



**DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK**

UNIVERSITY OF DEBRECEN
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL
ENGINEERING

**DIAGNOSZTIKA ALKALMAZÁSA A
VILLAMOSGÉP JAVÍTÁSBAN
SZAKDOLGOZAT**

Zámbó Ádám

Üzemeltető-karbantartó specializáció

Debrecen

2023

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	V
Jelölések jegyzéke	VII
1 Bevezetés.....	1
2 Irodalom feldolgozás.....	2
2.1 Villamos gépek bemutatása	2
2.1.1 Transzformátorok	4
2.1.2 Egyenáramú motorok	6
2.1.3 Szinkrongépek	9
2.1.4 Aszinkron motorok.....	12
2.2 Villanymotorok ipari alkalmazása	14
3 Schorch Hungária Kft. villamosgép szerviz bemutatása.....	16
4 Villamos motorok diagnosztikai vizsgálatai	18
4.1 Villamos mérések	18
4.2 Rezgésdiagnosztika.....	22
4.3 Mechanikai vizsgálatok	28
5 Villamos motorok általános karbantartása	29
5.1 Próbatermi vizsgálatok, hibafeltárás.....	30
5.2 Vegyszeres tisztítás, szárítás.....	31
5.3 Szétszerelési folyamat.....	32
5.4 Mechanikai mérések, dinamikus kiegyensúlyozás	33
5.5 Összeszerelés, festés	34
5.6 Próbatermi végellenőrzés, dokumentálás	36
6 Schorch villanymotor teljeskörű karbantartása.....	37
7 Karbantartási tapasztalatok, meghibásodás elemzés.....	59
8 Javaslatok a villanymotorok zavarmentes üzemeltetésére	64
9 Összefoglalás.....	66



DEBRECENI
EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK

Irodalomjegyzék.....	68
Melléklet.....	71

Jelölések jegyzéke

v	$\left[\frac{km}{h}\right]$	sebesség
V	$[cm^3]$	térfogat
ρ	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	sűrűség
P	[kW]	teljesítmény
M	[Nm]	nyomaték
F	[N]	erő
l	[mm]	hosszúság
m	[kg]	tömeg
I	[A]	áram
U	[V]	feszültség
n	[1/min]	fordulatszám
R	$[\Omega]$	ellenállás
-	[mm/s]	csapágyrezgés
-	[μ mm]	csapágyzsírréteg
U_n	[V, kV]	névleges feszültség
I_n	[A]	névleges áram
P_n	[W, kW]	névleges teljesítmény
f	[Hz]	frekvencia

1 Bevezetés

A villamos motorok és gépek karbantartása olyan tevékenység, amely manapság elkerülhetetlen, ugyanis az otthoni felhasználástól kezdve egészen az ipari alkalmazásokig széles körben megtalálhatóak az egyfázisú (230 V), illetve három fázisú (400 V) villamos gépek. Ilyenek lehetnek például az otthoni kerti szivattyúk vagy az ipari 6 kV-os motorok. Minden motor vagy berendezés meghatározott időn belüli felülvizsgálatot igényel, ami lehet kiskarbantartás vagy szakműhelyben történő nagykarbantartás. Az utóbbit végzem én itt a Schorch Hungária Kft-nél már több mint 4 éve, és ezért tartom relevánsnak azt, hogy a szakdolgozatomat is erről a tevékenységről írjam. Az évek alatt, számtalan típusú villanymotorral, illetve karbantartási és szerelési módszerrel ismerkedtem meg, amik segítségével nagyobb, költségesebb hibák megelőzhetőek.

A villamos motor próbatermi felülvizsgálatát és az azt követő szerelési technológiákat, mint csapágycsere, menetzárlat vizsgálat, dinamikus tengely kiegyensúlyozás, mechanikai mérések, valamint a méréshez és szereléshez használatos műszerek és szerszámok bemutatása a célom.

A Schorch Hungária Kft-től kapott szakdolgozat feladatom egy teljeskörű karbantartási és javítási folyamat részletes leírása. A munkám során a különböző javítási technikákat alkalmazva bemutatom az olvasónak a feladatban említett IP 23-as villamos motor mechanikai és villamos méréseit, valamint a számított értékeket és konklúziót vonok, a javítás végén.

A karbantartásban szerzett tapasztalataim alapján szeretném ismertetni a villamos gépek lehetséges meghibásodási okait, valamint egy meghibásodás elemzést készítek, a gyakorlatban alkalmazott diagramok felhasználásával, amellyel hangsúlyozom a diagnosztika fontosságát a karbantartásban.

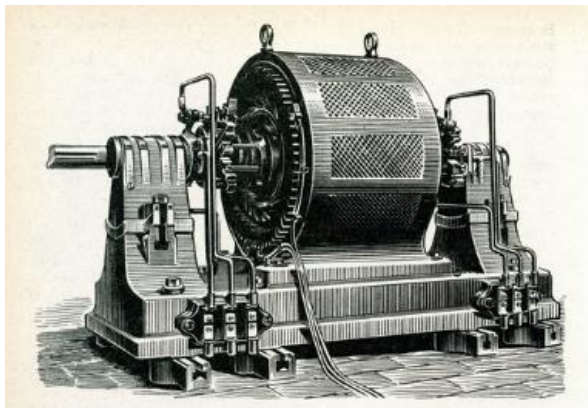
Végül szeretnék javaslatokat adni, a partnerek felé azzal a céllal, hogy a lehető legjobb diagnosztikai rendszer megválasztásával, zavarmentesen és biztonságosan tudják üzemeltetni a villamos gépeket.

2 Irodalom feldolgozás

2.1 Villamos gépek bemutatása

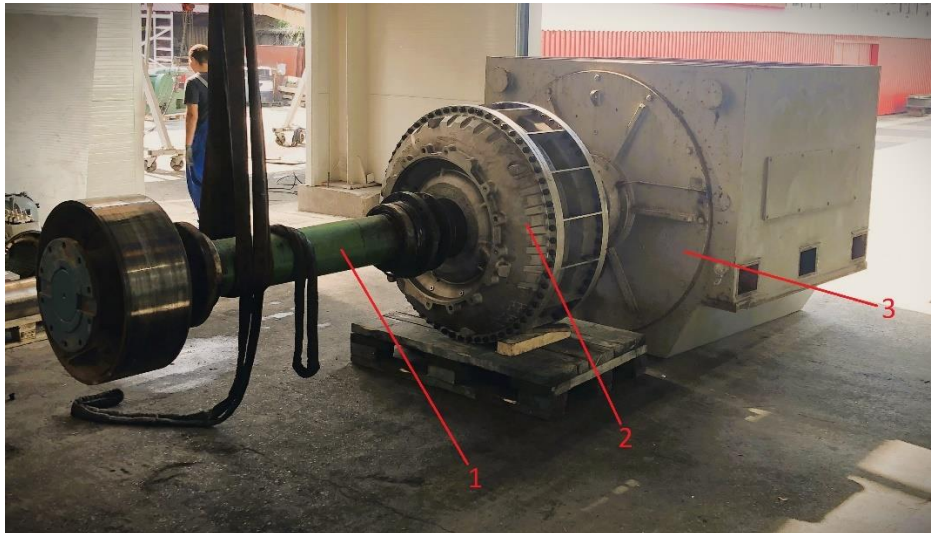
Előljáróban érdemes az elektromosság kialakulásáról beszélni, ami sokak szerint Benjamin Franklin nevéhez fűződik, azonban a kísérletei csak nagyban elősegítették az elektromosság fejlődését. A történelem kétezer éves múltja tekint vissza. Már az ókorban felfedezték, hogy ha egy állat bőrét dörzsölték a fák gyantájával, az vonzerőt váltott ki közöttük, ezt nevezzük statikus elektromosságnak. Később Alessandro Volta fedezett fel kémiai reakciókat, amikkel elektromos áramtermelést hozott létre. 1831-ben Michael Faraday feltalálta az elektromos dinamót, amivel számos problémát megoldott majd Thomas Edison egy tálon készítette el az első izzólámpát 1878-ban, ami a mai ismert néven a villanykörte. 1900-ban Nikola Tesla kereskedelmi célúvá alakította a villamos energiát. [1]

Általános értelemben gépnek azt nevezzük, amely energiaátalakítás során valamilyen meghatározott feladatot lát el. Az egyik legöregebb gépek, a vízikerek, ami a víz helyzeti energiáját hasznosítja és alakítja át forgó mozgással mechanikai energiává, illetve a hőerőgépek a tüzelőanyag kémiai energiájából nyert hőenergiát alakítják mechanikaivá. A villamos gépek általában a villamos energiát alakítják át mechanikaivá, de fordítva is léteznek. A XIX. század első felében miután felfedezték a villamos áram mágneses hatását, sorra jelentek meg a különböző kialakítású és működésmódú gépek. Számos feltaláló kísérletezett a villamos energiával, köztük Jedlik Ányos 1861-ben készítette az egyenáramú öngerjesztéses dinamót, Zipernowszky Károly 1882-ből származó aszinkrongépe valamint Dolivo Dobrowolsky 1889-ben megalkotta a háromfázisú aszinkron motorját, és ezek mind-mind már forgó mozgással működtek. [2]



1. ábra: Dobrowolsky aszinkron motor [3]

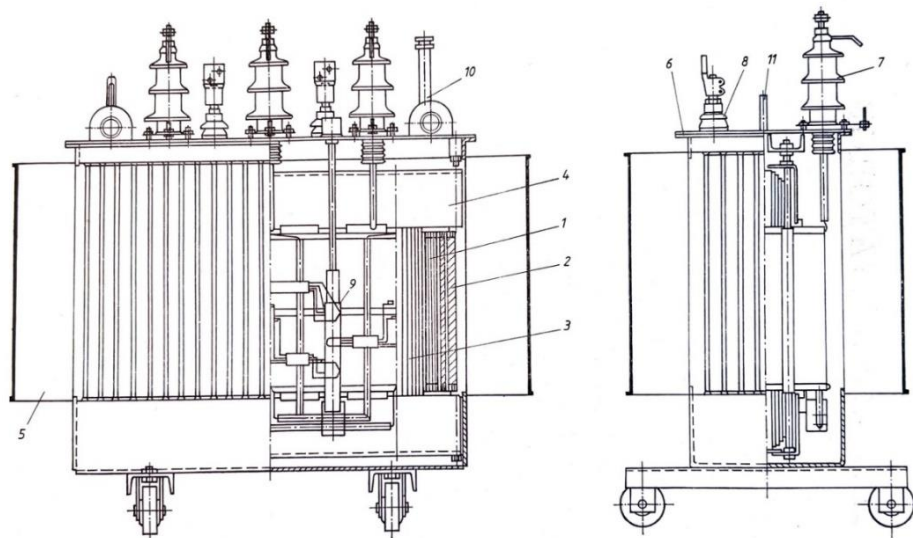
Manapság már nagyon sok fajta villamos motor terjedt el az egyre fokozódó igények kielégítésére. Azonban ezek a gépek kivétel nélkül két fő típusra vezethetők vissza, fogyasztott vagy termelt villamos energia szerint lehetnek egyenáramú, vagy váltakozó áramú villamos gépek. A villamos gépek közül, az egyenáramú gép egyetlen alaptípushoz tartozik, míg a váltakozó áramú gépeknél 3 alaptípust különböztetünk meg, szinkron- és aszinkron gép, illetve transzformátor. A villamos forgógépek energia átalakításuk módja szerint lehetnek motorok vagy generátorok. A generátorok mechanikai energiát alakítanak át villamos energiává, a motorok villamos energiát mechanikáivá. Ha a villamos gépekben, a szükséges feltételek teljesülnek, akkor az energiaáramlás iránya megfordítható, így a motorok működhetnek generátorként és fordítva is, azonban a szinkrongépek elsősorban generátorüzemre alkalmasak, az aszinkrongépek pedig motorüzemre. [2]



2. ábra: MŰ-GU budapesti hulladék feldolgozó motor (saját)
1 Tengely; 2 Hidrokuplung; 3 Villamos motor

2.1.1 Transzformátorok

A **transzformátor** indukció elvén működő gép, ami arra szolgál, hogy a kismegfeszítésű villamos teljesítményt nagyfeszültségűvé vagy a nagyfeszültséget kismegfeszítésűvé alakítsa. Az első transzformátor Déry-Bláthy-Zipernowsky mérnökök szabadalma, ami 1885-ben a Ganz gyárban készült. A transzformátor megjelenése tette lehetővé a villamos energia nagyfeszültségű gazdaságos átvitelét, ami nagyban segítette az ipar fejlődését. [10] A villamos energia termelése és elosztása más-más feszültség szinteken gazdaságos. A generátorok 15-20 kV körüli feszültségét először többlépcsőben feltranszformálják, majd többlépcsős letranszformálási szinteken jut el az ipari, illetve a háztartási fogyasztókig. A hazai hálózatot, nemzetközi alaphálózatra osztják, ami a 750, 400, 220 kV. Az energiaátvitel mellett, számos területen használják, többek közt a vasúti vontatásban, mezőgazdaságban.[4]



3. ábra: Háromfázisú, hermetikusan zárt, olajhűtésű transzformátor [4]

1 Nagyfeszültségű tekercs; 2 Kismegfeszítésű tekercs; 3 Vasmagoszlop; 4 Járom; 5 Hullámos falú olajedény; 6 Fedél; 7 Nagyfeszültségű átvezető; 8 Kismegfeszítésű átvezető; 9 Feszültségmentes megcsapoló-átkapcsoló; 10 Töltőcső biztonsági szeleppel; 11 Hőmérő

Az erőátviteli transzformátoroknak nevezzük azokat a transzformátorokat, amelyek az energia átvitelében vesznek részt. A transzformátoron átáramló energia belépési helye a primer oldal, a kilépési a szekunder oldal. Ezen a típuson kívül létezik még:

- fázisszámváltó transzformátor,
- mérőtranszformátor,
- hegesztőtranszformátor,
- feszültségszabályzó transzformátor. [4]

A transzformátor működésekor a primer oldalon a váltóáram mágneses fluxust kelt, ami a szekunder oldalon feszültséget indukál. Ha a szekunder oldalra villamos terhelést kapcsolunk, ott megindul a szekunder áram, és így jön létre az energiaátvitel. A két áramkörben a frekvencia azonos. A transzformátor az egyik legjobb hatásfokú villamos gép közel 100%, minimális energiaveszteség lép csak fel.[5]

A fellépő veszteségek:

- rövidrezárási veszteség,
- üresjárási/vasveszteség,
- hőveszteség,
- dielektromos veszteség. [5]

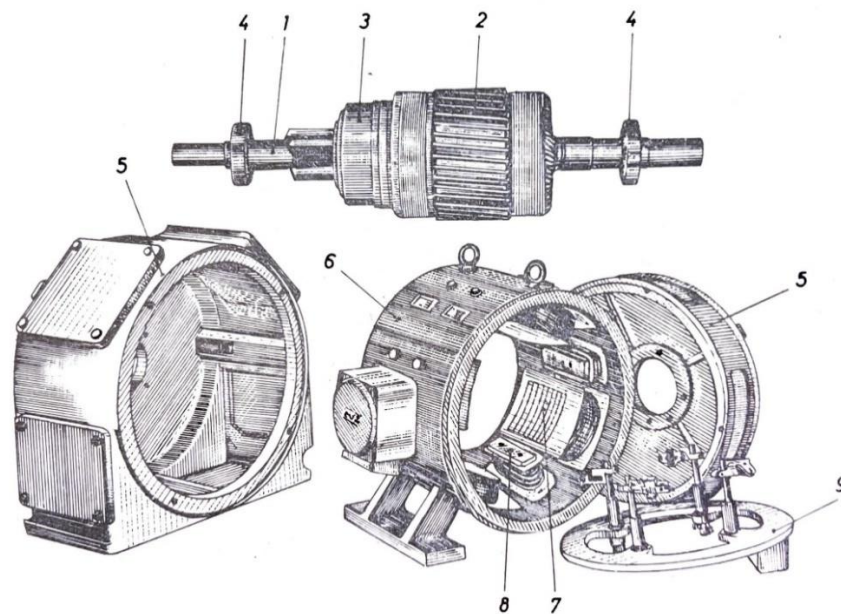


4. ábra: Magyar gyártmányú intelligens transzformátor [6]

A Ganz Transzformátor és Villamos Forgógépgyártó Kft., és a német Maschinen Reinhausen között, sikeres együttműködés, illetve sikeres kutatásfejlesztési tevékenység eredményeként, 2022 őszén mutatták be az intelligens technológiai fejlesztést, a Ganz Intelligent Solutions-t. A fejlesztés célja, hogy a 21. század által kínált digitális megoldások hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tegyék a villamosenergia-ipart. [6]

2.1.2 Egyenáramú motorok

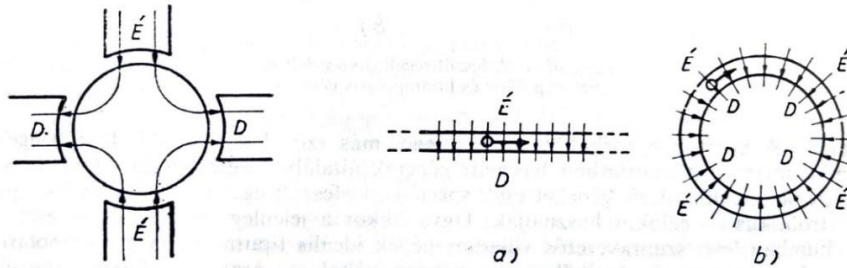
Az **egyenáramú motor** a legrégebb óta használt géptípus, manapság főként áramirányítós táplálással motorként alkalmazzák, azonban fékezéskor generátoros állapotba megy át. Ez a legösszetettebb belső felépítésű villamos gép, a váltakozó áramú gépektől eltérően nincs szinkron fordulatszámhoz kötve így póluspárszáma és fordulatszáma között nincs kapcsolat, ezért széles határok között pontosan és veszteségmentesen fordulatszáma változtatható. Legsérülékenyebb része a határteljesítményhez kötött kommutátor, ami meglehetősen drága, és tűz- és robbanásveszélyes környezetben nem használható. [4]



5. ábra: Egyenáramú villamos motor [4]

1 Tengely; 2 Lemezelt vastest, berakott tekercseléssel; 3 Kommutátor; 4
Gördülőcsapágyak; 5 Pajzsok; 6 Acél állórész; 7 Főpólusok; 8 Segédpólusok; 9 Kefehíd;

Az egyenáramú motor olyan gép, ami frekvenciafeltétel szerint mindkét oldalán, az álló és forgórész tekercselésében egyaránt egyenáram folyik. Az állórész és a forgórész vastestekhez rögzített mágneses mezők relatív nyugalomban, csak álló helyzetben lehetnek. A heteropoláris gépek azok, amelyek kerületén eltérő déli és északi pólusok váltják egymást. Az egyenáramú gépet unipoláris, vagyis homopoláris gépnek nevezzük. [2]



6. ábra: Heteropoláris pólusrendszer (bal), Homopoláris gép elve (jobb a,b) [2]

Az egyenáramú villamosgép áramirányítása kommutátorral történik. A kommutátor egymástól szigetelt réz szeletekből és azokon csúszó, szénkefékből áll. [2]

Összegezve az egyenáramú gépeket, csoportosíthatjuk három szempont alapján;

- Gerjesztés szerint: soros, párhuzamos, vegyes, független gerjesztésű,
- Pólusszám szerint: homopoláris, heteropoláris,
- Kommutáció szerint: Mechanikus kommutációjú tehát szénkefés, illetve elektronikus kommutációjú, vagyis kefe nélküli. [2]

A gerjesztési módtól nagyban függenek az egyenáramú gépek tulajdonságai. Üzemelés közben veszteségek lépnek fel, úgy, mint a **tekercsveszteség**, amely az állórész és az armatúra tekercseiben jelenik meg, a **vasveszteség**, amely a periodikusan ismétlődő forgó átmágnesezés miatt a forgórészben keletkezik, a **súrlódásiveszteség** mechanikai súrlódásokból és légsúrlódásból tevődik össze, illetve a **szellőzési veszteség**, amely motor hűtésére alkalmazott ventilátor meghajtásához szükséges teljesítmény veszteség. [2]

Az egyenáramú motorban, egyszerű eszközökkel villamos teljesítmény mérhető, ezért meghatározható a motor teljes hatásfoka:

$$\eta_m = \frac{P_h}{P} = \frac{P - P_g - P_f - (P_s - P_v)}{P} \quad (1)$$

ahol a P_g gerjesztési tekercsveszteség, P_f főáramkörű veszteség, P_s súrlódási veszteség, P_v vasveszteség. [8]

Az egyenáramú gépekre jellemző, a jelen kori követelményekhez könnyen alakíthatóság, a motorok fordulatszáma hajtásszabályozóval változtatható, az indítási tulajdonsága is kedvező, hátránya, hogy a kommutátor és a hozzá tartozó keferendszer, karbantartást igényel, ami általában szakműhelyben történő nagykarbantartás. [2]

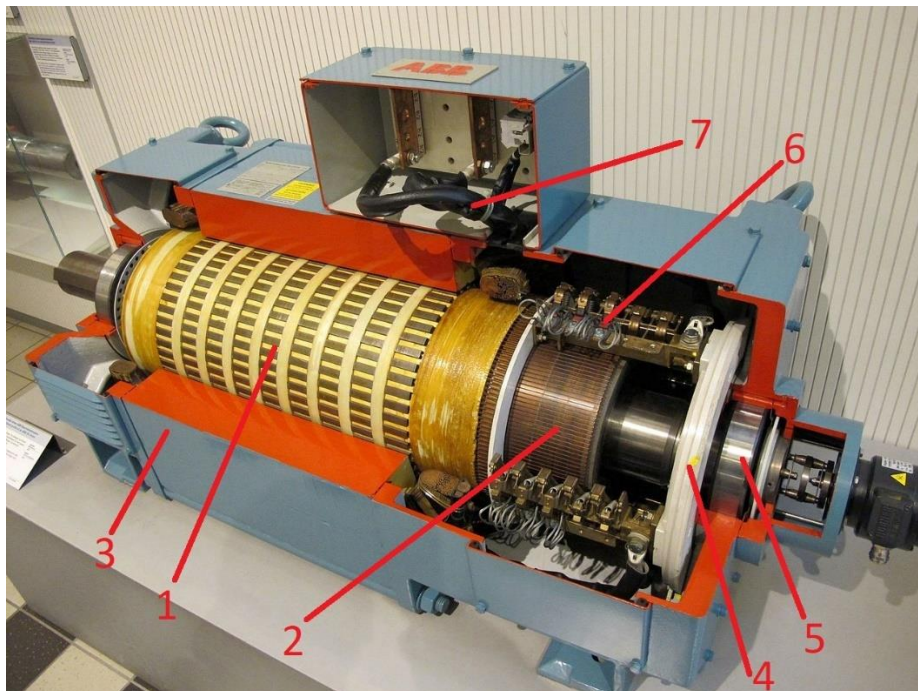
Az egyenáramú motor fordulatszám változtatását lehet valamennyi villamos motor közül a leggazdaságosabb és legbiztonságosabban végezni. A fordulatszámot az alábbi egyenlet szemlélteti:

$$n = \frac{U - I_A R}{C\phi} \quad (2)$$

Az I_A armatúraáramot, a terhelés megszabja, ezért a fordulatszám változtatásának három módja lehet:

- Fluxus változtatás, vagyis csökkentés, amit úgy nevezünk, hogy mezőgyengítés,
- Az armatúra R ellenállásának növelése, vagyis előtétellenállás bekötése,
- Az U kapocsfeszültség változtatása. [8]

Az egyenáramú motorok terhelőnyomatéka többszöröse is lehet a névleges nyomatéknak. Ha a fluxust állandónak tekintjük, akkor a nyomaték egyenesen arányos az áramfelvétellel, vagyis a túlterhelést megszabó billenőnyomaték a külső és sönt-gerjesztésű motoroknál nincs. A **melegedés**, **kommutáció** és a **stabilitás** határozza meg a túlterhelhetőségét a motornak. Ha a reaktancia (önindukciós) feszültség átlép egy bizonyos értéket, a kefék alatt szikrák jelennek meg, minél gyorsabban forog az armatúra és minél nagyobb áram folyik keresztül rajta, a reaktancia feszültsége annál nagyobb lesz. Ha a kefeszikrázás nagymértékű, akkor a kommutátort körülvevő levegőréteg ionozódik, a szikrák kommutátorszeletről kommutátorszeletra jutnak, majd végül körtűz keletkezik, és így a gép közvetlen kapcsoláratba kerül. [8]

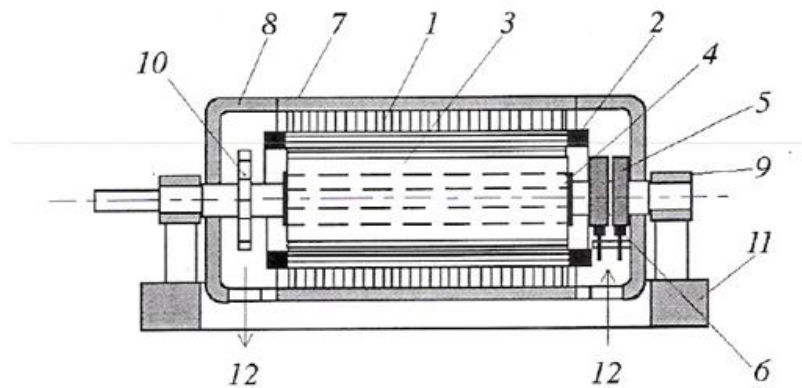


7. ábra: Egyenáramú motor metszete [33]

1 Lemezelt vastest; 2 Kommutátor; 3 Állórész; 4 Kefehíd; 5 Csapágy; 6 Szénkefék; 7 Kivezetések

2.1.3 Szinkrongépek

A váltakozó áramú gépek közül a szinkron gép a villamos energiatermelés legfontosabb gépe, mert generátorként és motorként is használható. Minden szinkrongépnek két fő része van, állórész és forgórész. Általában a forgórész tekercseit táplálják egyenárammal, így a gerjesztés a forgórész (póluskerék) és állórész közti légrévsben olyan fluxust eredményez, ami mozgása során az állórész tekercseiben váltakozó feszültséget indukál. Az egyenáramú gerjesztés mindössze a mágneses mező előállítására használandó fel, majd a gerjesztő teljesítmény hővé alakul. [10]



8. ábra: Szinkrongép felépítése [7]

1 Állórészvasmag; 2 Állórész-tekercselés; 3 Forgórészvasmag; 4 Gerjesztőtekercs; 5 Csúszógyűrűk; 6 Szénkefék; 7 Állórész ház; 8 Pajzs; 9 Bakcsapágó; 10 Szellőző lapátkerék; 11 Gépalap; 12 Hűtőlevegő be- és kilépőnyílásai

A póluskeréknek két alap típusát különböztetjük meg, a hengeres és a kiálló pólusú forgórészt. A hengeres pólusú forgórész hornyaiban a gerjesztőtekercsek lemezzel vagy tömör formában helyezkednek el, kevés pólusszámmal rendelkeznek, illetve magas fordulatszámmra készülnek. A kiálló pólusú forgórészen a forgórészkoszorúhoz erősített pólusok hordják a gerjesztőtekercseket és ezt a fajtát alacsonyabb fordulatszámmra tervezik. [10]

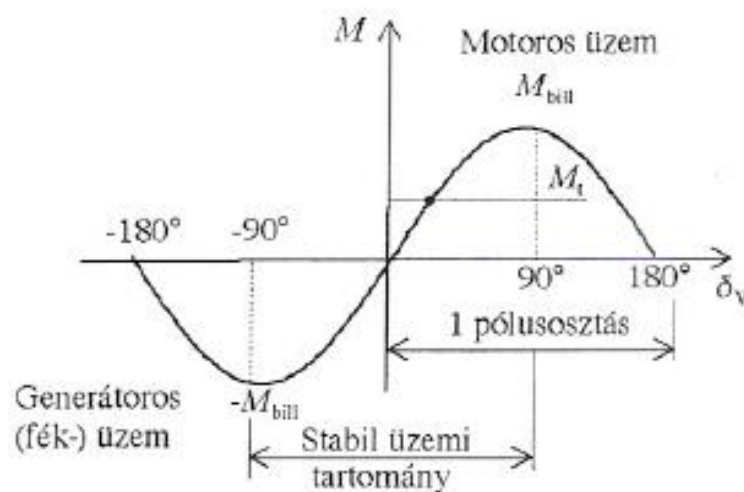
Szinkron motor olyan gép, melynek forgórésze az állórész tekercselés által létrehozott mágneses térrel együtt forog, vagyis szinkronban van. Alkalmazásuk száz kilowatt felett és nagy pólusszámokon gazdaságos, ahol az aszinkron motorok teljesítménytényezője erősen romlik. Az egyenárammal gerjesztett forgórész a felfutás alatt, a gerjesztőtekercs közvetlenül rövidre van zárva, így a motor beugrik a szinkronizmusba. A szinkronizmust nehezíti, ha a forgó tömeg, a szlip és a terhelőnyomaték nagy. A túlterhelhetőségre jellemző behúzó nyomaték (pull-in torque) az a maximális nyomaték mellynél a motor, adott tömeg, névleges feszültség és névleges gerjesztéssel még szinkronizálható.[4]

A szinkron fordulatszám meghatározása:

$$n_0 = \frac{f}{p} \quad (3)$$

Különbéle szinkrongéptípusok:

- reluktanciamotorok,
- állandó mágneses motorok,
- hiszterézismotorok,
- léptetőmotorok. [4]



9. ábra: Szinuszos függvény szerinti nyomatékábra [11]

A **szinkron generátor** a mechanikai energiát a tengelyén veszi föl, a hozzá csatlakozó géptől. Az erőművek széles körben alkalmazzák. A szinkron generátorokat általában egyenárammal gerjesztik, állandó mágneses szinkron generátorokat főként olyan helyen alkalmazzák, ahol nehezebben megoldható a karbantartás (például, víz alatti búvárgenerátor), vagy csekély a rendelkezésre álló hely (például, szélgenerátor). [13]

Működése: Egyenárammal mágneses teret hozunk létre a forgórészen, aminek az erővonalai az állórészen záródnak. A mágneses teret állandó n_0 fordulatszámmal forgatjuk, így az erővonalak metszik az állórész hornyaiban lévő vezetőket, ezért feszültség indukálódik bennük. Ha megterheljük az állórészt, létrejön az állórész forgómezeje és kialakul a generátor.

