



Analysis of Mechanical Defects of Rotating Machines by the Method of Current Signature Analysis

István Bendiák

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

December 14, 2020

Forgógépek mechanikai hibáinak elemzése áram jelalak-analízis módszerével

Bendiák István

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatika Intézet, Villamos Gépek Szakcsoport,
bendiak.istvan@uni-obuda.hu, 1034 Budapest, Szőlő utca 4. AB.fsz.10

A dolgozat célterülete a villamos forgógépek diagnosztikai mérései, ez legyen ipari vagy ipari-kutatási alkalmazás. Az elmúlt évek elméleti és gyakorlati tapasztalatai jelentős alapot szolgáltatottak a munka megszületéséhez.

Villamos forgógépek diagnosztikai eljárási és alkalmazási lehetőségük felmérése, ami azt jelenti, hogy a jelenleg ismert mérési módszerek mérlegelése és összevonása egy olyan gépspecifikus hiba megállapítására, ami még nem egyértelműen ismert megoldás. Léteznek roncsolás és roncsolásmentes folyamatok, mindkettő családból válogattam. A mérési sorozatban aszinkron motor vett részt az iparban széleskörűen alkalmazott géptípus.

Kulcsszavak: Áramjel, áramjelalak-analízis, Park-vektor, csapágyfrekvencia, csapágy külső gyűrű, belső gyűrű, gördülő elemek, pályageometria

1. Bevezető

A dolgozat célterülete a villamos forgógépek diagnosztikai mérései, ez legyen ipari vagy ipari-kutatási alkalmazás. Az elmúlt évek elméleti [1-160] és gyakorlati tapasztalatai jelentős alapot szolgáltatottak a munka megszületéséhez. A mechanikai meghibásodások jelentősen befolyásolják az ipari folyamatok átfutási idejét, valamint olyan alkalmazások szerepkörét, ahol a motor kiesése jelentős hátráltató tényező (szivattyúk, kompresszorok). A gépek üzemeltetése sokszor olyan helyen történik, ahol a hozzáférés is kihívást jelenthet, biztonsági zóna vagy más okok miatt. Előfordul az előre telepített szenzorok megsérülnek rezgés vagy túlzott hőmérséklet miatt bizonytalan adatokat szolgáltatnak, erre is megoldást kell találni.

Villamos forgógépek diagnosztikai eljárási és alkalmazási lehetőségük felmérése, ami azt jelenti, hogy a jelenleg ismert mérési módszerek mérlegelése és összevonása egy olyan gépspecifikus hiba megállapítására, ami még nem egyértelműen ismert megoldás. Léteznek roncsolás és roncsolásmentes folyamatok, mindkettő családból válogattam.

A diagnosztikai méréseknél az alábbi módszereket alkalmaztam:

- Áram Park-vektor és annak x és y-komponenséből spektrumok készítése
- Hőmérsékeltmérés és számolás

A fent felsorolt eljárások szolgáltatnak alapot a munka megkezdéséhez. A forgógépek mérésnél szem előtt kell tartani a hozzáférhetőség kérdését, hogyan lehetséges a munka kivitelezése, ami azt jelenti, hogy az általam elvégzett és átgondolt mérési módszerek két részre oszthatók.

- Laboratóriumi körülmények között kivitelezhető mérések.
- Ipari körülmények között elvégezhető mérések.

Az ipari körülmény alatt [1] azt értem, hogy a forgógép üzemeltetési körülményei nem teszik lehetővé a „könnyű” hozzáférést, illetve a zavartalan üzem biztosítása érdekében nem is megengedett. Az ipari csarnok esetében több motor dolgozik együtt. Ennek eredményeképpen értem a két részre osztást, mert laboratóriumi körülmények alatt azt értem, hogy minden olyan mérési körülményeit igyekeztem megteremteni, ami csak a gépre jellemző jel, illetve olyan zavaróhatást, amit nem sikerült elhárítani, annak a figyelembevételével dolgozni. A kiválasztott villamos gép aszinkron motor és terhelőgépként megjelenik az egyenáramú mérlegdinamó. A kialakított tengelykapcsolatok közvetítője körmös tengelykapcsoló.

A dolgozat célja ipari hibák kutatása specifikált mechanikai jellemzőkkel, amelyek korszerű megoldásokhoz vezetnek. A hazai és nemzetközi szakirodalom [1-160] is széleskörűen tárgyalja a mérési módszereket és ezen irodalmak segítségével indultam el és dolgoztam együtt.

2. Csapágyadatok előkészítési és feldolgozási kérdései, alapvető fogalmak

A csapágydiagnosztika széleskörben alkalmazott elemzési módszer [20-34], ennek azokat az elemeit használtam, amelyek alapjai annak, hogy az áramjel segítségével tudjak csapágyfrekvenciát megállapítani [76-159].

A csapágytípus keresésére az SKF katalógusait [42], [75-81] és szoftvereit használtam. Ennek alapján: a keresett csapágy: 6206. Milyen adatokkal rendelkezik ez a csapágy? Milyen számításokat kell elvégezni a geometriai adataiból? A csapágyra alapvető jellemzők: külső gyűrűs, belső gyűrű, gördülő elemek száma stb.

Csapágy hibafrekvenciák angol és magyar megfelelői (SKF) [76-79]:

f_{ip}: Over-rolling frequency of one point on the inner ring/ A csapágy belső gyűrűre vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

f_{ep}: Over-rolling frequency of one point on the outer ring/ A csapágy külső gyűrűre vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

f_{rp}: Over-rolling frequency of one point on a rolling element/ A csapágy gördülő elemeire vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

f_i: Rotational frequency of the inner ring/ Belső gyűrű forgási frekvencia [Hz].

Számított csapágy adatai: Csapágy adatok származása: SKF online csapágykatalógus 6206 csapágy sorozatra való keresés alapján [76-79].

Ebben a számítási esetben a külső gyűrű áll a belső forog.

A csapágy típusa: Egysoros mélyhornyú golyóscsapágy.

Hibafrekvenciák számítása [1], [42], [71], [76-80] (elnevezések származási helye):

f_{ep}: Over-rolling frequency of one point on the outer ring/A csapágy külső gyűrűre vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

Fordulatszám értékre: $n = 1435 \frac{1}{\text{min}}$.

$$\mathbf{f_{ep} = 84,23 \text{ Hz}}$$

f_{ip}: Over-rolling frequency of one point on the inner ring/ A csapágy belső gyűrűre vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

$$\mathbf{f_{ip} = 131,01 \text{ Hz}}$$

f_i: Rotational frequency of the inner ring/ Belső gyűrű forgási frekvencia [Hz].

$$f_i = \frac{1435 \frac{1}{\text{min}}}{60} = \mathbf{23,91 \text{ Hz}}$$

Forgási frekvencia értéke 23,91 Hz.

f_{rp}: Over-rolling frequency of one point on a rolling element/ A csapágy gördülő elemeire vonatkozó hibafrekvencia [Hz].

$$\mathbf{f_{rp} = 104,82 \text{ Hz}}$$

A csapágy frekvenciák számítása fordulatszámfüggő mennyiség.

Összefoglalva [1], [42], [47], [71], [30-82]:

Névleges terhelési üzemállapotban keresendő frekvenciaértékek a rezgésspektrumban.

$$\mathbf{f_{ep} = 84,23 \text{ Hz}}$$

$$\mathbf{f_{ip} = 131,01 \text{ Hz}}$$

$$\mathbf{f_i = 23,91 \text{ Hz}}$$

$$\mathbf{f_{rp} = 104,82 \text{ Hz}}$$

Továbbiakban ezeket a frekvenciaértékeket fogom használni az áramjelalak-analízis elemzésénél [21].

3. Aszinkron motor diagnosztikai vizsgálata áram jelalak-analízis módszerével

Az előző fejezetben bemutatott számítási folyamat előzi meg a jelfeldolgozási lépéseket. Ezek az adatok adatbázisokban tárolhatók és tovább felhasználhatók [1].

A forgógép diagnosztika szerteágazó szakterület [71-159], ezért jelenleg csak az aszinkron géptípusra fogok koncentrálni. Az áram jelalak-analízis rendkívül széles [1], [21], [123-160] körben alkalmazott módszer, napjainkra már kidolgozott eszközparkkal és mérési eljárásokkal, ennek lehetőségeit [123-149] vizsgálom ebben a fejezetben. Ennek megfelelően a Park-vektorok (térvektorok) diagnosztikai [23-29] alkalmazása kap [45-49] elsődleges szerepet. A nemzetközi szakirodalmak [155-160] széleskörben tárgyalják a térvektoros vizsgálatokat, ennek módszernek tanulmányozása a cél. A fejezetek több spektrumot tartalmaznak, ennek az az oka, hogy minél szélesebb jelfeldolgozási lehetőséget lehessen megismerni.

