megoldásához a CPSO-S algoritmust alkalmaztam. A kutatásnak ebben a szakaszában, vagyis a motorok jelleggörbéinek mélyebb megismerési fázisában született egy előre nem várt eredmény is: a nagy szlipű motorok fordulatszám-hatásfok jelleggörbéinek leírására

kifejlesztettem egy empirikus korreláción alapuló eljárást. Ezt az eljárást később sikerrel alkalmaztam a hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszer részhatásfokainak meghatározásánál.

A hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszerek üzemét általában dinamométer diagramok segítségével vizsgálják. A dinamométer diagram nem más, mint a simarúd terhelés mérése az idő, esetleg a simarúd elmozdulás függvényében, mely segítségével megállapítható, hogy van-e bármilyen hibás elem a mélyszinti szerelvényekben, megfelelő-e a felszíni rendszer kiegyensúlyozása, továbbá milyen hatásfokkal működik a mechanikus rendszer. Dinamométeres diagramok segítségével nyomaték-analízis is végezhető, mely segítségével a rendszer optimális beállítása lehetővé válik. A kutatás végső célja ezeknek a dinamométeres diagramoknak az előállítása, pusztán villamos mérések segítségével. Ezekhez tehát szükség van egy pontos motormodellre, a hibás-rudazatos mélyszivattyús berendezés nyomatékviszonyainak leírására, továbbá elegendően pontos villamos mérésekre.

A korábban vázolt célok eléréséhez a kutatási technikák a hagyományos kutatási módszereken alapultak, így:

- szakirodalom-kutatás a potenciális fejlesztési lehetőségek megállapítására,
- majd saját tudományos eredmények kidolgozása, melyek segítségével a probléma megoldhatóvá válik,
- végül pedig a megoldás helyességének bizonyítása, vagyis ellenőrző mérések végrehajtása.

A munka során a kutatási eredményeimet folyamatosan publikáltam, melyek magukban foglalták a következőket:

- saját mérőrendszer kifejlesztése (hardver választás, feszültség-érzékelő fejlesztés)
- új adatgyűjtő és adatfeldolgozó szoftver írása, mely minden tekintetben az adott feladathoz illeszkedik,
- számos terepi mérés kivitelezése,
- új empirikus korreláció felállítása a nagy szlipű motorok hatásfokának leírására,
- számos Matlab program a meglévő paraméter-meghatározási eljárások továbbfejlesztésére,
- saját, CPSO-S optimáló algoritmus alapú paraméter meghatározó eljárás kidolgozása, összesen programozás több mint 1500 sor hosszban.

A kitűzött célt, a dinamométeres diagram meghatározását pusztán villamos mérések alapján sikerült elérni. A kutatás potenciális folytatási iránya lehet egy felhasználóbarát szoftver környezet kialakítása, mely az elért tudományos eredmények alapján a módszert adaptálhatja a hétköznapi mérnöki gyakorlatba.

2 TÉZISEK

2.1 TÉZIS 1.

Kidolgoztam egy új empirikus korrelációt a nagy szlipű motorok maximális hatásfokának meghatározására. Az empirikus korreláció 28 nagy szlipű motor jelleggörbéinek elemzésén alapul.

A szakirodalomban található (Pedra, 2008.) hagyományos paraméter-meghatározási eljárások nem képesek pontos fordulatszám-hatásfok jelleggörbe előállítására. A hatásfok meghatározása minden motor fordulatszámhoz a legbonyolultabb feladat a hagyományos motor modellek számára, mivel a hatásfok magában foglal minden olyan veszteséget és nem-linearitást, amit a helyettesítő kapcsolás fejlesztésekor elhanyagoltak. Ezért volt szükség az empirikus korreláció kidolgozására.

A NEMA által kidolgozott szabványok általános ökölszabályként fogalmazzák meg, hogy a nagyobb motorok jobb hatásfokkal rendelkeznek (NEMA, 2017.). Ezért célszerűnek tűnt kapcsolatot keresni a motorok mérete és maximális hatásfokuk között, még hozzá oly módon, hogy a korreláció használatához a lehető legkevesebb információra legyen szükség a motorról, akár csak a motor adattábláján találhatóakra. A különböző névleges szlipű NEMA-D motorok közvetlen összehasonlítása nem célravezető, ugyanis a névleges tartomány közelében kis sebesség-változás is jelentős teljesítmény-változást eredményez. Ebből kifolyólag szükség van egy referencia-sebesség meghatározására. A referencia-sebesség bevezetésével a különböző szlipű motorok is összehasonlíthatóvá válnak teljesítményszint szerint, és lehetőséget biztosít az empirikus korreláció kifejtésére. A referencia-sebességen értelmezett teljesítmény számításánál a legegyszerűbb, gyakran alkalmazott eljárást használtam, vagyis a jelleggörbéket lineárisnak tekintettem a névleges értékek és a szinkron értékek között. 3 póluspárú NEMA-D motorok esetén, 60 Hz hálózati frekvencia mellett az $n=1150$ 1/min referencia fordulatszám használatát javasolom.