A frekvencia kiszámítása:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad (4)$$

ahol a p póluspárok száma, n percenkénti szinkron fordulatszám. [13]

A szinkron generátorban indukált feszültség frekvenciája egyenesen arányos a gép fordulatszámával, vagyis a gép forgórész helyzetének változásával egyidejűleg változik a váltakozófeszültség pillanatértéke. Innen kapja a nevét, a szinkron elnevezés. A szinkron motorokban a forgórész ugyan olyan fordulatszámmal forog, mint az őt körülvevő mágneses mező, mert az egyszerű felépítésű szinkron motorok forgórésze, egy vagy több állandó mágnesből, illetve elektromágnesből áll. [10]

A szinkronizálás feltételei:

- azonos feszültség,
- azonos frekvencia,
- azonos fázishelyzet,
- azonos fázissorrend. [10]

A szinkrongenerátorokat leginkább a villamos energiát előállító erőművekben alkalmazzák (100-1000 MVA). [7]

Léteznek **hibrid motorok** melyek egyszerre szinkron és aszinkron tulajdonságokkal rendelkeznek. Aszinkron módon indulnak, majd szinkronizálódnak a betáplálási frekvenciára, és szinkronüzemben működnek. Ezek LSPM (Line Start Permanent Magnet) motorok, vagyis kiegészítő állandó mágnesekkel ellátott háromfázisú váltóáramú aszinkronmotorok. Előnyük, hogy üzem közben nincs forgórészveszteségük, hatásfokuk pedig kiváló. [14]

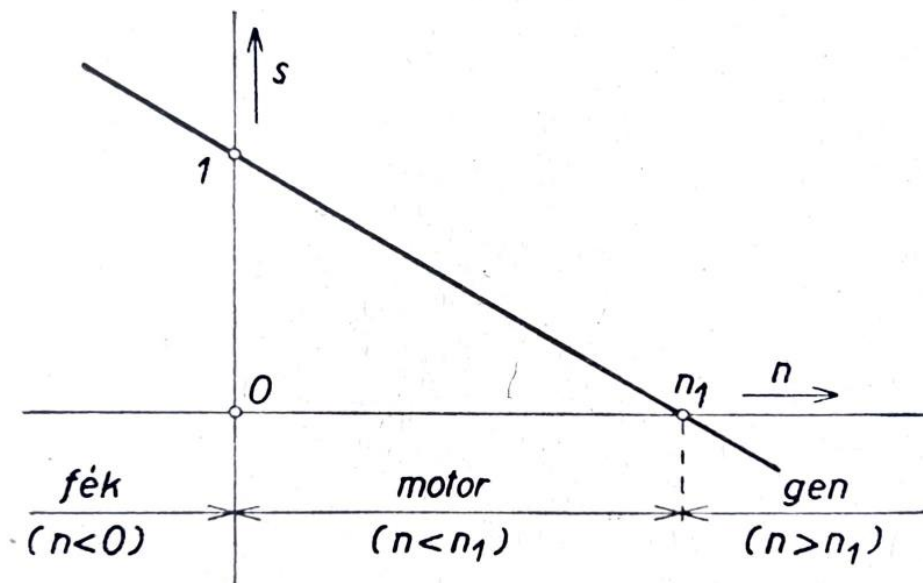


10. ábra: LSPM technológia [14]

A technológia a háromfázisú aszinkron motorok forgórészének állandó mágnesekkel történő kiegészítésén alapszik. [14]

2.1.4 Aszinkron motorok

Aszinkron motornak azokat a váltakozóáramú gépeket nevezzük, amelyeknek az álló és forgórésze nincs vezetői összeköttetésben. Általában az állórész tekercseit tápláljuk villamos energiával, ami forgómágnes-mezőt gerjeszt, tehát az álló- és forgórész közti kapcsolatot az indukció hozza létre. A forgórész fordulatszáma nem egyezik meg a forgómező fordulatszámával, vagyis nem fut szinkronban. Az aszinkrongép működhet motorként, illetve generátorként is. Ha motorként üzemel, akkor a forgórész kisebb fordulatszámon forog, mint a forgómező, ekkor az állórész veszi fel a villamos energiát és a motor tengelye valamilyen mechanikai energiát ad le azonban, ha generátorként működik, akkor a forgórész fordulatszáma nagyobb a forgómező fordulatszámánál, ami csak úgy lehetséges, hogy a gép tengelyére kapcsolva viszünk be mechanikai energiát, ami a gépben alakul villamos energiává, ezt nevezzük generátoros üzemnek. Tehát az aszinkron motornak nincs önálló gerjesztése a forgómező indukálja a gerjesztőáramot, amelyet a hálózatról kapcsolunk. A forgórész és a forgómező fordulatszám eltérését, a forgómező egy fordulatahoz viszonyítjuk, amit szlipnek vagy csuszamlásnak nevezünk. [12]



11. ábra: A szlip (s) ábrázolása a fordulatszám (n) függvényében [15]

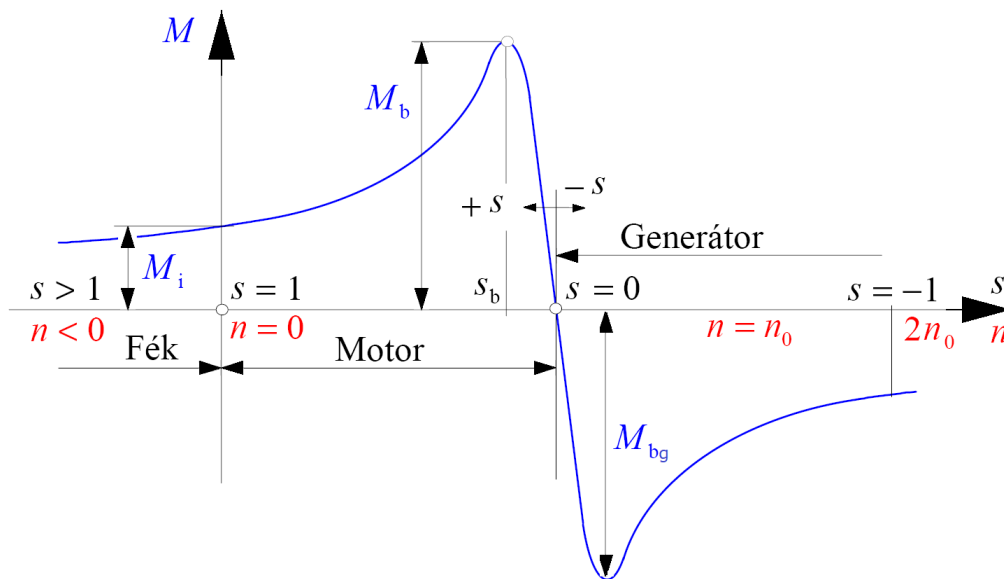
A szlip kiszámítása:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = 1 - \frac{n}{n_1} \quad (5)$$

ahol n_1 a forgómező fordulatszáma és n az aszinkrongép fordulatszáma. [9]

Motorüzemben a szlip értéke 0 és 1 között van. A felvett villamos energiának csak az egyik része hasznosítható a mechanikai energia, amely a tengelyen vehető le, az energia másik része hővé alakul így nem hasznosítható. **Generátorüzemben** a gép fordulatszámát közel a szinkron fordulatszámhoz növeljük, vagyis $n > n_1$ tehát a szlip értéke ilyenkor negatív. A tengelyen bevitt mechanikai energia egy része hővé alakul, másik része villamos energiaként a kivevéseken mérhető. **Féközemben** a forgórészt ellentétes irányban forgatjuk a forgómezővel, így a szlip értéke nagyobb 1-nél. Féközemben a gép villamos energiát vesz fel a kapcsain, illetve mechanikai energiát a tengelyén, azonban mindkét felvett energia hővé alakul a gépben. [9]

A 12.-es ábráról leolvasható, hogy motorüzemben a legnagyobb nyomaték, amelyet a tengelyen képes leadni a motor, a billenőnyomaték (M_b), ha efelé megy a terhelés, leáll a motor. Generátorüzemben a billenőnyomatéknál (M_{bg}) nagyobb nyomatékkal nem lehet a generátort hajtani, mert túlszalad. Az aszinkronmotor legfontosabb jelleggörbéje a szlip- és a fordulatszám függvényében a nyomaték változása, vagyis a nyomaték-görbe. [9]



12. ábra: Aszinkron gép nyomaték-fordulatszám jelleggörbe [12]
 M_i indítási nyomaték; M_b billenő vagy maximális nyomaték; M_{bg} billenőnyomaték generátorüzemben; s_b billenő szlip

A szlipet szokás %-os értékben megadni, a névleges teljesítményhez tartozó szlip értéke teljesítmény függően 3...5%. [9]

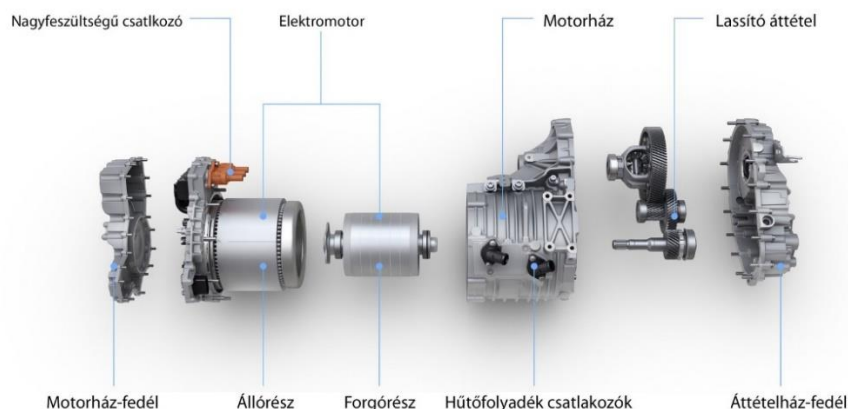
$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 \quad (6)$$

2.2 Villanymotorok ipari alkalmazása

Villamos motorok alkalmazása az ipar és a háztartás minden területén egyaránt elterjedt. Egyfázisú motorokat főként a háztartásban használnak, kiválóan alkalmas otthoni szivattyúkhoz, ventilátorokhoz, fűnyíró és sok más berendezés működtetésére. Ezek a gépek 230/400V és 50 Hz feszültségen üzemelnek. A háromfázisú motorok közül főként az aszinkron motor mely 400/690V és 50 Hz feszültségen a legelterjedtebb felhasználás szempontjából, ugyanis egyszerű felépítése, kis meghibásodási száma és akár szélsőséges körülmények közötti üzemelése miatt alkalmas a legtöbb helyre. Az iparban főként csak háromfázisú motorokat alkalmaznak, mert az egyfázisúhoz képest sokkal erősebb, biztosabb, jó ár-érték arányban kaphatóak sokféle kivitelben.[16] Az ipari felhasználásban széles körben alkalmazhatók:

- szivattyúrendszerek,
- gyártósori feladatok (mozgás, fogás, emelés),
- emelő szerkezetek (targonca, híddaru, felvonók),
- hűtés-fűtés, elszívó ventilátorok,
- villamos hajtások. [16]

A közúti közlekedésben is jelen van a villamos motor, mint például a villanymozdony vagy trolibusz motorja, illetve a mai hibrid és elektromos autókban is megtalálható (pl. 13. ábra).[17]



13. ábra: Audi E-tron GT quattro elektromotor [17]

A villanymotorok felhasználhatósága folyamatosan bővül, egyre jobb és megbízhatóbb gépeket gyártanak, a környezettudatosság jegyében. A repülőgépiparban kifejlesztett tisztán elektromos meghajtású repülőgép prototípusa már elkészült, bár mindösszesen 8 percet töltött a magasban, de ez egy fontos mérföldkő, az elektromos utasszállítók fejlesztését tekintve. [16]

A jármű utazósebessége 461 Km/h, illetve 1134 kg teher szállítására alkalmas. A gépen 9 utasülést, és két darab egyenként 850 LE Magnix Magni 650 kW elektromos motor található. [18]



14. ábra: N882EV lajstromjelű tisztán elektromos meghajtású repülőgép [18]

A megújuló energiaforrások terén is fontos szerepük van a villamos motoroknak, hiszen ezek nélkül nem lenne megoldható a különféle rendszerek mozgatása. A szélturbinák esetében a motorok felelősek a turbinalapátok pontos tájolásáért, illetve a motoron található fékrendszer, a szélkerék elindulását szabályozza. A napelemes rendszerekben használva, a motorok szabályozzák a napelemek mozgását, hogy mindig a legjobb beesési szögben érje a nap sugarai [31].

Összegezve a villamos motorok használata elengedhetetlen az ipari folyamatokban, a robotikában és az automatizálásban, illetve a megújuló energiaforrások kiaknázásában is. A motorok kiváló alkalmazhatóságának köszönhetően biztosítják a hatékonyságot és megbízhatóságot minden területen ezzel hozzájárulva a modern gyártás és energiafelhasználás fejlesztéséhez [31].

3 Schorch Hungária Kft. villamosgép szerviz bemutatása

A Schorch Hungária Kft. 2003-ban alakult az akkori Tiszai Vegyi Kombinát (TVK) területén (most Mol Petrolkémia Zrt.), amely a német gyártmányú SCHORCH villamos motorok kizárólagos márkakereskedője és szakszerviz képviselője Magyarországon. A cég Kelet-magyarországi régió egyik meghatározó villamosgép javító és kereskedelmi bázisa, amely mára már több száz partnerrel rendelkezik. Az elhelyezkedésének köszönhetően, a térség nagyvállalatainak mint:

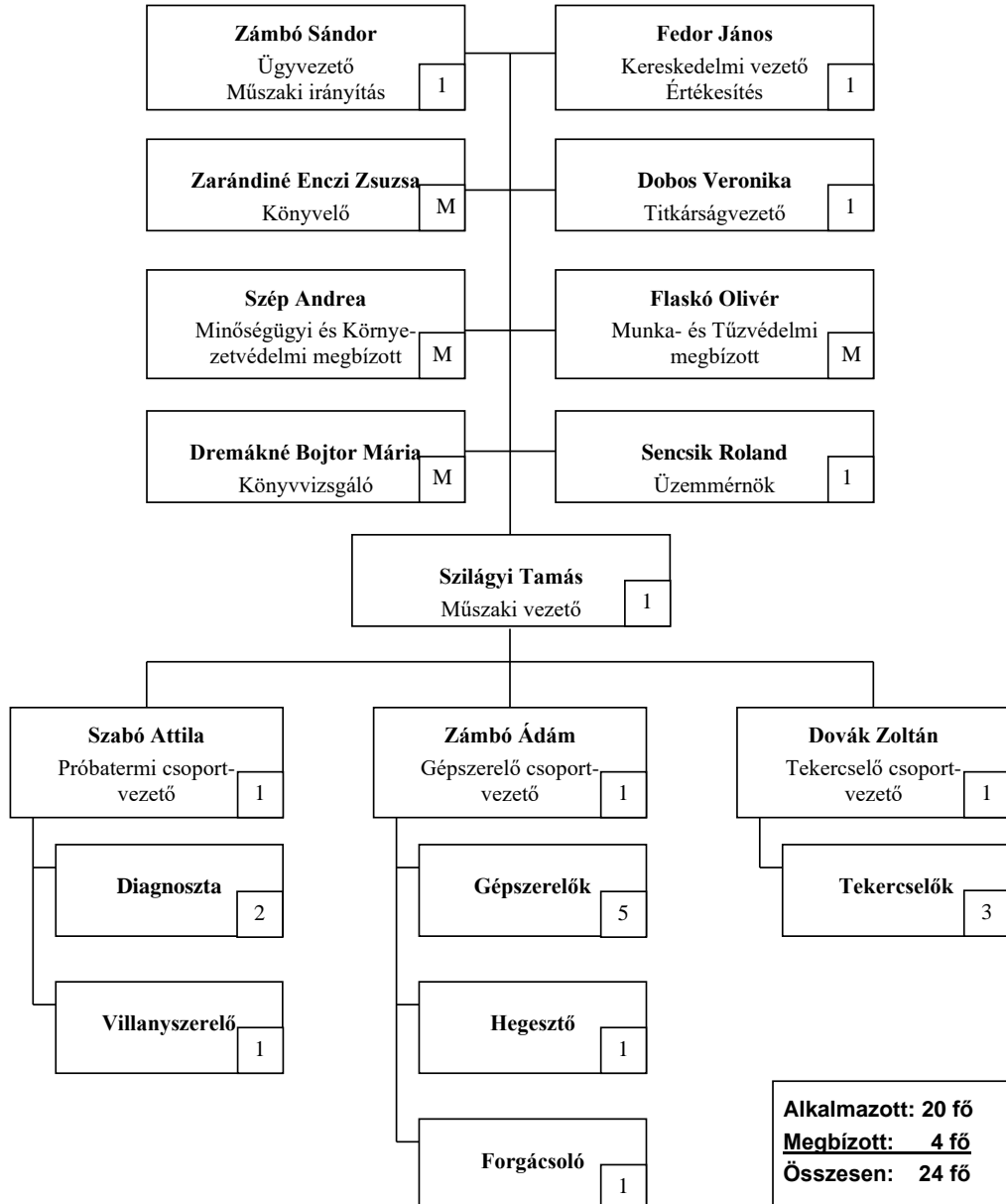
- MOL Nyrt.,
- MOL Petrolkémia Zrt.,
- Linde Gáz Zrt.,
- BorsodChem Zrt.,
- Teva Gyógyszergyár Zrt.,
- Alkaloida Zrt.

fontos piaci partnere. A Társaság a partnerek igényeinek megfelelően lát el komplex javítási és karbantartási feladatokat. Vállalja a gépek, készülékek, berendezések kiválasztását, beszerzését, üzembehelyezését, ellenőrzését, karbantartását és javítását. Főtevékenységi körébe tartoznak a kapcsolókészülékek, hajtások, szinkron és aszinkron, illetve egyenáramú villamos motorok teljeskörű javítása. Ezen felül kéziszerszámok, háztartási gépek, szivattyúk javítására, forgástestek kiegyensúlyozására, csapágy-, és rezgésállapotfigyelő rendszerek kiépítésére, hőkezelési feladatok elvégzésére, diagnosztikai-, és próbatermi vizsgálatokra terjed ki. Továbbá 24 órás készenléti szolgálatot, motorok szállítását, helyszíni diagnosztikát, karbantartást és javítást biztosít a partnerek maximális kiszolgálására.



15. ábra: A Schorch Hungária Kft. főépülete [19]

A társaság szervezeti felépítése:



16. ábra: A Schorch Hungária Kft. szervezeti sémája (saját)

4 Villamos motorok diagnosztikai vizsgálatai

4.1 Villamos mérések

A vizsgált berendezés mérése és hálózatra kapcsolása előtt szemrevételezéssel állapítjuk meg, hogy

- a motor védőburkolata megfelelő,
- a kommutátorok, csúszógyűrűk, szénkefék állapota ép,
- a tengelyvégek állapota,
- tengelykapcsolók, szíjtárcsák rögzítése megfelelő,
- segédmotorok: szervomotorok, gerjesztőgépek épsége, rögzítése,
- kivezetések, védő földelő csatlakozások épsége.

megfelelő-e a biztonságos mérés megkezdéséhez.

Védővezető vizsgálata: Minden esetben szükséges vizsgálat, a megérintható, nem aktív részeket villamosan jól vezető módon össze kell kötni egymással és a földelő csatlakozókapoccsal.

Szigetelési ellenállás mérése: A mérés elvégezhető kifűzött vagy kifűzetlen állapotban egyaránt. A kapott szigetelési ellenállás nagymértékben függ a forgórész hőmérsékletétől, a környezet páratartalmától. A mérőműszer kifestültségű motorok esetén 500V egyenfeszültség, 1000V-nál nagyobb feszültségű gépek esetében 1000 – 5000V egyenfeszültség. A szigetelési ellenállás akkor tekinthető megfelelőnek, ha

$$R \geq U_n + 1 \quad (7)$$

ahol R a tekercselés szigetelési ellenállása [$M\Omega$] és U_n a tekercselés névleges feszültsége [kV].

A mérés elvégzéséhez speciális mérőműszer szükséges, például:

- Megohmetru GigaOhm szigetelésmérő (17.ábra): 250 – 500 – 1000V DC vizsgáló feszültséggel rendelkezik, széles tartományban alkalmas szigetelőanyagok vizsgálatára (max. 2 [$G\Omega$]).



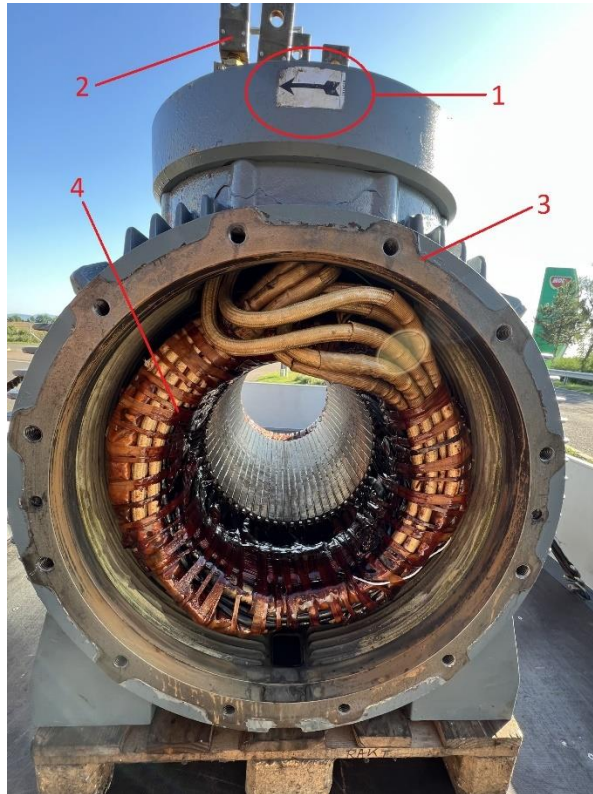
17. ábra: MI 3103 szigetelésmérő műszer [20]

- Kewtech HighVoltage szigetelésmérő (18. ábra): 500 – 5000V vizsgáló feszültség és legfeljebb 1000 [GΩ].



18. ábra: KEW3125A szigetelésmérő műszer [21]

Fázissorrend, forgásirány és polaritás vizsgálata: A forgásirányt nem minden esetben, de néhány gyártó (SCHORCH, Siemens, ABB) a motor hajtás oldali pajzsán vagy kapocsházán (19. ábra) jól láthatóan egy piktogrammal jelzik, illetve bekapcsoláskor figyelni kell, hogy a kapcsok betűjelzéseinek megfelelően bekötve, jó irányba forog-e a gép. A kapocstábla kapcsolási rajz szerinti bekötését és a kapcsok jelölését szemrevételezni, a félreérthető vagy nem látható jelöléseket pótolni kell vagy kapcsolási rajzot kell mellékelni a motorhoz.



19. ábra: Villanymotor forgásirányt jelző piktogram (saját)
1 Forgásirány piktogram; 2 Kivezetések; 3 Motor állórész; 4 Tekercsfej

Üresjárás: A villamos motorok üresjárás vizsgálatát szabad tengelyvéggel, vagyis minden külső terhelés nélkül kell végezni.

- Egyenáramú villamos gépek üresjárás vizsgálatát névleges feszültségen kell végezni és mérni kell motor esetében a fordulatszámot, az armatúra és a gerjesztés áramát. Generátornál a gerjesztés áramát és a feszültséget.
- Aszinkron villamos gépek üresjárás vizsgálatánál, névleges feszültségnél vizsgáljuk, az üresjárás áramot és a felvett teljesítményt.
- Szinkrongépek üresjárását szinkron fordulaton és a névleges feszültségen kell végezni. Mérni kell a póluskerék gerjesztő áramát, a gerjesztő gép gerjesztőáramát és armatúrafeszültségét.
- Kommutátoros váltakozó áramú gépeknél szemrevételezéssel ellenőrizni kell a csúszógyűrűk, kommutátor, kefehíd, kefetartók és szénkefék állapotát, kefetartók és kefehidak beállítását, kábelek és kefetartók mozgathatóságát. Üzem közben nem szabad megsérülniük. Névleges feszültségen és frekvencián vizsgálni kell az üresjárás áramot és teljesítményfelvételt, műszeres vizsgálattal ellenőrizni kell szinkron fordulatszámokon a kefetartók helyes beállítását, illetve lehetőség szerint mérni kell az egyes fázisok áramának szimmetriáját.