A diagnosztikai [1] vizsgálatoknál a spektrumok jelentős szerepet töltenek az időben változó jelek ábrázolásánál. A spektrumok felvételének kérdése egyrészt a motor táplálási módja (hálózat vagy frekvenciaváltó), illetve összefoglalóan a motorra kapcsolt feszültség és áram kialakuló jelalakja és ezek frekvencia komponensei [1], [71-160].

4. Spektrumelemzés és gépspecifikus hibák felismerésének alapvető elképzelése

A következő feladatban fel kell állítani egy gépspecifikus adatrendszert, ami a motorról minél optimálisabb képet ad. Alapvető értelmezési eljárás az áramjelből képzett spektrumok szerint történik.

A számítás, ha ismerjük [1] a gép adatait, akkor a csapágygeometriai [21], [71] adataiból a korábban bemutatott módon kiszámíthatók a jellemző frekvenciák, ezek mechanikai fordulattól származnak rezgésmérés esetén jól használható, de áramspektrumnál csak kiinduló szám adatok. Következő lépés a csapágyfrekvenciák áramjelben történő megjelenési frekvenciáinak számítása. A másik módszer arra az esetre igaz, ha nincs információ gép csapágyairól, nem vagyunk benne biztosak, hogy pontosan milyen hibafrekvenciákat kell keresni.

Ebben az esetben a spektrumelemzése modell vagy modellek segítségével lehetséges, ami vonatkozhat csak a csapágyra és/vagy forgórészre, más alkatrészekre. Ha ez sem áll rendelkezésre, akkor milyen eljárást lehet használni? A spektrumban követni kell az összes kiugró értéket. De mi számít egyáltalán kimagasló értéknek, ha nem tudjuk frekvenciához rendelni? Lehetséges pl.: forgási frekvencia többszöröseihez, oldalsávjaihoz rendelni értéket és a tápfrekvencia is látható lesz a spektrumban, illetve az alapharmonikus és oldalsávjaihoz. Ennek ellenére hogyan lehetne egy frekvenciaértéket hibásnak feltételezni? Ebben az esetben az alapharmonikusból kiindulva [35], [124-160] referencia jelet kell képezni.

$$[A_{ii}] = \text{dB}$$

A spektrumok frekvenciatartományának felvétele olyan sávban kell, hogy történjen, ami a motorban „várhatóan” előforduló jelek jellemzői láthatóak. A frekvenciaváltós üzem nagy kihívást jelent, hiszen nagy felbontást (pl.: mintavételezésben) kell biztosítani. Nagyon lényeges szempont az áramérzékelő kiválasztása, mivel az egyik létfontosságú „hordozó” a frekvencia, ha bármi is hátrányosan kezdi **befolyásolni a frekvenciaátvitelt**, nem lehet **azonosítani a kívánt hibajelet**.

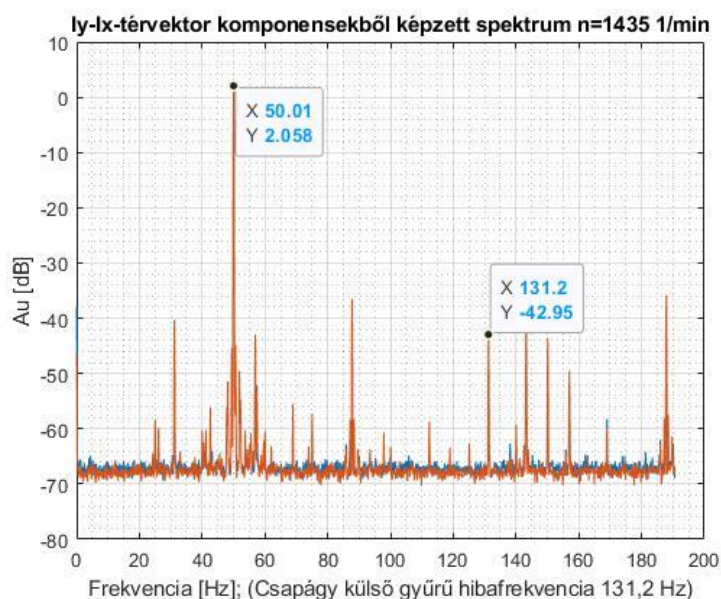
5. Háromfázisú aszinkron motor diagnosztikai célú térvektoros mérése szigetüzemben dolgozó szinkron generátorról

Mérési feltételek a névleges feszültség és frekvencia és stabilitás biztosítása (400 V, 50 Hz). Járatás 20 Nm állandó nyomaték esetén, a termikus hőegyensúly eléréséig. Mérés alatt minden jellemző ellenőrzése. A termikus hőegyensúly elérése után áramjel és hőmérsékleti viszonyok tisztázása. Egy melegedésmérési ciklus négy óra volt (ez az idő már túl volt termikus hőegyensúly elérésén). A mérés végén a következő alapértékek adódtak: 400 V; 50 Hz mellett; állórész áram 6,44 A, teljesítménytényező 0,84; felvett teljesítmény 3577,07 W; leadott tengely teljesítmény 3005,43 W, tengelynyomaték 20 Nm. Termikus viszonyok: állórész tekercs hőfok: 77,97 °C; forgórész hőfok: 91,11 °C ehhez tartozó fordulatszám: $1435 \frac{1}{\text{min}}$; környezeti hőfok: 20,01 °C.

Több lépésben felvettem térvektor alkalmazásával az áramjelalokból képzett spektrumokat.

A számítások „kézi úton” és Matlab¹ használatával (illetve National Instruments DIAdem² szoftvert). A spektrumábrázolás és elemzés négy lépésben valósult meg, mert különböző frekvenciájú hibajeleket célszerű eltérő skálázással felvenni és megjeleníteni. A függőleges tengely logaritmikus, a vízszintes tengely lineáris beosztású (ettől szükség esetén eltértem).

A következőkben a spektrumok áttekintése következik. Az ábrákon fel van tüntetve az a fordulatszám, amin a mérés végzésekor érvényben volt, a motor névleges terheléssel üzemel a korábban bemutatott adatokkal. A négyzetben szereplő számértékek x-koordináta a frekvencia, y-koordináta pedig a keresett jel (vagy mért jel) és a szinusz effektív értékének hányadosa, annak logaritmus és 20-szal szorozva, decibel egységben.



5.1. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum 200 Hz-ig, számítás Matlab-bal.

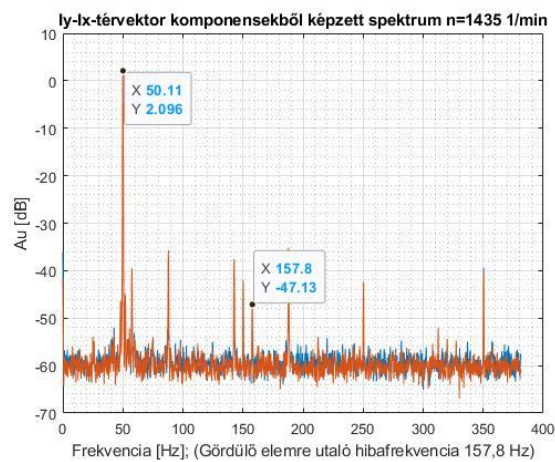
Az 5.1. ábrán látható spektrumon két frekvenciaérték van megjelölve (természetesen ettől részletesebben kell elemezni, az itt bemutatott eljárás egy kiindulási alap). Az első 50 Hz-es a térvektor szinuszához tartozó érték, a másik a 131,2 Hz-es komponens. Mire utalhat ez a jel? Az ábra alsó részén azt írom, hogy csapágy külső gyűrű

¹ <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

² <https://www.ni.com/hu-hu.html>

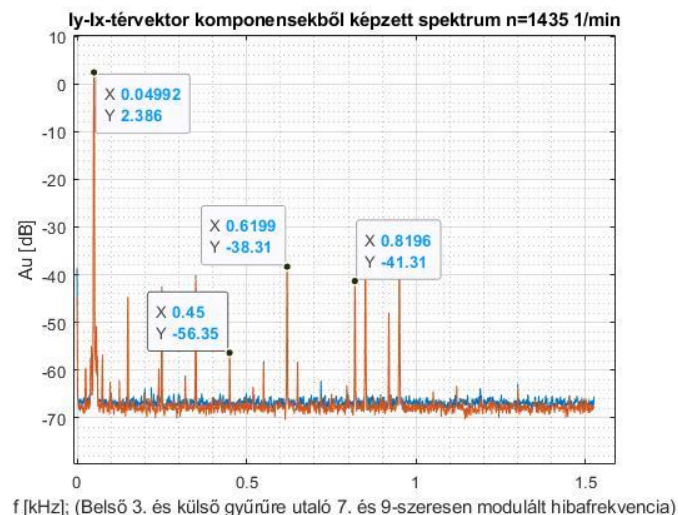
hibafrekvencia, de egy olyan esettel is szembe kell nézni, hogy a hibafrekvenciák hatnak egymásra. Ez azt jelenti, hogy a számításokat az 50 Hz moduláció miatt „nagyobb” rendszámokig el kell végezni és akkor célszerű következtetést levonni. Az állítás nem helytelen (a mérés alapján), valóban utal a csapágy külső gyűrű hibafrekvenciára, viszont egy másik összetevő is „modulál”.