A korábbiak alapján a nagy szlipű motorok maximális hatásfokára megalkotott empirikus összefüggés a következők szerint alakul:

$$\eta_{max} = 2.6141 \cdot \ln(P_{ref}) + 60.567$$

Ahol:

η_{max} a motor maximális hatásfoka
 P_{ref} a motor teljesítménye a referencia-fordulatszámom [W]

Az egyenlet átlagos abszolút hibája 1,86%-nak adódott a vizsgált 28 motor esetében. A módszer statisztikai mutatóit a jelzett 28 db motor esetén az 1-es táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat A NEMA-D motorokra fejlesztett maximális hatásfokot előrejelző empirikus korreláció statisztikai adatai

Átlagos abszolút hiba [hatásfok %]	1,86
Szórás [hatásfok %]	2,26
Medián [hatásfok %]	-0,01

2.2 TÉZIS 2.

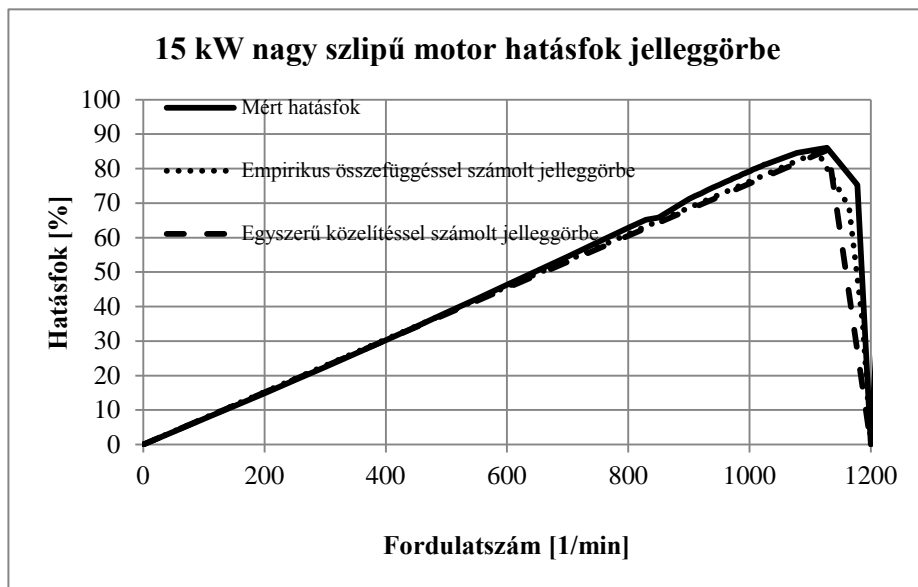
Új empirikus korrelációt fejlesztettem ki a nagy szlipú (3 póluspárú) motorok hatásfokának meghatározására tetszőleges fordulatszám esetén. A 2.1 fejezetben említettek szerint a hagyományos, széles körben használt paraméter-meghatározási eljárások nem alkalmasak a hatásfok megfelelő pontosságú becslésére, ezért a 2.1 fejezetben bemutatott becslést maximális hatásfok segítségével eljárást dolgoztam ki a teljes fordulatszám-tartományon történő hatásfok-előrejelzésre. A teljes fordulatszám-tartományt több szakaszra osztva, a maximális hatásfok ismeretében meghatároztam a motor hatásfokát minden egyes fordulatszám-értéken.