Hőkamerás vizsgálat: A hőkamerás vizsgálat indokolt esetben nagyon hasznos. Egy + -os csapágyillesztésnél a csapágyban keletkező hő befolyásolja a csapágy élettartamát. Hőkamerával könnyedén vizsgálható és így egy nem várt csapágyhiba megelőzhető. Ugyanakkor mérhetjük az állórész melegedését, vaszárlatot, motor pajzsokat.



20. ábra: Villamos motor hőkamerás vizsgálata Fluke Infrared kamerával [22]

Általában minden olyan motornál, aminek a szétszerelési folyamatát indokolt esetben (például: IP23-as nyitott motor) a mosás majd a kemencében történő szárítás követ, a biztonság érdekében **Baker vizsgálat**tal (21. ábra) ellenőrizzük, hogy a szigetelése megfelelő, áramfelvétele szimmetrikus. Menetzárlat vizsgálatra alkalmas műszer, 4-40 kV feszültségű motoroktól kezdve, a 40 MW-os generátorokig. Gyors elemzés után, az adatok menthetők.



21. ábra: SKF Baker menetzárlat vizsgáló [23]

1 Kezdés vagy tesztelés gomb; 2 USB port; 3 Nagy felbontású érintőképernyő, grafikus felhasználói felülettel; 4 Vészleállító gomb; 5 Ellenállás, induktivitás és kapacitás vezetékcsatlakozó; 6 Ellenállás, induktivitás és kapacitás mérő vezetékek; 7 Változtatható feszültség szabályzó gomb; 8 kV kapacitás; 9 Nagyfeszültségű vezetékek

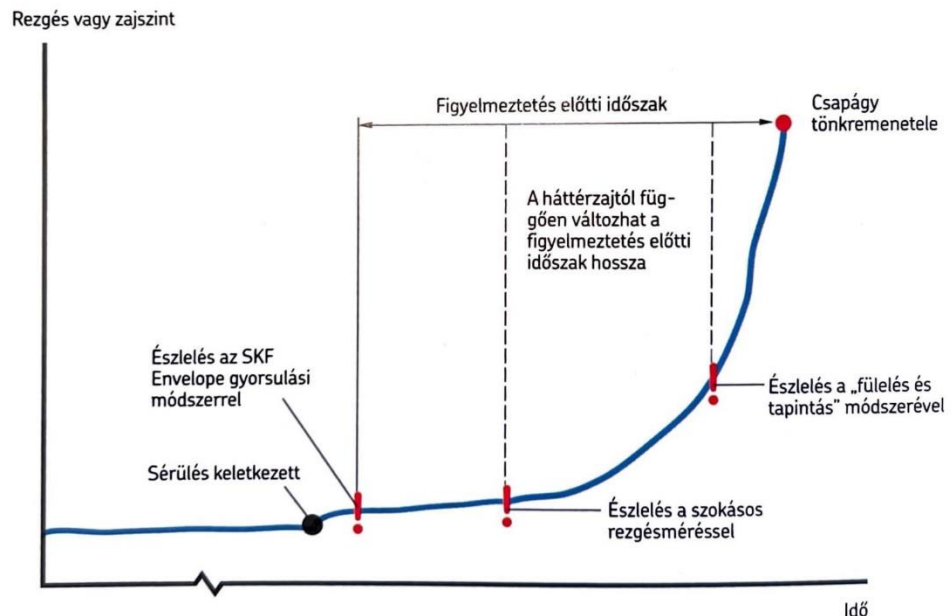
4.2 Rezgésdiagnosztika

A villamos forgógépek diagnosztikai vizsgálatainak szerves részét képezik a rezgésdiagnosztikai vizsgálatok, amelyek kiterjednek a csapágy-, tengely-, állórész- és egyéb fontos elemek rendszeres vizsgálatára. A csapágyak és egyéb gépalkatrészek működés közbeni megfigyelésére sok gyártó különféle műszerekkel állnak a rendelkezésünkre. Ilyenek lehetnek például az SKF vagy az SPM műszerek. A diagnosztikai mérésnél az optimális csapágyfutás legfontosabb paraméterei:

- zaj,
- hőmérséklet,
- rezgés.

Azonban nem minden gépet vagy alkatrészt tudunk vizsgálni műszerekkel, ilyenkor a hibára utaló jeleket az érzékszerveinkkel, mint a gép meghallgatásával vagy megérintésével tudjuk figyelni. Ha már kézzel vagy a hallgatás során észlelhető a károsodás, mielőbb csapágycserét kell elvégezni. Az SKF professzionális állapotfelügyelő rendszereit beépítve, könnyedén, és a hibát követően kapjuk a figyelmeztetést. A 22. ábra szemlélteti a diagnosztika alkalmazásának fontosságát, valamint a csapágy tönkremenetelének és ezáltal a gép meghibásodásának megelőzési fázisait.

Az összetett állapotfelügyelet előnyei



22. ábra: Az összetett állapotfelügyelet előnyei SKF [24]

Az SKF Envelope gyorsulás mérés egy jól bevált rezgésmérési módszer, ami csapágy meghibásodás korai előrejelzésére szolgál. A rezgés gyorsulás-mérést sávszűrővel végzik, majd egyenirányítják és végül leburkolják. Az így kapott jeleket dolgozzák fel. Ezzel a mérési módszerrel nem csak a meghibásodásra utaló jelek észlelhetők, hanem az is, hogy mely alkatrészek károsodtak (pl. csapágykosár, görgők, külső-, ill. belső gyűrű). [25]

Zajszint mérése: A csapágyak szabálytalan működésének felderítésére a leggyakoribb módszer a meghallgatás, erre ad pontos megoldást a sztetoszkóp. A megfelelő állapotban lévő csapágyak zaja bűgő hangot ad, a nyikorgó és egyéb szokatlan hangok, a csapágy hibájára utalnak.



23. ábra: SKF TKST 11 sztetoszkóp [26]

Hőmérséklet mérése: A hőmérséklet mérésére alkalmazható a tapintóhőmérő, valamint a nehezen hozzáférhető helyeknél az érintésmentes mérés, a hőkamera.



24. ábra: SKF TKDT 10 Tapintós hőmérő [27]

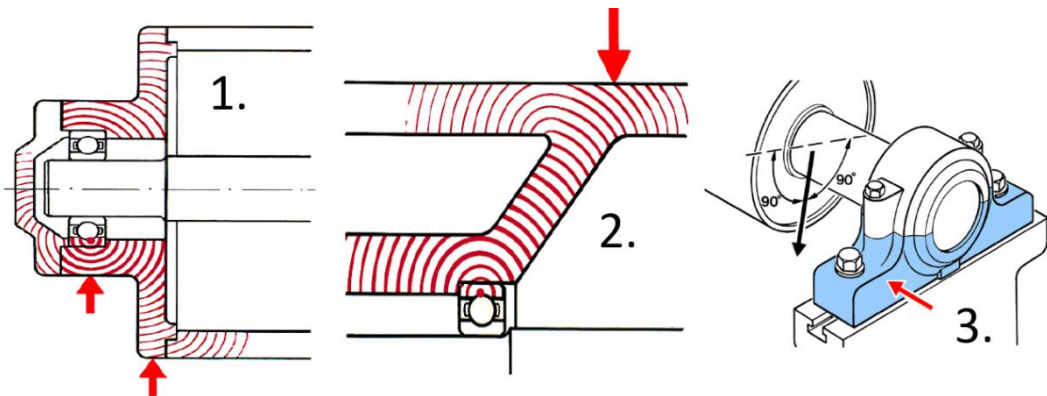
Rezgés mérése: A villamos gépek által keltett rezgéseket leggyakrabban a gépházra vagy csapágytestre rögzített piezoelektromos érzékelők segítségével tudjuk mérni. Minden mechanikai probléma egyedi frekvenciájú rezgést generál. A különféle géphibák a frekvenciák különböző tartományaiban jelenhetnek meg:

- alacsony frekvenciatartomány, 0-2 kHz,
- magas frekvenciatartomány, 2-50 kHz,
- nagyon magas frekvenciatartomány, > 50 kHz.

Mint már korábban említésre került, a Schorch Hungária Kft. tevékenységi körébe tartozik, a csapágy-, és rezgésállapotfigyelő online rendszerek kiépítése, így szeretném megemlíteni, hogy milyen szabályoknak kell teljesülnie a rezgés méréséhez szükséges érzékelők és adapterek telepítésénél.

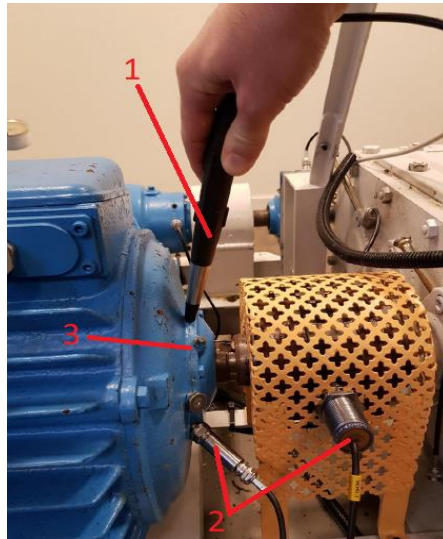
Az érzékelők és adapterek telepítését megelőzően, helyszíni szemle és pontos kalkuláció készítése történik. A telepítésnek három alapvető szabálya van:

1. A jel útjának a lehető legkevesebb mechanikus interfészt kell tartalmaznia (a hegesztés is ide sorolható)
2. A csapágy és a mérési pont közötti jelútnak a lehető legegyszerűbbnek és legrövidebbnek kell lennie, mert az impulzusok a hosszú jelutakon és kanyarokon áthaladva csillapodnak, ezzel a mérés pontosságát befolyásolhatják
3. A mérési pontot a csapágy terhelési zónájában kell elhelyezni, mert a terhelési zónán kívül vett leolvasások sokkal alacsonyabb erősségűek.



25. ábra: Az érzékelők telepítési szabályai [28]

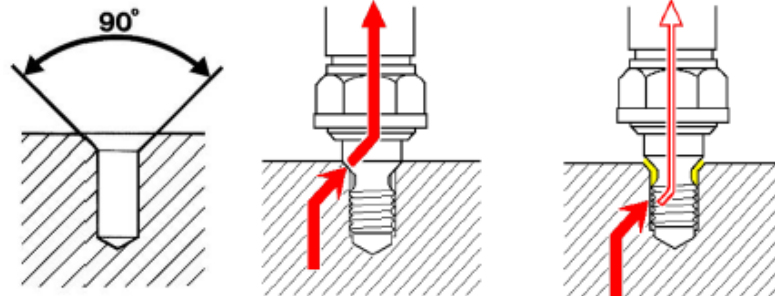
Az érzékelők/adapterek beépítésénél azt a helyet kell megválasztani a berendezésen, ahol a legerősebb a jel, illetve rendelkezik a szerelési furat befúrásához szükséges anyagvastagsággal. A kiválasztáshoz használható egy SPM, SKF vagy egyéb más gyártó által kiadott kézi szonda (26. ábra).



26. ábra: SPM kézi rezgésmérő szonda (saját)

1 Kézi szonda; 2 Rezgésgyorsulás érzékelők; 3 Villanymotor hajtás oldali pajzs

Az állandó telepítésű érzékelők és adapterek menetes, 90° -os süllyesztett rögzítő furatokat igényelnek. A furat egy maximum 13-15 mm közötti mélységű M8-as menet, 90° -os süllyesztővel ellátva. Fontos, hogy a süllyesztés és az érzékelő kúp szorosan illeszkedjen egymással. A meghúzási nyomaték 10 [Nm].



27. ábra: A süllyesztés [28]

Ha a fúrás nem megengedett, garancia vagy helyhiány miatt, akkor ragasztható adaptereket használunk. Ezeket sík és tiszta felületre kell felragasztani. Az ajánlott ragasztók: Loctite 638 vagy Loctite 480.



28. ábra: SPM adapterek (saját)

A mérőműszert csatlakoztathatjuk a kialakított mérési pontra, vagy mágnes segítségével a gép bármely pontjára (kivéve burkolatok és más egyéb nem szorosan illeszkedő gépkatrészek). Így már könnyedén tudjuk elemezni az adatokat egy kézi adatgyűjtővel mint például az SPM Leonova (29. ábra).



29. ábra: SPM Leonova Diamond kézi adatgyűjtő [29]

Az SPM új mérési technológiája, a *HD ENV* olyan módszer, mely nagyfelbontású (HD) burkológörbés rezgésfelügyelet. A spektrumok és időjelek pontossága és tisztasága, lehetővé teszi számunkra, hogy megállapítsuk a kialakulóban lévő sérülés pontos helyét, jellegét és mértékét.



30. ábra: SPM HD Envelope módszerrel kimutatott fogaskerék fogkopás (saját)

A mérések végrehajtásához és az értékeléshez figyelembe vesszük az ISO 10816-1:1995(E) szabványt, illetve a mérési-vizsgálati tapasztalatainkat.

A mai korszerű gépek nagy fordulatszámon üzemelnek, és valamilyen rugalmas géptesttel és alappal rendelkeznek. Ezek rugalmasan szereltként kezelhetőek akkor is, ha nincsenek gumialátéttel vagy rugóval rögzítve. Ebben az esetben az ISO 10816-3 szabvány valamivel magasabb rezgésszinteket enged meg.

A szabványok használatával egyszerűen eldönthető, hogy egyes gépek tovább üzemeltethetőek-e vagy sem. A 3 [mm/s] effektív értéknél nagyobb rezgést mutató gépeknél, mint például:

- villamos motorok,
- szivattyúk,
- ventilátorok,

rezgésének okait ki kell vizsgálni és javítani kell.

Géposztályok

- I. Kisgépek csoportja 15 [kW]-nál kisebb teljesítményű motorok,
- II. Közepes kategóriájú gépek csoportja, 15-75 [kW] teljesítményű villamos motorok,
- III. Forgó mozgást végző munkagépek, illetve olyan erőgépek csoportja, melyek merev és nehéz alappal rendelkeznek,
- IV. Forgó mozgást végző rugalmas alapon elhelyezett erő és munkagépek csoportja.

Rezgéssebesség [mm/s]	Géposztály			
	I. Kisgépek csoportja	II. Közepes gépek csoportja	III. Forgó gépek merev alappal	IV. Forgó gépek rugalmas alappal
0.28				
0.45				
0.71		JÓ		
1.12				
1.80				
2.80		MEGFELELŐ		
4.50				
7.10		MÉG MEGFELELŐ		
11.2				
18.0				
28.0		ELFOGADHATATLAN		
45.0				

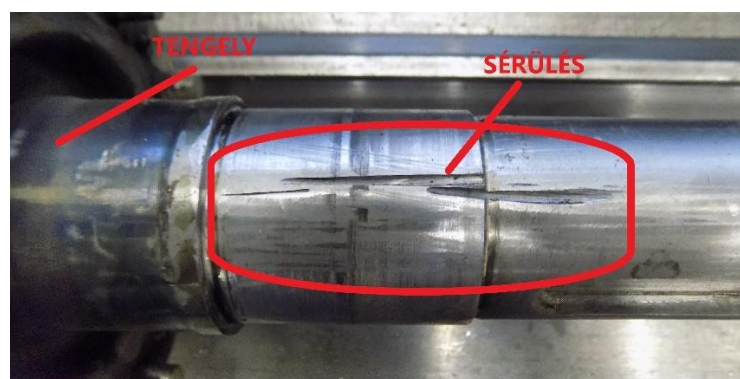
31. ábra: A berendezések ISO 10816 szabvány szerinti minősítése [34]

4.3 Mechanikai vizsgálatok

A javítás fázisában elengedhetetlen fontosságúak a mérések, melyek nem csak a villamos paraméterek, hanem a mechanikai méretek ellenőrzését is magába foglalja. Kifűzött állapotban vizsgáljuk az állórész lemeztest tömörségét, illetve a tekercselés horonyba rögzítését, valamint a tekercsfejek és elkötések mechanikai rögzítését. A motorban lévő alkatrészek meglétét, sértetlenségét kell ellenőrizni, ezek lehetnek: hűtők, szondák, érzékelők, felfüggesztések stb. A vizsgálat során lehet feltárni olyan hibákat, amelyek a próbatermi vizsgálat során nem derültek ki, vagy csak következtetni lehetett rájuk. A mérést az ISO 286-2-es szabvány szerinti tűréseknek megfelelően végezzük. A szétszerelt állapotban lévő motor mechanikai méreteit belső és külső mikorméterrel vizsgáljuk, még a tisztító mosás előtt. Az általános mérés a hajtás és hajtás-ellen oldali csapágyfészek, csapágyhely méretét foglalja magába. A komplexebb felépítésű, mint pl.: Ex (robbanásbiztos) motoroknál szükség van Rb vizsgálatokra, amik lehetnek: pajzsok, deknik, kapocsház, kapocsfedél, tömbszelencék (4. melléklet: RB vizsgálati jegyzőkönyv).

Ha szükség van javításra vagy újra gyártásra, az MSZ ISO 2768 forgácsolással és alakítással előállított szabványt vesszük figyelembe. A legtöbbet előforduló javítások:

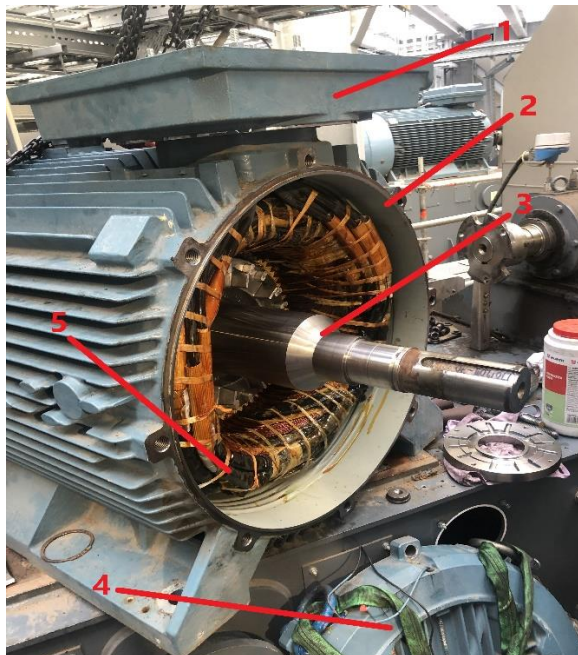
- csapágyhely kopás, amit felhegesztéssel majd forgácsolással javítunk,
- csapágyfészek kopás, amit perselyezéssel javítunk,
- forgórész, tengely csiszolás,
- kommutátor szabályzás, mikázás, sarkalás,
- tengelygörbeség ellenőrzés és javítás,
- tengelyrepedés vizsgálat,
- ékpálya, illetve ékhorony marás,
- egyéb alkatrészek gyártása mint: zsírterelő tárcsák, kopógyűrűk, záródugók, távtartók, csavarok.



32. ábra: Tengely sérülés (saját)

5 Villamos motorok általános karbantartása

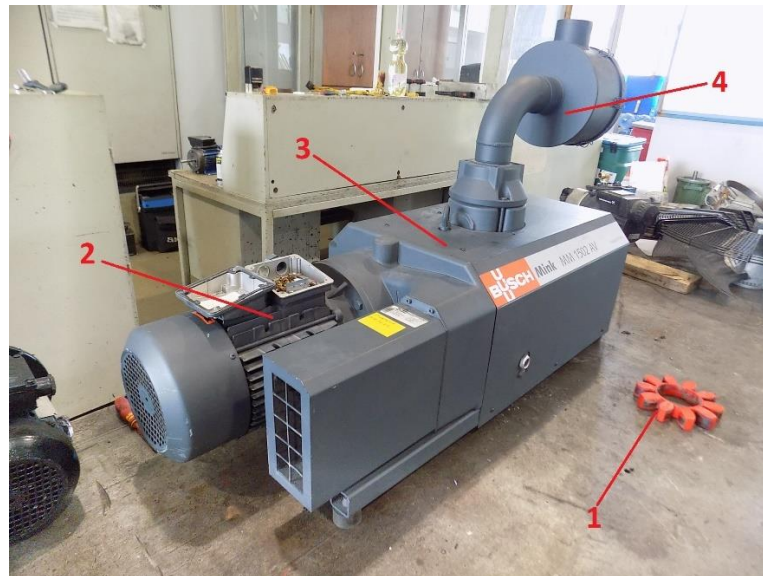
A villamos motorok biztonságos, hosszútávú működtetésének legfontosabb alappillére a rendszeres időközönként elvégzett helyszíni diagnosztikai vizsgálat. Szemrevételezéssel megállapíthatjuk, hogy a villamos motoron nincs-e külső sérülés, biztonságos-e az üzemeltetés, majd tájékoztató villamos (feszültség, áram, szigetelési ellenállás) és a mechanikai (csapágyrezgés, egytengelyűség) paraméterek, valamint egyéb jellemzők (hőmérséklet, csapágyállapot) mért értékeiből lehet következtetni a motor állapotára. A helyszíni vizsgálat gyakoriságát befolyásolja a villamos motornak a technológiában elfoglalt szerepe, ezért a gyártó meghatározhat 2 hét – 6 hónapos intervallumot is. A helyszíni karbantartás közé tartozik a motorok zsírzása, mely nagyban hozzájárul a csapágyak élettartamához, légszűrők tisztítása és szükség esetén cseréje, törött ventilátor lapátok cseréje, amely elég gyakori jelenség olyan üzemi területen, ahol a villamos motorok ki vannak téve a fagynak, illetve nyáron a hőségnek. Ugyanakkor a helyszínen elvégzendő nagyobb munkafolyamatok is indokoltak lehetnek, abban az esetben, ha a gyár nem tudja kivitelezni a motor kiemelését vagy rövid a rendelkezésre álló idő. Természetesen az ilyen volumenű munkához elengedhetetlen a jó szakmai felkészültség és a kitűnő eszközállomány.



33. ábra: Helyszíni csapágycseré egy 3,3 tonnás ABB aszinkron motoron (saját)
1 Kapocsház; 2 Állórész; 3 Tengely; 4 Hajtás oldali pajzs; 5 Tekercsfej

5.1 Próbatermi vizsgálatok, hibafeltárás

A villamos gép karbantartóműhelybe történő beérkezését követően a diagnosztika szemrevételezéssel ellenőrzi a gép állapotát, esetleges külső sérüléseit. Elvégzi a szükséges villamos méréseket, mint szigetelés és hőelemek mérése, majd kézzel megforgatva ellenőrzi, hogy a gép tengelye nem-e szorul vagy súrol. Ezt követően névleges feszültségre kapcsolva (motor típustól függően változhat) üresjárásban méri a csapágyrezgést, áramfelvételt, teljesítményt, majd minden mért adatot rögzít a villamos gép mérési lapon (1-2. melléklet). A továbbiakban meghatározza a gép javítási műveleteit és tovább adja a karbantartó dolgozóknak. Ha a gép üzemképtelen, akkor a szétszerelés után kell megállapítani a helyreállítás sorrendjét (például: egy leégett állórész tekercs).



34. ábra: Motor bevizsgáló asztal (saját)

1 Kuplung betét; 2 Villanymotor; 3 Vákuum szivattyú; 4 Levegőszűrő



Jelölő lap

Gyártó		Megrendelő	Munkaszám
Típus			
Gyári szám			
Feszültség (V)			
Teljesítmény (kW)			
Fordulatszám (1/min)			

35. ábra: Javítási jelölő lap (saját)

5.2 Vegyszeres tisztítás, szárítás

A próbatermi bevizsgálás után, általában a szétszerelési folyamatot a tisztítás előzi meg. Itt szennyeződés függően megválasztott vegyszerrel és nagynyomású forró vízzel történik a villamos gép mosása, majd sűrített levegős szárítása. A szétszerelési folyamat után is indokolt lehet a motor állórészének és/vagy forgórészének a mosása (például: kiverődött csapágyzsír), ekkor tekercskímélő vegyszerrel beáztatva, majd alapos kimosás után 140 °C-on, 8 óra villamos szárítókamencébe kerül.



36. ábra: Koromgyári motor oldószeres tisztítása (saját)
1 Ékszíjtárcsa; 2 Állórész; 3 Ventilátor lapát; 4 Kapocsház; 5 Kapocsfedél; 6 Tömbszelenc

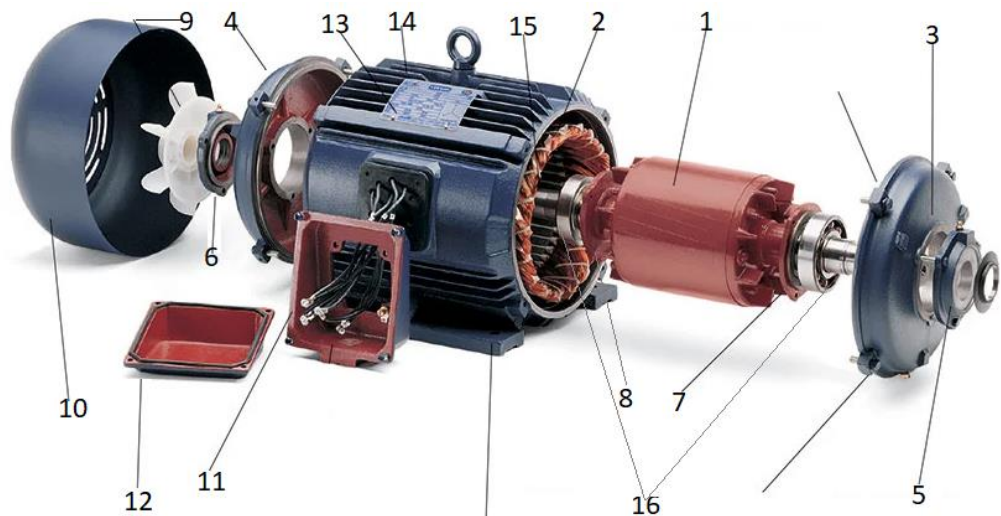


37. ábra: Szereléshez megtisztított állapot (saját)

5.3 Szétszerelési folyamat

A tisztítást követően egy általános szigetelési ellenállás mérése indokolt, hogy a motorba nem folyt-e víz, ha igen, akkor a szárítókemencébe kerül, ha nem akkor folytatódik a szétszerelési folyamat egy általános felépítésű villamos motoron (38.ábra) a következőképpen:

- Az ellenoldalon (4) a ventilátor burkolat (10) majd a lapát (9) levétele.
- A hajtás oldalon a kuplung (szíjtárcsa, lánckerék stb...) lehúzása.
- Az állórész és pajzsok, valamint a pajzsok és csapágydeknik összejelölése pontozóval: hajtás oldal 2 pont, ellen oldal 1 pont.
- A csapágydeknik (6; 5) csavarjait kicsavarva, majd a pajzscsavarok kivétele után leüthető mindkét oldali pajzs (3; 4).
- Indokolt esetben (például: Baker-vizsgálat – 21. ábra) a forgórész (1) híddaru és emelőkötel segítségével kifűzhető az állórészszől (14).
- A kifűzött forgórészen lévő csapágyakat (16)5, hidraulikus vagy mechanikus csapágylehúzóval lehúzzuk.



