



SZAKDOLGOZAT

SZIVATTYÚHAJTÁS REKONSTRUKCIÓ

ÓE-KVK

Hallgató neve:

Koleszár Zoltán

2022.

Hallgató törzskönyvi száma:

T006574/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Tanszék

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Koleszár Zoltán

Szakedolgozat száma: SZD22041309501315

Törzskönyvi száma: T006574/F112904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (Budapest)

Specializáció: Villamosenergetika specializáció
Villamosenergia-rendszerek modul

A dolgozat címe: Szivattyúhajtás rekonstrukció

A dolgozat címe angolul: Pump drive reconstruction

A feladat részletezése: 1. Paksi Atomerőmű pótvíz rendszere
2. A rekonstrukció indokai, követelmények
3. A villamos motor kiválasztása, hajtás megoldása
4. Kivitelezés

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

Külső konzulens neve: Kiss Péter

Munkahelye: Paksi Atomerőmű Villamos Műszaki Osztály

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 04. 13.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 04. 25.

.....
Kandó Kálmán

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék:

Bevezető.....	5
Téma ismertetése.....	5
A Paksi Atomerőmű bemutatása	6
Pótvíz rendszer	8
1.A lecserélt villamos motor jellemzése	8
1.1. Aszinkron motorok.....	8
1.1.1. Felhasználás.....	8
1.1.2. Működési elv	9
1.1.3. Üzemállapotok.....	10
1.1.4. Szerkezeti felépítés	11
1.2. A lecserélt villamos motorok	14
1.3. Megfelelő motortípus kiválasztása.....	16
2. Az új és régi motorok összevetése	18
2.1. A kiválasztott motor műszaki adatai	18
2.2. Motorok kenése	20
2.3. Motorok hűtése.....	20
2.4. Motortengely	20
2.5. Motoralap	21
3. Motorkiváltás, üzembe helyezés	22
3.1. Átszerelés közbeni munkavédelem	22
3.1.1. Munkavédelmi, egészségvédelmi, biztonságtechnikai követelmények	22
3.1.2. Hatások a környezetre, nukleáris biztonság	24
3.2. Előzetes üzembe-helyezési munkaprogram	26
3.2.1. Forgásirány próba.....	27
3.2.2. Funkció próba.....	27
3.2.3. Járatási próba	27
4. Összefoglaló.....	28
5. Summary.....	28
7. Mellékletek	30

Bevezető

Téma ismertetése

Szakdolgozatom fő témája a Paksi Atomerőműben levő pótvízrendszeri szivattyúk hajtómotorjainak leváltása. Ez összesen tizenkettő darab aszinkron motor kiváltását jelenti a négy blokkon (blokkonként három motor).

Dolgozatom elején bemutatom a Paksi Atomerőmű működését, és a hazai villamosenergia-termelésben játszott fontos szerepét. Kitérek a primer- és szekunderkör feladatára, a nukleáris üzemanyagok tárolására és a biztonsági rendszerekre is. Az egyik ilyen elengedhetetlen biztonsági rendszer, a pótvíz rendszer. Bemutatom ennek feladatát, felépítését és működését.

Szakdolgozatom origója az a tény, hogy a korábban beépített pótvíz rendszeri szivattyúhajtómotorokon meghibásodás tapasztalható, mely rendszerint a forgórész rudazatának megrepedésében jelentkezik. Ehhez kapcsolódóan részletesen bemutatom az aszinkron motorok felhasználási területeit, működési elvét, szerkezeti felépítését, különböző fajtáit és üzemállapotait. Ezeket a tulajdonságokat elemzem a régi motorokra vonatkozóan.

Táblázatban foglalom össze négy, hasonló villamos és fizikai tulajdonságú aszinkrongép adatait, amelyek közül kiválasztásra került a legmegfelelőbb motor a szivattyúk hajtásának cseréjére. A négy motor tulajdonságait egyesével is bemutatom, így rávilágítva az esetleges villamos és mechanikai tulajdonságokban jelentkező eltérésekre, amelyek a korábbi motorok kiváltását nehezítenék. Ezen vizsgálatok végén megállapítást teszek arra vonatkozóan, hogy melyik aszinkrongép a legmegfelelőbb a rekonstrukció megvalósításához. Bemutatom ennek a motornak a tulajdonságait, majd összehasonlítom a régi motorral. Levezetem, mely elemeknél, és mely rendszereknél kell átalakításokat végrehajtani az új motor működésének biztosításához, rögzítéséhez és munkába állításához.

Dolgozatom harmadik harmadában a csere közbeni munkavédelemmel és az üzembehelyezés folyamatával foglalkozom, külön figyelmet szentelve annak, hogy minden motorcserével kapcsolatos művelet nukleáris létesítmény területén folyik. Bemutatom, mely szabványoknak és rendeleteknek kell eleget tenni a munkafolyamat során, továbbá kitérek az üzembehelyezés előtti ellenőrző műveletekre is.

Szakdolgozatomban a megállapításaimat képekkel, szakirodalomból vett ismeretekkel, szabványokkal és egy főjavítás során szerzett saját tapasztalattal támasztom alá.