A forgórészre utaló frekvencia 19. rendszámú modulált értéke „közel esik” a csapágy külső gyűrű 1. rendszámú modulált jelével. Ennek felismerése alapvető fontosságú egy gép állapotfelmérésnél. A spektrumban szereplő frekvencia utalhat mindkettőre? A motor forgórésze „jelfeldolgozás szempontjából nem teljesen ideális”, azaz a gyártási „pontatlanságok” gerjeszteni fogják a spektrumot. Ez nem azt jelenti, hogy egyértelműen a forgórész okolható hibával, hanem a rotoron kialakított kalicka és rudakban van „gyenge láncszem”, ami később hibaként persze előjöhethet, pl.: nagyobb fordulatszámokon. A csapágyhiba azért „dominánsabb”, mert ott 1. modulált értéknél jelentkeznek, a rotornál pedig 19. rendszámmal. A további elemzéshez felvettem a spektrumot nagyobb skálázásban.



5.2. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum 400 Hz-ig, számítás Matlab-ban.

Az 5.2. ábrán látható a térvektor Iy-Ix térvektor összetevőiből képzett spektrum 381 Hz-ig ábrázolva.

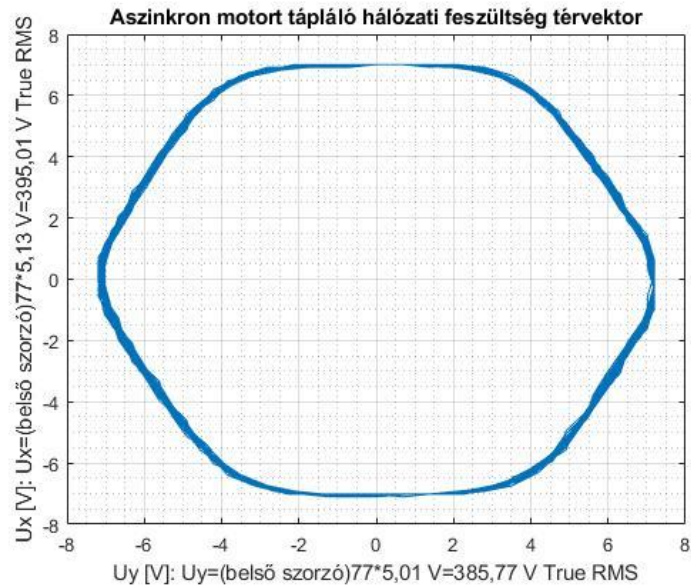


5.3. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum 1500 Hz-ig, számítás Matlab-ban.

A spektrumok az I_y - és I_x -térvektor összetevők szolgáltak alapjául. Matlab segítségével a mérés közbe a háromfázis áramaiból térvektort képeztem.

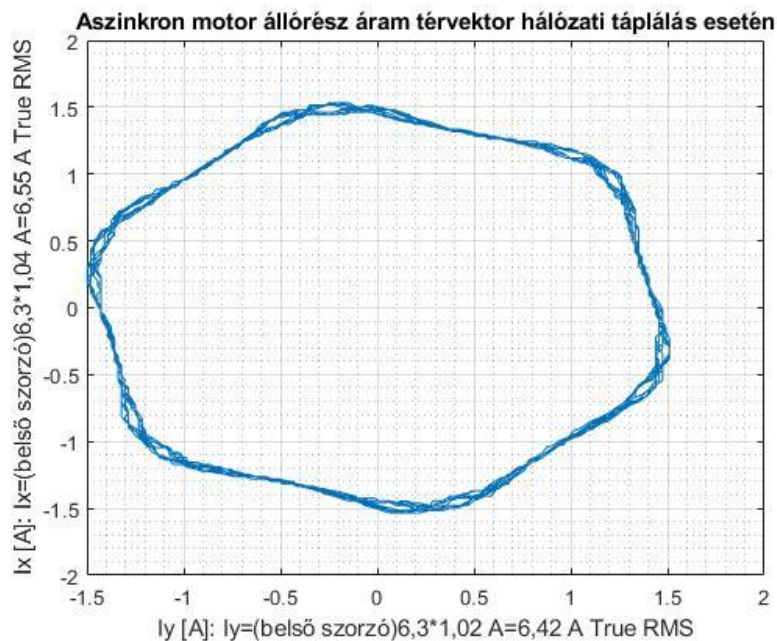
6. Háromfázisú aszinkron motor diagnosztikai célú térvektoros mérése hálózati táplálással

A mérés első szakaszában felvettem a hálózati feszültség térvektort a 6.1. ábrán látható módon.



6.1. ábra. Aszinkron motort tápláló hálózati feszültség térvektor

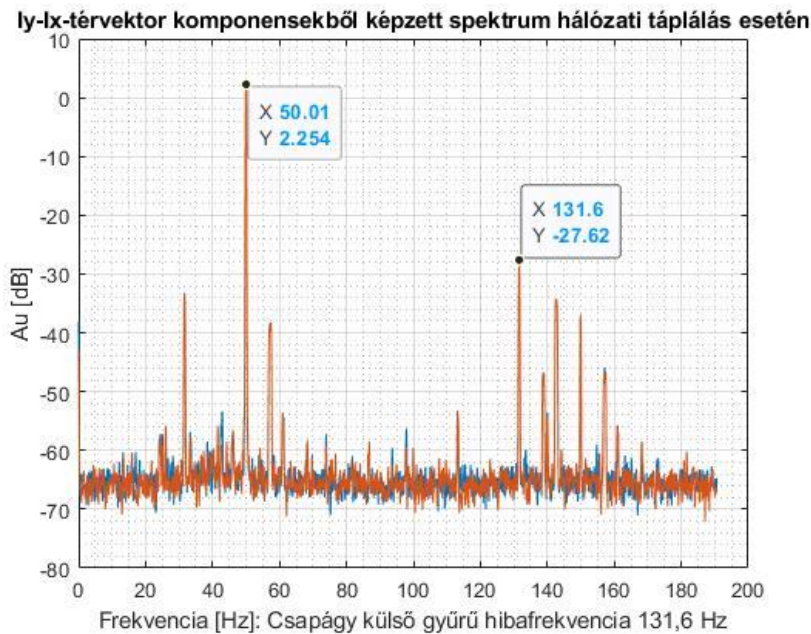
A feszültség mérés után következett az aszinkron motor állórész áram térvektor a 6.2. ábrán látható ábrát kaptam. A számítás Matlab segítségével történt.



6.2. ábra. Aszinkron motor állórész áram térvektor hálózati táplálás esetén.

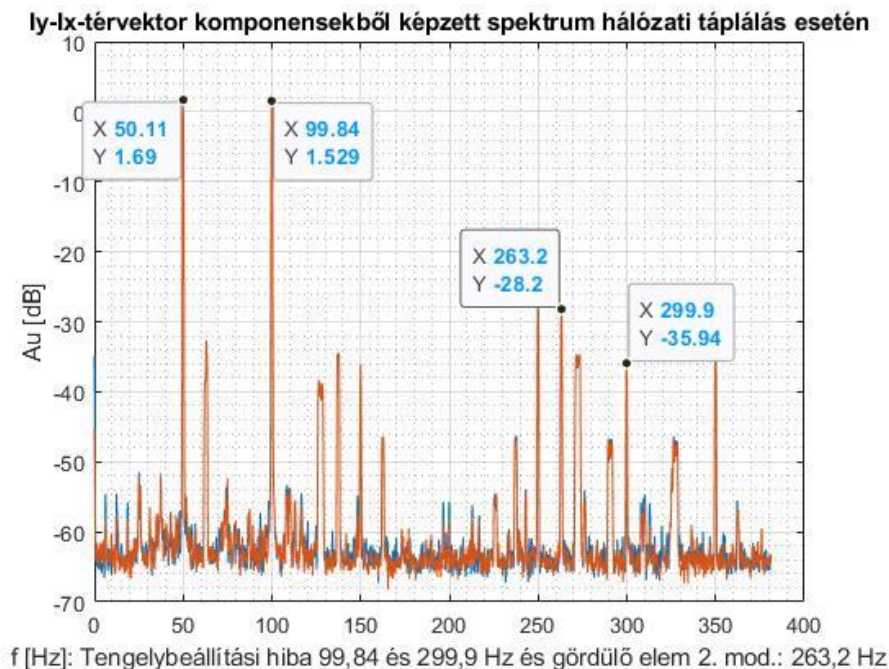
A hálózati táplálásnál 4-14 V-os határokbán a feszültség folyamatosan változott.

Aszinkron motor táplálása hálózatról, a mérési feltételek beállított nyomaték 20 Nm, az áram és feszültség a térvektornál bemutatott adatokkal történt. A fékpadot mindig a névleges nyomaték értékhez volt állítva és megvártam a termikus hőegyensúly elérését.



6.3. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum hálózati táplálás esetén.