A hatásfok jelleggörbe első szakaszát a névleges adatokra és a maximális hatásfokú pontra fektetett egyenes határozza meg. A maximális hatásfokú pont és a szinkron fordulatszám közötti szakaszt empirikus úton két szakaszra bontottam: a maximális hatásfokú pont és a 16%-os teljesítmény-csökkenéshez tartozó pont jelöli ki az első szakaszt. A vizsgálatok alapján a motorok 16%-os teljesítmény-csökkenése 1164 1/min-es fordulatszámánál következik be. Hasonló módon meghatároztam, hogy a motorok hatásfoka jellemzően 1187 1/min-es fordulatszámig csökken 50%-al. Ezek között a pontok között, továbbá a szinkron fordulatszámhoz tartozó érték között fektetett egyenesek kijelölik a teljes fordulatszám-tartományon érvényes hatásfok-előrejelzést. Az empirikus módszer kifejlesztéséhez 28 nagy szlipú motort használtam fel, a módszer statisztikai mutatóit a 2-es táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat A NEMA-D motorokra fejlesztett teljes fordulatszám-tartományon előrejelző empirikus korreláció statisztikai adatai

Paraméter	16% hatásfok-csökkenési fordulatszám	50% hatásfok-csökkenési fordulatszám
Átlagos abszolút hiba [RPM]	8,18	3,75
Szórás [RPM]	11,4	4,67
Medián [RPM]	1164,37	1187,83

A módszer használatával egy 15 kW-os motorra kiszámolt jelleggörbe látható a 2-es ábrán. Az ábrán feltüntettem, hogy egy egyszerű lineáris közelítés hogyan jelezte volna előre a motor hatásfokát az egyes fordulatszámokon. A kifejlesztett, egyszerű empirikus korreláció előnye jól látható a névleges tartományon.

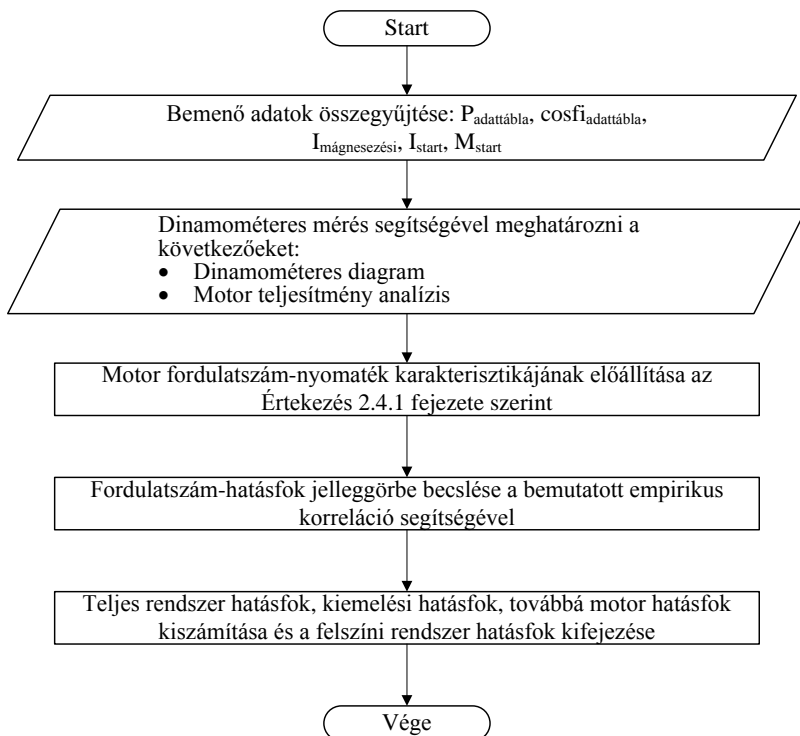


2. ábra 15 kW nagy szlipű motor hatásfok görbéje

2.3 TÉZIS 3.

Új eljárást dolgoztam ki a himbás-rudazatos mélyszivattyús rendszerek részhatásfokainak meghatározására, mely pontosabb és tudományosan megalapozottabb, mint a legelterjedtebb ipari megoldások a problémára (Echometer, 2017.). A módszer alapja a korábban bemutatott motor hatásfok korreláció, melynek segítségével a teljes szivattyúzási ciklus alatt megbecsülhető minden időpillanatban a motor aktuális hatásfoka, amiből a teljes ciklusra érvényes átlagos hatásfok számítható.

A módszer adatszükséglete a következő: kútdatok, dinamométeres diagram, továbbá áram- és feszültség mérés. Az értekezésben a 2.4.1 fejezetben bemutatott módszerrel meghatároztam a motor pillanatnyi fordulatszámát, amelyből a hatásfok értékek a korábban bemutatott jelleggörbék segítségével meghatározhatóak. A módszer folyamatábrája a 3-as ábrán látható.