38. ábra: Aszinkron villamos motor robbantott ábra [30]

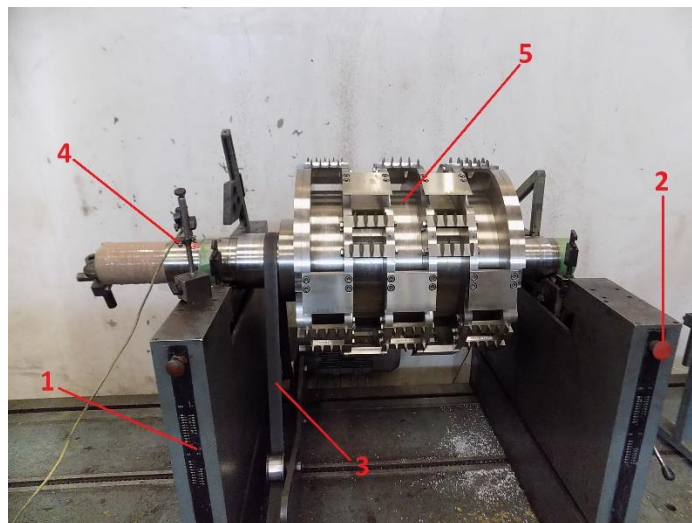
1 Forgórész; 2 Állórész; 3 Hajtásoldali pajzs; 4 Ellenoldali pajzs; 5 Hajtásoldali első csapágydeknik; 6 Ellenoldali első csapágydeknik; 7 Hátsó csapágydeknik hajtásoldalt; 8 Hátsó csapágydeknik ellenoldalt; 9 Ventilátor lapát; 10 Ventilátor burkolat; 11 Kapocsház; 12 Kapocsfedél; 13 Adattábla; 14 Motor hűtést segítő hűtőbordák; 15 Tekercselés 16 Csapágyak

5.4 Mechanikai mérések, dinamikus kiegyensúlyozás

A villamos motor mechanikai mérését végző szakember, közvetlen a szétszerelést követően szobahőmérsékleten vizsgálja a motorpajzsok csapágyfészkek méretét, az esetleges plusz vagy mínuszos eltéréseket, valamint a tengelyen a csapágyhely méretét, majd a mért értékeket rögzíti a mechanikai mérési jegyzőkönyvben (4-5. melléklet). A mért adatokból tud következtetni, hogy a motor összeszerelhető-e, vagy szükség van javításra. A leggyakrabban előforduló hibák:

- a hajtás/ellen oldali csapágyfészek kopása,
- tengely csapágyhely kopás,
- szimmering alatti tengelykopás,
- kiverődött ékpálya, berágott tengely.

A legtöbb hibának a javítását egyetemes esztergagépen végzi a szakember. A **kiegyensúlyozatlanság** legtöbb esetben a próbatermi elővizsgálat során kiderül, amelynek javítására szintén szétszerelt állapotban kerül sor. A kiegyensúlyozáshoz a forgórészre kell szerelni minden olyan alkatrészt, mint például: szíjtárcsa, kuplung, távtartók, fém ventilátor lapát stb., amely kiegyensúlyozatlanságot okozhat. A súlyokat a program által megadott helyre és szükséges mennyiségben, súly elvétellel, mint fúrás, köszörülés, illetve súly hozzáadásával, mint kétkomponensű gyurma, csavarkötéssel vagy hegesztéssel kell rögzíteni a forgórészen.



39. ábra: Kétsíkú dinamikus kiegyensúlyozás (saját)
1 Kiegyensúlyozó állvány; 2 Vész STOP gomb; 3 Meghajtó szíj; 4 Fordulatszámoló; 5 Forgórész

5.5 Összeszerelés, festés

Általában az összeszerelés előtt még „nyitott” állapotban egy előzetes szigetelési ellenállás mérést végzünk az állórészen, hogy az esetleges mosás és szárítás fázisa megfelelő volt-e. A tengely kiegyensúlyozást követően, a felszerelt alkatrészeket leszereljük, majd a kifűzött forgórészt jelölésnek megfelelően visszahelyezzük az állórészbe. Ekkor már az összes alkatrész mint:

- belső- külső csapágydeknik,
- hajtás- ellenoldali pajzsok,
- kapocsház, kapocsfedél,
- ventilátor lapát, burkolat,

elmosva, felülettisztá kész állapotban van. A helyes csapágy és kenőanyag megválasztás a motoron lévő adattábla szerint történik, természetesen, ha a motor más módon üzemel, mint például: egy szíjhajtásban használják, értelemszerűen a gyár által előírt egysoros golyóscsapágyakat, hengergörgős NU csapágyakra cseréljük, mert azok könnyebben felveszik a nagyobb radiális erőket.

A csapágyzsír kiválasztása általában két fő szempont alapján történik:

- 2-es sűrűségű zsírt használunk 1500 f/p fordulatszámig,
- 3-as sűrűségű zsírt 1500 f/p fölött.

Ugyanakkor vannak befolyásoló tényezők mint:

- hőmérséklet,
- terhelés,
- nedves környezet,
- nagyfokú rezgés,
- lökésszerű terhelés vagy gyakori indítás,

amik meghatározzák az adott géptípus speciális kenőanyagát.

Miután kiválasztottuk a megfelelő csapágyat, illetve kenőanyagot, megkezdhető az összeszerelés. A befűzött forgórészre felhelyezzük a belső csapágydekniket és részben megtöltjük a kiválasztott zsírral. A csapágyak felhelyezése két módon történhet:

- Csapágyfelütő szerszámmal: max. tengelyátmérő 55 [mm], max. csapágy külső átmérő: 120 [mm].
- Indukciós csapágymelegítő használatával (általában 110 C°).

A felhelyezett és lehűlt csapágyakat megtöltjük kenőanyaggal, majd fel lehet szerelni a hajtás oldali pajzsot, ugyan így a hajtás-ellenoldali pajzsot végül a külső csapágydekniket. A pajzsok és a külső deknik felszerelése után, kézzel való ellenőrzéssel megállapítjuk, hogy a forgás könnyed, nem zörög, nem akad. Az ellenőrzés után, a ventilátor lapát és burkolat felrakásával készen van a szerelés.

Az összeszerelést a felújító festés követi, ami külön fűtéssel és elszívóval ellátott festőkabinban történik.



40. ábra: Villamos motor felújító festése (saját)

A felújító festést végző szakember a motoron lévő adattáblát, illetve matricákat (pl. szigetelt csapágyat jelző matrica, karbantartás intervallum matrica stb.), tömbszelencéket, kuplungtárcsát, maszkoló szalag segítségével leragasztja, majd a motort megtisztítja a szerelés után maradt olaj és zsír szennyeződésektől.

Amennyiben indokolt, a felvált festéket eltávolítja drótkefe és csiszolópapír segítségével, magasnyomású levegővel portalanítja és felviszi az első réteget, az alapozót. Az előírt száradási időt követve, lefesti a megrendelő által kért színre, majd hagyja a fűtött kabinban száradásig.

5.6 Próbatermi végellenőrzés, dokumentálás

A felújító festést követően, a végellenőrzés a próbateremben történik. A felújított gépen elvégezzük a bekapcsolás előtti szükséges villamos méréseket mint: szigetelési ellenállás és hőelemek mérése, majd motor típustól függően hálózatra kapcsoljuk. Szintén vizsgáljuk üresjárásban a csapágyrezgést, áramfelvételt, teljesítményt és rögzítjük a jegyzőkönyvben. Forgás közben ellenőrizni kell, hogy a gép zajmentesen üzemel-e, ha nem, általában nem megfelelő a zsír mennyisége, így után kell zsírozni. Ha minden mért adat megfelelő, készen áll a motor a szállításra.



41. ábra: 75 kW-os felújított villamos motor (saját)

1 Ventilátor burkolat; 2 Kuplung; 3 Csapágy deknj; 4 Hajtás oldali pajzs; 5 Zsírzó gomb; 6 Kapocsház; 7 Motor adattáblák

Korábban említésre került, hogy a cég rendelkezik 24-órás készenléttel, illetve megfelelő kisteherautó gépparkkal, melyekkel ezek a motorok biztonságosan szállíthatók. A megrendelő kérésére, a kész villamos motort a beszerelési helyére szállítjuk, és amennyiben szükséges, el is végezzük a visszaépítését. A beépítést követően SPM műszer segítségével beállítjuk az egytengelyűséget és az üzemi ellenőrző próba után, a jegyzőkönyvet aláírva és átadva, készre jelentjük a szerelést.

6 Schorch villanymotor teljeskörű karbantartása

Ebben a fejezetben szeretném bemutatni a cégtől kapott szakdolgozat feladatomban, egy SCHORCH gyártmányú, 250 [kW] teljesítményű kompresszor villanymotor, teljeskörű karbantartása és annak dokumentálása. A Tata Hűtőtechnika Zrt.-nél végzett meghibásodás elemzés (63. oldal) során, a mérések eredményei végett, ennek a gépnek javasoltam az azonnali felújítását.



42. ábra: SCHORCH kompresszor motor (saját)

1 Kuplung; 2 VA porvédő gumi; 3 Hajtás oldali pajzs; 4 Szemcsavar; 5 Kapocsház; 6 Földelő csavar; 7 Adattábla

1. táblázat: A motor adatai (saját)

Gyártó	SCHORCH
Típus	KN7317L-AX01B-462
Gyári szám	9150039/2
Feszültség [V]	400
Áram [A]	420
Teljesítmény [kW]	250
Fordulatszám [1/min]	2975
HO csapágy	6316/C3
HEO csapágy	6316/C3

1. Villamos motor próbatermi vizsgálata: A motor a szakműhelybe érkezését követően elkezdtem az adatok felvételét. A munkalapon fel kell tüntetni a:

- megrendelőt,
- motor megnevezését (aszinkron),
- típust,
- gyári számot,
- teljesítményt [kW],
- feszültséget [V],
- áramot [A],
- fordulatszámot [1/min].

Az üresjáratú mérés megkezdése előtt szemrevételezéssel, illetve kézzel való forgatással megállapítottam, hogy a forgás könnyed.

A hőelemek vizsgálatát digitális multiméterrel mértem, a kapott érték 228 [Ω] ami a hőelem sértetlenségét mutatta.



43. ábra: Hőelem vizsgálata (saját)

1 Digitális multiméter; 2 Hőelemek; 3 Tekercs kivezetések (6db)






A szigetelési ellenállást a föld és a tekercsek között mérjük 500 [V] mérőfeszültséggel. A szigetelési ellenállás mérésekor a műszer mindössze 6.58 [$M\Omega$] ellenállást mutatott, ami nem megfelelő, de az üresjáratú próbához elegendő.

A motor egy IP23-as belső ventilátorral ellátott nyitott aszinkron gép, ami egy kompresszorházban üzemel. Mivel nyitott, így rengeteg szennyeződés, por leragad a tekercsfejen, forgórészen, illetve a kapocsház alatt, ami nagy mértékben rontja a szigetelési ellenállását.



44. ábra: Gyenge villamos szigetelés (saját)

A mérések után 400 [V] feszültségre kapcsolva, zajosan forgott a gép, ami a balansz és csapágyhibára utalt. A kézi rezgésmérő műszerrel, a csapágyház külsején elvégzett mérés eredménye 18.27 [mm/s] rezgést mutatott, ami az ISO 10816 -os szabvány (31. ábra) szerint már nem megfelelő, így mechanikai mérést, tengely kiegyensúlyozást és csapágycserét igényel. A mért értékeket rögzítettem a villamos gép mérési lapon (1-2. melléklet) majd a motor szerkezeti felépítése, IP védettsége, valamint a gyenge szigetelési ellenállása ismeretében, meghatároztam a javítás művelettervét 10 lépésben (45. ábra).

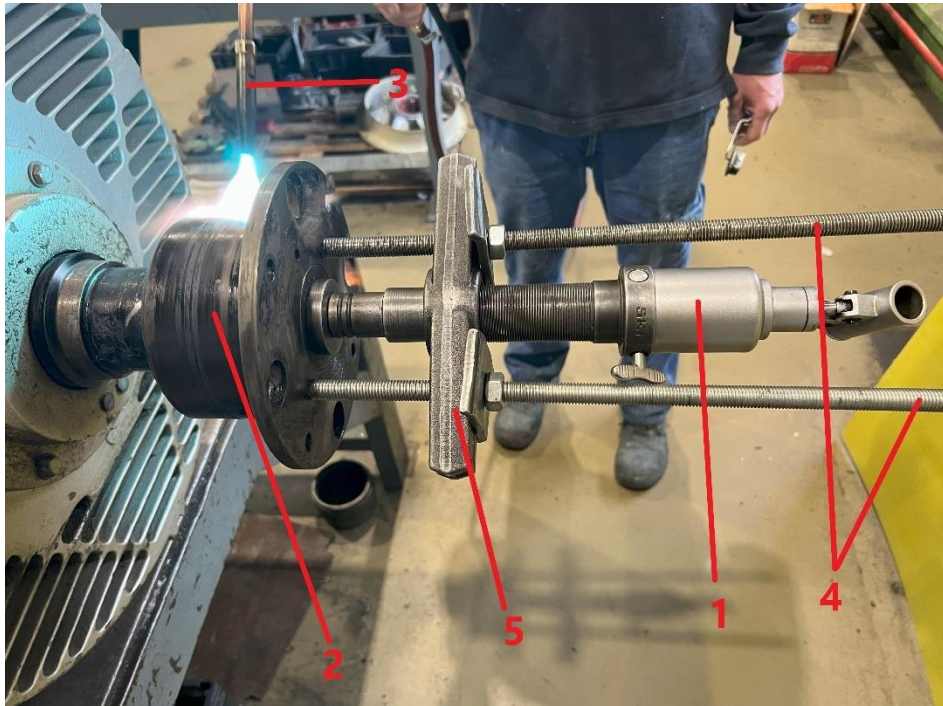
						
Cég: SCHORCH Hungária Kft.		JAVÍTÁSI MŰVELETERV			Lapszám: 3	
Gyártmány: SCHORCH		Megnevezés: Aszinkron kompresszor motor	Típus: KN7317L-AX01B-462		Gyári szám: 9150039/2	
Teljesítmény [kW]: 250		Feszültség [V]: 400	Áram [A]: 420		Fordulatszám [1/min]: 2975	
Sorszám	Művelet megnevezése	Felhasznált eszközök	Létszám	Idő	Megjegyzés	
1	Villamos motor próbatermi vizsgálata: Szigetelési ellenállás, hőelem, rezgés	Szigetelési ell. mérő Digitális multiméter SKF TKST sztetosztóp	1	30 min	Magas rezgésérték miatt kiszereelt villanymotor.	
2	Szét szerelés	Kézi szerszámok, csapágyelhúzó	1	120 min	-	
3	Mechanikai mérés	Mikrométer	1	20 min	-	
4	Álló- és forgórész magasnyomású tisztítása és szárítása	Forróvizés magasnyomású mosó	1	60 min	A szárítás minimum 5 maximum 8 [óra] 150 C° -on.	
5	Villamos mérés	Baker szigetelés vizsgáló	1	20 min	-	
6	Dinamikus tengely kiegyensúlyozás	Kiegyensúlyozó pad	1	60 min	Belső, öntvény ventilátorral szerelt. Kuplung szinel a tengelyvéggel.	
7	Pajzsok, deknik és az alkatrészek tisztítása	Kézimosó, forgókosaras mosógép	1	15 min	-	
8	Összeszerelés	Kézi szerszámok, csapágyemelegítő	1	120 min	-	
10	Próbatermi végellenőrzés, felújító festés	Szig.ell.mérő Digitális multiméter SKF sztetosztóp	1	25 min	Rezgésérték és szig. ellenállás ellenőrzése!	
Kiállította:	Kelt:	Aláírás:	Ellenőrizte és jóváhagyta:		Példány:	1
Zámbó Ádám	2023.10.04.				Kapja: Jegyzőkönyv	-

SCHORCH Hungária
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
3580 Tiszaújváros, Ipari utca, Gyári út 1.
61203254-10043024-00000000
A.sz.: 13030306-2-05, Cg.: 05-09-010335

45. ábra: Javítási műveletterv (saját)

2. Szétszerelés: A motor felépítését ismerve könnyedén meg tudtam állapítani a szétszerelés sorrendjét.

A motor tengelykapcsolóval érkezett a szakműhelybe így annak lehúzása előtt megállapítottam, hogy a tengelykapcsoló a tengelyvéghez képest színel. A kuplung biztosítását meglazítva SKF hidraulikát szereltem a gyári M10-es lehúzó furatokra majd melegítés hatására tudtam leszedni. A kuplung után, az ék kiütése fontos lépés volt, mert a tengelyvállhoz képest, magasabb, vagyis a pajzs nem jön rajta keresztül.



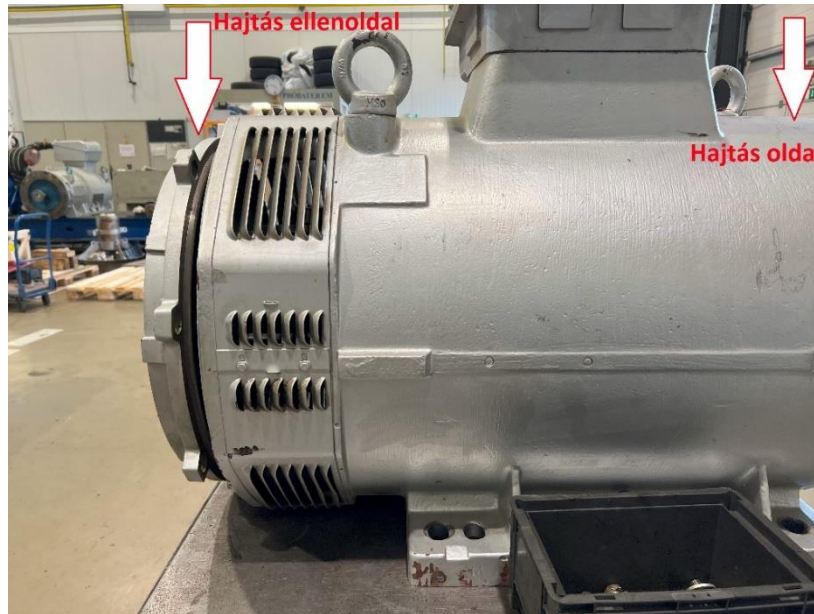
46. ábra: SKF lehúzó hidraulika (saját)

1 SKF hidraulika; 2 Kuplung; 3 Melegítő pisztoly; 4 Menetes szárák; 5 Lehúzó adapter

A következő fontos teendő az alkatrészek összepontozása volt, a hajtás oldal 2 pont, a hajtás-ellen oldal 1 pont. Általában a motor szerelés úgy a legkönnyebb (ha lehetséges), hogy a hajtás oldalt teljesen leszereljük, majd a hajtás-ellen oldal felé átütjük a forgórészt, így a hajtás-ellen oldalon már nem kell roncsolni a pajzs anyagát a leütés során.

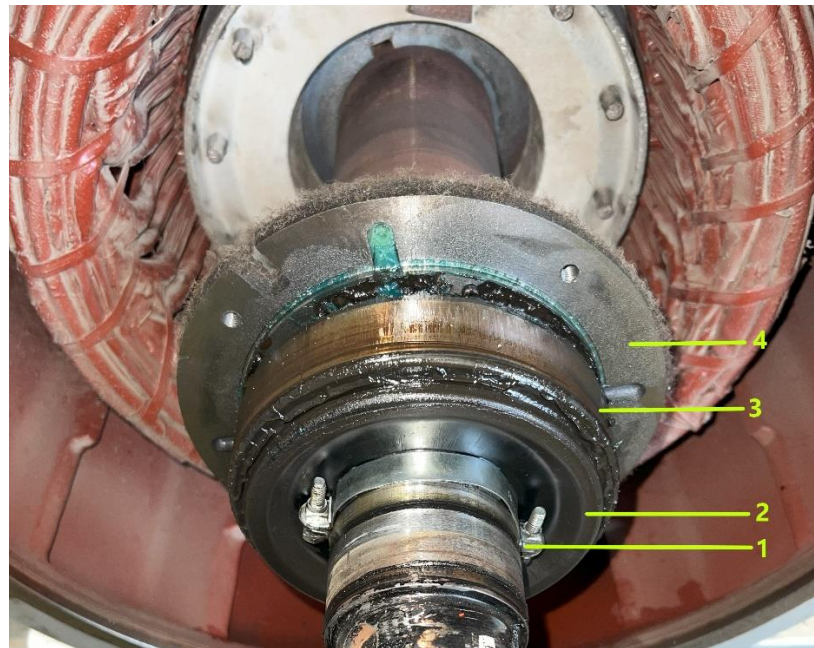
A hajtás oldali pajzs csavarokat (1-et a leesés ellen benne hagyva), a hajtás-ellen oldali pajzs csavarokat, illetve a hajtás oldali csapágydekni csavarokat kiszedve, könnyedén át tudtam ütni a forgórészt, ezzel meggyorsítva a szétszerelés folyamatát.

Ennél a típusnál, ez a folyamat a célravezető, mert a hajtás-ellen oldalon a pajzs kialakítása zárt, így a pajzs leütés nem javasolt, mert könnyedén a földre eshet, ezzel nagyobb kárt okozva.



47. ábra: A hajtás oldalról átütött forgórész (saját)

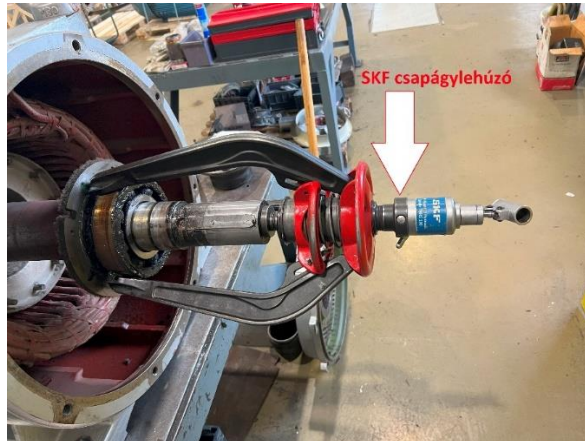
A hajtás-ellen oldali pajzsot, a csapágydekni csavarjainak kivétele után, könnyedén letudtam emelni. A hajtás oldalról már látni lehetett a magas rezgés, illetve a gyenge szigetelés okát.



48. ábra: A hajtás oldal (saját)

1 Zsírterelő tárcsa bilincs; 2 Zsírterelő tárcsa; 3 Csapágy; 4 Hátsó dekni

A 48. ábrán látható a csapágy külső gyűrűjének rossz állapota, illetve a csapágyzsír elszíneződése. A tekercsfejek, a forgórészen és a hátsó dekniken lévő nedves porrétteg okozta a méréskor megállapított gyenge értéket. A következő lépés a biztosító gyűrű csavarjainak kitekerése, majd a zsírterelő tárcsák levétele (lásd: 48. ábra), illetve a csapágyak lehúzása volt. A csapágy lehúzására SKF háromkörmös hidraulikus lehúzózt használtam (49. ábra).



49. ábra: SKF csapágylehúzó hidraulika (saját)

A csapágyak lehúzása, valamint a tengely tisztítása után, előkészítettem a tengelyt mechanikai méréshez. A megrendelő kérésére, kézimódban a csapágyakat elmostam, és a hajtás oldali csapágyon így már tisztán látszott a rezgést kiváltó sérülés.

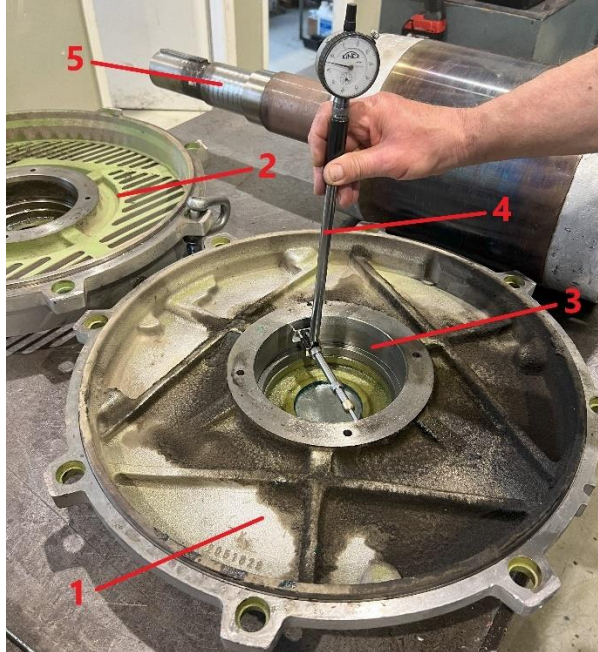


50. ábra: 6316/C3 csapágykosár törés (saját)

1 Csapágy belső gyűrű; 2 Csapágy külső gyűrű; 3 Csapágy kosár

A csapágykosár törését feltehetően a hibás egytengelyűségi gépbeállítás okozta, amelynek hatására mértem magas rezgést a gépen.

3. Mechanikai mérés: A szétszerelt állapotban lévő motornak a tengelyét, illetve a csapágy fészkek a méretét ellenőrizni kellett (4-5. melléklet).



51. ábra: A csapágyfészkek és a tengely mérése (saját)
1 Hajtás ellenoldali pajzs; 2 Hajtás oldali pajzs; 3 Csapágyfészkek; 4 Mikrométer; 5 Tengely

2. táblázat: A motor mechanikai mérésének eredményei (saját)

Hajtás oldali csapágy (HO) mérete:	6316/C3
Hajtás-ellen oldali csapágy (HEO) mérete:	6316/C3
HO. tengelyvég mérete	Ø75+0.01 [mm]
HO. csapágyhely méret a tengelyen	Ø80+0.01 [mm]
HO. csapágyfészkek méret a pajzsban	Ø170+0.035 [mm]
HEO. csapágyhely méret a tengelyen	Ø80+0.01 [mm]
HEO. csapágyfészkek méret a pajzsban	Ø170+0.015 [mm]

Konklúzió: a mért értékek alapján megállapítottam, hogy a hajtás oldali csapágyfészkek tűrése két század mm-el eltér a gyári adattól, de még így is megfelelő. A motor összeszerelhető, valamint üzembe helyezésre alkalmas. A teljes jegyzőkönyv a mellékletekben (4., 5. sz.) megtalálható.

4. Álló,- és forgórész magasnyomású tisztítása és szárítása: A mechanikai mérést követően a javítási művelettervet követve, előkészítettem az álló,- és forgórészt, a por és egyéb szennyeződések eltávolításához.



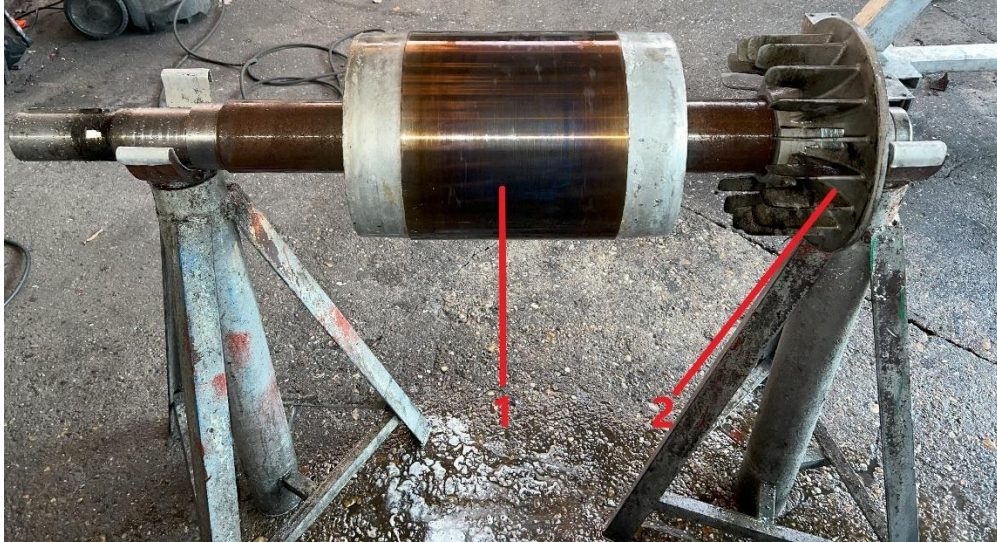
52. ábra: Az állórész tisztítása (saját)

Az állórészeztől a kapcsolóházat el kellett távolítani, ugyanis a por megül a kivezetéseknél, ami szintén rontja a villamos szigetelést. Ezt a fajta motort 3 lépésben kellett kimosni, ahogy említettem belső ventilátorral szerelt, így a motor belsejében több hűtőborda található. Ebből kifolyólag a motort először vízszintesen majd mindkét oldalára felállítva kellett kimosni, és hagyni lecsorogni, hogy a lemosott szennyeződés ne ragadjon bent a hűtőbordák közt.