Az első modulált harmonikusként szerepel -27,62 dB. Nézzük tovább a spektrumokat, milyen rendkívül fontos változást lehet még felfedezni? A magyarázat a 6.4. ábra alapján történik. A spektrum egy frekvencia érték már az 50 Hz-es jelhez mérhető „gerjesztést” hoz létre, ami „árulkodó” a további hibák megjelenésével kapcsolatosan.



6.4. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum hálózati táplálás esetén.

Ez azt is jelenti, hogy a tengelybeállítási hibával terheli a csapágy gördülő elemeit. A szinkron generátoros táplálás esetén még nem jelent meg számottevő értékkel ez a frekvencia

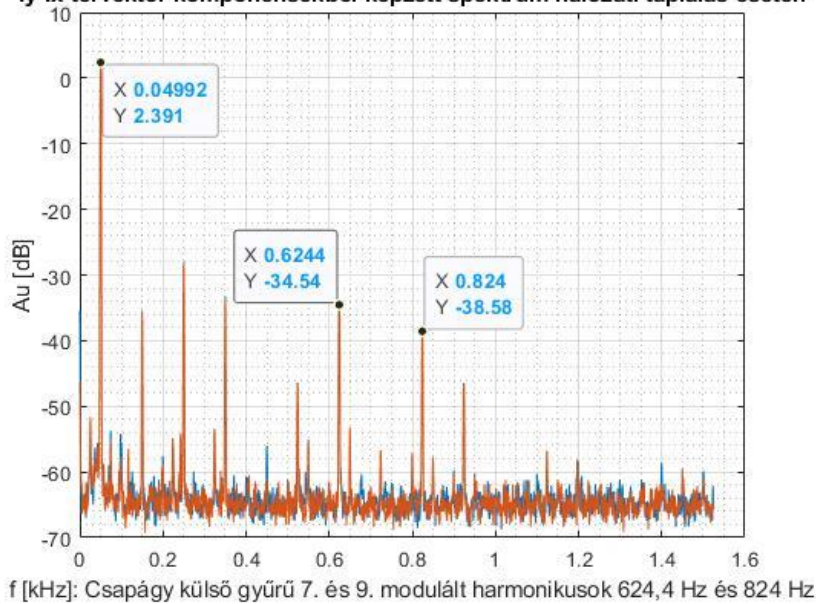
A tengelybeállítási hiba eredménye a mérési sorozat végén látható eredményt hozott. A körös tengelykapcsolón jól látható a köröm belső részén lévő sérült felület.



6.5. ábra. Tengelybeállítási hiba okozta tengelykapcsoló sérülés, belső részre eső közeli felvétel.

A vizsgálatot folytatom a legnagyobb frekvenciaosztású spektrummal.

Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum hálózati táplálás esetén



6.6. ábra. Iy-Ix-térvektor komponensekből képzett spektrum hálózati táplálással.

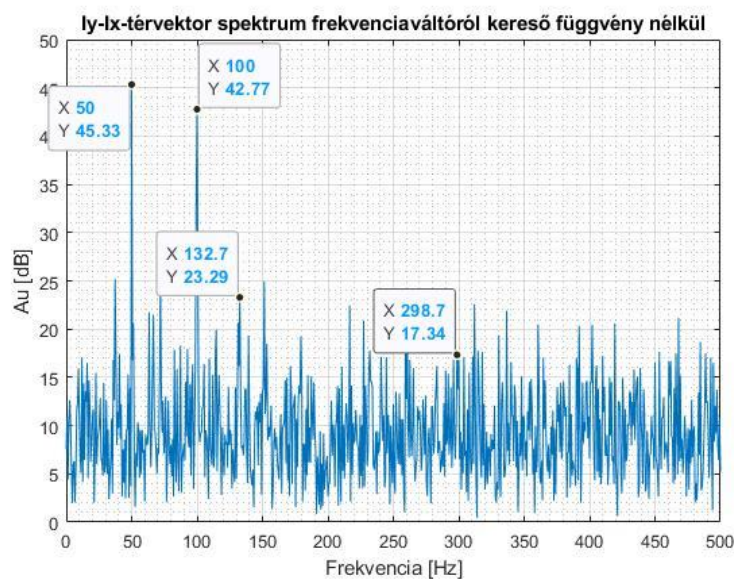
Ezen a ponton a következő megállapításokat lehet tenni: A tengelybeállítási hiba gerjesztő hatása miatt a csapágy többlet terhelést kap és forgórész „ütési” frekvenciák is megjelennek. A mérési célja, hogy ezeket az egymásra gyakorolt hatásokat mérni lehessen és korrekciót vizsgálható legyen a spektrumok segítségével. Komoly megfigyelésnek tartom, hogy a „kisebb”, azaz, első vagy harmadik harmonikussal jelen lévő frekvencia összetevők mellett mutatkoznak meg a „magasabb”, vagyis 9. harmonikus feletti összetevők, amik egyféle előre jelzői a hibák egymásra hatásának.

A két mérési futtatás, a szinkron generátoros és a hálózati eredménye a spektrumelemzések során, hogy sikerült a motort gyorsított öregítési szakaszba vinni.

7. Háromfázisú aszinkron motor diagnosztikai célú térvektoros mérése frekvenciaváltóról

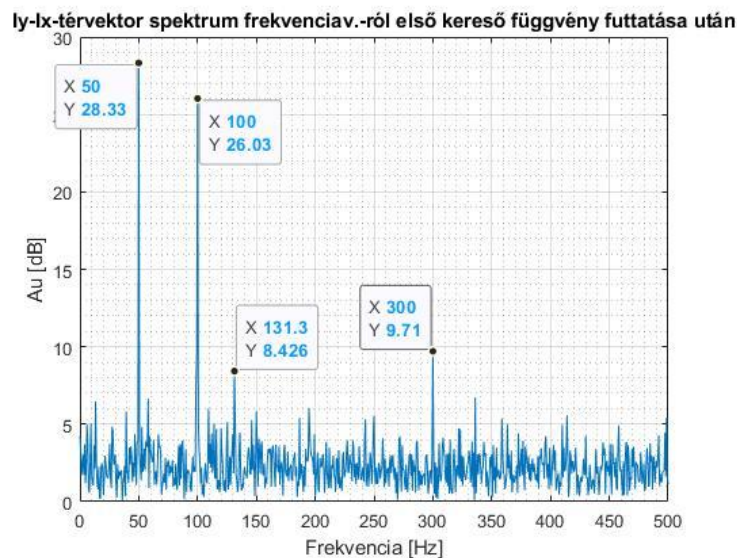
A harmadik mérési ciklus a frekvenciaváltós futtatás volt, jelfeldolgozásban „komoly” kihívást jelent a „közel szinuszos” tápláláshoz képest. A frekvenciaváltós üzem a hálózati és a szinkron generátoros tápláláshoz hasonlítva „felfogható” egy „impulzusszerű” állapotnak. A feszültség szinuszok elemzése specifikus szűrések módjával is lehetséges. A szinuszok elemzését Matlab-bal végeztem. A következő ábrákon szemléltetéssel bemutatom a „demodulációs” eljárást.

Tegyük „egy szűrési” eljárást az aszinkron motort tápláló állórész áramspektrumok esetén. Hogyan lehet megtalálni az azonosítandó frekvencia összetevőket a 7.1-5. ábrák segítségével. A program hatása, amely „felkutatja” az elemezni kívánt frekvenciájú jeleket 7.4-5. ábrán látható.

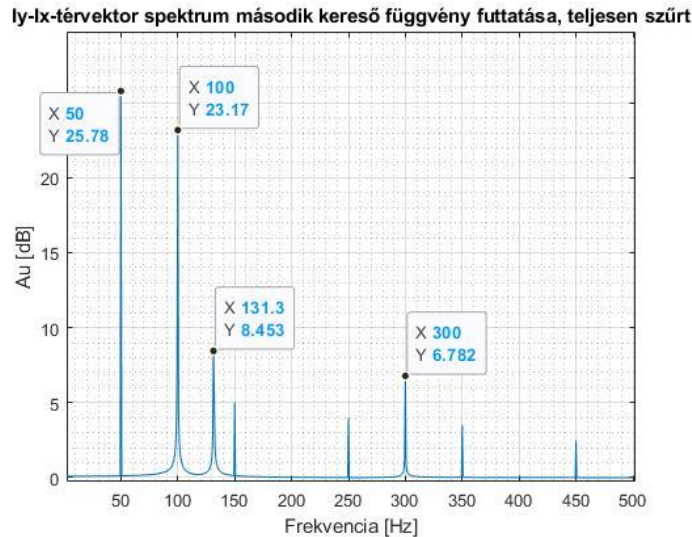


7.1. ábra. Áramjelből képzett spektrum a frekvenciaváltós üzemben, kereső függvény nélküli esetben.

Az összetevők a korábban elemzett tengelybeállítási és a csapágy külső gyűrű hiba.