A Paksi Atomerőmű bemutatása

Napjaink egyik legégetőbb problémája a villamos energia környezetkímélő módon való előállítása. Erre a jelenlegi technológiai tudásunk szerint az atomerőmű egy kézenfekvő megoldást kínál. Az urán atommag hasadása során nem keletkeznek mérgező gázok, pernye, és füst sem. Működése alatt összességében kevesebb hulladék képződik, mint a hagyományos, fosszilis tüzelőanyagot felhasználó erőművekben. Egyenletes, stabil működése, és lassú újra-indíthatósága révén alaperőműként szolgál. Biztonsági szempontból a láncreakció szabályozása az egyik fő feladat. Ezt a felépítéstől függően többnyire grafit, bór vagy kadmium szabályzó rudakkal, illetve a hűtővízbe adagolt bórsavval érik el. „A bór szabályzó rudak egyidejű beengedése az aktív zónába a láncreakció teljes leállítását eredményezi. Fontos, hogy ezek a biztonsági rendszerek a természeti törvényeket használva (pl. gravitáció) emberi személyzet és külső energiaforrás nélkül is működőképeseek.”¹

Az atomerőműveket a reaktorok, az alkalmazott anyagok és technológiák szerint több csoportba sorolhatjuk. Az alkalmazott moderátor alapján egy reaktor lehet könnyűvízes, illetve nehézvízes. „A moderátor nem más, mint a reaktorban alkalmazott anyag, amelynek szerepe, hogy a maghasadásból származó gyors neutronokat lelassítsa, így lehetővé téve, hogy azok részt tudjanak venni a további láncreakcióban.”² A könnyűvízes típus esetében a moderátor anyaga közönséges víz, nehézvízes típus esetében pedig deutériumot tartalmazó víz (D₂O). A könnyűvízes reaktorok között is több fajtát ismerünk. Ezek közül a legelterjedtebbek a forralóvízes (BWR) és nyomottvízes (PWR) típusok.

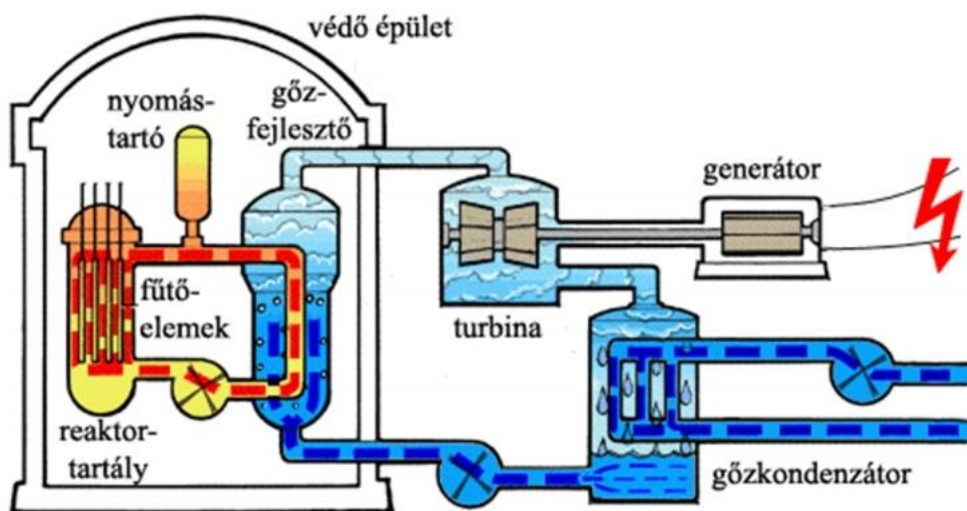
Pakson az utóbbi csoportba tartozik a meglévő négy blokk, illetve a jövőben épülő kettő új blokk is ilyen típusú lesz. A reaktorban végbemenő hasadás során hő keletkezik, amely nagy nyomáson elvezetve – a hőcserélőn át – gőzt hoz létre. Ez a gőz hajtja meg a turbinákat, amelyek a generátorokhoz csatlakoznak. A generátor által termelt villamos energia transzformátorokon és szabadvezetéseken keresztül csatlakozik a hazai és nemzetközi kooperációs hálózathoz. Blokkonként kettő turbina, és kettő darab TVV-221 típusú turbógenerátor vesz részt az energiatermelésben. Egy generátor névleges hatásos teljesítménye 220 MW, azonban a gőzoldalon végrehajtott teljesítménynövelő intézkedéseknek köszönhetően a névleges teljesítménynél magasabb teljesítményen üzemelnek. Ez a megoldás a generátorok konzervatív tervezése során történt túlméretezés miatt alkalmazható. A négy blokkon az energia kibocsátás ezáltal összesen valamivel több, mint 2000 MW. Ez a hazai összes villamosenergia-fogyasztást figyelembe véve a felhasználás 35%-át fedezi.

¹ <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rthet%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.

² <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rthet%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.

„A reaktorok felépítéséből adódóan primerkörre és szekunderkörre tudjuk felosztani a hűtőköröket. A nyomottvizes reaktorokban a reaktor aktív zónájában nagynyomású (123 bar) víz hűti a fűtőelemeket, a turbinát meghajtó gőz egy speciális hőcserélőben, a gőzfejlesztőben keletkezik. A gőzfejlesztő közbeiktatásával elérhető, hogy a zónát hűtő radioaktív közeg ne érintkezzen a turbinával. A PWR erőművekben ezért kétkörös zárt és egykörös nyitott hűtőrendszert alkalmaznak. A két zárt hűtőrendszer közül csak az ún. primerkör berendezései dolgoznak radioaktív közeggel.”³

A nyitott hűtőrendszer a Dunából szivattyúzott víz segítségével a gőzkondenzátoron keresztül hűti vissza az elhasznált gőzt, így újra cseppfolyósítja azt.



1. ábra A PWR reaktorok működési sémája⁴

Az elhasznált üzemanyag tárolására egy, a jövőben még fejlesztésre szoruló módszert alkalmaznak: A fáradt uránkazettákat először az úgynevezett pihentető medencébe helyezik. Ez a ciklus a medence kapacitásától függően háromtól öt évig terjed. Ekkor már a fűtőelemekben nem folyik nukleáris láncreakció, csupán a radioaktív bomlások eredményeznek némi hőfejlődést. A tárolás második ciklusában az üzemanyag-kazetták átkerülnek a Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT). Itt száraz körülmények között, a kéményhatást kihasználva levegővel hűtik a kiegett üzemanyag-kazettákat. A fennmaradó sugárzás ellen 2 méteres vasbeton fal védi a környezetet. A kiegett üzemanyag végleges tárolása jelenleg világszinten nem megoldott.

³ <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.

⁴ <https://nuklearis.hu/az-atomenergiarol-egyszeruen-az-atomeromuvek-mukodesetipusai-es-jovojuk> 2022.03.25.