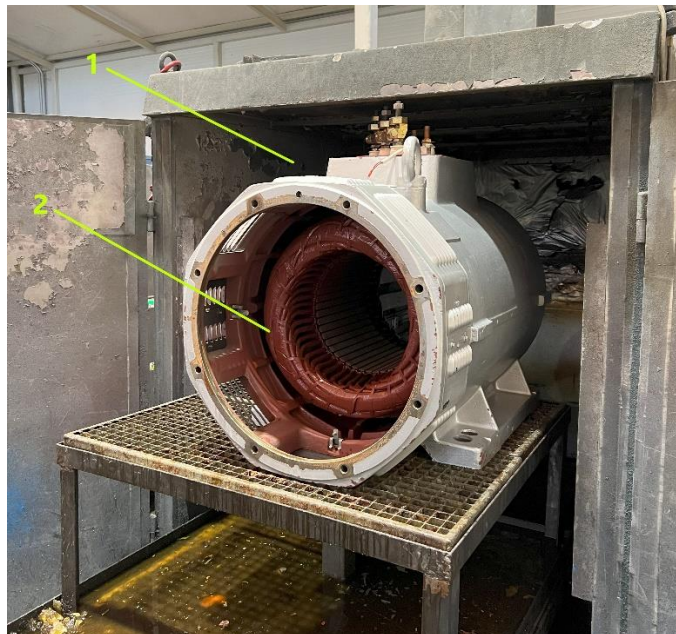
53. ábra: 3 lépcsős mosás (saját)

A forgórész mosásánál szintén vegyszert használtam, ami feloldotta a lerakódott por és olaj szennyeződéseket. Ennél a forgórész típusnál figyelni kell, mert a forgórész belseje hosszanti furatokkal van ellátva (a hűtést segítve), amiben szintén letapad a szennyeződés.



54. ábra: Forgórész mosása (saját)
1 Forgórész; 2 Belső ventilátor lapát

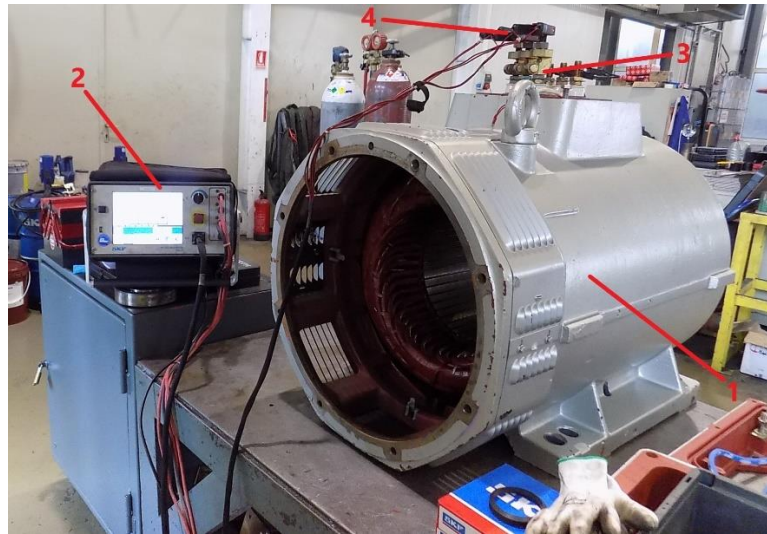
Az álló- és forgórészt mosás után sűrített levegővel kifúvattam, majd a szárítókemencébe került. Itt 140 celsius fok hőmérsékleten 8 óra hosszat volt a motor és a forgórész.



55. ábra: Kemencés szárítás (saját)
1 Villamos szárító kemence; 2 Villanymotor állórész

5. Villamos mérés: A kemencében történő szárítást követően, még a kivétel előtt meleg állapotban egy előzetes szigetelési ellenállás mérés indokolt volt, ahol megállapítottam, hogy megfelelően el lett távolítva a szennyeződés, valamint teljes mértékben kiszáradt, mert a mért szigetelési ellenállás értéke végtelen.

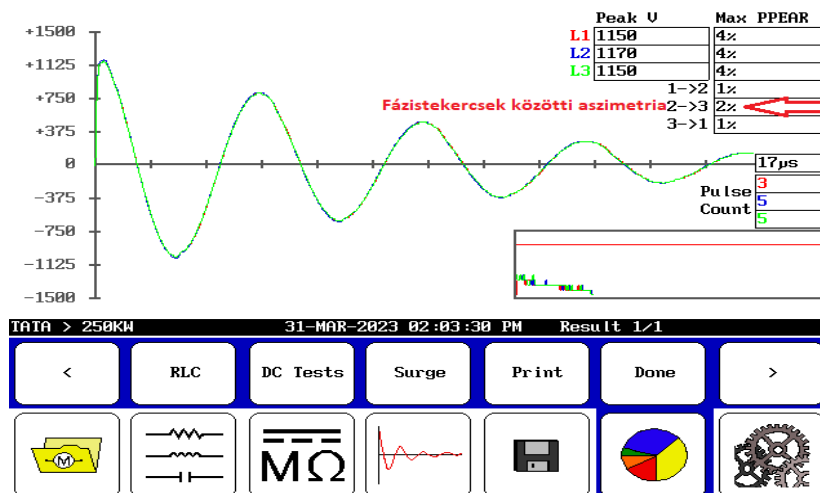
Az ilyen átszellőzött kivitelű motoroknál, amelyeknek a szerelése során indokolt a mosás és szárítás, azt is vizsgáljuk, hogy mennyire biztonságos a további üzemeltetés.



56. ábra: Baker-vizsgálat (saját)

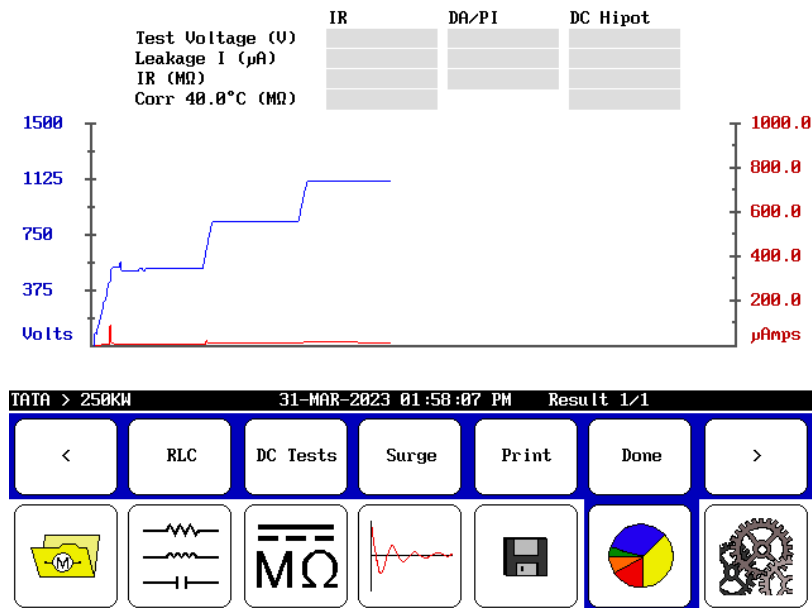
1 Állórész; 2 Baker szigetelés vizsgáló műszer; 3 Tekercs kivezetések; 4 Csatlakozó kapcsok

A Baker-vizsgálat során, mértem a fázistekercsek hullámtartományai közötti aszimmetriát, amely mindössze 2%, nem haladja meg a 10%-os határértéket, így nincs jele menetzárlatnak.



57. ábra: Fázistekercsek hullámtartományainak vizsgálata (saját)


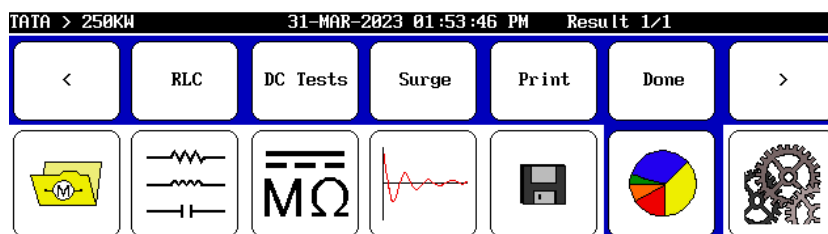
A szigetelés- és szivárgó áram vizsgálata során sem tapasztaltam hibát.



58. ábra: Szigetelés- és szivárgó áram vizsgálata (saját)

Az R-L-C összehasonlító mérések alapján megállapítottam, hogy a fázistekercsek ohmos ellenállása 2.6%-kal, az induktivitás impedancia pedig 0.2%-kal tér el egymástól, amely a megengedhető határérték alatt van.

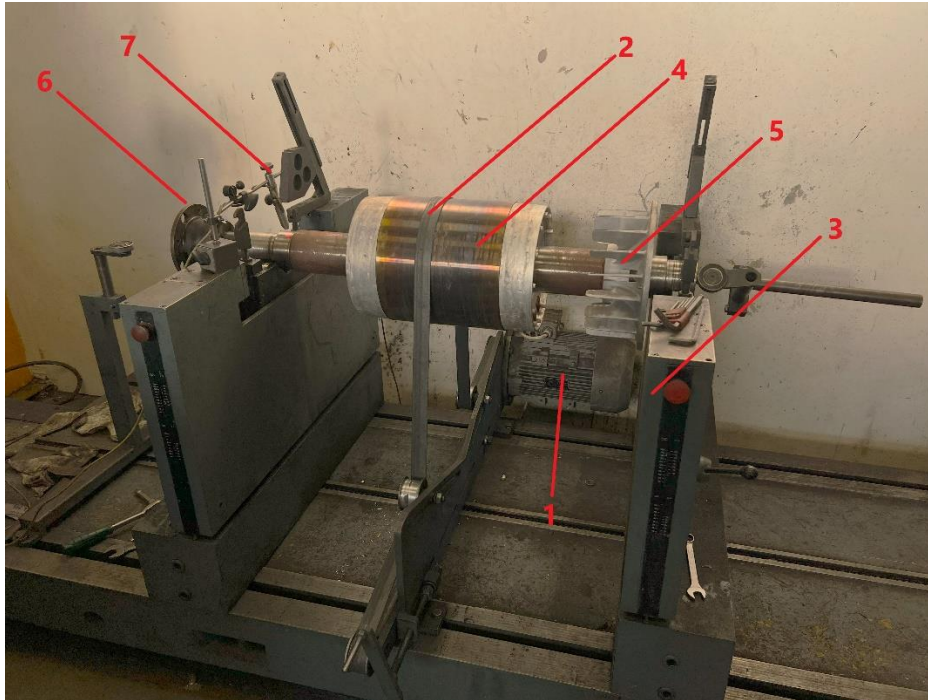
3PH Result	Lead 1:	Lead 2:	Lead 3:	Unbal (%)
HGO				
DC Resistance	53.3794 m	55.1648 m	52.8200 m	2.6
Temp Cor Res	53.3794 m	55.1648 m	52.8200 m	
Temp (degC)	20.0			
Impedance/Ang	0.771/ 87.4	0.770/ 87.3	0.773/ 87.6	0.2/0.1
Inductance mH	2.042	2.041	2.049	0.2
Z D/Q	0.045/22.071	0.047/21.303	0.043/23.388	
Frequency Hz	60.0			
Capacitance nF	0.0			
Cap D/Q	0.000/ 0.0			

59. ábra: RLC összehasonlító mérések (saját)

Konklúzió: a mért értékek alapján a motor összeszerelésre, valamint üzembe helyezésre alkalmas. A teljes jegyzőkönyv a mellékletekben (9., 10., 11. sz.) megtalálható.

6. Dinamikus tengely kiegyensúlyozás: A motor magas rezgését a kiegyensúlyozatlanság is okozhatta, így azt javítani kellett. A forgórészre minden olyan alkatrészt, ami súlyából adódóan okozhat kiegyensúlyozatlanságot, fel kellett szerelni, ami ebben az esetben a kuplung volt, a belső ventilátor lapát fixen szerelt.



60. ábra: Forgórész kiegyensúlyozás (saját)

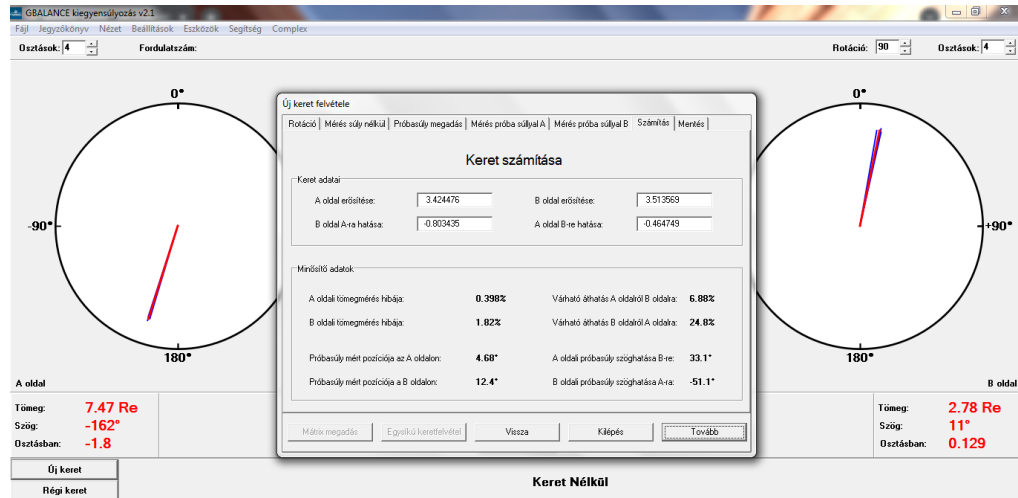
1 Meghajtó villanymotor; 2 Meghajtó szíj; 3 Kiegyensúlyozó pad; 4 Forgórész; 5 Ventilátor lapát; 6 Kuplung; 7 Lézeres fordulatszámérő

A mérés előtt a beállítandó adatok a következők:

3. táblázat: A forgórész beállítási adatok (saját)

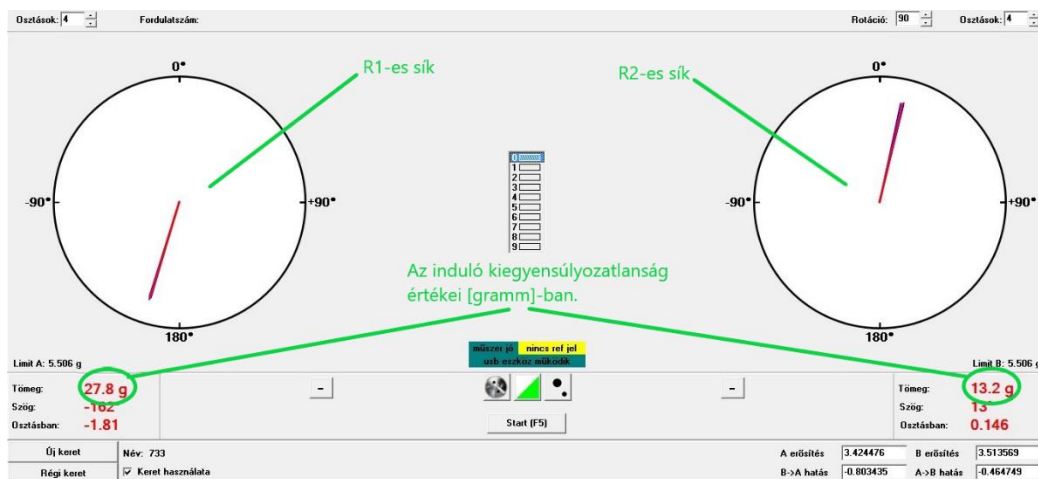
Súly [kg]	n [min^{-1}]	R_1 sík [mm]	R_2 sík [mm]	ℓ [mm]
120	800	160	160	980

Az adatok bevitele után, a meghajtó szíjat és a lézert rögzítve bekapcsoltam a kiértékelő programot. A mérést először próbasúllyal kellett végezni, ami ebben az esetben 30.6 [gramm]- volt mindkét oldalon (R_1 , R_2). A próbasúllyal való mérés után, keret készítése következett, ami átváltja a rezgés adatokat (Re) gramm-ba. A program kiszámolta, hogy pontosan mennyi súlyt kell elvenni vagy rögzíteni az egyes síkokon ahhoz, hogy megszüntessük a kiegyensúlyozatlanságot (61. ábra).



61. ábra: Próbasúllyal való mérés utáni keret számítás (saját)

Az induló kiegyensúlyozatlanságot próbasúly nélküli megforgatás után pontosan megadta a program.



62. ábra: Az induló kiegyensúlyozatlanság értékei (saját)

A kapott értékek:

4. táblázat: A Kiinduló mért adatok (saját)

Fordulatszám [min^{-1}]: 800	[gramm]
1-es sík	27.8
2-es sík	13.2

Az ISO 1940-es szabvány, G6.3-as osztály szerinti megengedett fajlagos kiegyensúlyozatlanság:

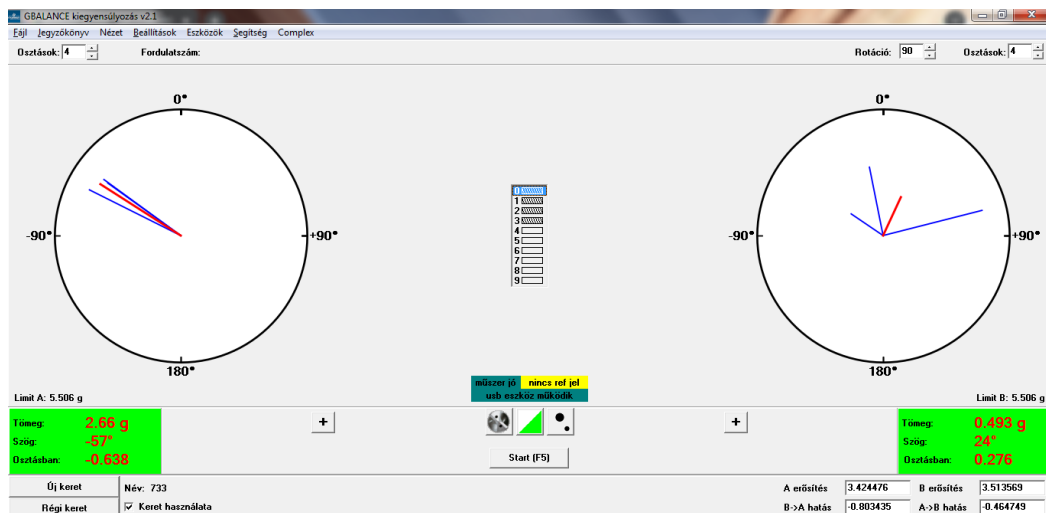
$$V_{meg} = 6.3 \left[\frac{mm}{s} \right] \quad (8)$$

$$e_{meg} = \frac{v}{\omega} = \frac{6.3}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2975}{60}} = 0.020 [mm] = 20 [\mu m] = 20 [gramm \cdot \frac{mm}{kg}]$$

5. táblázat: ISO 1940-1:2003(E) szabvány: Megengedett kiegyensúlyozatlanság (saját)

	[kg]	[gramm · mm/kg]	G6.3 [gramm · mm]
1-es sík	60	20	1200
2-es sík	60	20	1200

A súlyok rögzítése után, a forgórészt megforgatva megadta a program a maradó kiegyensúlyozatlanság értékét, ami: $R_1 = 2.66$ [gramm] és $R_2 = 0.493$ [gramm], ami ennél a 120-kilogrammos forgórésznél a szabvány szerint teljes mértékben elfogadható.



63. ábra: Maradó kiegyensúlyozatlanság (saját)

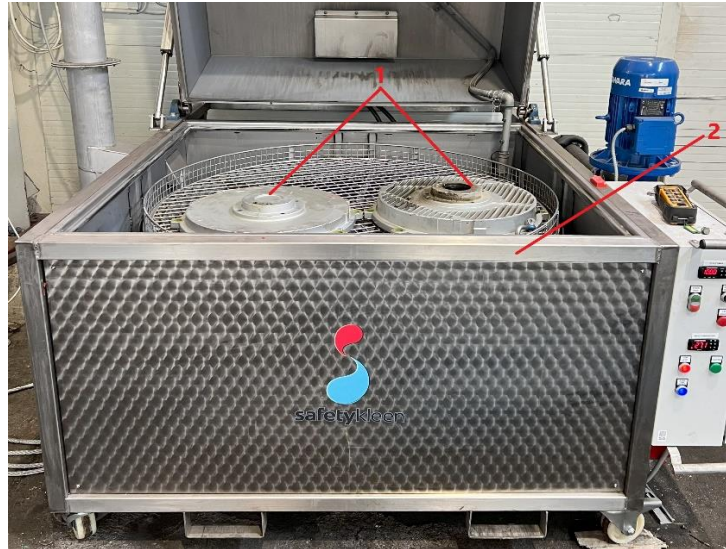
A forgórészben maradt kiegyensúlyozatlanság:

$$\begin{aligned} 1. \text{ sík} &= 2.6 \cdot 160 = 416 [gramm \cdot mm] \\ 2. \text{ sík} &= 0.493 \cdot 160 = 78.88 [gramm \cdot mm] \end{aligned} \quad (9)$$

6. táblázat: Forgórészben maradt kiegyensúlyozatlanság (saját)

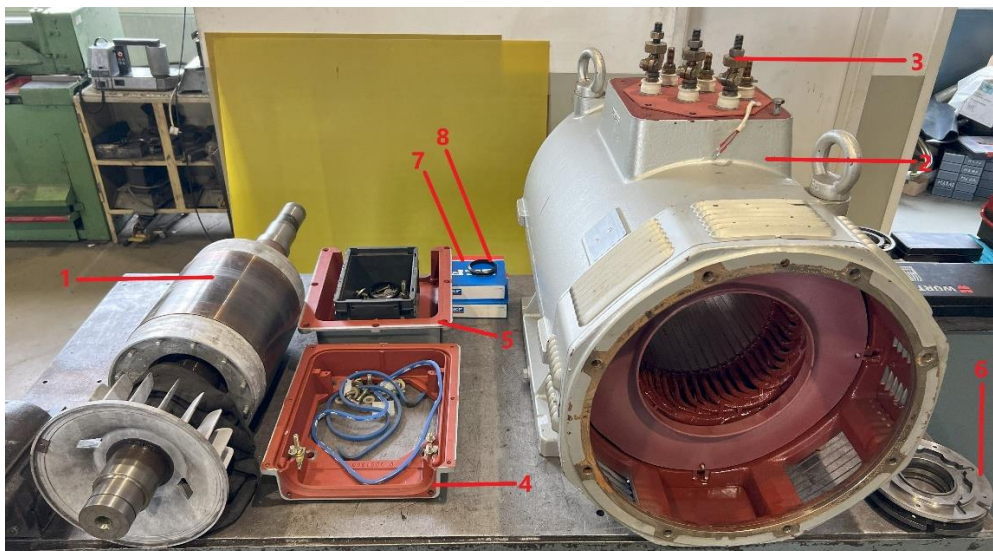
	[gramm]	$R_{1,2}$ [mm]	[gramm · mm]	G6.3 szerinti érték
1-es sík	2.6	160	416	1200
2-es sík	0.493	160	78.88	1200

7. Pajzsok, deknik és az alkatrészek tisztítása: A motorpajzsok mosásához forróvízes mosógépet vettem igénybe, ami teljes mértékben eltávolította az olajos, poros szennyeződések. A kisebb alkatrészeket, mint: csapágydeknik, zsírterelő tárcsák kézimosóban tisztítottam.



64. ábra: SafetyKleen forróvízes alkatrészmosó (saját)
1 Motor pajzsok; 2 Alkatrész mosó berendezés

Az összes alkatrész megtisztítása, illetve a megérkezett csapágyak, valamint a mechanikai mérés, villamos szigetelés és kiegyensúlyozás javítása után, a motor összeszerelése megkezdhető.



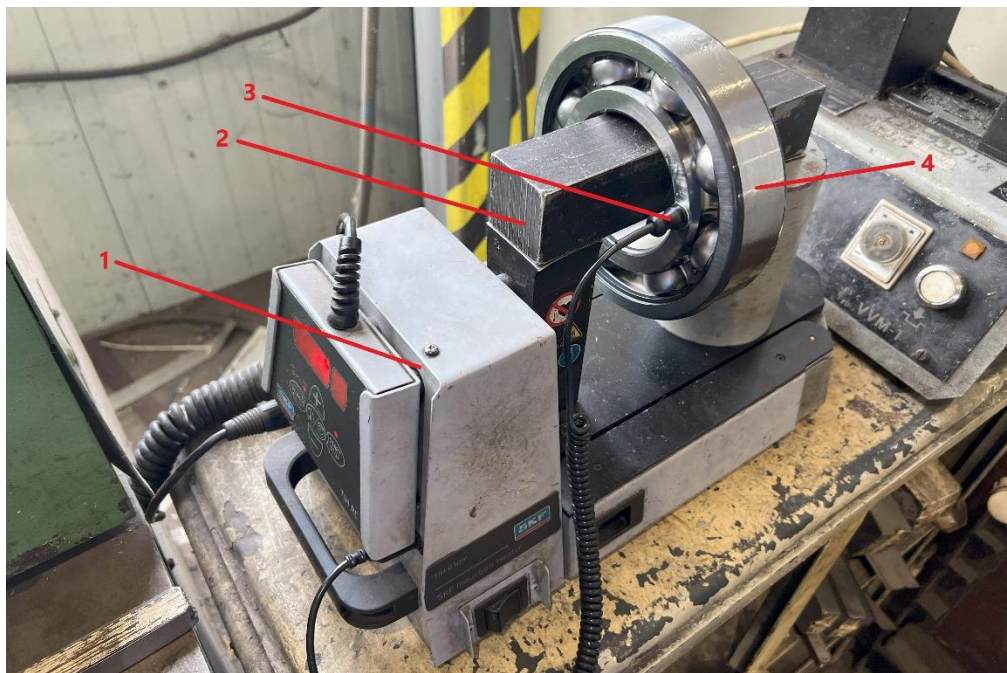
65. ábra: Összeszerelésre előkészített állapot (saját)
1 Forgórész; 2 Állórész; 3 Tekercs kivezetések; 4 Kapocsház; 5 Kapocsfedél; 6 Hátsó deknik; 7 Csapágyak (6316/C3); 8 VA porvédő gumi

8. Összeszerelés: Mivel belső ventilátorral szerelt (hajtás-ellen oldal) a forgórész befűzését is a hajtás-ellen oldali tengelyvég felől kellett végezni.