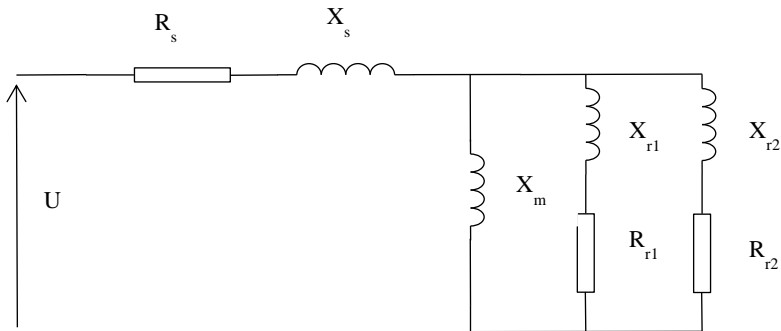
3. ábra *Himbás-rudazatos mélyszivattyús rendszer részhatásfokainak meghatározása*

A bemutatott módszer pontos információkat szolgáltat a motor viselkedéséről a szivattyúzási ciklus alatt. A motornak a rendszer összhatásfokára kifejtett befolyásoló hatását korábban alig vizsgálták, a motor túlméretezésének káros hatásait is csak néhány szerző határozta meg (Kilgore & Tripp, 1991.) részletes hatásfokmérések segítségével. A bemutatott módszer semmilyen speciális előkészületet és mérést sem igényel, hiszen minimális terepi mérésre van szükség, és az egyszerűsége folytán költséghatékony is.

2.4 TÉZIS 4.

Bebizonyítottam, hogy a NEMA-B motoroknál alkalmazott paraméter-meghatározási eljárások módosíthatóak oly módon, hogy NEMA-D, nagy szlipű motorokra is alkalmazhatóak legyenek. Bebizonyítottam, hogy a mágnesezési áram jól felhasználható ezen a téren, mint optimalizálási korlátozási feltétel.

A hagyományos paraméter-meghatározási eljárások a motor helyettesítő kapcsolásának konkretizálásához különböző bemeneti adatokat használnak fel (Lindenmeyer, et al., 2001.). Az aszinkron motorok kétkalickás helyettesítő kapcsolása látható a 4-es ábrán.



4. ábra Kétkalickás helyettesítő kapcsolás (Pedra, 2008.)

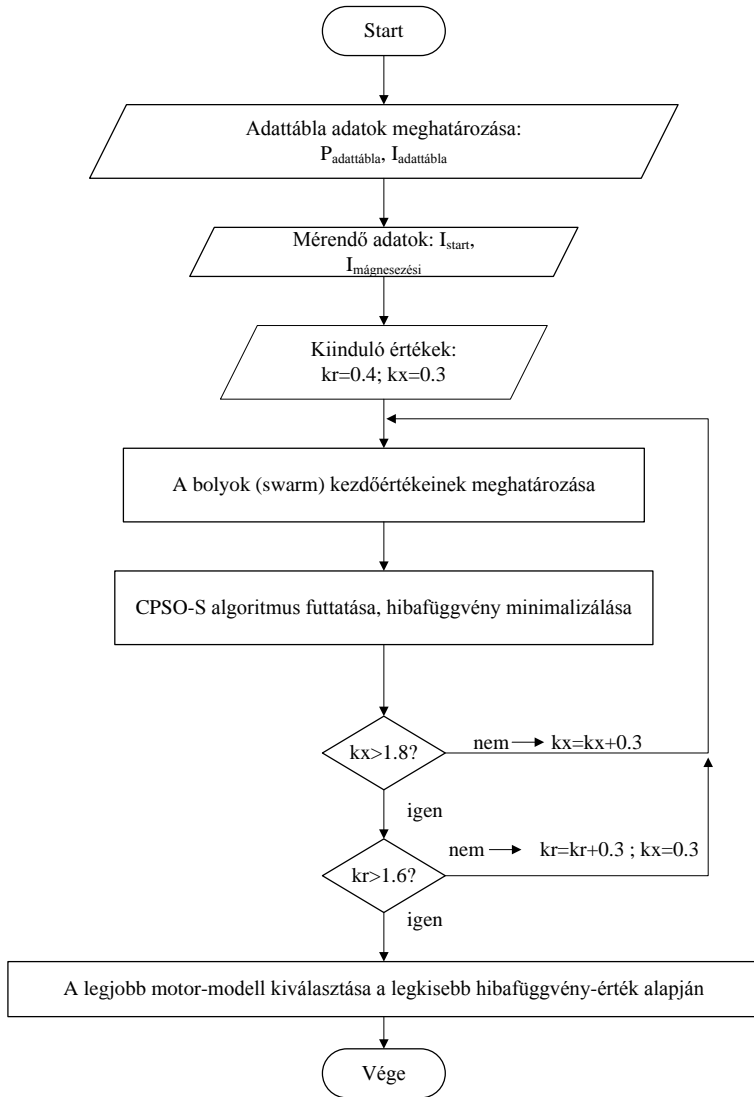
A nagy szlipű motorokra nem használhatóak közvetlenül, módosítás nélkül a szokványos paraméter-meghatározási eljárások, ugyanis azoknál a billenőnyomaték fontos korlátozó feltétel (Pedra, 2008.). A nagy szlipű motorok azonban elnyúlt karakterisztikájuknak köszönhetően gyakran nem rendelkeznek billenőnyomatékkal, ezért a billenőnyomatékot helyettesíteni kell egy olyan korlátozó feltétel adaptálásával, ami a hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszer esetén egyszerűen mérhető, és minden motorról rendelkezésre áll. Ez a mágnesezési áram, amely segítségével az optimálandó hibafüggvény a következők szerint előállítható:

$$F(R_{r1}, R_{r2}, X_m, X_s, X_{r1}, S) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{adatt\acute{a}bla} - P_{sz\acute{a}mitott_{sfl}}}{P_{adatt\acute{a}bla}} \\ \frac{Q_{adatt\acute{a}bla} - Q_{sz\acute{a}mitott_{sfl}}}{Q_{adatt\acute{a}bla}} \\ \frac{I_{m\acute{a}gnesez\acute{e}si} - I_{sz\acute{a}mitott_{m\acute{a}gnesez\acute{e}si}}}{I_{m\acute{a}gnesez\acute{e}si}} \\ \frac{I_{start} - I_{sz\acute{a}mitott_{start}}}{I_{start}} \\ \frac{M_{start} - M_{sz\acute{a}mitott_{start}}}{M_{start}} \end{array} \right\} = 0$$

A hibaf\uggv\eny optimal\asa Matlab fsolve algoritmus seg\its\eg\ev\el elv\egezhet\o.

2.5 T\EZIS 5.

Kidolgoztam egy \uj, CPSO-S algoritmuson alapul\o elj\ar\ast a NEMA-D motorok param\eter-meghat\aroz\asi elj\ar\as\anak elv\egz\es\ere. Az optimal\asi elj\ar\ast (van den Bergh, 2001.) CPSO-S megold\as\an alapszik. A kifejlesztett algoritmus hat\asos \es robosztus, alkalmaz\as\aval sikeresen \es pontosan meghat\arozhat\ok a nagy szlip\o motorok fordulatsz\am-nyomat\ek \es fordulatsz\am-\aram jellegg\orb\ei. A kifejlesztett elj\ar\ast folyamat\ab\r\aja az 5-\os \ab\r\an l\athat\o.



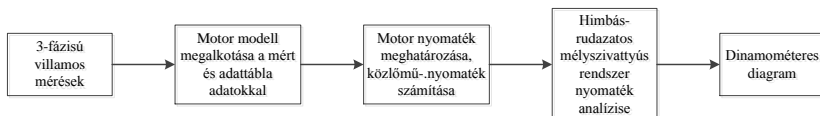
5. ábra CPSO-S algoritmuson alapuló paraméter-meghatározási eljárás

2.6 TÉZIS 6.

Megvizsgáltam a szakirodalomban elérhető nyomaték-meghatározási eljárásokat (Takács, et al., 2016.), és adaptáltam azokat a fordított irányból történő, vagyis a motor oldaláról történő nyomatékszámítás követelményeihez. A hagyományos nyomaték-analízis során a dinamométeres diagramból kiindulva határozzák meg a közlőmű nyomaték-terhelését, illetve az egyes nyomaték-komponenseket. Bebizonyítottam, hogy a számítási eljárások a másik irányból, vagyis a motortól indítva felhasználhatóak a dinamométeres diagramok előállítására. A témában bemutatott korábbi próbálkozások a simarúd-terhelés meghatározásánál elhanyagolták a löket elejének-végének megfelelő 30-35°-nyi lassújaratú tengelyen mért tartományt, vagyis összességében csak kb. 240°-nyi hasznos adatot szolgáltatottak a teljes szivattyúzási ciklusról. A saját módszeremmel sikerült ezt a hasznos információt 330-340°-nyi szögelfordulásra növelni.