Pótvíz rendszer

Az atomerőmű folyamatos és biztonságos működését számos berendezés biztosítja. Az egyik ilyen a pótvíz és bóros szabályozás rendszere (továbbiakban: pótvíz rendszer). „A pótvíz rendszer a blokk üzeme során folyamatosan működik. Emellett bizonyos üzemzavarok során képes biztonsági funkciók ellátására, egyéb rendszerekkel együttműködve. A pótvíz rendszer folyamatosan fogadja a primer hűtőkör szervezett szivárgásait, és azokat visszatáplálja. Továbbá fogadja a primerköri leürítéseket, és gondoskodik, hogy mindenkor a kívánt vízmennyiség legyen a primerkörben. Ezen kívül feladata még a primer hűtőközeg folyamatos gáztalanítása, illetve közreműködik a vegyszerek primerkörbe juttatásában. A felesleges vegyszermennyiség eltávolítását a primerköri leürítés révén biztosítja. A vegyszerek között különleges szerepet tölt be a bórsav, ennek primerköri koncentrációját üzem közben folyamatosan csökkentik a kiégés függvényében, valamint a blokk indulásakor és leállításakor nagymértékű borkivonást illetve bórbeadást végeznek (nagy bóros szabályozás).”⁵

Egy blokkon három párhuzamos, azonos felépítésű pótvízszivattyú egység került kiépítésre, melyek közül kettő üzemi, egy tartalék. A három szivattyúegység teljesen azonos. Egy pótvízszivattyú egység villamos motorból, fordulatszám szabályozásra alkalmazott hidraulikus tengelykapcsolóból, és a szivattyúból áll. Az üzemelő szivattyú kiesése, vagy elégtelen üzeme esetén a tartalék szivattyú automatikusan indul. A pótvízszivattyú fordulatszáma hidraulikus tengelykapcsoló segítségével változtatható, ennek segítségével a szivattyú nyomása illeszthető a mindenkori primerköri nyomáshoz. A rendszer segédrendszere a pótvízszivattyúk olajrendszere, melynek feladata a pótvízszivattyúk csapágynak, a hajtómű csapágynak, fogaskerekeinek a kenése és hűtése, valamint a hidraulikus tengelykapcsoló munkaközegének biztosítása.

1.A lecserélt villamos motor jellemzése

1.1. Aszinkron motorok

1.1.1. Felhasználás

A technikai fejlettség jelenlegi színvonalán az aszinkron motor a legelterjedtebb villamos gép, amely a villamos energiából mechanikai energiát (forgó mozgást) állít elő. Térhódítását viszonylag egyszerű szerkezeti felépítésének, és a háromfázisú váltakozó áramú hálózatok elterjedésének köszönheti. Karbantartás szempontjából előnyös a használata, megfelelő működési feltételek mellett viszonylag ritkán igényel külső beavatkozást, alkatrészcserét.

⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 18. oldal

1.1.2. Működési elv

„Az aszinkron gépeket főleg motoros üzemállapotban használják. Mint minden villamos motor, az aszinkron motor működése is azon a fizikai felismerésen alapszik, hogy mágneses térben árammal átjárt vezetőre erő hat. Az aszinkron forgógépekre a forgó mágneses tér jellemző. Ezt a forgó mágneses teret az állórészen elhelyezett tekercselési rendszerben folyó többfázisú (legtöbbször háromfázisú) áramrendszer gerjeszti. Ha az állórész hornyokaiban elhelyezett – a térben elosztott – háromfázisú tekercselésre háromfázisú – időben eltoló – feszültséget kapcsolunk, akkor a meginduló háromfázisú áram a kerület mentén forgó mágneses teret gerjeszt.

A forgó mágneses tér erőssége, azaz az állórész által létrehozott forgó fluxus nagysága, a tekercselésre adott tápfeszültség nagyságától függ. Ugyanis a forgó mágneses tér létrehozza az állórész tekercselésében a kapocsfeszültséggel egyensúlyt tartó indukált feszültséget. Állandó kapocsfeszültséget feltételezve, a forgó fluxus erőssége közel állandó.

Az árammal átjárt vezetők a forgórészen találhatók. Ezek lehetnek az állórészszel megegyező fázisszámú és pólusszámú tekercselés elemei, vagy a forgórész hornyokban elhelyezett rudazatok, amelyek a forgórész két oldalán eleve rövidre vannak zárva. Az előbbieket csúszógyűrűs forgórészű aszinkron gépeknek nevezzük, mert a tekercsek végei a forgórészen lévő csúszógyűrűkhöz csatlakoznak. Utóbbiakat pedig kalickás forgórészű aszinkron gépeknek nevezzük. Az áramot a forgórész vezetőiben indukált feszültség hajtja át, innen származik a ritkábban használt indukciós motor elnevezés.

A forgó mágneses tér feszültséget indukál a forgórészen elhelyezett tekercselésben, rudazatokban is. A forgórész álló állapotában, a forgórészben indukált feszültség frekvenciája megegyezik az állórészre kapcsolt hálózati feszültség frekvenciájával. Zárt áramkör esetén olyan irányú áram indul a forgórész vezetőkben, ami a forgórészt a mágneses térrel való együttforgásra készíti. A forgó tekercselésben indukálódó feszültség frekvenciája attól függően változik, hogy mennyi a forgómező és a forgórészen elhelyezett tekercselés fordulatszámának különbsége.”⁶

A gép működésekor a forgómező és a forgórész között fordulatszám-eltérés, az úgynevezett szlip alakul ki, amit a következő képlettel számolhatunk ki:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}.$$

n_0 - szinkron fordulatszám (forgómező fordulatszáma)

n - forgórész fordulatszáma

⁶ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 68. oldal

1.1.3. Üzemállapotok

Attól függően, hogy az aszinkron gépet a nyomaték-karakterisztika melyik részén használjuk, három különböző üzemállapotot tudunk megkülönböztetni.