66. ábra: Forgórész befűzése az állórészbe (saját)

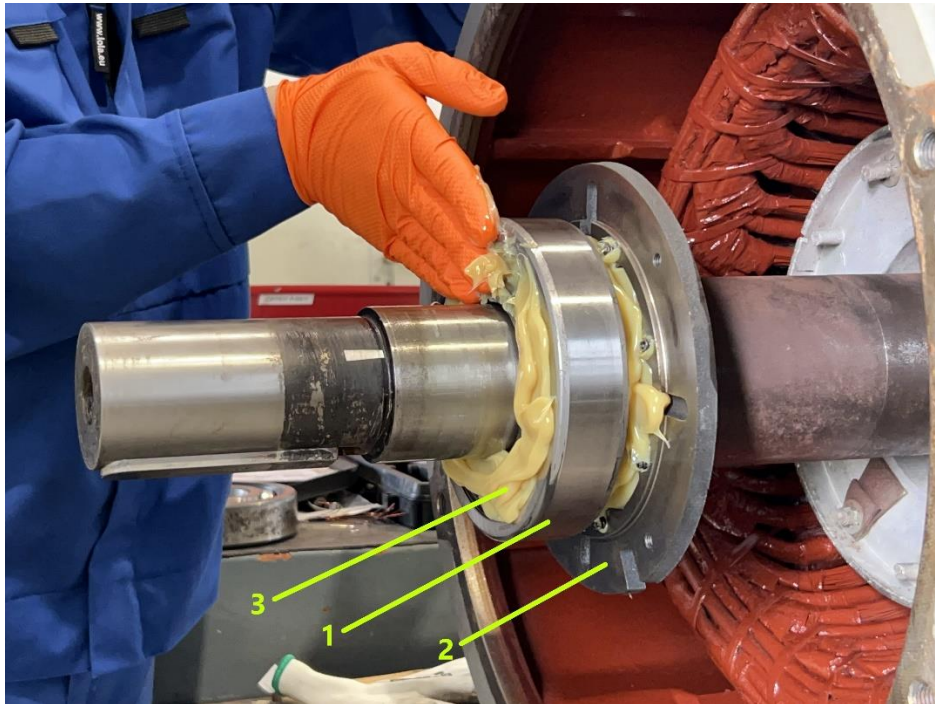
Következő lépésként felhelyeztem pontozás szerint a csapágy belső dekniket, majd a kiválasztott zsírral (fordulatszám: 2975 1/min, vagyis 3-as konzisztenciájú SKF zsír) feltöltöttem. A csapágyakat (6316/C3) 110 C°-ra melegítve, könnyedén fel tudtam helyezni a tengelyre.



67. ábra: SKF indukciós csapágymelegítő (saját)

1 Indukciós csapágymelegítő; 2 Járom; 3 Mágneses hőmérő; 4 Csapágy

A csapágyak hűlését követően gépolajjal megkentem a gördülő elemeket, hogy a zsírzás könnyebb legyen, majd sűrített levegős zsírzó pisztollyal, illetve kézzel megtömve feltöltöttem a csapágyakat.



68. ábra: Csapágyzsír feltöltés (saját)
1 Csapágy; 2 Hátsó dekni; 3 Zsír

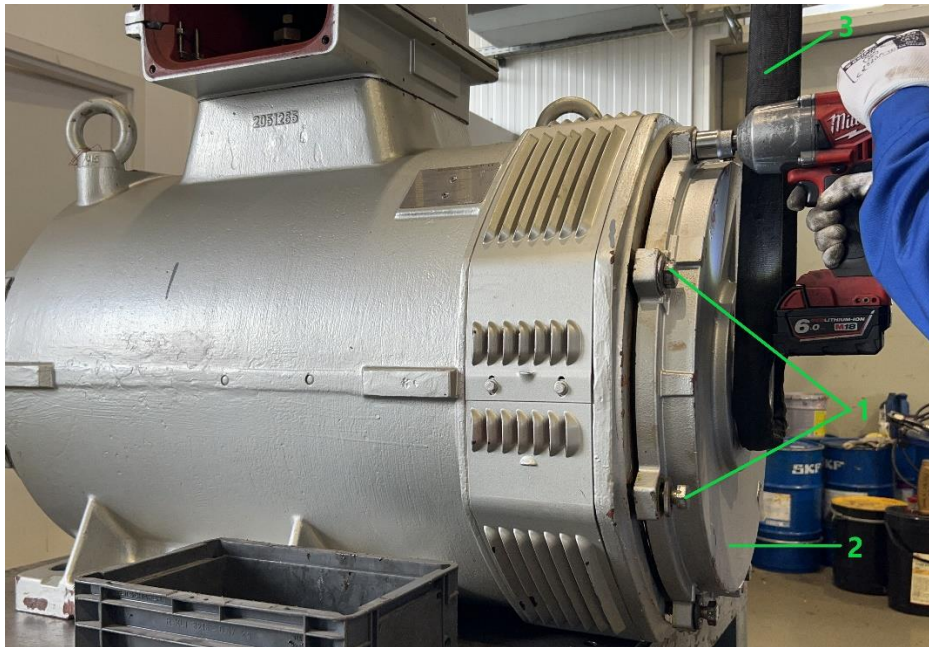
A megkent csapágyakat, a zsírterelő tárcsák és szorító gyűrűk felhelyezése követte. A pajzsok felrakását, a hajtás oldalról kezdtem. Híddaru segítségével megemeltem a pajzsot, beillesztettem a menetesszárat a deknicsavarok helyére (megvezetés céljából).

A pajzs enyhe műanyagkalapács ütésre kapott rá a csapágyra.



69. ábra: Hajtás oldali pajzs felhelyezése (saját)

Miután rákapott, daru segítségével a tengelyt megemelve, a pajzscsavarokkal felhúztam a pajzsot a helyére, majd a deknicsavarok meghúzása után, hasonló képen folytattam az ellen oldalon az összeszerelést.



70. ábra: Hajtás-ellen oldali pajzs felhelyezése (saját)
1 Pajzs csavarok; 2 Hajtás ellen oldali pajzs; 3 Emelő kötél

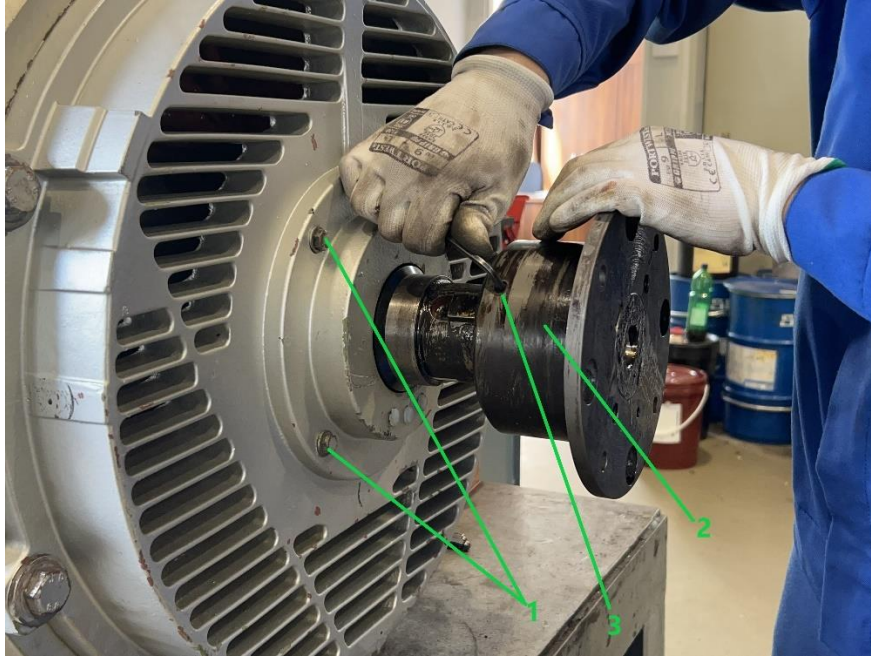
A pajzscsavarok és deknicsavarok meghúzása után kézzel megforgatva könnyedén forgott, így szerelési hibának jele nem volt.

Következő lépés a kuplung felhelyezése volt, amit PB gáz segítségével melegítettem 120 C° -fölé.



71. ábra: Kuplung melegítése (saját)

Miután elérte a megfelelő hőmérsékletet, hőálló kesztyűvel felhelyeztem a tengelyre, figyelve, hogy síkban legyen a tengelyvéggel.



72. ábra: Kuplung biztosítás meghúzása (saját)
1 Deknicsavarok; 2 Kuplung; 3 Kuplung biztosító csavar

Utolsó lépésként, a kihűlt tengelykapcsoló biztosításának meghúzása maradt, ami után készen lett az összeszerelés.



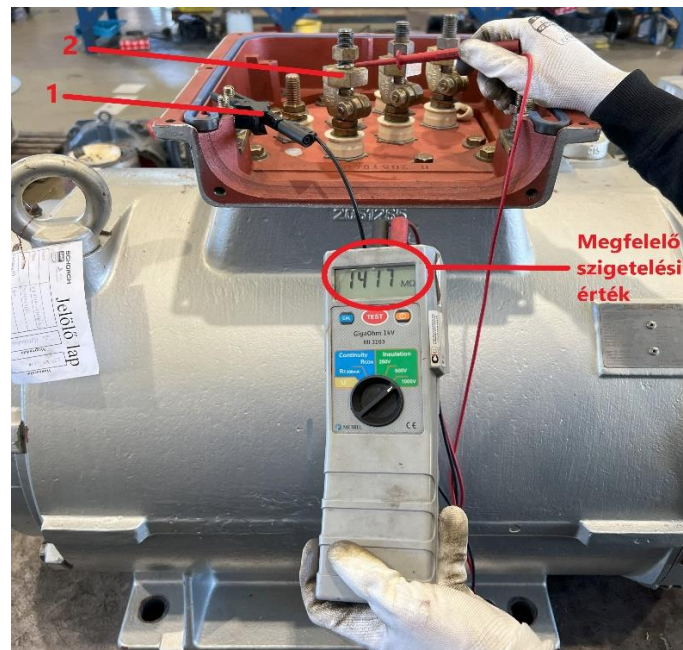
73. ábra: Összeszerelt villanymotor (saját)

9. Próbatermi végellenőrzés, felújító festés: A villamos mérést a hőelemek vizsgálatával kezdtem, ami a javítás előtti értéktől ($228 [\Omega]$) nem tért el.



74. ábra: Javítás utáni hőelem mérés (saját)
1 Digitális multiméter; 2 Hőelemek

A forgatás előtt, a kivezetésekre csatlakoztatva a szigetelési ellenállás mérő műszert, azt tapasztaltam, hogy a javítás előtti $6.58 [\text{M}\Omega]$ értékről $1417 [\text{M}\Omega]$ értékre javult, ami már megfelelő.



75. ábra: Megfelelő szigetelési ellenállás (saját)
1 Föld pont (fekete csipesz); 2 Tekerces pont

A mérések után 400 [V] feszültségre kapcsolva a motor zajmentesen üzemelt. Az SKF műszerrel vizsgálva a rezgést axiálisan 0.5 [mm/s], vertikálisan 0.6 [mm/s], horizontálisan 0.5 [mm/s] értékeket mutatott, ami az ISO 10816-os szabvány szerint megfelelő (31.ábra). A mért értékeket rögzítettem a villamos gép jegyzőkönyvben (1. melléklet).

A felújító festés elszívóval és fűtéssel ellátott festőkabinban történt, ami után a motor készen állt a szállításra.



76. ábra: Teljesen felújított villamos motor (saját)

Javítás összegzése:

7. táblázat: A javított értékek szemléltetése (saját)

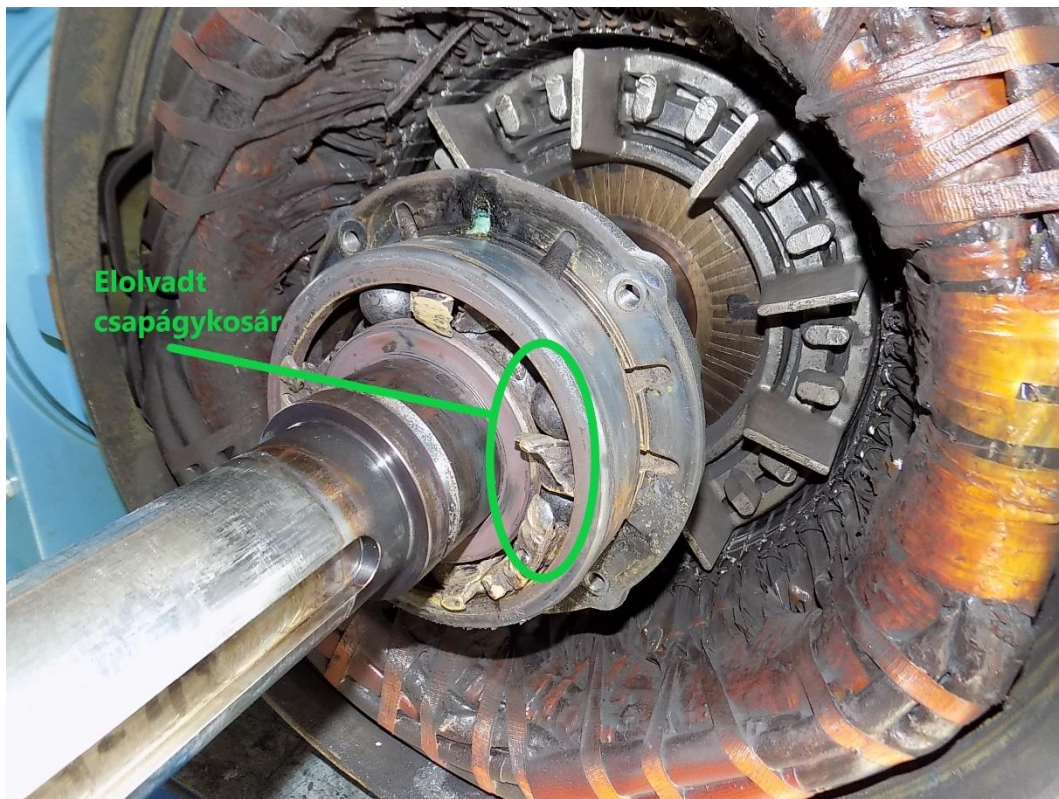
		Javítás előtt	Javítás közben	Javítás után
Villamos mérések	Hőelem	228 [Ω]	-	228 [Ω]
	Szigetelési ellenállás	6.58 [M Ω]	1417 [M Ω]	1417 [M Ω]
	Rezgés	18.27 [mm/s]	-	0.5 [mm/s]

Konklúzió: a javítás utáni mért értékek alapján a motor állapota megfelelő, üzembe helyezésre alkalmas. A következő javasolt nagyjavítás 3 év múlva esedékes. A motor teljes felújításáról a jegyzőkönyv megtalálható a mellékletekben.

7 Karbantartási tapasztalatok, meghibásodás elemzés

Villamos motorokat általában szinte mindenhol használnak az iparban, főleg a kalickás forgórészű aszinkron motorokat, amelyek viszonylag olcsók, súlyuk, illetve tehetetlenségük kicsi, javítási költségük alacsony. Működésük közben a legkülönbözőbb meghibásodásoknak van kitéve:

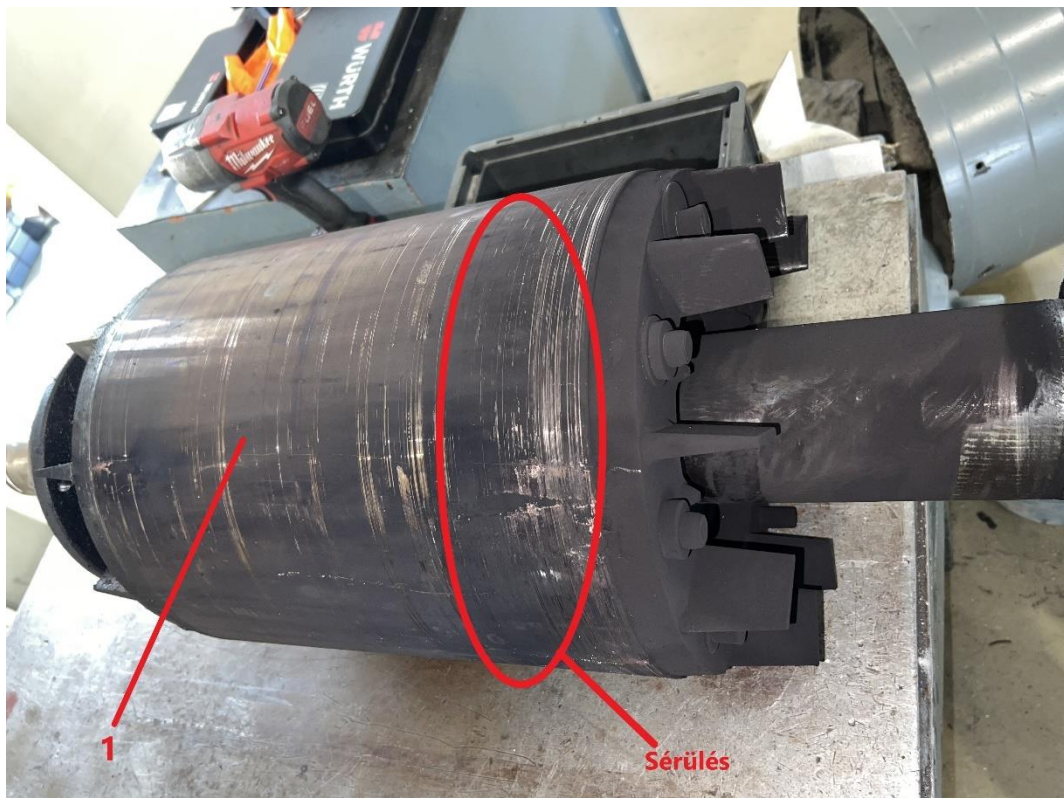
1. A csapágyak hibái: A legtöbb villamos gépben golyóscsapágyakat alkalmazunk, persze speciális esetben ezek változhatnak önbeállós, NU, kúpgörgős stb. csapágyakra. Öregedésük miatt a csapágyak, megfelelő beállítás és használat mellett is meghibásodhatnak. A csapágyhibák képezik a villamos motorok összes hibáinak kb. a 40-50%-át, melynek az okai közé tartozik a nem megfelelő kenés, túlterhelés, esetleges sérülés a szerelés vagy beállítás közben, illetve a közeg hatása, ahol üzemel a gép. A csapágyhiba bekövetkezése okozhat magas rezgést a gépben, illetve ha a csapágykosár törés következtében besúrol a forgórész az állórészbe, berobbanhat a tekercselés.



77. ábra: Elovdadt csapágykosár (saját)

2. Az állórésztekerceselés hibái: A tekerceselésnek különféle hibái lehetnek. Rövidzárlat keletkezhet a fázisok között, letestelhet, vagy rossz bekötés végett hibásodik meg. Ezek a villamos hibák a villanymotor meghibásodásának a 30-40 %-át teszik ki. A főbb hibák okozója lehet a túlmelegedés, lemezelt vastest nem megfelelő rögzítése, horonyléc kitörés, olaj vagy más nedvesség bekerülése a gépbe, nagy indítási áramok, villamos kisülések, a gép erős rezgései. Ezek mind hozzávetetnek az állórész tekerceselésének meghibásodásához. Bár a megfelelő diagnosztikai berendezés használatával és az időszakos karbantartási intervallum betartásával, a javítás közbeni Baker vizsgálattal könnyedén kimutathatóak és megelőzhetőek lennének ezek a hibák.

3. A forgórész hibái: A forgórészek felépítése többféle lehet, ez a villamos gép felépítésétől függ. A kalickás forgórészű villamos motorok forgórész hibái 5-10%-át képezik a meghibásodásoknak. Ezeknél a forgórészeken keletkezett főbb hibák okai lehetnek a gyakori indítás miatti túlmelegedés, öntési hibák, a megengedettnél nagyobb mechanikus igénybevétel, nedves környezet korrozív hatása, csapágyak meghibásodása következtében fellépő mechanikus igénybevétel.



78. ábra: Besúrolt forgórész (saját)
1 Forgórész

A cég által végzett meghibásodás elemzés alappilléret képezik, az ISO szabvány szerint megfogalmazott csapágyrezgés osztályok, a gördülőcsapágyak állapotának diagramjai, kenőfilmréteg elemzés. Rezgéseket vizsgáljuk működés közben, helyszínen, On-line rendszeren keresztül, vagy a javítóműhelybe érkezését követően az üresjáratú próba alkalmával. Az ISO 10816-3 szabványban (31. ábra) leírtak szerint vesszük figyelembe a rezgésértékeket, melyeket a szabvány négy géposztályba sorol:

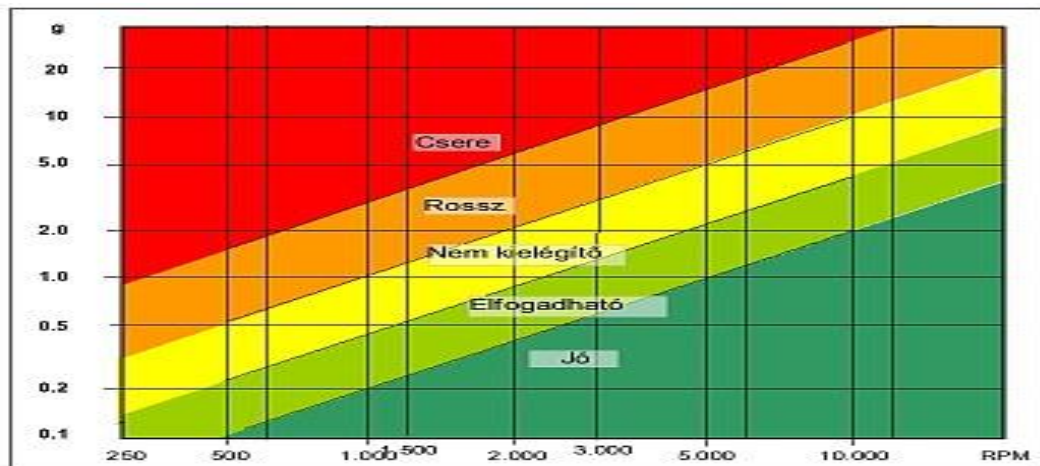
I. A kisgépek csoportja, melyekhez a 15 kW-nál kisebb teljesítményű villamos motorok tartoznak.

II. A közepes kategóriájú gépek csoportja, melyek forgó mozgást végeznek mint: gépek, szivattyúk, ventilátorok, illetve a külön alaphoz rögzített gépek 300 kW átvitt teljesítményig, valamint a 15-75 kW teljesítményű villamos motorok.

III. 75 kW felett, nehéz forgó mozgást végző munkagépek, valamint erőgépek csoportja, melyek nehéz vagy súlyos alappal rendelkeznek.

IV. 75 kW felett, forgó mozgást végző rugalmas alapon elhelyezett erő és munkagépek csoportja, melyek nagy tömegükkel, nagy sebességgel forognak mint: turbinák, turbógenerátorok.

A gördülőcsapágyak állapotának meghatározásához a rezgés gyorsulás/rpm függvény diagrammot vesszük alapul.



79. ábra: Gördülőcsapágy állapot diagram [28]

A gyakorlatban használt módszer, hogy a csapágyállapot jellemző értékét 2 kHz és 10 kHz közötti frekvenciatartományban mért rezgés gyorsulás csúcserőértéke alapján határozzuk meg. A rezgés gyorsulás mérésével a csapágy meghibásodást már korai szakaszban fel lehet ismerni.

Az SPM rendszerek által kínált műszereket és elemzési szempontokat is figyelembe vesszük és jegyzőkönyvbe foglaljuk.

COMP (kompenzációs szám): A mérés megkezdésekor kell beállítani a mérőeszközön, mely a jelátvitel minőségére utal.

LR/HR (szőnyegzaj/kiugró csúcsok): A csapágy állapotára jellemző mérőszám, amely, ha több mint 6-8 akkor a csapágy állapota romlani kezd.

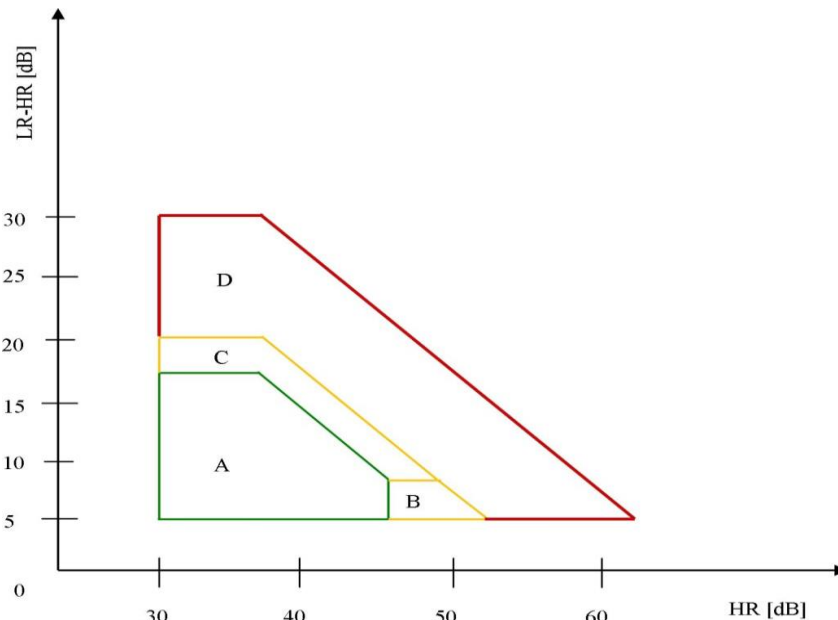
LUB (kenőfilm vastagság): A gördülőelemek közti kenőfilm vastagságát mutatja meg mikrométeres értékben. A csapágy méretétől és típusától függően 2 vagy 4-es érték fölött megfelelő, ezen értékek alatt zsírzás javasolt.

CODE (állapotjelző besorolás): A LUB értékkel közösen használt jelölés mely lehet A, B, C vagy D, melyek jelentése:

- A: jó,
- B: kevés a kenőanyag a gördülő felületek között,
- C: romló mechanikai állapot, felületi hibák a gördülő elemeken,
- D: hibás gördülő elemek, a csapágyakat ki kell cserélni.

COND (meghibásodást értékelő jelzőszám a B, C és D CODE-hoz):

- <30: kisebb mértékű hibák,
- 30-40: nagyobb hibák kialakulása,
- >40: súlyos hibák.



80. ábra: Lubmaster program kiértékelő grafikonja [28]

A Tata Hűtőtechnika Zrt-nél végzett SPM módszer szerinti diagnosztikai vizsgálatom során a gépek általános rezgés-állapotának ellenőrzése, a csapágyak állapotának vizsgálata, illetve egy esetleges csapágyhiba korai diagnosztizálása volt a feladat. A mért gépeket az ISO 10816-3-as szabvány (31. ábra) szerinti rezgésebesség értékek, valamint a gördülőcsapágy állapot diagram (79. ábra), felhasználásával értékeltem.