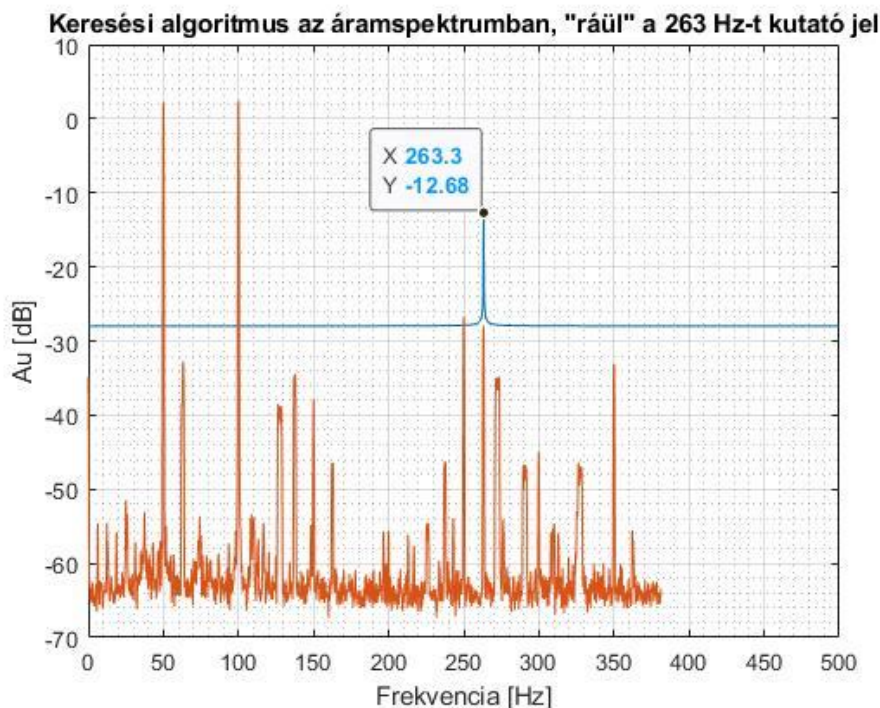


7.2. ábra. Áramjelből képzett spektrum frekvenciaváltóról táplált állapotban első kereső függvény futtatása után.

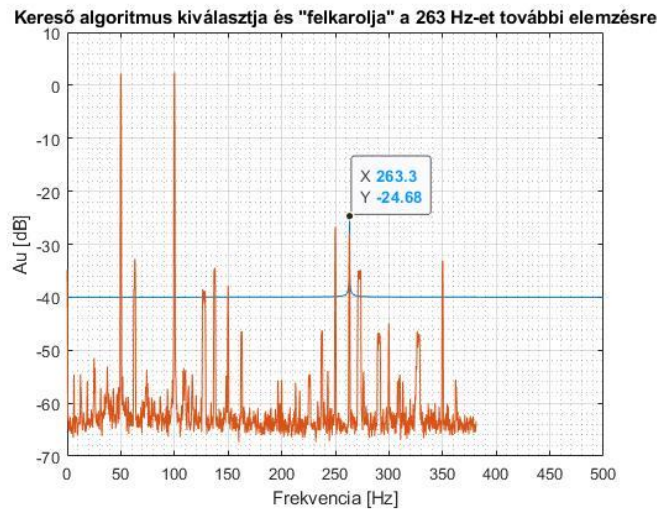


7.3. ábra. Áramjelből képzett spektrum frekvenciaváltóról táplált állapotban, teljesen „szűrt” állapotban, a keresett frekvenciájú jelekkel.

A szűrés olyan követelményeket kíván, hogy a keresett hibafrekvenciájú jelek megmaradjanak hordozóként, ha ezt kiszűrjük, akkor **azonosíthatatlan lesz** a keresett hiba. A spektrumelemzésénél a számítás megegyezik az előző fejezetekben bemutatott menettel, ezért most a számítás levezetésétől eltekintek. Egy jel komponens, **nem látható** a spektrumban, ez a **gördülő elemekre** (263,2 Hz) vonatkozó összetevő, oka egy új eljárás kidolgozása, amely „ha szükséges” meg is „**semmisíti a jelet**”. Ennek a résznek célja szűrési eljárás képszerű bemutatása. Azt is látni, hogy meg kell változtatni az eddigi programozási módszert, mert a megváltozott jelfeldolgozási követelmény teljesen más elemzést tesz szükségessé. Most pedig nézzünk a kereső algoritmus működését 6.4-5. ábrák.



7.4. ábra. A kereső algoritmus kiválasztja a jelet.



7.5. ábra. A kereső algoritmus „felkarolja” a kiválasztott jelet és további elemzést végez.

A számítás folyamatának bemutatására a spektrumokat választottam, a programnyelv hosszú, nehezen átlátható. Az algoritmus feladata a jel minél alaposabb elemzése. Ezt az eljárást jel eltávolításra is lehet használni (szoftveres elemzésben), ennek korlátja nincs, csak a valóság hű elemzés, feladattól függően. A számításra a méréskor került sor, mert úgy gondoltam, a „nagy számú” jelek elemzésére „válogatott” értelmezésre lesz szükség. Az alábbi megfogalmazásra jutottam:

7.1. Összefoglalás: A dolgozat újdonságkutatásának első pontja az alábbi kérdésre épül:

Háromfázisú aszinkron motor áram-térvektor komponensekből képzett spektrum (táplálás legyen hálózati vagy frekvenciaváltón keresztül) segítségével megvalósított csapágyfrekvencia keresés, azzal jellemezve, hogy az áramspektrum előállítás után és/vagy közben egy olyan kereső függvény (algoritmus) van futtatva, amely specifikusan kutatja a csapágyra utaló jeleket, aminek alaphordozója a frekvencia és szűrés előtt és után figyelembe veszi az amplitúdóváltozást. A kereső algoritmus képes jeleket „kiemelni” és „eltüntetni”, jeleket „többszörözni” is. Valamint ezeket a jeleket frekvenciaösszetevőit az áram térvektor pályageometria leírásának alapján előfordulási valószínűséggel is tudja számítani. Az algoritmus tanulja a géphibát és előállít referencia spektrumokat és ezekből térvektor mintát állít vissza.

7.2. Összefoglalás: A dolgozat újdonságkutatásának második kérdése:

Aszinkron motor állórész áram térvektor pályageometria alakhűségének vizsgálata ívhossz számító algoritmussal, azzal jellemezve, hogy a számítás értelmezi a pályáiv alakját és erre megfelelő integrandust választ, majd az ívhossz értékét tárolja és összehasonlítja a következő mérési eredménnyel, továbbá a kereső algoritmus „értelmezi” a vizsgált jel frekvenciáját és annak amplitúdóját. Minden jelösszetevő más-más pályageometriát képez, ennek feltérképezése a számítás alapvető feladata. Továbbá a kereső algoritmus csapágyak hibafrekvenciájának specifikált függvényeivel is rendelkezik az első állításban bemutatott módon, vagyis az algoritmus másik feladata a térvektor modell előállítása a számítás segítéséhez és/vagy élettartambecslés végrehajtása. Megjegyzendő, hogy az állítás elemei külön-külön ismert megoldások [124-160], újdonságkeresés az együttes hatásban kutatható.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Bendiák István, Aszinkron motorok diagnosztikai módszerei, TDK dolgozat, 2019 őszi félév, Budapest, 2019
- [2] Dr. Prohászka János, Bevezetés az anyagtudományba I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1988, ISBN 963 8354 (A Szerkezetvizsgálat módszerei és mechanikai tulajdonságok című fejezetek.)
- [3] Kárász Péter, Schmidt Edit, Operációkutatás, Budapest, 2004; BMF NIK 5008; 177/2004, (85-98. oldalak, számpélda: 94-98 oldalak alapján)
- [4] Dr. Fekete István, Matematika és számítástechnika 1. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
ISBN 963 10 6844 7
- [5] Dr. Fekete István, Matematika és számítástechnika 2. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
ISBN 963 10 6844 7
- [6] Gáspár László, Temesi József, Lineáris programozási gyakorlatok, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1990;
ISBN 963 18 5558 9
- [7] Dr. Tóth Irén, Operációkutatás I. Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest, 1987, ISBN 963 19 1150 0
- [8] Dr. Csernyák László, Operációkutatás II. Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest, 1990; ISBN 963 19 0916 6
- [9] Frederich S. Hillier, Gerald J. Liebermann, Bevezetés az operációkutatásba, LSI Oktatóközpont, A Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány Budapest, 1994, ISBN 963 577134 7; Hálózatok elemzése: A PERT-CPM-módszer 237-257. oldal
- [10] <https://www.mateking.hu/szamitastudomany-alapjai/cpm-es-pert-algoritmus>
- [11] <https://www.mateking.hu/szamitastudomany-alapjai/cpm-es-pert-algoritmus/feladat-cpm-kritikus-ut-2>
- [12] <http://math.bme.hu/~hujter/klafszky.htm>
- [13] https://www.unimiskolc.hu/~matente/oktatasi%20tananyagok/HALOZATI_FOLYAMOK.html#d5e2925
- [14] <http://www.inf.u-szeged.hu/~london/publ/grafalg.pdf>
- [15] Bendiák István, Aszinkron motorok újratekereslési technológiáinak hatása a magas hatásfokú aszinkron motorok paramétereire, TDK dolgozat, Budapest 2019
- [16] Peresztegi Sándor, Villamos gépek konstrukciós változatai, Budapest 2012
- [17] Peresztegi Sándor, Gyártmánydokumentáció (Aszinkron motor), Budapest, 2016
- [18] Barabás Miklós, Villamos gépek II. Műszaki Könyvkiadó 1972
- [19] Dr. Asztalos Péter, Villamos gépek II. példatár, Műszaki Könyvkiadó 1989
- [20] Jafar Zarei, Javad Poshtan, An advanced Park's vectors approach for bearing fault detection, Tribology International 42 (2009) 213-219
- [21] Jean-Claude Trigeassou, Electrical Machines Diagnosis, First published, 2011, Great Britain and the United States by ISTE Ltd and John & Sons, Inc. ISBN 978 1 84821 263 3
- [22] Dr. Nagy István, Állapotfüggő Karbantartás, Műszaki Diagnosztika I. Rezgésdiagnosztika, Delta-3N Kft. Paks, 2006
- [23] Jafar Zarei, Shirin Yousefizadeh, Department of Control Engineering, School of Electrical and Electronics Engineering, Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran, zarei@sutech.ac.ir, Fault Detection in Induction Motors using Park's Vector Approach and Wavelet Analysis, 2014 International Conference on Mechatronics and Control (ICMC) July 3 - 5, 2014, Jinzhou, China