Motoros üzem mód: „Mivel a forgást előidéző nyomaték a forgórészben indukált feszültség által áthajtott áramtól ered, a forgórész fordulatszáma külső segítség nélkül nem érheti el a szinkron fordulatszámot, mert ekkor $s = 0$ miatt megszűnne a forgórész indukált feszültsége, és így a tekercselésben folyó áram. Motoros üzemben tehát a forgórész fordulatszáma mindig elmarad a forgómező fordulatszámától, innen ered az általánosan elterjedt aszinkron elnevezés.”⁷ Motoros üzemmódban a szlip egy és nulla érték között változhat ($1 > s > 0$), attól függően, hogy a forgó mágneses tér fordulatszáma és a forgórész fordulatszáma között mennyi eltérés tapasztalható. Ha a forgórész szinkronban forog a mágneses térrel (ami motoros üzemmódban a fent leírtak alapján nem lehetséges), akkor $s=0$ értéket vesz fel. Ha a forgó részre ugyanakkora nyomaték hat ellentétes irányban, mint amit a forgó mágneses tér létrehoz, akkor a mágneses tér hatásának ellenére a forgórész egyhelyben áll. Ekkor $s=1$.

Generátoros üzem mód: „Tengelyre ható külső nyomatékkal, ha annak iránya megegyezik a forgó mező forgásirányával, a forgórész fordulatszáma elérheti, sőt túl is lépheti a szinkron fordulatszámot. Ha túllépi, akkor a szlip negatív lesz, a létrejövő nyomaték ellentétes lesz a forgásiránnyal. Ekkor az aszinkrongép áttér generátoros üzemre. Az energiaáramlás iránya megfordul, a forgórész forgatására használt mechanikai energiát villamos energiává alakítja át az aszinkron gép.”⁸ Generátoros üzemben a szlip negatív értéket vesz fel ($s < 0$). Ez csak külső nyomatékkal érhető el, például a forgórészre csatlakoztatott turbinával, amelyet valamilyen módon meghajtunk. Az aszinkron gépeket ritkán használjuk generátoros üzemben.

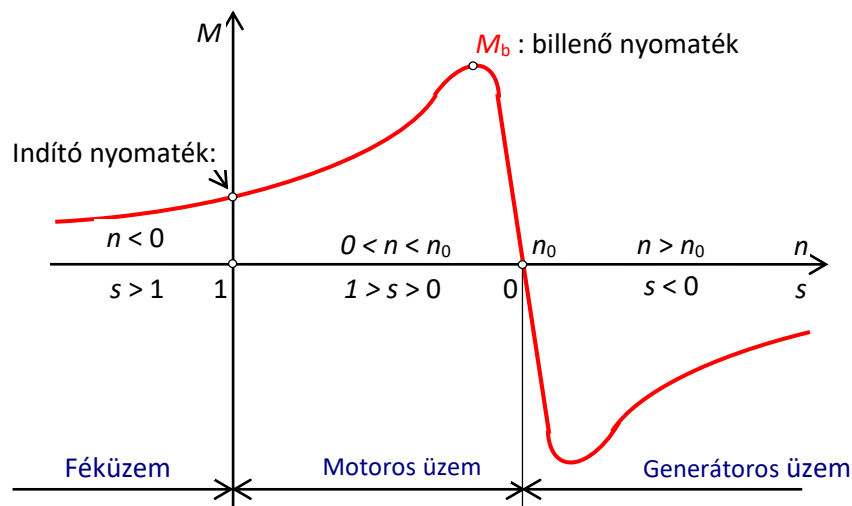
Féküzem: „Ha álló állapotban a forgórészre ható, és a forgó mezővel ellentétes irányú külső nyomaték nagyobb, mint amit a forgórész vezetőben folyó áram hatására a forgórész kifejt, a forgórész a forgó mezővel ellentétes irányban kezd el forogni. Ezt az üzemállapotot féküzemnek nevezzük. Ebben az üzemállapotban a forgórész tengelyen bevezetett mechanikai teljesítmény és a hálózathoz felvett villamos teljesítmény egyaránt hővé alakul a gépben, szükségessé válik valamilyen külső beavatkozás, hogy a létrejövő (névlegesnél 5...8-szor nagyobb) áramot megfelelő mértékben korlátozzuk.”⁹ Féküzemben a szlip egynél nagyobb értéket vesz fel ($s > 1$).

⁷ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal

⁸ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal

⁹ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal

Aszinkrongép üzemállapotai:



2. ábra Aszinkron motor nyomaték karakterisztika

1.1.4. Szerkezeti felépítés

Az aszinkrongépek felépítése nagy hasonlóságot mutat a szinkrongépek szerkezetével. Két fő szerkezeti részből, a forgórészből és az állórészből állnak, ezeken tekercseket vagy rudakat helyeznek el a működési elvből fakadóan.

A **forgórész** lemezkötegének hornyaiba alumínium vagy vörösréz rudakat helyeznek. Ezeket a rudakat mindkét végén azonos anyagból készült gyűrűkkel rövidre zárják a gyártás során. Ennél a típusnál a rudak a rövidre záró gyűrűkkel egy kalickára emlékeztetnek, innen ered a „kalickás motor” elnevezés. A másik, csúszógyűrűs típus esetében a forgórészen tekercseket helyeznek el, ezek végeit csúszógyűrűn keresztül kivezetik, és közvetlenül, vagy ellenálláson keresztül rövidre zárják, ezzel az adott üzemállapotnak megfelelően tudják a fordulatszám-nyomaték jelleggörbét szabályozni. A kalickás forgórészű aszinkronmotor előnyei legfőképp az egyszerűbb kialakítás, és a kisebb karbantartási igény.



3. ábra Kalickás forgórész¹⁰

Az állórész lemezkötegeinek félig zárt hornyaiba van belefektetve az állórész műgyantával kiöntött tekercse. A tekercsszám és a tekercsátmérő változhat a motor teljesítményétől és pólusszámától függően.