A vizsgálat során alkalmazott műszer:

- Easy Viber 64 rezgésanalizátor és adatgyűjtő (gysz.: 091101)

BERENDEZÉS, MOTOR	Teljesítmény (kW)	Hajtás oldal				Hajtás ellenoldal				Megjegyzés
		Axiális (mm/s)	Vertikális (mm/s)	Horizont ális (mm/s)	Csapágy (g)	Axiális (mm/s)	Vertikális (mm/s)	Horizont ális (mm/s)	Csapágy (g)	
Pneumatika vent.A-4229	75	5	2,2	2,7	0,26	4	2,3	1,9	0,3	Zsírzás ajánlott
Koptató vent. A- 2229	37	1	1,2	0,8	0,32	0,8	0,4	0,8	0,23	Zsírzás ajánlott
Kompresszor villanymotor AX01B	250	18,27	17,93	18,12	2,3	16,54	16,31	17,01	1,6	Csapágycsere ,Balansz ell.
Daragép ventilátor A-4234	55	1,4	1,2	0,8	0,1	0,8	2	1,4	0,2	
Pneumatika vent.A-4228	70	4,9	2,6	2,2	0,3	3,9	2,9	1,6	0,2	Zsírzás ajánlott
Kombi tisztító vent. A2208	15	3,8	2,1	1,5	0,07	3,8	2	1,2	0,1	
Koptató vent. A- 2228	40	1	1,3	0,7	0,35	0,79	0,41	0,78	0,27	Zsírzás ajánlott

81. ábra: SPM diagnosztikai mérés elemzés (saját)

Vizsgálati eredmények: A motorokon mért csapágyállapotok és rezgés értékek a csapágyállapot diagramból, valamint az ISO 10816-3-as szabványban szereplő géposztályoknak megfelelően színek szerint értelmezhetők.

Javaslatok: A mért rezgések alapján, az A-4229, A-2229, A-4228 és az A-2228 motorokon zsírzás szükséges, az AX01B kompresszor villanymotoron csapágy csere indokolt a magas rezgés és g értékek végett, illetve balansz ellenőrzés javasolt. A teljes kiértékelő jegyzőkönyv a mellékletekben megtalálható.

8 Javaslato k a villanymotorok zavarmentes üzemeltetésére

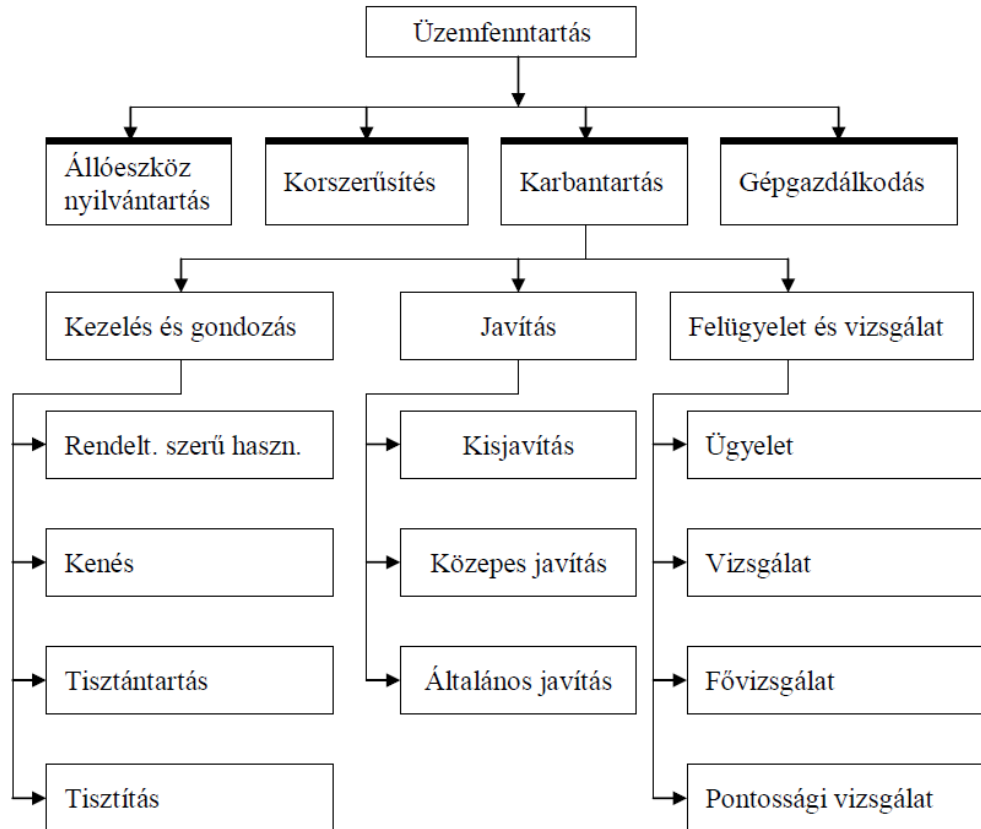
Elsősorban érdemes a karbantartás hiányáról beszélni, ami manapság sok cégnél észrevehető. A beszerzett kis/nagy teljesítményű, egyszerű vagy komplexebb felépítésű villamos motorok, mind-mind igényelnek folyamatos felügyeletet, illetve időszakos szakműhelyben történő nagykarbantartást. A legtöbb esetben a megrendelőnek csak az a fontos, hogy minél gyorsabban, minél kevesebb pénz ráfordítással kapja vissza javításból a motort. A karbantartás és a folyamatos megfigyelés hiánya eredményezi a látottakat (32., 48., 77., 78.-ábrák).

Véleményem szerint a zavarmentes üzemeltetés első alappillére egy komplex On-line állapotfigyelő rendszer kiépítése lenne megoldás. Ugyan első gondolatra drága, mint megelőzési mód, de egyben nagyon hasznos, és kifizetődő. Az általunk kínált megoldás, az SPM állapotfelügyelet. A telepített DuoTech gyorsulásmérők segítségével könnyedén lekövethető a csapágy- és kenésállapot, valamint csapágyromlás elemzést is kínál. Ezekkel a korszerű jeladókkal megelőzhető egy nem várt üzemi leállás, amely komoly gyártási veszteséget okozhat. Az érzékelőkre könnyedén lehet csatlakoztatni hordozható műszert is (29. ábra), amivel további vizsgálatokat végezhetünk: sebességet, hőmérsékletet, valamint egytengelyűség beállításra is használható. Az On-line rendszer megtervezésére, valamint kivitelezésére kínál lehetőséget a Schorch Hungária Kft.

A második alappillére az üzemeltetésnek, a szakműhelyben történő javítások időtartamának helyes betartása, ami az On-line rendszerrel együtt működve segít megelőzni minden nem várt leállást. Szakműhelyünk rendelkezik SKF akkreditált szerviz minősítéssel, megfelelő szaktudással és erőforrással, valamint mindazokkal a precíz eljárásokkal, amelyek segítségével megnövelhető a motor élettartama és megbízhatósága, ezáltal biztosítani tudjuk a villamos motorok és berendezések hosszútávú zavarmentes üzemeltetését.

A további észrevételem, és annak megoldására javaslom, az SKF automata kenőrendszerek kiépítését. A karbantartás elhanyagolásával egyenértékű az a probléma, ami okozza a csapágyak korai meghibásodását, a kenés hiánya. A legtöbb üzemi gép gyártásakor meghatározott intervallumú zsírzás elhanyagolása mindennapos probléma az üzemeltetésben. A kenőrendszer kiépítését követően a zsírzási ciklusokat pontosan betartva lehet a gépek csapágyainak élettartamát növelni.

Az üzemfenntartáshoz szükséges és egyben elengedhetetlen tevékenység a TMK jellegű karbantartás és az On-line rendszerek használata. Az alábbi ábra szemlélteti azokat az összefoglaló műveleteket, amiket bevezetve és betartva, váratlan kiesés mentesen lehetne a vállalatok működését segíteni.



82. ábra: Az üzemfenntartás műveletei [32]

A villamos motorok üzemeltetésének új irányai elősegíthetik a vállalatok energiahatékonyságát. A villamos motorok a felhasznált villamos energia 60%-át használják. A régi, elavult motorokat energia-hatékony motorokra cserélve megmarad a leadott teljesítmény azonban kisebb az elektromos energia igény. Csökkenthetők a veszteségek, hosszabb élettartamot biztosítanak, kisebb hőmérsékleten üzemelnek. Ezt úgy érik el, hogy a lemeztetthez jobb mágneses tulajdonságokkal rendelkező acéllemezt használnak, szűkebb légrést érnek el a motor forgórésze és állórésze közt. Lágýindítót használva lehetőség nyílik a motor lökésmentes indítására és a túlram csökkentésére, valamint használatával csökkenthető a vasvesztés. A villamos motorok energia hatékonyságának új irányai csökkenthetik a széndioxid kibocsájtást a villamos energia előállításánál az erőművekben, illetve kedvező irányban támogatja az üzemeltetőket, a környezetbarát termelés jegyében.

9 Összefoglalás

Szakedolgozatom a Schorch Hungária Kft-nél végzett villamos motorok karbantartásával és a diagnosztika jelentőségének kérdésével foglalkozott. A dolgozatban ismertettem bevezetésként a villamos berendezések fajtáit, az iparban használatos diagramok és képletek jelentőségét, valamint a gépek felhasználási területeit.

Ismertettem a villamos mérésekhez használatos eszközöket, a villamos motor vizsgálatának lehetséges módjait. A rezgésdiagnosztika részben bevezettem az olvasót, a gépek rezgésének felderítéséhez használható vizsgálati eszközök és felhasznált szabványok területére, valamint az általános villamos motor mechanikai vizsgálataiba.

Ezek ismeretek tudatában, az olvasó teljes képet kap a villamos motor karbantartásának próbatermi elővizsgálata során elvégzett mérésekről. A javítási technológiák pontos leírásával ismertettem a cég, valamint az általános gépjavítás meghatározó műveleteit mint: mosás-szárítás, szét-összeszerelés, villamos-mechanikai mérések és javítások, illetve a végellenőrzést.

A 6. fejezetben a Schorch Hungária Kft-től kapott szakedolgozat feladatomban mutattam be, amelyet részletesen kidolgozva, saját munkával és saját képekkel, valamint a korábban említett alkalmazott módszerekkel mutattam be. A motor villamos mérését követően meghatároztam a javítás művelettervét a motor felépítését ismerve. A meghatározott, javításra váró hibák elvégzését végeztem mind villamos mind mechanikai téren, ezek a szigetelés ellenállás értékének javítása majd a tekercs Baker-vizsgálattal való ellenőrzése, illetve a magas rezgésértékből adódó balansz-hiba számítása és javítása volt. A javított értékekből konklúziót vonva ismertettem táblázaton keresztül, a hiba felderítésének kezdeti értékeit, a javítás közbeni értékek változását, valamint a teljeskörű karbantartás elvégzését követően a javított értékek eredményét.

A karbantartás területén végzett tapasztalataim alapján, ismertettem a villamos motor tipikus meghibásodási lehetőségeit, valamint gyakorlati példán szemléltetve bemutattam, egy általam elvégzett rezgésdiagnosztikai vizsgálat során mért adatok kielemezését és javaslatát, a diagnosztikához kapcsolódó diagramok alkalmazásával. Az itt végzett elemzés során, a kritikus rezgést értékeket produkáló gép felújítását végeztem a 6. fejezetben.

Végül az általam betöltött munkakör, mint gépszereelő csoportvezető, ismerve a partnerek és az általánosságban gépeket üzemeltető cégek karbantartás szemléletét, javaslatokat adtam, a villamos motorok zavarmentes üzemeltetéséhez.

Irodalomjegyzék

- [1] Ki fedezte fel az áramot? <https://www.renovablesverdes.com/hu/quien-descubrio-la-electricidad/> (Letöltés időpontja: 2023.04.14 19 óra 36 perc)
- [2] Barabás Miklós: VILLAMOSGÉPEK I. A Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [3] Three-phase-electric-motor-of-Dolivo-Dobrovolsky
<https://stock.adobe.com/images/three-phase-electric-motor-of-dolivo-dobrovolsky-ca-1890/69364466> (Letöltés időpontja: 2023.04.14 20 óra 47 perc)
- [4] Dr. Retter Gyula: Villamosenergia Átalakítók 1. Kötet. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [5] Dr. Retter Gyula: Az egységes Villamosgépelmélet, Második kiadás. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [6] Ganz Intelligens transzformátor <https://profitline.hu/hazai-es-nemzetkozi-piacokra-is-szallit-intelligens-transzformatorokat-a-magyar-nehezgepgyartovallalat-443564> (Letöltés időpontja: 2023.04.16. 20 óra 18 perc)
- [7] AZZA-ELEKTRONIKA-Szinkrongépek
<http://azzaelektronika.bplaced.net/leirasok-lista/62-szinkron-motor.html?start=1> (Letöltés időpontja: 2023.05.09 18 óra 0 perc)
- [8] Dr. Liska József: Villamos Gépek – IV. Aszinkron gépek. Tankönyvkiadó, Budapest 1968.
- [9] Hollenczer Lajos: Aszinkron gépek vizsgálata. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- [10] Uray Vilmos: VILLAMOS GÉPEK ÜZEME 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1974.
- [11] Dr. Szénásy István: Villamos hajtások.
<http://www.sze.hu/~szenasy/VILLVONT/VH%203.%20modul.%20szmot%20%C3%A9s%20hajt%200819a.pdf>
(Letöltés időpontja: 2023.05.05 12 óra 47perc.)
- [12] Aszinkron gépek üzeme.
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-1/aszinkron-gepek-uzeme/az-aszinkron-gep-helyettesito->

- [kapcsolasi-vazlata-szlipje-es-nyomatek-fordulatszam-jellegorbeje](#) (Letöltés időpontja: 2023.05.09 19 óra 25 perc)
- [13] Szinkron generátor mérése; <https://docplayer.hu/19097805-4-meres-szinkron-generator.html> (Letöltés időpontja: 2023.05.09 21 óra 04 perc)
- [14] DR..J szinkronmotorok (LSPM technológia) [DR..J kivitelű szinkronmotorok | SEW-EURODRIVE](#) (Letöltés időpontja: 2023.05.09 20 óra 42 perc)
- [15] Kádár István: VIVEAC01 Villamos gépek és alkalmazások pdf. p. 8-8 2019.
- [16] Prof. Dr. Ing. Helmut Moczala: Törpe villamos motorok és alkalmazásaik. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1984.
- [17] Audi E-tron gt quattro villamos motor <https://totalcar.hu/galeria/totalcar/technika/2021/03/01/elektromotorok/2> (Letöltés időpontja: 2023.05.10 17 óra 56 perc)
- [18] Alice electric plane N882EV. <https://theemergingsciences.com/alice-electric-plane-prepares-to-fly/> (Letöltés időpontja: 2023.05.10 18 óra 25 perc)
- [19] Schorch Hungária Kft. főépülete. <https://latvanyos.hu/project/schorch-hungaria/> (Letöltés időpontja: 2023.05.16. 14 óra 3 perc)
- [20] Megohmetru GigaOhm szigetelésmérő műszer. <http://megohmetre.ro/megohmetru-profesional-giga-ohm-mi-3103/> (Letöltés időpontja: 2023.05.23. 20 óra 10 perc)
- [21] Kewtech HighVoltage szigetelésmérő műszer. <https://www.tester.co.uk/kewtech-high-voltage-5000v-insulation-tester> (Letöltés időpontja: 2023.05.23. 20 óra 17 perc)
- [22] Motor thermal imager. <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/thermal-imaging/how-to-inspect-a-motor-with-a-thermal-imager> (Letöltés időpontja: 2023. 05.26. 22 óra 00 perc)
- [23] SKF Static Motor Analyzer Baker DX User Manual. <https://www.perel.fi/files/item/103962038/pub-cm-71-030vi-en-baker-dx-user-manual.pdf> (Letöltés időpontja: 2023.06.05. 14 óra 3 perc)
- [24] SKF Csapágykarbantartási kézikönyv. SKF Csoport 2012.
- [25] SKF Vezeték nélküli állapotfelügyelet. http://vasutgepeszet.hu/wp-content/uploads/2018-1_24-25_skf.pdf (Letöltés időpontja: 2023.09.08. 14 óra 22 perc)
- [26] SKF TKST 11 sztetoszkóp. <https://primacsapagy.hu/termek/skf-tkst-11-sztetoszkop/> (Letöltés időpontja: 2023.09.08. 14 óra 39 perc)

- [27] SKF TKDT 10 Tapintós hőmérő. <https://primacsapagy.hu/termek/skf-tapintos-homero-tkdt-10/> (Letöltés időpontja: 2023.09.08. 14 óra 48 perc)
- [28] SPM Installation of measuring equipment. SPM Instrument AB. ISO 9001 certified. SPM 2007-01.
- [29] SPM Leonova Diamond Vibration Analysis. [SPM Instrument | Yun Loong Motor Repair Malaysia \(yunloongsb.com\)](https://www.spm-instrument.com/yunloong/) (Letöltés időpontja: 2023.09.22. 11 óra 6 perc)
- [30] Electric motor exploded view. <https://www.regalrexford.com/brands/Marathon-Motors/Products/Ultimate-e-Motor> (Letöltés időpontja: 2023.05.26. 23 óra 52 perc)
- [31] Villanymotor üzemi működtetése. <https://theissdrive.com/2023/09/11/villanymotor-uzemi-mukodtetese/> (Letöltés időpontja: 2023.11.15. 23 óra 51 perc)
- [32] Dr. Dúll Sándor: Üzemfenntartás, karbantartás I. Gépész szak, Általános és karbantartógépész, műszaki-szaktanári szak, hallgatói részére
- [33] Egyenáramú gépek. <https://www.technischesmuseum.at/museum/online-sammlung#sammlung/ui/%7B%22query%22%3A%22collection%3A270%23%23%23Elektrotechnik%22%7D/objectdetail/202323> (Letöltés időpontja: 2023.11.18. 14 óra 13 perc)
- [34] ISO 10816 Vibration Severity Standards. <https://035ab0b.netsolhost.com/TechNote112.htm> (Letöltés időpontja: 2023.11.18. 19 óra 23 perc)
- [35] Schorch Hungária Kft. Belső vállalati anyag

Melléklet

1. melléklet: Aszinkron motor villamos mérési lap 1. oldal
2. melléklet: Aszinkron motor villamos mérési lap 2. oldal
3. melléklet: Villamos motor javítási műveletterv
4. melléklet: Villanymotorok mechanikai mérési lapja 1. oldal
5. melléklet: Villanymotorok mechanikai mérési lapja 2. oldal
6. melléklet: Munkalap 1. oldal
7. melléklet: Munkalap 2. oldal
8. melléklet: Anyagszükségleti lap
9. melléklet: Baker vizsgálati jegyzőkönyv 1. oldal
10. melléklet: Baker vizsgálati jegyzőkönyv 2. oldal
11. melléklet: Baker vizsgálati jegyzőkönyv 3. oldal
12. melléklet: Forgástestek dinamikus kiegyensúlyozásának mérési lapja
13. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 1. oldal
14. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 2. oldal
15. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 3. oldal
16. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 4. oldal
17. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 5. oldal
18. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 6. oldal
19. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 7. oldal
20. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 8. oldal



Adatfelvevő: Zsuzsanna Abde Dátum: 2023. 10. 01. Munkaszám: 23-646-288

A javított motor adatai

Megrendelő: <u>Tetta Hűtőtechnika Kft</u>	Megnevezés: <u>Villamosmotor</u>	Típus: <u>KN7S12L-A01B-462</u>	Gyári sz.: <u>3150089/2</u>
Teljesítmény: <u>250</u> kW	Feszültség: <u>400</u> V	Áram: <u>420</u> A	Fordulatszám: <u>2945</u> 1/min

Rezgésséesség vizsgálatok eredményei

Rezgésvizsgálat		Axiális (mm/s)	Vertikális (mm/s)	Horizontális (mm/s)	Mérést végezte
Mérés fordulatszáma: 1/min					
Hajtás oldal	javítás előtt	<u>18,24</u>	<u>18,23</u>	<u>18,26</u>	<u>Stk</u>
	javítás után	<u>0,5</u>	<u>0,6</u>	<u>0,5</u>	<u>Stk</u>
Hajtás ellenoldal	javítás előtt	<u>18,16</u>	<u>17,94</u>	<u>18,23</u>	<u>Stk</u>
	javítás után	<u>0,6</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>Stk</u>

Csapágyállapot vizsgálatok eredményei

Csapágyvizsgálat		COMP	LR/HR (dB)	LUB (µmm)	COND	Mérést végezte
Mérés fordulatszáma: 1/min						
Hajtás oldal	javítás előtt	—	<u>29/01</u>	<u>A2</u>	—	<u>Stk</u>
	javítás után	—	<u>20/14</u>	<u>A2</u>	—	<u>Stk</u>
Hajtás ellenoldal	javítás előtt	—	<u>25/16</u>	<u>A2</u>	—	<u>Stk</u>
	javítás után	—	<u>21/14</u>	<u>A2</u>	—	<u>Stk</u>

Szigetelési ellenállás méréseinek eredményei

Állórész	Mérő fesz. (V)	Mért érték (MΩ)				Mérést végezte
		test	R-S	R-T	S-T	
Javítás	előtt	<u>1000</u>	<u>6,58</u>	—	—	<u>Stk</u>
	után	<u>1000</u>	<u>14,14</u>	—	—	<u>Stk</u>
Forgórész	Mérő fesz. (V)					
	test	R-S	R-T	S-T	Mérést végezte	
Javítás	előtt					
	után					

Hőelemek ellenállásának értékei

Javítás	Hőelemek mért értékei (Ω)			Mérést végezte
	1	2	3	
előtt	<u>228</u>	—	—	<u>Stk</u>
	<u>228</u>	—	—	<u>Stk</u>
Javítás	Hőelemek mért értékei (Ω)			Mérést végezte
	4	5	6	
előtt	—	—	—	
	—	—	—	

1. melléklet: Aszinkron motor villamos mérési lap 1. oldal [35]



Villamos szigetelés szilárdsági vizsgálatok eredményei

Állórész	Vizsg. fesz. (kV/1perc)	Megfelelő		Mérést végezte
		Igen	Nem	
Javítás	előtt	1	x	<i>[Handwritten signature]</i>
	után	1	x	
Forgórész	Vizsg. fesz. (kV/1perc)	Megfelelő	Mérést végezte	
	Igen	Nem		
Javítás	előtt			
	után			

Üresjárási mérés eredményei

Állórész	Feszültség (V)	Áram (A)			Mérést végezte	
		R	S	T		
Javítás	előtt	3 x 1,00	1,70	1,70	1,70	<i>[Handwritten signature]</i>
	után	3 x 1,00	1,70	1,70	1,70	
Forgórész	Feszültség (V)	Áram (A)			Mérést végezte	
	R	S	T			
Javítás	előtt	3 x				
	után	3 x				

Rövidzárási mérés eredményei

Állórész	Feszültség (V)	Áram (A)			Mérést végezte	
		R	S	T		
Javítás	előtt	3 x				
	után	3 x				
Forgórész	Feszültség (V)	Áram (A)			Mérést végezte	
	R	S	T			
Javítás	előtt	3 x				
	után	3 x				






Hibamegállapítás:

(szapadályok csereje)
 belső, külső
 mechanikai mérés
 szigetelési ellenőrzés, javítás
 SCHORCH Hungaria

Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
 1580 Tiszadiváros, Ipari park, Gyári út 1.
 T: +36 30 254 1004 3024-00000000

A mért értékek alapján a motor állapota megfelelő, üzembe helyezésre alkalmas.

Ellenőrizte: *[Handwritten signature]* Tiszadiváros, 2023. 10. 04. Igen Nem

						
Cég: SCHORCH Hungária Kft.		JAVÍTÁSI MŰVELETERV			Lapszám: 3	
Gyártmány: SCHORCH		Megnevezés: Aszinkron kompresszor motor	Típus: KN7317L-AX01B-462		Gyári szám: 9150039/2	
Teljesítmény [kW]: 250		Feszültség [V]: 400	Áram [A]: 420		Fordulatszám [1/min]: 2975	
Sorszám	Művelet megnevezése	Felhasznált eszközök	Létszám	Idő	Megjegyzés	
1	Villamos motor próbaterm. vizsgálata: Szigetelési ellenállás, hőelem, rezgés	Szigetelési ell. mérő Digitális multiméter SKF TKST sztetosztzkóp	1	30 min	Magas rezgésérték miatt kiszereelt villanymotor.	
2	Szét szerelés	Kézi szerszámok, csapáglehúzó	1	120 min	-	
3	Mechanikai mérés	Mikrométer	1	20 min	-	
4	Álló,- és forgórész magasnyomású tisztítása és szárítása	Forróvizés magasnyomású mosó	1	60 min	A szárítás minimum 5 maximum 8 [óra] 150 C° -on.	
5	Villamos mérés	Baker szigetelés vizsgáló	1	20 min	-	
6	Dinamikus tengely kiegyensúlyozás	Kiegyensúlyozó pad	1	60 min	Belső,- öntvény ventilátorral szerelt. Kuplung szinel a tengelyvéggel.	
7	Pajzsok, deknik és az alkatrészek tisztítása	Kézimosó, forgókosaras mosógép	1	15 min	-	
8	Összeszerelés	Kézi szerszámok, csapágyemelegítő	1	120 min	-	
10	Próbatermi végellenőrzés, felújító festés	Szig.ell.mérő Digitális multiméter SKF sztetosztzkóp	1	25 min	Rezgésérték és szig. ellenállás ellenőrzése!	
Kiállította:	Kelt:	Aláírás:	Ellenőrizte és jóváhagyta:	Kapja:	Példány:	1
Zámbó Ádám	2023.10.04.				Jegyzőkönyv	-

SCHORCH Hungária
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
3580 Tiszaújváros, Ipartelep, Gyári út 1.
61230254-10043024-00000000
A.sz.: 13030306-2-05, Cg.: 05-09-010335

3. melléklet: Aszinkron motor javítási műveletterv [35]

	 VILLANYMOTOROK MECHANIKAI MÉRÉSI LAPJA	
---	---	---

Adatfelvevő: Zalukó István Dátum: 2023. 10.04. Munkaszám: 23-GH-188

A javított motor adatai

Megrendelő: <u>Tata Hévíztechnika Kft.</u>	Megnevezés: <u>Villanymotor</u>	Típus: <u>KWFS/4L-AV0AB-462</u>	Gyári sz.: <u>8150039/2</u>
Rb védettség:	IP védettség: <u>23</u>	Fordulatszám: <u>2945</u> 1/min	Forgórész tömege: <u>120</u> kg
<u>Aszinkron</u>	Egyenáramú	Schrage	Egyéb

I. Rb-s vizsgálatok eredményei

Rések megnevezése	Javítás	Réshossz [mm]		Mérést végezte	Résméret [mm]		Mérést végezte
		HO.	HEO.		HO.	HEO.	
Tengely— Pajzs	előtt						
	után						
Pajzs— Motorház	előtt						
	után						
Motorház— Kapocsház	előtt						
	után						
Kapocsház— Fedél	előtt						
	után						
Kémlelő nyílás— Motorház	előtt						
	után						

		Légköz (mm)	Mérést végezte	Kúszóáramút (mm)	Mérést végezte
Javítás	előtt				
	után				

		Kábelbevezető		Szemcsavar		Földelőcsavar		Vizsgálatot végezte
		van	nincs	van	nincs	van	nincs	
Javítás	előtt		X	X		X		<u>[Signature]</u>
	után		X	X		X		<u>[Signature]</u>



A motor a rajta feltüntetett Rb védettségnek megfelel	Igen	Nem	Vizsgálatot végezte
Javítás	előtt		
	után		

Az elvégzett vizsgálatok és a jelenleg érvényes szabványelőírások alapján a motor Rb-s védettséggel rendelkezik.

Kikötések:

A motor csak a(z) robbanás veszélyességi osztályban használható.

A vizsgálatok eredményét – az ide vonatkozó szabvány alapján – összegezte:

Tiszaújváros, 2023.