- [24] Nabil Ngote, Said Guedira, Mohamed Cherkaoui and Mohammed Ouassaid, "A New Hybrid "Park's Vector – Time Synchronous Averaging" Approach to the Induction Motor-fault Monitoring and Diagnosis, J Electr Eng Technol Vol. 9, No. 2: 559-568, 2014, <http://dx.doi.org/10.5370/JEET.2014.9.2.559>
- [25] A. Siddique, G.S. Yadava, B.P. Singh, "A review of stator fault monitoring techniques of induction motors," IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 20, no. 1, pp. 106-114, Mar. 2005.
- [26] S.M.A. Cruz, A.J.M. Cardoso, "Rotor cage fault diagnosis in three-phase induction motors by extended Park's vector approach," Electric Machines and Power Systems, vol. 28, no. 4, pp. 289-299, Apr. 2000.
- [27] J.W. Zhang, N.H. Zhu, L. Yang, Q. Yao, Q. Lu, "A Fault Diagnosis Approach for Broken Rotor Bars Based on EMD and Envelope Analysis," Journal of China University of Mining and Technology, vol. 17, no. 2, pp. 205-209, Jun. 2007.
- [28] Glenn D. White, Introduction to Machine Vibration, Part Number 8569, Version 2.3, DLI Engineering Corp. 1998
- [29] James I. Taylor, The Vibration Analysis Handbook, A Practical Guide for Solving Rotating Machinery Problems, Second Edition, 2003 USA, ISBN: 0-9640517-2-9
- [30] Dr. Dömötör Ferenc, A rezgésdiagnosztika elemei, SKF Svéd Golyóscsapágy Rt. Budaörs, 1996.
- [31] Dr. Kégl Tibor, Szabó József, Műszaki diagnosztika, Kézirat, Budapest, 1993
- [32] Jafar Zarei, Javad Poshtan, Bearing fault detection using wavelet packet transform of induction motor stator current, Department of Electrical Engineering, Iran University of Science and Technology, Narmak 16846, Tehran, Iran, Received 27 November 2005; received in revised form 10 April 2006; accepted 19 July 2006 Available online 20 September 2006
- [33] Dr. Timár Peregrin László-Fazekas Albert-Kiss József-Miklós András-Dr. S. J. Yang, Villamos gépek zaja és rezgése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
- [34] Lukács Ottó, Matematikai Statisztika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 2002
- [35] Zombori Béla, Elektronika (5.kiadás), Nemzeti Tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2004
- [36] Ctirad Smetana, Zaj-és rezgésmérés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975
- [37] EVIG gyártmánydokumentációs adatlap, Budapest
- [38] VZ Zárt Motorok Rövidrezárt Forgórészszel 0,55...30 kW 3 fázis, Gyártmányismertető, Kiadványszám: R-1646, Egyesült Villamosgépgyár, Budapest, X., Gyömrői út 128., 1971. szeptember
- [39] RZ, CK, CZK 225...355 Típusú Zárt, Kisfeszültségű Aszinkron Motorok 30...250 kW, Gyártmányismertető, Kiadványszám: EP-14, Egyesült Villamosgépgyár, Budapest, X., Gyömrői út 128., 1973. június
- [40] CZD Típusú Csúszógyűrűs Forgórészű Darumotorok, Gyártmányismertető, Kiadványszám: R-7816, Egyesült Villamosgépgyár, Budapest, X., Gyömrői út 128., 1981.
- [41] Я.С.Гурин, Б.И. Кузнецов (Ya.S.Gurin, B.I. Kuznecov), Проектирование Серий Электрических Машин (Villamos Gépek Sorozatának Tervezése), Москва, 1978
- [42] SKF Svéd Golyóscsapágy Részvénytársaság, H-1091 Budapest IX., Üllői út 55., 4000 H. sz. katalógus, Felelős kiadó: Kállay István igazgató, 89.0373 Kossuth Nyomda, Budapest, 1989
- [43] V. Ferno Pires, J. F. Martins, A. J. Pires, Eigenvector/eigenvalue analysis of a 3D current referential fault detection and diagnosis of an induction motor, Energy Conversion and Management 51 (2010) 901-907
- [44] R.R. Obaid, Sch. of Electr. & Comput. Eng., Georgia Inst. of Technol., Atlanta, GA, USA
T.G. Habetler, Sch. of Electr. & Comput. Eng., Georgia Inst. of Technol., Atlanta, GA, USA

**XXXVI. Kandó Konferencia
2020. november 19-20.**

J.R. Stack, Sch. of Electr. & Comput. Eng., Georgia Inst. of Technol., Atlanta, GA, USA

Stator current analysis for bearing damage detection in induction motors, Print ISBN: 0-7803-7838-5, Date of Conference: 24-26 Aug. 2003

[45] A. Roque, J. M. F. Calado and J. M. Ruiz, Vibration Analysis versus Current Signature Analysis, Supervision and Safety of Technical Processes, August 29-31, 2012. Mexico City, Mexico

[46] Sukhjeet Singh, Amit Kumar, Navin Kumar, Motor Current Signature Analysis for Bearing Fault Detection in Mechanical Systems, Science Direct, Procedia Materials Science 6 (2014) 171-177

[47] Bendiák István, Aszinkron motorok csapágydiagnosztikája, TDK dolgozat, Budapest 2019

[48] Izzet Önel, Mohamed Benbouzid, Induction Motors Bearing Failures Detection and Diagnosis: Park and Concordia Transform Approaches Comparative Study, Izzet Önel, Mohamed Benbouzid. Induction Motors Bearing Failures Detection and Diagnosis: Park and Concordia Transform Approaches Comparative Study. IEEE IEMDC'07, May 2007, Antalya, Turkey. 2, pp.1073-1078, 2007. <hal-00531271, HAL Id: hal-00531271 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00531271> Submitted on 2 Nov 2010

[49] Mariana IORGULESCU, Robert BELOIU University of Pitesti, Electrical Engineering Departament, Pitesti, ROMANIA, Vibration and Current Monitoring for Fault's Diagnosis of Induction Motors, Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 32, 2008; ISSN 1842-4805

[50] William H. Yeadon, PE. Editor and Chief, Alan W. Yeadon, PE. Associate Editor, Handbook of Small Electric Motors, McGraw Hill, New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Toronto, Mexico City, New Delhi, Sydney, Toronto. 2003.