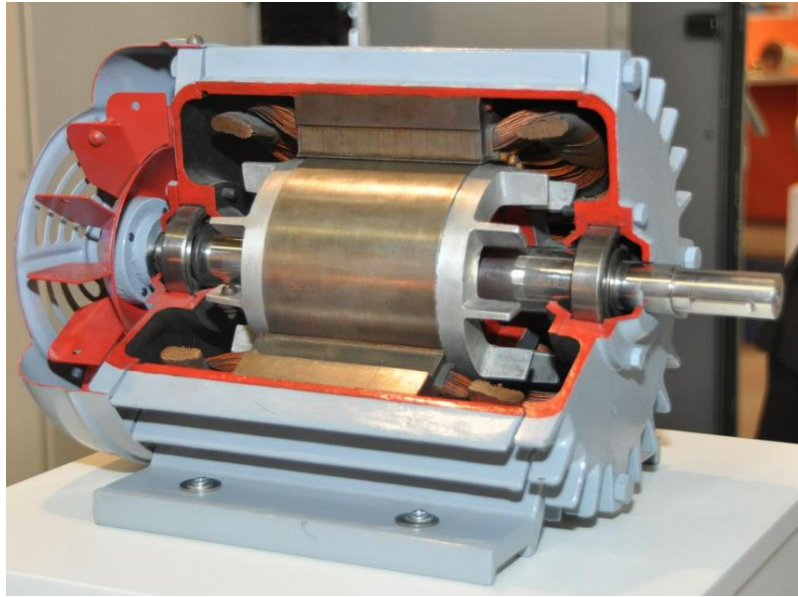
A **motorház** legtöbbször alumíniumból készül, és hűtőbordákkal felszerelt. Rajta csatlakozódoboz található, ahova az állórész tekercseinek vége van kivezetve az elektromos csatlakozáshoz.

A motorház és az állórész lemezkötege együttesen alkotja az **állórészt**.

Az aszinkron motor mindkét végén a tengely túllóg az állórészen. A hajtásoldalon tud rácsatlakozni a hajtani kívánt eszköz tengelye a tengelykapcsolón keresztül a motorra. A motor másik oldalán a kilógó tengelyre léghűtéses motor esetében **ventilátort** szerelnek, amely a motor működése közben légáramot biztosít a megfelelő működési hőmérséklet tartásához. A ventilátor előtti burkolat megakadályozza az idegen tárgyak bejutását a motorba. Hűtés szempontjából léteznek vízhűtéses aszinkron motorok is, ezeket többnyire különleges hűtési igényű helyiségekben, illetve nagy teljesítményen használják.

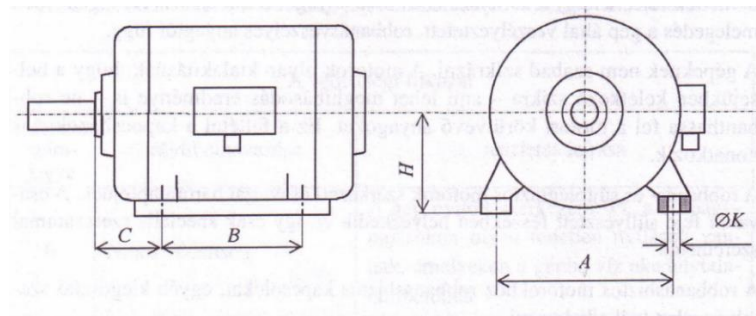
A motor mindkét végén **csapágyak** kapcsolják össze mechanikusan a forgórészeket az állórészekkel. A csapágyak mérete és típusa függ a létrejövő erők nagyságától, a motor funkciójától és fordulatszámától. A csapágy kenéséhez használatos olaj vagy zsír kifolyását a különböző tömítőrendszerek akadályozzák meg.

¹⁰ https://hu.wikipedia.org/wiki/Aszinkron_g%C3%A9p 2022.04.05.



4. ábra Kalickás forgórészű motor robbantott metszete¹¹

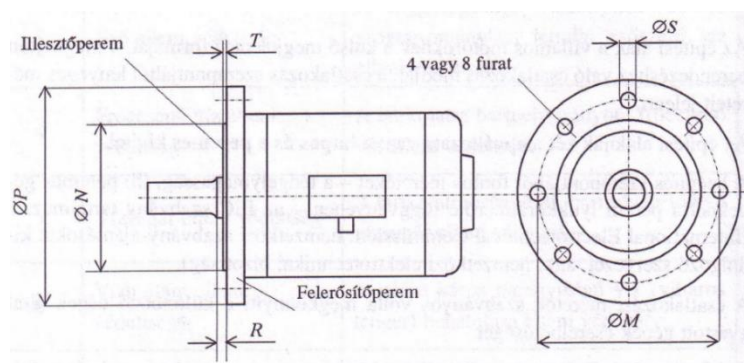
Az aszinkron motoroknak az építési alakját legnagyobb mértékben a beszerelés helyzete befolyásolja. Az építési alaknak két alapváltozatát ismerjük, a talpas és peremes kivitelek. A beszerelés helyzetével szorosan összefügg a motor tengelyének pozíciója is. A tengely vízszintes vagy függőleges állású lehet. A motorok ezen tulajdonságai befolyásolják a csapágyazási igényeiket, ugyanis a vízszintes tengely radiális, a függőleges tengely axiális csapágyakat igényel.



5. ábra Talpas motor¹²

¹¹ https://hu.wikipedia.org/wiki/Aszinkron_g%C3%A9p 2022.04.05.

¹² <https://olahvill.hu/talpas-vagy-peremes-mit-jelent-a-b3-b5-b14> 2022.04.05.