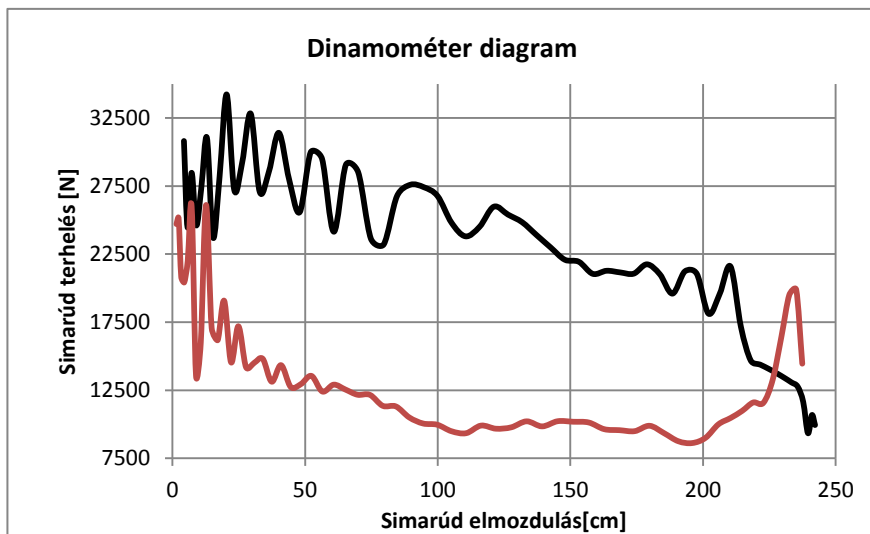
2.7 TÉZIS 7.

Bebizonyítottam, hogy az általam kifejlesztett motor paraméter meghatározási eljárással megalkotott motor modell és a fordított nyomatékszámítási eljárással, továbbá az értekezésben bemutatott további eljárásokkal a dinamométeres diagram előállítható pusztán villamos mérések segítségével. Az így előállított dinamométeres diagramok alkalmasak a hibás-rudazatos mélyszivattyús rendszerek vizsgálatára. A 6-os ábrán a metódus építőkövei láthatóak.



6. ábra Dinamométer diagram előállításának lépései

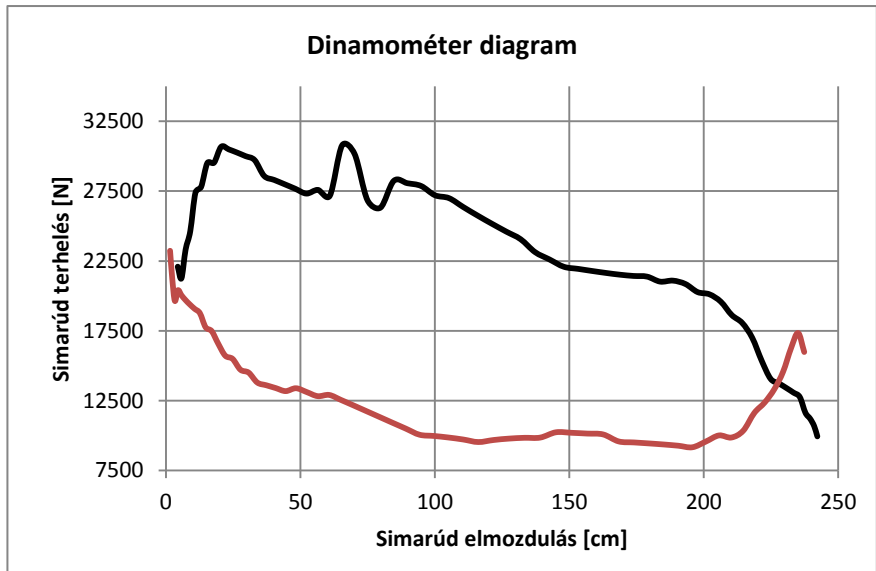
Egy ilyen módon megalkotott dinamométer diagramot mutat a 7-es ábra. Az ábrán jól látható, hogy a dinamométer diagram alakja hasonlít a hagyományos méréssel meghatározotthoz, és a terhelések nagyságrendje is a hagyományos mérésekkel mért pályán mozog.



7. ábra A módszer alkalmazásával kapott dinamométer diagram

2.8 TÉZIS 8.

A 7. tételben bemutatott módszerrel kapott görbék eléggé zajosak. A kapott görbék minősége jelentősen javítható, ha a motor nyomatékának meghatározásához felhasznált áram görbéket Fourier-sor segítségével simítjuk. A feldolgozott jelek felhasználásával előállított dinamométeres diagramok sokkal jobban kiértékelhetők, mint az a 8-as ábrán is látható.