[51] Szabó József Zoltán, Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok és haditechnikai alkalmazhatóságuk kutatása, PhD értekezés, 2010, Budapest

[52] Ahmed Alwodai, Tie Wang, Zhi Chen, Fendshou Gu, Robert Cattley, Andrew Ball, A Study of Motor Bearing Fault Diagnosis Using Modulation Signal Bispectrum Analysis of Motor Current Signals, Journal of Signal and Information Processing, 2013, 4, 72-79

[53] Neelam Mehala #1, Ratna Dahiya *2, Detection of Bearing Faults of Induction Motor Using Park's Vector Approach, 1# Department of Electronics and Communication Engineering YMCA University of Science and Technology, Faridabad-121006(Haryana) INDIA, 2* Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Kurukshetra-136119 (Haryana) INDIA, Neelam Mehala et al. /International Journal of Engineering and Technology Vol.2(4), 2010, 263-266

[54] M.S. Othman1*, M.Z. Nuawi1 and R. Mohamed2, Induction Motor Bearing Fault Diagnostics Using i-kaz™ and Decision Tree Classification, 1Department of Mechanical and Material Engineering, 2Department of Electrical, Electronic and Systems Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Bangi 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia. *Email: sufian@jkr.gov.my, International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME) ISSN: 2229-8649 (Print); ISSN: 2180-1606 (Online); Volume 13, Issue 2 pp. 3361 - 3372, September 2016 ©Universiti Malaysia Pahang Publishing

[55] Partha Sarathee Bhowmik1, Sourav Pradhan2 and Mangal Prakash3, Fault Diagnostic and Monitoring Methods of Induction Motor: A Review, 1Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, 2Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, 3Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, International Journal of Applied Control, Electrical and Electronics Engineering (IJACEEE) Volume 1, Number 1, May 2013

- [56] WEIDONG LI Pinchin Environmental Ltd, 5749 Coopers Avenue, Mississauga, Ontario, L4Z 1R9, Canada, CHRIS K. MECHEFSKE Department of Mechanical and Materials Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, K7L 3N6, Canada (chrism@me.queensu.ca), Detection of Induction Motor Faults: A Comparison of Stator Current, Vibration and Acoustic Methods, (Received 10 August 2004 accepted 24 October 2005)
- [57] Muhammad Aman Sheikh, Nursyarizal Mohd Nor, Taib Ibrahim, Sheikh Tahir Bakhsh, M.Irfan, Nordin B Saad, An Intelligent Automated Method to Diagnose and Segregate Induction Motor Faults, J. Electrical Systems 13-2 (2017): 241-254
- [58] Akshat Singhal, Meera A. Khandekar, Bearing Fault Detection in Induction Motor Using Motor Current Signature Analysis, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 2, Issue 7, July 2013
- [59] Martin Blödt, Pierre Granjon, Bertrand Raison, Jérémie Regnier, Mechanical Fault Detection in Induction Motor Drives Through Stator Current Monitoring - Theory and Application Examples, HAL Id: hal-00485734 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00485734> Submitted on 21 May 2010,
- [60] Sukhjeet Singh, Amit Kumar, Navin Kumar, Motor Current Signature Analysis for Bearing Fault Detection in Mechanical Systems, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014), ScienceDirect
- [61] A Dissertation by Lin Wang, Induction Motor Bearing Fault Detection Using a Sensorless Approach, Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, May 2007
- [62] Mounir Djeddi, Member IEEE, Pierre Granjon, and Benoit Leprettre, Bearing Fault Diagnosis in Induction Machine Based on Current Analysis Using High-Resolution Technique, Date Added to IEEE Xplore: 04 December 2007
- [63] Retter Gyula: Egységes villamos gép elmélet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- [64] SILEX IPARI AUTOMATIZÁLÁSI KFT. TMI-02 Villamos forgatónyomatékmérő műszer, Használati útmutató, Azonosítószám: 300-01-01-090-2.1, 2000 november
- [65] Norbert Hesselmann, Digitális jelfeldolgozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
- [66] Farkas András-Gemeter Jenő-Nagy Lóránt: Villamos gépek, ÓE-KVK 2043, Budapest, 2010
- [67] Kovács K. Pál: Villamos gépek tranziens folyamatai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970
- [68] Halász Sándor: Villamos hajtások, Havas&Társ, Budapest, 1987
- [69] Halász Sándor: Automatizált villamos hajtások I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1989
- [70] Halász Sándor-Hunyár Mátyás-Schmidt István: Automatizált villamos hajtások II., Műegyetem Kiadó, Budapest, 1998
- [71] Lipovszky György, Sólyomvári Károly, Varga Gábor, Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981
- [72] Molnár László, dr. Varga László, Gördülőcsapágyazások tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977
- [73] By Brian P. Graney and Ken Starry, Rolling Element Bearing Analysis, From Materials Evaluation, Vol. 70, No. 1, pp: 78-85, Copyright 2011 The American Society for Nondestructive Testing, Inc. Materials Evaluation-January 2012
- [74] AS 2625 Part 1 – 'Rotating and Reciprocating Machinery' - Mechanical Vibration: Part 1- Basis for Specifying Evaluating Standards; AS 2625 Part 1 Severity Guidelines; AS 2625 Part 4 – 1986 „Measurement and Evaluation

**XXXVI. Kandó Konferencia
2020. november 19-20.**

of Vibration Severity of Small Rotating Machines”. For machines with power ratings less than 300 kW; AS 1359 Part 114-1997 „Rotating Electrical Machines-General Requirements. Part 114: Vibration Measurements and Limits” ;ISO 10816-1:1995 (E). Part 1: General Guidelines.

[75] Mariana IORGULESCU, Robert BELOIU University of Pitesti, Electrical Engineering Departament, Pitesti, ROMANIA, Vibration and Current Monitoring for Fault’s Diagnosis of Induction Motors, Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 32, 2008; ISSN 1842-4805

[76] SKF Bearing Calculator program: Csapágy típusára ellenőrzött számítás és a csapágyfrekvenciák értékeinek, elnevezéseinek a származási helye: Oldal cím:

<http://webtools.skf.com/BearingCalc/submitCalculation.action?null&ni=1425&ne=0>

[77] SKF online csapágy katalógus: Oldalcím:

<https://www.skf.com/us/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingcalculator.html>

[78] SKF online katalógus csapágy geometriai adatainak megismerése céljából: Oldalcím

<https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6206>

[79] <http://www.jp.nsk.com/app02/BearingGuide/html/bearing32765.htm#>

[80] O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, The Finite Element Method, McGraw-Hill 1989.

[81] P.P. Silvester, R.L. Ferrari, Finite Elements for Electrical Engineers, Third Edition, Cambridge University Press, 1996.

[82] J.L. Coulomb, G. Meunier, "Finite element implementation of virtual work principle for magnetic or electric force or torque computation", IEEE Trans.Magn. Vol.20 no 5, pp.1894-1896, 1984.

[83] Z. Ren, A. Razek, "Local force computation in deformable bodies using edge elements", IEEE Trans.Magn., Vol.28, 1992, pp.1212-1215.

[84] J.T. Oden, Mechanics of Elastic Structures, McGraw-Hill 1967.

[85] W.T. Thomson, Theory of Vibrations with Applications, Fourth Edition, Prentice-Hall 1993.

[86] L. Meirovich, Computational Methods in Structural Dynamics, Sijthoff & Noordhoff 1980.

[87] W. Heylen, S. Lammens, P. Sas, Modal Analysis Theory and Testing, Katholieke Universiteit

[88] Bendiák István, Villamos hajtásrendszerek rezgései, XXXIII. Kandó Konferencia, Budapest, 2017

[89] William H. Yeadon, PE. Editor and Chief, Alan W. Yeadon, PE. Associate Editor, Handbook of Small Electric Motors, McGraw Hill, New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Toronto, Mexico City, New Delhi, Sydney, Toronto. 2003.

[90] Ali Emadi, Energy-Efficient Electric Motors, Third Edition, Revised and Expanded, 2005, Founding Editor, Marlin O. Thurston, Department of Electrical Engineering, The Ohio State University Columbus, Ohio.

[91] Irving Gottlieb, Practical Electric Motor Handbook (Villamos motorok gyakorlata kézikönyv) (94-96 old. , 160. old.), An imprint of Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, first published 1997.

[92] Andrzej M. Trzynadlowski, Control of Induction Motors, Department of Electrical Engineering, University of Nevada, Academic Press, 2001.

[93] IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators, IEEE Power Engineering Society, 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA, 1 November 2004.