II. Illeszkedő és helyzet tört felületek mérése

	Javítás			
	előtt [mm]	Mérést végezte	után [mm]	Mérést végezte
HO. tengelyvég ütése				
HO. tengelyvég mérete	$\varnothing 75 + 0,01$	<i>Stk</i>		
HO. csapágyhely méret a tengelyen	$\varnothing 80 + 0,01$	<i>Stk</i>		
HO. csapágyfészkek méret a pajzsban	$\varnothing 140 + 0,035$	<i>Stk</i>		
HEO. csapágyhely méret a tengelyen	$\varnothing 80 + 0,01$	<i>Stk</i>		
HEO. csapágyfészkek méret a pajzsban	$\varnothing 140 + 0,015$	<i>Stk</i>		
Kommutátor ütése 1. (tengelyvég)				
2. (közép)				
3. (komm.zászló)				
Csúszógyűrű ütése 1. (tengelyvég)				
2. (közép)				
3. (tek.kivezetés)				

III. Csapágy adatok

HEO csapágy mérete: <i>6316/C3</i>	HO csapágy mérete: <i>6316/C3</i>
------------------------------------	-----------------------------------

Ellenőrizte: *[Signature]* Tiszaújváros, 2023. *10.04.*

A mért értékek alapján a motor állapota megfelelő, üzembe helyezésre alkalmas.

Igen

Nem

SCHORCH Hungária
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
3580 Tiszaújváros, Ipari utca, Gyári út 1.
61200254-10043024-00000000
A.sz.: 13030306-2-05, Cgjl.: 05-09-010335

5. melléklet: Villanymotorok mechanikai mérési lapja 2. oldal [35]



A javított gép, berendezés adatai

Megrendelő: Torta Hűtőtechnika Kft	Dátum: 2023. 10. 04.	Munkaszám: 23-646-288	Megnyitotta: <i>[Signature]</i>
---------------------------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------------------

Az elvégzett munka leírása

Sorsz.	Dátum	Munkavégző neve	Tevékenység	Normál óra	Nem normál óra
1.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	PRÓBATÉRKMI ELŐVIZSGÁLAT	0,15	
2.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	SZÉTSZERELÉS, KARBANTARTÁS	3	
3.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	MECHANIKAI MÉRÉS	0,15	
4.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	VILLAMOS SZ10. VIZS. (BATER)	0,15	
5.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	DINAMIKUS KIEGYENSÚLYOZÁS	1	
6.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	ÖSSZESZERELÉS	2	
7.	2023.10.04.	Zsuzsanna Ádám	PRÓBATÉRKMI VÉGELLENŐZÉS	0,15	
8.	2023.10.05.	Zsuzsanna Ádám	FELÜJÍTŐ FESTÉS	0,15	
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					
16.					
17.					
18.					
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.					
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					

 Certified Rebuilder Electric Motors	 MUNKALAP	 ISO 9001 ISO 14001
---	---	--

Srsz.	Dátum	Munkavégző neve	Tevékenység	Normál óra	Nem normál óra
31.					
32.					
33.					
34.					
35.					
36.					
37.					
38.					
39.					
40.					
Összesen					



Normál munkadíj	(, -Ft/óra)				
Nem normál munkadíj	(, -Ft/óra)				
Anyagköltség					
Kiszállási díj	, -Ft/km x	km			
Szállítási költség	, -Ft/km x	km			
Alvállalkozói díj					
Utókalkulációs ár	(számlázandó)				

Általános karbantartás		320.000			
Állórész tekerceslés					
Forgórész rudazás					
Forgórész kiegyensúlyozás		60.000			
Csapágyak		152.000			
Segédanyagok		40.400			
Állórész tekerceslési anyagok					
Forgórész rudazási anyagok					
Szállítás költsége	(2 x 380 km x 200 Ft)	152.000			
Árajánlat szerinti vagy ártáblázatos fix ár	(számlázandó)	745.000			

Lezárta:
 SCHORCH Hungária
 Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
 3580 Tiszaújváros, Ipartelep, Gyári út 1.
 61200254-10043024-00000000
 A.sz.: 13030306-2-05. Cgj.: 05-09-010335

Dátum: 2023. hó nap

7. melléklet: Munkalap 2. oldal [35]

Sorszám: SZ23/		Anyagszükségleti lap Munkaszám: 23-016 - 288				 			
S.sz.	Cikkszám	Mennyiség	Mennyi- egység	Egységár (Ft)	Összár (Ft)	Megnevezés, méret, minőség	Dátum	Felhasználta	Megjegyzés
1.		2	db			6316/c3	2023.10.04.	Stok	
2.		0,4	kg			SKF/3 gél	2023.10.04.	Stok	
3.		1	db			VA 80 peroxid	2023.10.04.	Stok	
4.		0,5	l			RAT 4082	2023.10.04.	Stok	
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
13.									
14.									
15.									
16.									
17.									
18.									
19.									
20.									

8. melléklet: Anyagszükségleti lap [35]



Munkavégzés helye: Schorch Hungária Kft.

Munkavégzés időpontja: 2023.10.04.

Tárgy: Villanymotor vizsgálata

Mérést végezte: Zámbó Ádám

Műszaki tartalom:

1. Fázistekercsek hullámtartományának vizsgálata
2. Szigetelés- és szivárgó áram vizsgálata
3. R-L-Z összehasonlító mérése
4. Terhelés alatti áramszimmetria mérés

Méréshez használt műszerek:

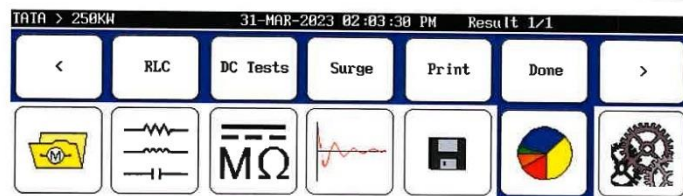
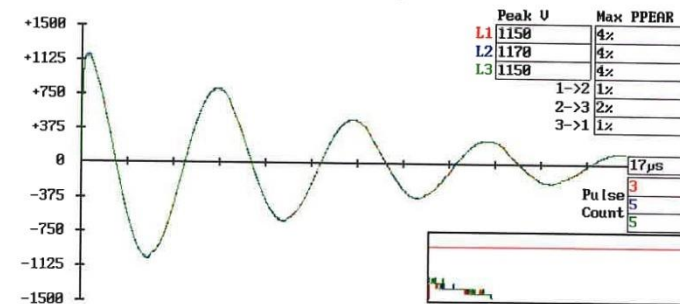
SKF Static Motor Analyzer: BAKER DX (gyári szám: 11969)

Villanymotor vizsgálata:

Motor típus: KN7317L-AX01B-462
Gyári szám: 9150039/2
Teljesítmény: 250kW
Feszültség: 400V
Áram: 420A
Fordulatszám: 2975 1/min

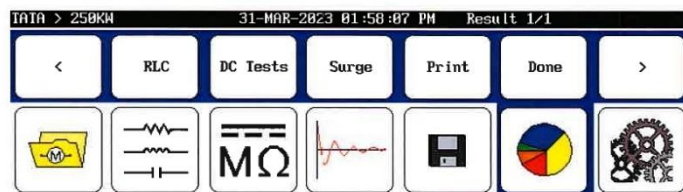
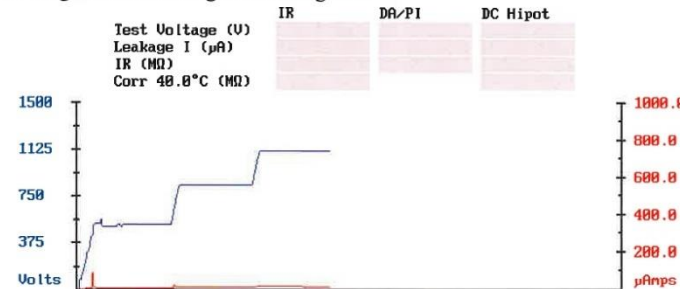


1. Fázistekercsek hullámtartományának vizsgálata



A fázistekercsek közötti legnagyobb aszimmetria 2%, amely nem haladja meg a 10 %-os határértéket, így nincs jele menetzárlatnak.

2. Szigetelés- és szivárgó áram vizsgálata

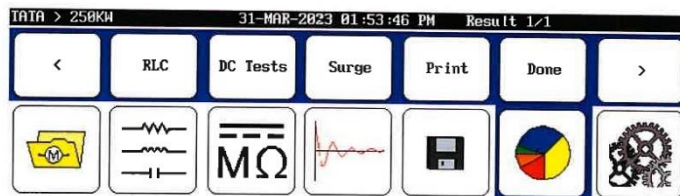




3. R-L-Z összehasonlító mérések

3PH Result

HGD	Lead 1:	Lead 2:	Lead 3:	Unbal (%)
DC Resistance	53.3794 m	55.1640 m	52.8200 m	2.6
Temp Cor Res	53.3794 m	55.1640 m	52.8200 m	
Temp (degC)	20.0			
Impedance/Ang	0.771/ 87.4	0.770/ 87.3	0.773/ 87.6	0.2/0.1
Inductance nH	2.042	2.041	2.049	0.2
Z D/Q	0.045/22.071	0.047/21.303	0.043/23.308	
Frequency Hz	60.0			
Capacitance nF	0.0			
Cap D/Q	0.000/ 0.0			



A fázistekercsek ohmos ellenállása 2,6%-kal, az induktivitás impedancia pedig 0,2%-kal tér el egymástól.

A mért értékek alapján a motor üzembe helyezésre alkalmas/nem alkalmas.

Tiszaújváros, 2023.10.04.


 Mérést végezte

SCHORCH Hungária
 Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
 3500 Tiszaújváros, Ipartelep, Gyári út 1.
 61200254-10013024-00000000
 A.sz.: 13030306-2-05, Cgjl.: 05-09-010336
 Ellenőrizte

	<h2>SCHORCH</h2> <p>FORGÁSTESTEK DINAMIKUS KIEGYENSÚLYOZÁSÁNAK MÉRÉSI LAPJA</p>	
---	--	---

Adatfelvevő: Zámbo Ádám Dátum: 2023.10.04. Munkaszám: 23-646-288

A forgástest adatai

Megrendelő: Tata Hűtőtechnika Kft.	Megnevezés: Villanymotor forgórész
---------------------------------------	---------------------------------------

Beállítási adatok

súly [kg]	n [min ⁻¹]	R ₁ [mm]	R ₂ [mm]	ℓ [mm]
120	800	160	160	980

Induló kiegyensúlyozatlanság

fordulatszám [min ⁻¹]	800	[gramm]
1-es sík		27.8
2-es sík		13.2

Az ide vonatkozó szabvány szerinti megengedett kiegyensúlyozatlanság

Osztály: G6.3	[kg]	[gramm·mm/kg]	[gramm·mm]
1-es sík	60	20	1200
2-es sík	60	20	1200

Maradó kiegyensúlyozatlanság

fordulatszám [min ⁻¹]	800	[gramm]
1-es sík		2.66
2-es sík		0.493

Forgórészben maradt kiegyensúlyozatlanság

	[gramm]	R _{1,2} [mm]	[gramm·mm]
1-es sík	2.6	160	416
2-es sík	0.493	160	78.88

SCHORCH Hungaria
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
3580 Tiszaújváros, Ipartelep, Gyári út 1.
61200254-10043024-00900000
A.s.z.: 13030396-2-05, Cgj.: 06-09-010336

A kiegyensúlyozást végezte: *Zámbo Ádám*

A mért értékek alapján a forgástest állapota megfelelő, üzembe helyezésre alkalmas.

Ellenőrizte: *20* Tiszaújváros, 2023.10.04.

Igen Nem



Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv

Vizsgálati jegyzőkönyv

SAP SM rendelésszám: 1652785

Munkaszám: 23-...-...

Megrendelő: Tata Hűtőtechnika Zrt.

Vizsgálat ideje: 2023 március 13.

Vizsgálat helye: Kompresszor csarnok

Vizsgálatot végezte: Zámbó Ádám

Vizsgálat célja:

A vizsgálat célja a villanymotorok SPM módszer szerinti diagnosztikai vizsgálatával a gépek általános rezgés-állapotának ellenőrzése, a csapágyakak állapotának vizsgálata, illetve egy esetleges csapágyhiba korai diagnosztizálása.

SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely:
3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.

Bankszámla szám:
Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024

Internet:
E-mail: info@schorchhungaria.hu

Levelezési cím:
3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.

Adószám:
13030306-2-05

Web oldal: www.schorchhungaria.hu

Telefon1:
49/440-877

Cégjegyzék szám:
05-09-010335

Telefon2:
49/540-225

Mobil:
30/349-3381

www.schorch.de

13. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 1. oldal [35]



Vizsgálatra vonatkozó fontosabb adatok:

Alkalmazott technika:

- SPM Leonova Infinity mérőműszer (gysz.: 0541002)
- TRA 72 Csapágmérő szonda
- SLD 144S Rezgésérzékelő
- Easy Viber 64 rezgésanalizátor és adatgyűjtő (gysz.: 091101)
- SN 191707 Rezgés gyorsulás érzékelő

Csapágyállapot és gépállapot minősítési kategóriák jelentése:

- **Jó-megfelelő:** Beavatkozás nem szükséges.
- **Még megfelelő:** Beavatkozás szükséges egy későbbi, jól behatárolható időpontban, (ütemezett karbantartás, nagyjavítás) addig a berendezés üzemelhet.
- **Rossz:** Rezgés csökkentő beavatkozás szükséges, a berendezés csak korlátozott ideig üzemeltethető.
- **Nagyon rossz:** Azonnali leállítás és gépjavítás szükséges.

Fontosabb mérési-értékelési irányelvek:

A mérés végrehajtásához és az értékeléshez figyelembe vettük az ISO 10816-1:1995(E) ajánlást, mérési-vizsgálati tapasztalatainkat és több rezgésméréssel kapcsolatos szakirodalmat (pl. Ludvig: Gépek dinamikája, Lipovszky-Sólyomvári-Varga: Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás, Mitchell: Machinery analysis and monitoring, Taylor: Vibration analysis handbook, stb.).

A korszerű gépek nagy fordulatszámon dolgoznak és viszonylag rugalmas géptesttel, perifériákkal és alappalattal rendelkeznek. Ezért ezek rugalmasan szereltként kezelhetők akkor is, ha nincsenek gumialátéttel vagy rugóval rögzítve. Ezekben az esetekben az ISO 10816-3 szabvány valamivel magasabb rezgésszinteket enged meg a merev rögzítéshez képest.

A szabványok használatával nagyon egyszerűen eldönthető, hogy egyes gépek tovább üzemeltethetők-e vagy sem. Alapszabályként elfogadható, hogy a 3 mm/s effektív értéknél nagyobb rezgést mutató gépnél (ide értjük a leggyakoribb géptípusokat, például a villanymotorokat, szivattyúkat, ventilátorokat, generátorokat) a rezgés okát fel kell tárni. Ne üzemeltessünk tovább 7 mm/s-nál erősebben rezgő gépet, ha nem vagyunk biztosak benne, hogy a gép állóképessége megengedi a hosszú idejű üzemeltetést ilyen feltételek mellett.

ISO 10816-3 szabványban szereplő géposztályok:

SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely: 3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.	Levelezési cím: 3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.	Telefon1: 49/440-877	Telefon2: 49/540-225
Bankszámla szám: Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024	Adószám: 13030306-2-05	Céggjegyzék szám: 05-09-010335	Mobil: 30/349-3381
Internet: E-mail: info@schorchhungaria.hu	Web oldal: www.schorchhungaria.hu	www.schorch.de	

14. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 2. oldal [35]



Géposztály	A gépek általános leírása
I.	Kisgépek csoportja, melyekhez a 15 kW-nál kisebb teljesítményű villanymotorok is sorolhatóak.
II.	A közepes kategóriájú gépek csoportja, ide tartoznak a stabil - csak forgó mozgást végző - gépek, szivattyúk, ventilátorok, külön alaphoz rögzített gépek 300 kW átvitt teljesítményig, valamint a 15-75 kW teljesítményű villanymotorok.
III.	A nagy, nehéz, de csak forgó mozgást végző munkagépek, valamint erőgépek csoportja, melyek nehéz vagy súlyos alappal rendelkeznek.
IV.	Forgó mozgást végző rugalmas alapon elhelyezett erő és munkagépek csoportja, melyek nagy tömegükkel, nagy sebességgel forognak (turbinák, turbógenerátorok).

Rezgésssebesség (mm/s)	Gépcsoport			
	I	II	III	IV
0,18	Jó	Jó	Jó	Jó
0,28				
0,45				
0,71				
1,12	Megfelelő	Megfelelő	Megfelelő	Jó
1,8				
2,8	Még megfelelő	Még megfelelő	Megfelelő	Megfelelő
4,5	Elfogadhatatlan		Még megfelelő	
7,1			Még megfelelő	
11,2	Elfogadhatatlan	Elfogadhatatlan	Még megfelelő	Még megfelelő
18			Elfogadhatatlan	Elfogadhatatlan
28				
45				

A berendezések ISO 10816 szabvány általi minősítése

Gördülőcsapágyak állapotának meghatározása:

SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely: 3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.	Levelezési cím: 3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.	Telefon1: 49/440-877	Telefon2: 49/540-225
Bankszámla szám: Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024	Adószám: 13030306-2-05	Cégjegyzék szám: 05-09-010335	Mobil: 30/349-3381
Internet: E-mail: info@schorchhungaria.hu	Web oldal: www.schorchhungaria.hu	www.schorch.de	

15. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 3. oldal [35]



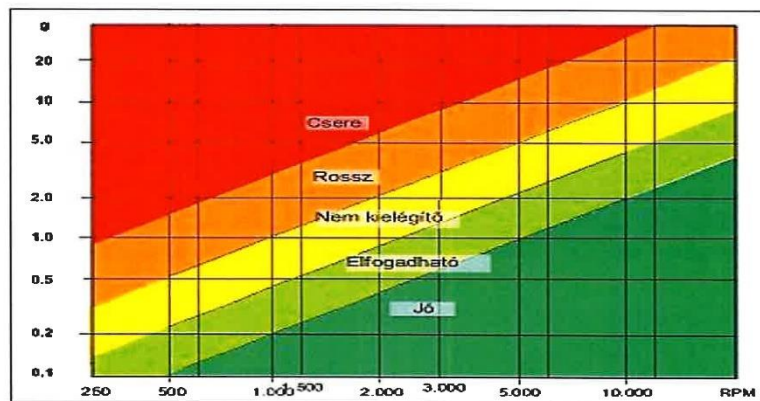
A gyakorlatban bevált az a módszer, hogy a csapágyállapotot jellemző értéket a 2 kHz és 10 (esetleg 20) kHz közötti frekvenciatartományban mért rezgés gyorsulás effektív (vagy csúcs-) értéke alapján határozzák meg.

Az átlagos gépek kiegyensúlyozatlanságból vagy tengely beállítási hibákból eredő rezgési biztosan 2 kHz alatti frekvenciákon - tehát az alsó határfrekvencia alatt - lépnek fel, így ezek nem befolyásolják a csapágyra jellemző értéket.

A felső határ - 10 ill. 20 kHz - kiválasztása pedig azon alapszik, hogy a legtöbb rezgésérzékelő felső határfrekvenciája különleges rögzítési módszer nélkül 7 ... 10 kHz, és az érzékelő jele 20 kHz fölött már egyébként is meglehetősen kicsi lenne.

A kopott nem egyenletes futófelületű csapágy által keltett impulzusok rezgést generálnak a csapágy szerkezeti elemein, illetve a géptesten is. Ezek az impulzusok megjelennek a berendezés fordulatszámától függően a 3-10 kHz-es frekvencia tartományokban.

Itt kiválóan alkalmazható a rezgés gyorsulás mérése. Az eljárással a csapágy meghibásodást már viszonylag korai szakaszban fel lehet ismerni.



SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely:
3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.

Bankszámla szám:
Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024

Internet:
E-mail: info@schorchhungaria.hu

Levelezési cím:
3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.

Adószám:
13030306-2-05

Web oldal: www.schorchhungaria.hu

Telefon1:
49/440-877

Céggjegyzék szám:
05-09-010335

Telefon2:
49/540-225

Mobil:
30/349-3381

www.schorch.de

16. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 4. oldal [35]



SPM csapágyállapot vizsgálatban használt jelölések:

COMP (kompenzációs szám)

A mérési pont alap beállításai közé tartozik, melyet az első mérések során kell meghatározni. A jelátvitel minőségére utal. Későbbi méréseknél ugyanezt kell a műszeren beállítani.

LR/HR (szőnyegzaj/kiugró csúcsok)

A csapágy állapotára jellemző mérőszám. Több mérést figyelembe véve, ha az értékek növekednek vagy a két érték közti különbség növekedni kezd és nagyobb lesz, mint 6-8 akkor a csapágy állapota romlani kezd.

LUB (kenőfilm vastagság)

A gördülő elemek közti kenőfilm vastagságát mutatja mikrométeres értékben. A csapágy típusától függően 2 vagy 4 érték fölött megfelelő. Ezen értékek alatt után zsírzás szükséges.

CODE (állapot jelző besorolás)

A LUB számmal közösen használt jelölés (A,B,C vagy D) a műszer által adott állapot értékelés rövidítése.

A: jó

B: kevés a kenőanyag a gördülő felületek között

C: romló mechanikai állapot, felületi hibák a gördülő elemeken

D: hibás gördülő elemek, a csapágyat ki kell cserélni

SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely:
3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.

Bankszámla szám:
Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024

Internet:
E-mail: info@schorchhungaria.hu

Levelezési cím:
3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.

Adószám:
13030306-2-05

Web oldal: www.schorchhungaria.hu

Telefon1:
49/440-877

Céggjegyzék szám:
05-09-010335

Telefon2:
49/540-225

Mobil:
30/349-3381

www.schorch.de

17. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 5. oldal [35]



COND (meghibásodást értékelő jelzőszám B, C, és D CODE-hoz)

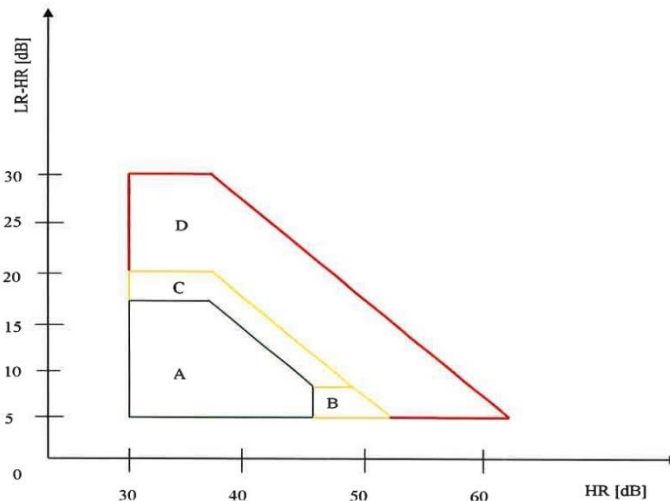
<30 : kisebb mértékű hibák

30-40 : nagyobb hibák kialakulása

>40 : súlyos hibák

LUBMASTER program kiértékelő grafikonja:

Színjelzés: A – zöld; B,C – sárga, D - piros



SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely:
3580 Tiszaujváros, Ipartelep Gyári út 1.

Bankszámla szám:
Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024

Internet:
E-mail: info@schorchhungaria.hu

Levelezési cím:
3580 Tiszaujváros, Pf.: 85.

Adószám:
13030306-2-05

Web oldal: www.schorchhungaria.hu

Telefon1:
49/440-877

Cégjegyzék szám:
05-09-010335

Telefon2:
49/540-225

Mobil:
30/349-3381

www.schorch.de

18. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 6. oldal [35]



BERENDEZÉS, MOTOR	Teljesítmény (kW)	Hajtás oldal				Hajtás ellenoldal				Megjegyzés
		Axiális (mm/s)	Vertikális (mm/s)	Horizont ális (mm/s)	Csapágy (g)	Axiális (mm/s)	Vertikális (mm/s)	Horizont ális (mm/s)	Csapágy (g)	
Pneumatika vent.A-4229	75	5	2,2	2,7	0,26	4	2,3	1,3	0,3	Zsirzás ajánlott
Koptató vent. A- 2229	37	1	1,2	0,8	0,32	0,3	0,4	0,8	0,23	Zsirzás ajánlott
Kompresszor villanymotor AX01B	250	18,27	17,93	16,12	2,3	16,54	16,31	17,01	1,6	Csapágycsere ,Balansz ell.
Daragép ventilátor A-4234	55	1,4	1,2	0,8	0,1	0,8	2	1,4	0,2	
Pneumatika vent.A-4228	70	4,9	2,6	2,2	0,3	3,9	2,9	1,6	0,2	Zsirzás ajánlott
Kombi tisztító vent. A2208	15	3,8	2,1	1,5	0,07	3,8	2	1,2	0,1	
Koptató vent. A- 2228	40	1	1,3	0,7	0,35	0,79	0,41	0,78	0,27	Zsirzás ajánlott
Aerzen Root fűvő A-5045	75	3,7	2,1	2,1	0,17	2	1,7	1,8	0,25	
Hengersizék B1 A-4006	37	1,4	2,7	2,2	0,13	1,7	2,2	2,9	0,1	
Hengersizék C2 A-4009	22	2	1,7	2	0,09	1,2	1,3	1,9	0,06	
Hengersizék C1A A-4016	15	1,3	1,4	1,1	0,14	1,3	0,9	1,7	0,12	
Hengersizék B2 A-4011	22	3,5	2,3	1,4	0,15	3,7	2,1	1,6	0,09	
HengersizékC3 A- 4007	18,5	1,4	1,9	1,4	0,03	2,1	1,8	1,5	0,12	

SCHORCH Hungária Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely:
3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.
Bankszámla szám:
Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024
Internet:
E-mail: info@schorchhungaria.hu

Levelezési cím:
3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.
Adószám:
13030306-2-05
Web oldal: www.schorchhungaria.hu

Telefon1:
49/440-877
Céggjegyzék szám:
05-09-010335
Telefon2:
49/540-225
Mobil:
30/349-3381
www.schorch.de

19. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 7. oldal [35]



Vizsgálati eredmények: A motorokon mért csapágyállapotok és rezgés értékek a csapágyállapot diagramból, valamint az ISO 10816-3-as szabványban szereplő géposztályoknak megfelelően színek szerint értelmezhetők.

Javaslatok: A mért rezgések alapján, az A-4229, A-2229, A-4228 és az A-2228 motorokon zsírzás szükséges, az AX01B kompresszor villanymotoron csapágy csere indokolt a magas rezgés és g értékek végett, illetve balansz ellenőrzés javasolt.

Tiszaújváros, 2023.03.13.

 Mérést végezte
 Ellenőrizte

SCHORCH Hungaria
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
3580 Tiszaújváros, Ipartelep, Gyári út 1.
61200254-100436024
A.sz.: 13030306-2-05, Cg.j.: 05-09-01033E

SCHORCH Hungaria Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Székhely: 3580 Tiszaújváros, Ipartelep Gyári út 1.	Levelezési cím: 3580 Tiszaújváros, Pf.: 85.	Telefon1: 49/440-877	Telefon2: 49/540-225
Bankszámla szám: Polgári Bank Zrt. 61200254-100436024	Adószám: 13030306-2-05	Céggjegyzék szám: 05-09-010335	Mobil: 30/349-3381
Internet: E-mail: info@schorchhungaria.hu	Web oldal: www.schorchhungaria.hu	www.schorch.de	

20. melléklet: Meghibásodás elemzés jegyzőkönyv 8. oldal [35]