8. ábra A módszer alkalmazásával kapott dinamométer diagram

3 ÖSSZEFOGLALÁS ÉS TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

A hibás-rudazatos mélyszivattyúzás egy jól ismert és széles körben alkalmazott technológia, ennek ellenére még mindig lehet érdekes, új tudományos eredményeket elérni a témakörben. A valóságban a rendszer működéséhez szükséges teljesítményt a meghajtó motor biztosítja, ennek ellenére az általános leírási módszerek a rendszer másik végétől, a simarúdtól vezetik le az aktuális terheléseket és üzemiállapotokat. Az értekezés témája ennek a motortól induló leírás meghonosítása, és a szükséges számítási eljárások kidolgozása.

A munkámban bebizonyítottam, hogy lehetséges a dinamométer diagramok előállítása csupán villamos mérések segítségével. Áttekintettem a motor modellezés széles szakirodalmát, és sikerült olyan motor paraméter-meghatározási eljárást kifejlesztenem, ami a hibás-rudazatos mélyszivattyús termelőrendszereken alkalmazott speciális aszinkron motorok esetén is megfelelően működik. Sikerral alkalmaztam a mágnesezési áramot, mint optimálási korlátozó feltétel a hagyományos motoroknál alkalmazott billenőnyomaték helyett. Saját programot készítettem, mely képes a vázolt folyamatok végrehajtására, így a dinamométeres diagram előállítására.

A kutatás fő célkitűzését teljesítettem, és sikerült előállítani a dinamométer diagramokat pusztán áram- és feszültségmérésekből. A diagramok formája jó egyezést mutat a hagyományos, dinamométeres mérésekhez képest.

A bemutatott módszerek további alkalmazása szélesebb körben is lehetővé válik, amennyiben sikerül egy olyan felhasználóbarát szoftvert készíteni, ami a mindennapi mérnöki gyakorlat része is lehet. Ennek a szoftvernek a megalkotása és a tesztelésbe bevont kutak számának a növelése fontos a további alkalmazás szempontjából. Végeredményként a lassan kimerülő mezőkön üzemeltetett hibás-rudazatos mélyszivattyús kutak termelésének időbeli kitolása is lehetővé válhat a kedvezőbb termelési költségeknek köszönhetően.

4 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

4.1 ÍROTT KÖZLEMÉNYEK

Á. Koncz: Simple calculation model for performance curves of electric motors used in sucker rod pumping service Doktoranduszok Fóruma: Műszaki Földtudományi Kar section edition. Miskolc, Hungary, 07.10.2013., pp. 51-56.

Á. Koncz: An Improved Prime Mover Parameter Estimation Process For Sucker Rod Pumping Units microCAD 2014, A1 section ENVIRONMENTAL Science: SUSTAINABLE NATIONAL RESOURCES MANAGEMENT SYMPOSIUM. Miskolc, Hungary, 10-11st 10.2014. University of Miskolc, 2014. Paper A/2-9. 8 p. ISBN: 978-963-358-051-6

Á. Koncz: A himbás-rudazatos mélyszivattyús berendezés részhatásfokainak vizsgálata Doktoranduszok Fóruma: Műszaki Földtudományi Kar section edition Miskolc, Hungary, 19-21st 10.2014. pp. 22-27.

G. Takács, L. Kis, Á. Koncz: The calculation of gearbox torque components on sucker-rod pumping units using dynamometer card data JOURNAL OF PETROLEUM EXPLORATION AND PRODUCTION TECHNOLOGIES 172: Paper 10.1007/s13202-015-0172-z. 10 p. (2015)

G. Takács, L. Kis, Á. Koncz: The Use of Dynamometer Data for Calculating the Torsional Load on Sucker-Rod Pumping Units Proceedings of the 62nd Southwestern Petroleum Short Course. Lubbock, USA, 20-23rd 04. 2015. pp. 176-183.

Á. Koncz: Innovative developments in sucker rod pumped well analysis The Publications of the MultiScience - XXIX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference. Miskolc, Hungary, 09-10th 04.2015. University of Miskolc, 2015. Paper A7. ISBN:978-963-358-061-5

Á. Koncz: Difficulties of a low cost measurement system development for sucker rod pumped well analysis MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 85:(1) University of Miskolc, 2016.

4.2 KONFERENCIA ELŐADÁSOK, POSZTEREK

Á. Koncz: Efficiency analysis of sucker rod pumping unit using new techniques East Meets West International Student Petroleum Congress & Career Expo. Kraków, Poland, 22-24th 04.2015. poster

Á. Koncz: Instrument development for sucker rod pumped well analysis, SPE European Regional Student Paper Contest, 2nd of June 2015. Budapest

Á. Koncz: Improvements in stripper well supervision, 31st International Oil and Gas Conference and Exhibition, 5-6th October 2017, Siófok

Á. Koncz: Simple calculation model for performance curves of electric motors used in sucker rod pumping service Doktoranduszok Fóruma Miskolc, Hungary, 07.10.2013.