- [94] B. Teraja Textbook of Electrical Technology AC and DC Machines, Volume II. 2006 (500-506 old.)
- [95] M. A. Laughton CEng., D. J. Warne CEng, Electrical Engineers Reference Book, Sixteenth edition 2003, Oxford. (706-708 old.)
- [96] Malcolm Barnes, Variable Speed Drives and Power Electronics, First published 2003, An imprint of Elsevier, Printed and bound in Great Britain, Oxford.
- [97] Szabadalmi leírás: Device for Varying the Number of Poles in Alternate-Current Motors. Robert Dahlander. Specification Forming Part of Letters Patent No. 725,415, dated April 14, 1903.
- [98] Szabadalmi leírás: azonosító szám: US006088906A, cím: Method of Manufacturing Squirrel Cage Rotors, Patent Number: 6,088,906 Date of Patent: Jul. 18, 2000.
- [99] Szabadalmi leírás: JP2013051766, Squirrel Cage Rotor and Rotary Electric Machine, dátum: 2013. 03. 14.
- [100] Szabadalom: Inventor: Voggeser Volker, Thumm Gerhard, Wolf Michael. Cím: Squirrel Cage Cotor and its Component Parts and Method for Producing a Squirrel Cage Rotor. N0: EP2782222, 2014. 09. 24.
- [101] Használatiminta: CN202135022, inventor: Jiwei LV; Dun LI. Cím: Three-Phase Asynchronous Motor Capable of Adjusting Locked Totor Torque. 2012. 02. 01.
- [102] Szabadalom: CN102244444, inventor: Jiwei LV; Dun LI. Cím: Three-Phase Asynchronous Motor with Adjustable Locked Rotor Torque. 2011. 11. 16.
- [103] Günter; Flachmann, Horst (1983). Die Meisterprüfung Elektrische Maschinen und Steuerungstechnik (in German) (4 ed.). Würzburg,Germany: Vogel-Verlag.
- [104] Liska József, Villamos Gépek IV. Aszinkron gépek, harmadik kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest 1968, (40-50 old.)
- [104] Nemzetközi szabadalmi adatbázis: Espacenet (EPO)
- [105] Nemzetközi szabadalmi adatbázis: Google Patens
- [106] Szabadalmi bejelentés: JP2013051766, Squirrel Cage Rotor and Rotary Electric Machine, dátum: 2013. 03. 14.
- [107] Szabadalom: UA81804, inventor: Petrenko Oleksandr Mykolaiovych, cím: Asynchronous Electric Motor. 2008. 02. 11.
- [108] Szabadalom:2/10 Pole Double-Winding Double Speed Three Phase Asynchronous motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203674839, dátum: 2014. 06. 26.
- [109] Szabadalom: 2/8 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203608054, dátum: 2014. 05. 21.
- [110] Szabadalom: 4/10 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203608053, dátum: 2014. 05. 21.
- [111] Szabadalom: 2/6 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203608052, dátum: 2014. 05. 21.
- [112] Szabadalom: 4/8 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203607950, dátum: 2014. 05. 21.
- [113] Szabadalom: 6/10 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203589978, dátum: 2014. 05. 07.
- [114] Szabadalom: 8/12 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203589977, dátum: 2014. 05. 07.

**XXXVI. Kandó Konferencia
2020. november 19-20.**

[115] Szabadalom: 6/8 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203589914, dátum: 2014. 05. 07.

[116] Szabadalom: 4/12 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203589874, dátum: 2014. 05. 07.

[117] Szabadalom: 8/10 Pole Duplex Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN203589873, dátum: 2014. 05. 07.

[118] Szabadalom: 4/6 Pole-Changing Double Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN202634223, dátum: 2012. 12. 26.

[119] Szabadalom: 2/4 Pole Single Winding Double-Speed Three Phase Asynchronous Motor, inventor: Yu Haigang, azonosítószám: CN202076901, dátum: 2011. 12. 14.

[120] Szabadalom: Torque Rise Double-Speed Motor, inventor: Chao Huiyan, azonosítószám: CN202978577, dátum: 2013. 06. 05.

[121] Szabadalom: Three Phase, Pole-Changing Rotary Electric Machines, inventor: Gordon Hindle Rawcliffe, Bristol, England, assignor to National Research Development Corporation, London, England. Filed, Apr. 13, 1962, Ser. No. 187,249, Claims priority, application Great Britain, Apr. 20, 1961. US3175144

[122] Bendiák István, Aszinkron gépek gyakorlati kérdései, Budapest 2015 (2015-ben lezárt majd 2017-ben Dunaujvárosban bemutatott OTDK dolgozat)

[123]<https://patents.google.com/?q=bearing&q=fault+asynchronous&q=motor&oq=bearing+fault+asynchronous+motor>

Publication Publication Date Title

Tématerülethez kapcsolódó szabadalmak világviszonylatban:

[124] Henao et al. 2005 Analytical approach of the stator current frequency harmonics computation for detection of induction machine rotor faults

[125] Shah et al. 2009 Stator-interturn-fault detection of doubly fed induction generators using rotor-current and search-coil-voltage signature analysis

[126] US5270640A 1993-12-14 Method for incipient failure detection in electric machines

[127] Zhang et al. 2003 A novel detection method of motor broken rotor bars based on wavelet ridge

[128] Puche-Panadero et al. 2009 Improved resolution of the MCSA method via Hilbert transform, enabling the diagnosis of rotor asymmetries at very low slip

[129] Drif et al. 2014 Stator fault diagnostics in squirrel cage three-phase induction motor drives using the instantaneous active and reactive power signature analyses

[130] Kim et al. 2003 Sensorless fault diagnosis of induction motors

[131] Djurovic et al. 2012 Condition monitoring of wind turbine induction generators with rotor electrical asymmetry

[132] Kliman et al. 1997 Sensorless, online motor diagnostics

[133] CN103328990B 2017-03-22 A method and apparatus for diagnosis of the transformer

[134] US7042229B2 2006-05-09 System and method for on line monitoring of insulation condition for DC machines

[135] US6236227B1 2001-05-22 Method and apparatus for turn fault detection in multi-phase AC motors

- [136] CN103782509B 2016-11-09 Fault detection system for inner winding of the synchronous generator, a computer program product and method
- [137] CN102565574B 2014-10-29 Ship power quality monitoring system
- [138] CN202735425U 2013-02-13 Power transformer fault detection system based on vibration
- [139] CN101930047B 2012-12-12 On-line monitoring device of transformer winding state and monitoring method thereof
- [140] CN101188354B 2010-06-09 Test simulation method for failure line selection of small current ground system
- [141] Frosini et al. 2012 A novel approach to detect short circuits in low voltage induction motor by stray flux measurement
- [142] CN101017191A 2007-08-15 On-line fault diagnosis method on rotor winding inter turn short-circuit of turbine generator
- [143] US20050218906A1 2005-10-06 System and method for monitoring of insulation condition
- [145] US8536839B2 2013-09-17 Device and method for monitoring and/or analyzing rotors of electric machines in operation
- [146] CN102484365A 2012-05-30 A method of fault phase selection and fault type determination
- [147] CN100462729C 2009-02-18 On-line monitoring method for winding turn-to-turn short-circuit of distribution generator stator based on multi-criterion mixing
- [148] US7081760B2 2006-07-25 Method of diagnosing a broken bar fault in an induction motor
- [149] George B. Thomas, Maurice D. Weir, Joel Hass, Frank R. Giordano, Thomas-féle Kalkulus 2. Második kiadás. II. kötet, Typotex Budapest 2010, 93-93 oldalak.
- [150] Bárczy Barnabás, Integrálszámítás példatár, 7. kiadás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997, ISBN 963 16 1085 5 (hetedik kiadás), felhasznált oldalak: 7-30. és számpélda alapját képezte a 4. példa feladata 249-250. oldalak
- [151] Reiman István, Matematika, Typotex, Budapest, 2011, ISBN 978 963 279 300 9
- [152] Kármán Tódor; Maurice A. Biot, Matematikai módszerek műszaki feladatok megoldására, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1963
- [153] Dr. Nagy István, Baksai Gábor, Dr. Sólyomvári Károly, Állapotfüggő Karbantartás, Műszaki Diagnosztika II., Termográfia, Delta-3N Kft. 7030 Paks, Jedlik Á. u. 2. 2007, ISBN 978 963 06 0808 4
- [154] Rahne Eric, Termográfia, Elméleti és gyakorlati mérés technika, Invest-Marketing Bt., Budapest 2018, ISBN 978-963-87401-6-8
- [155] Alain Glumineau • Jesús de León Morale, Sensorless AC Electric Motor Control, Robust Advanced Design Techniques and Applications, Springer, ISSN 1430-9491 ISSN 2193-1577 (electronic), Advances in Industrial Control ISBN 978-3-319-14585-3 ISBN 978-3-319-14586-0 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-14586-0
- [156] W.T. Thomson, M. Fenger, "Case histories of current signature analysis to detect faults in induction motor drives," in Proc. IEMDC'03, 2003, pp. 1459-1465.
- [157] C. J. Dister and R. Schiferl, "Using temperature, voltage, and/or speed measurements to improve trending of induction motors RMS currents in process control and diagnostics," in Proc. IAS Annual Meeting, 1998, pp. 312-318.

**XXXVI. Kandó Konferencia
2020. november 19-20.**

[158] L. Serrano Iribarnegaray, "The Modern Space Vector Theory, Part I: Its Coherent Formulation and Its Advantages for Transient Analysis of Converter-Fed AC Machines," European Transactions on Electrical Power, vol. 3, no. 2, pp. 171-180, Mar.-Apr. 1993.

[159] A.H. Bonnett, G.C. Soukup, "Cause and analysis of stator and rotor failures in three-phase squirrel-cage induction motors," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 28, no. 4, pp. 921-937, Jul.-Aug. 1992.

[160] Edited by Rui Esteves Araújo, Induction Motors – Modelling and Control, Published by InTech, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, First published, November, 2012

Printed in Croatia, ISBN 978-953-51-0843-6

[161] A cikk a GINOP-2.3.4-15-2016-00003, „Felsőoktatási és Ipari Együtműködési Központ – Kutatási infrastruktúra fejlesztése Felsőoktatási és Ipari Együtműködési Központ a Széchenyi István Egyetemen” című pályázat támogatásával készült. This work was supported by FIEK program (Center for cooperation between higher education and the industries at the Széchenyi István University, GINOP-2.3.4-15-2016-00003)