6. ábra Peremes motor¹³

1.2. A lecserélt villamos motorok

A paksi atomerőmű pótvíz rendszerének szivattyúit meghajtó villamos motorok háromfázisú, rövidre zárt forgórészű, vízhűtésű aszinkron motorok, talpas kivitelben. „Mindegyik pótvízszivattyút egy-egy 500 kW teljesítményű villamos motor hajt meg. A motort és a szivattyút hidraulikus tengelykapcsoló köti össze. A motor állórésze körül helyezkedik el a körleghűtő, amelyet biztonsági hűtővíz hűt. A villamos motor a saját biztonsági rendszeréhez tartozó 6 kV-os biztonsági főelosztóról kap betáplálást.”¹⁴

Villamos motor műszaki jellemzők	
Típus:	2AZMI-500/6000 Y4
Hálózati feszültség:	6 kV
Teljesítmény:	500 kW
Névleges áram:	54,8 A
Frekvencia:	50 Hz
Fordulatszám:	2980 1/min
A körleghűtőre menő hűtővíz mennyisége (biztonsági hűtővíz):	2,5-7 m ³ /h
Nyomás:	0,55 MPa (5,5 bar)
Hőmérséklet:	15÷33°C

1. táblázat 2AZMI-500/6000 Y4 műszaki jellemzők¹⁵

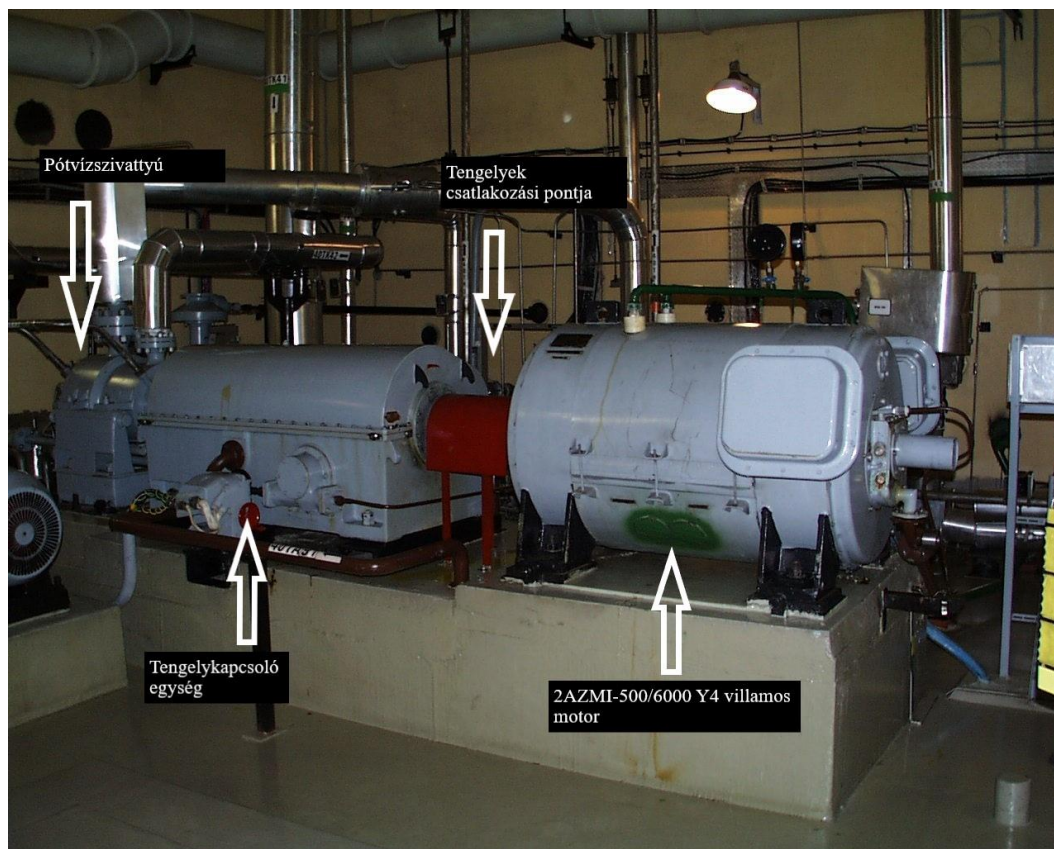
¹³ <https://olahvill.hu/talpas-vagy-peremes-mit-jelent-a-b3-b5-b14> 2022.04.05.

¹⁴ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 20. oldal

¹⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 20. oldal

A 2AZM1-500/6000 Y4 típusú motorok olajkenésűek. Minden pótvízszivattyú egység önálló olajrendszerrel rendelkezik. „A pótvízszivattyúk olajrendszerének feladata a blokkonként beépített három pótvízszivattyúnál a csapágyolaj, és a hidraulikus tengelykapcsoló munkaközegének biztosítása. Az olajrendszer látja el a villanymotor-, szivattyú-, és hajtómű csapágyainak kenését, illetve hűtését, valamint a hajtómű fogaskerekeinek kenését. A pótvízszivattyúk olajtartályainak feltöltése a gépház „tisztá” olajnyomó kollektoráról történik. Az olaj ürítése a gépház „szennyezett” olajürítő kollektorába történik. A pótvíz szivattyú biztonságos üzemeltetéséhez elengedhetetlenül fontos az olajrendszer megbízható működése.”¹⁶

Ezeknek az orosz gyártmányú motoroknak komoly típushibája, hogy a forgórész kalicka rudazata alumíniumból készült. A forgórész alumínium rudazata és a forgórész vastest eltérő hőtágulásából eredő mechanikai igénybevétel a folyamatos használat során nagyszámú forgórész meghibásodást (rendszerint rúdszakadás) okozott.



7. ábra Pótvízszivattyú egység 2AZM1-500/6000 Y4 motorral¹⁷

A 7. ábrán jobb oldalt (szürke szín) látható a lecserélni kívánt 2AZM1-500/6000 Y4 típusú orosz villamos motor, mely állandó fordulatszámmal hajtja a tengelykapcsolón

¹⁶ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 23. oldal

¹⁷ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez

keresztül a pótvízszivattyút. A motortól balra a tengelykapcsoló egység található (szürke szín), melyben az olajnyomás változtatásának segítségével lehet módosítani a pótvízszivattyú fordulatszámát a mindenkori primerköri nyomásnak megfelelően. A motor és a tengelykapcsoló egység között vörös színű burkolat alatt található a két egység csatlakozási pontja. A tengelykapcsoló egységtől balra, szintén szürke színnel látható maga a pótvízszivattyú.