Á. Koncz: An Improved Prime Mover Parameter Estimation Process For Sucker Rod Pumping Units microCAD 2014, A1 section ENVIRONMENTAL Science: SUSTAINABLE NATIONAL RESOURCES MANAGEMENT SYMPOSIUM. Miskolc, Hungary, 10-11st 10.2014.

Á. Koncz: A himbás-rudazatos mélyszivattyús berendezés részhatásfokainak vizsgálata Doktoranduszok Fóruma Miskolc, Hungary, 19-21st 10.2014.

Á. Koncz: Innovative developments in sucker rod pumped well analysis The Publications of the MultiScience - XXIX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference. Miskolc, Hungary, 09-10th 04.2015.

Á. Koncz: Difficulties of a low cost measurement system development for sucker rod pumped well analysis Innovative technologies in the fluid production conference, 17th 06. 2015. Miskolc, Hungary

5 AZ ÉRTEKEZÉS BEN IDÉZETT FONTOSABB SZAKIRODALMAK

- Silva, W. L. és mtsai., 2014. *Determining the surface dynamometer card of a pumping system from the torque curve of a three-phase induction motor*. Belo Horizonte, Brasilia, Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática.
- Beckwith, R., 2014.. 155 Years of Artificial Lift. *SPE Journal of Petroleum Technology*, October(SPE-1014-0101-JPT).
- Echometer, 2017.. www.echometer.com. [Online] Available at: <http://echometer.com/products/Wireless/Tabid/145/Default.aspx> [Hozzáférés dátuma: 29. 01. 2017.].
- Gibbs, S. G. & Miller, D. L., 1997.. Inferring power consumption and electrical performance from motor speed in oil-well pumping units. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 33.(1.).
- Kilgore, J. J. & Tripp, H. A., 1991.. *Walking beam pumping unit system efficiency measurements*. 66th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers held in Dallas, Texas, USA SPE-22788, SPE.
- Kis, L., 2013.. *Calculation of the gearbox torque including inertia effects*. Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, University of Miskolc.
- Lindenmeyer, D., Dommel, H., Moshref, A. & Kundur, P., 2001.. An induction motor parameter estimation method. *Elsevier Electrical Power and Energy Systems*, 23.. kötet, pp. 251-262..
- Neely, A. B., Opal, K. E. & Tripp, H. A., 1989.. *Power savings and load reductions on sucker rod pumping wells*. 64th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers held in San Antonio, Texas, USA SPE-19715-MS, SPE.
- NEMA, 2017.. *NEMA MG 10-2017*.. Rosslyn, Virginia: NEMA Standards Publication.
- Pedra, J., 2008.. On the Determination of Induction Motor Parameters From Manufacturer Data for Electromagnetic Transient Programs. *IEEE Transactions on Power Systems*, 23.(4.), pp. 1709-1718..
- Podio, A. L., McCoy, J. N. & Collire, F., 1994.. *Analysis of beam pump system efficiency from real-time measurement of motor power*. III. Latin American/Caribbean Petroleum Engineering Conference, Buenos Aires, SPE.

Rowlan, O. L. & McCoy, J. N., 2007.. *Overview of Beam Pump Operations*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Anaheim, California, USA 11-14. November 2007. SPE 110234, SPE.

Sakhtivel, V. P., Bhuvaneshwari, R. & Sibramanian, S., 2010.. An improved particle swarm optimization for induction motor parameter determination. *International Journal of Computer Applications*, 1.(2.), pp. 62-67..

SPE, 2015.. *Petrowiki*. [Online]
Available at: http://petrowiki.org/Artificial_lift
[Hozzáférés dátuma: 22. 01. 2015.]

Svinos, J. G., 1983.. *Exact kinematic analysis of pumping units*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, held in San Fransisco, California, USA - SPE 012201-MS, SPE.

Takács, G., 2015.. *Sucker-Rod Pumping Handbook*. USA: Elsevier.

Takács, G., Kis, L. & Koncz, Á., 2016.. The calculation of gearbox torque components on sucker-rod pumping units using dynamometer card data. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 6.(1.), pp. 101-110..

van den Bergh, F., 2001.. *An Analysis of Particle Swarm Optimizers - a PhD Thesis*. Pretoria: University of Pretoria.