8. ábra Pótvízszivattyú egység hűtővíz és kenőolaj csővezetékekkel¹⁸

A 8. ábrán ugyanaz a pótvízszivattyú egység látható, mint a 7. ábrán, csak másik oldalról. Ebből a szemszögből jól láthatóak a motorra és a tengelykapcsolóra csatlakozó hűtővíz és kenőolaj csővezetékei.

1.3. Megfelelő motortípus kiválasztása

Motorkiváltásnál figyelembe kell venni többek között a motorok villamos tulajdonságait és mechanikai jellemzőit. Az alábbiakban négy különböző villamos motor adatait vettem össze annak érdekében, hogy a megfelelő motortípus kerüljön kiválasztásra. Villamos tulajdonságok szempontjából a teljesítményt, feszültséget, fordulatszámot, pólusok számát, frekvenciát, és a névleges áramot hasonlítottam össze. A villamos tulajdonságokat azért fontos megvizsgálni, hogy megfelelő teljesítményű gépek kerüljenek a régi motorok helyére, ezáltal el tudják látni a pótvízszivattyúk meghajtását. Fontos, hogy a helyszínen korábban kiépített táphálózat alkalmas legyen az új motor működtetéséhez szükséges teljesítmény átviteléhez. A 6kV-os biztonsági táphálózat esetében nem jöhetett szóba a teljesítménynövelés, mert ennek a rendszernek az üzemképességét mindig, minden körülmény között biztosítani szükséges. A mechanikai jellemzők közül a tengely elhelyezkedését (magasság, tengely vége az első lezorító csavartól), tengely átmérőjét, talpfurat távolságokat, tengelycsap hosszát vizsgáltam meg. Az egyező, vagy nagyon hasonló fizikai tulajdonságok egyszerűsítik az új villamos motorok beszerelését, rögzítését, és a tengelykapcsolóhoz való csatlakozásukat. A többi tulajdonság mellett célszerű vizsgálni a motor szigetelési osztályát, IP védetségét, és a belépő hűtővíz maximális hőmérsékletét és mennyiségét is. Ezen adatokat az alábbi

¹⁸ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez

SZAKDOLGOZAT
Szivattyúhajtás rekonstrukció

Koleszár Zoltán
MVGVIJZ

táblázatban foglaltam össze, négy hasonló tulajdonságú aszinkron motort összehasonlítva. (Az utolsó oszlop a régi, lecserélés előtt álló motor tulajdonságait tartalmazza.)

Típus	<i>Elvárt értékek a motorcseréhez</i>	AEG W52B 400 M2	VEM DKKAJ 35 16-2WF	FRC 400L2	2AZMI- 500/6000Y4
Teljesítmény	500kW	500 kW	500 kW	500 kW	500 kW
Feszültség	6 kV-os táphálózatról működtethető legyen	6300 V	6000 V	6300 V	6000 V
Fordulatszám	a két pólus és a frekvencia miatt adott	2986/min	2977/min	2982/min	2980/min
Pólus	2	2	2	2	2
Frekvencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Névleges áram	a teljesítmény és a feszültség miatt adott	52 A	57 A	55 A	54,8 A
Max belépő hűtővíz hőmérséklete	vízűtéses kivitel jöhet csak szóba	25 °C	25 °C	25 °C	
IP védettség		IP55	IP55	IP55	
Szigetelési osztály		F	F	F	
MÉRETEK	Feltétel: a régi motorral minél nagyobb hasonlóság				
Tengely magasság	350-450 mm	400 mm	355 mm	400 mm	450 mm
Tengely átmérő	70 mm	80 mm	70 mm	75 mm	70 mm
Talpfurat távolság keresztben	750 mm	686 mm	610 mm	750 mm	750 mm
Talpfurat távolság hosszában	940 mm	630 mm	900 mm	940 mm	940 mm
Teljes hossz		1803 mm	1645 mm	1510 mm	1782 mm
Tengelycsap hossza	140 mm	170 mm	140 mm	140 mm	140 mm
Tengely vége az első leszorító csavar furatától	400 mm	450 mm	455 mm	400 mm	400 mm

2. táblázat Motorok összehasonlítása

Mechanikai méretekben az eredeti 2AZMI-500/6000Y4 motorral hasonló, vagy teljesen egyező tulajdonságok könnyítik a beszerelést, ezért előnyös, ha minél több méret egyezik a régi, és az új, beszerelni kívánt motor között.

A 2. táblázat első oszlopában szereplő AEG W52B 400 M2 típusú motor villamos tulajdonságai ugyan megfelelnek a követelményeknek, beszerzése a körleghűtő különleges kialakításának köszönhetően lett elvetve. Ennél a típusnál az állórészre integrálva helyezték el a körleghűtőt, ezáltal nehezítve a hűtővízrendszer tisztítását és karbantartását.

A 3. oszlopban szereplő VEM DKKAJ 35 16-2WF típus megfelelő villamos tulajdonságai mellett nagy eltérést mutat mechanikai tulajdonságokban és méretekben. Nem egyezik a talpfurat távolsága sem keresztben, sem hosszában, nagy eltérést mutat a tengely magassága, illetve a tengely vége is messzebb van az első leszorító csavartól. Ezeknek a mechanikai tulajdonságoknak az eltérése nagyban nehezítené a motor elhelyezését, rögzítését, és a tengely csatlakoztatását.

A zölddel kijelölt oszlop tartalmazza az FRC 400 L2 típusú háromfázisú aszinkron motor adatait. Ezt a villamos gépet választottam ki a régi motorok kiváltásához. Teljesítménye, fordulatszám, pólusainak száma, névleges árama teljesen megegyezik a leváltandó motorokéval. Talpfurat-távolsága, a tengelycsap hossza, és a tengely végének távolsága az első leszorítócsavartól is egyezést mutat. Ezeket az azonos tulajdonságokat ki tudjuk használni a gép beszereléskor, rögzítéskor, és üzembe helyezésekor.

A többi, nem egyező tulajdonságai miatt átalakításokat kell véghezvinni a tengelyillesztésnél, a hűtővíz csatlakoztatásánál, az olajrendszer csővezetékeinél, és a motoralapnál, melyeket a következő fejezetben részletezek.

2. Az új és régi motorok összevetése

2.1. A kiválasztott motor műszaki adatai

Az új, beépítésre kerülő motorok funkciója nem változik a régiekhez képest. Villamos tulajdonságaik, méretbeli sajátosságaik, illetve a súlyuk alapján szinte teljesen megegyeznek a régi motorokkal.

Az FRC 400 L2 típusú motor részletes adatait az alábbi táblázat tartalmazza.

Típus	FRC 400 L2
Szabványok	IEC-60034-1
Védettség	IP 55
Teljesítmény	500 kW
Kapcsolás	Y
Kivezetések száma	3
Névleges feszültség	6300 V
Névleges áram	55 A
Frekvencia	50 Hz
Teljesítménytényező	$\cos\varphi = 0,88$
Hatásfok	95,3%
Névleges nyomaték	1600 Nm
Forgásirány	hajtás oldalról nézve óramutató járásával ellentétes (bal)
Fordulatszám	2982 1/min
Rezgéssébség maximális értéke	2,8 mm/sec
Hangnyomásszint maximális értéke	90 dB
Géptömeg	2500 kg
Forgórész tömeg	750 kg
Maximális horonyhőmérséklet	135 °C
Maximális csapágyhőmérséklet	105 °C
Környezeti hőmérséklet	40 °C
Maximális belépő hűtővíz hőmérséklet	25 °C
Fűtő feszültség	240 V
Fűtő teljesítmény	0,5 kW

3. táblázat FRC 400 L2 műszaki adatok¹⁹

¹⁹ Ganz Transzformátor- és Villamos Forgógépgyártó Kft.- Műszaki leírás és karbantartási utasítás az FRC 400 L2 típusú motorhoz

A régi és új motorok közötti eltéréseknek köszönhetően több rendszerben átalakítást kell végezni az új motorok tökéletes működésének biztosítása érdekében.

2.2. Motorok kenése

A régi motorok csapágái olajkenésű siklócsapágók. A forgórész axiális mozgását siklócsapágós megoldás esetében akasztógyűrűk segítségével oldották meg. Az új motorok csapágái zsírkenésű golyós csapágók, ezért két rendszerben is átalakítást kell végeznünk. Egyrészt a golyóscsapágók megakadályozzák a forgórész axiális mozgását, ezáltal az akasztógyűrűket eltávolítani szükséges. Másrészt a régi orosz motorhoz kapcsolódó csapágyolaj rendszer szükségtelenné válik. A régi motor kenését szolgáló olajrendszer csővezetékeit el kell bontani, és a szabad csővégeket le kell zárni. Az új csapágók kenését üzem közben kell megoldani, karbantartás szempontjából a személyzet segítségére vannak a beépített csapágy-hőmérsékletmérők, melyek online módon jelzik a csapágók mindenkor hőmérsékletét. Az új csapágók kenési periódusa 2000 üzemóra, csapágónként 30 g zsír használata szükséges. 8700 üzemóránként teljes kenőanyag cserét kell végezni, ebben az esetben összesen 600 g kenőanyagra van szükség.

2.3. Motorok hűtése

A meglévő és az új motorok is vízhűtésűek, így a hűtővízrendszer kismértékű átalakításával megoldható az új motorok hűtése. „Az új motorok vízszükséglete kevesebb, mint a régi motorok vízszükséglete, így a szállított vízmennyiség elegendő. A meglévő hűtővíz rendszer maximális üzemi nyomása 6 bar, az új motorok hűtővíz rendszerének maximálisan megengedhető üzemi nyomása 10 bar, így a rendszer túlnyomása nem következik be.”²⁰ Fontos, hogy a biztonsági hűtővíz rendszer többi fogyasztójának ellátása a motorcserével nem változik. A motorok beszerelése előtt, illetve a hűtőrendszer időszakos tisztítása után nyomáspróbát szükséges végezni a hűtőkön. Ennek kritériuma: $p=9$ bar; $t=30$ min ideig. Nyomásesés nem megengedett. Sikeres nyomáspróba után lehet felszerelni a hűtőket a motorra.

Léteznek ekkora teljesítményen levegőhűtéses motorkonstrukciók is, de a primerkörü helyiségek viszonylag kis légköbméterrel rendelkező helyiségek, ahol vízhűtéses módszerrel lehet a leghatékonyabban elvezetni a veszteséghőt. Ezen oknál fogva a motorkiválasztásnál kizárólag vízhűtéses motorok jöhetnek szóba.

2.4. Motortengely

A meglévő 2AZMI-500/6000 Y4 típusú villamos motorok tengelyének átmérője 70mm, az új FRC 400 L2 típusú motorok tervezett tengelyátmérője 75mm. Ezért a szivattyú és a motor kapcsolatát biztosító tengelykapcsoló megfelelő csatlakoztatásához a motor oldali

²⁰ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 27. oldal

fogazott tengelykapcsoló fél furatméretét forgácsolással fel kellene bővíteni. Ezen módosítás elkerülése és egyszerűsítése végett az új motort gyártó cég módosított tengelyátmérővel (70mm) szállítja ki az új motorokat, így ez az átalakítás elkerülhető. Összeszereléskor a motortengely és tengelykapcsoló berendezés egytengelyűségét ellenőrizni szükséges. Maximum 0,05mm eltérés megengedett.

2.5. Motoralap

Az új motorok a meglévő motorok alapjára kerülnek beépítésre. „Új alap készítése nem szükséges, mivel az új motorok alapra adódó terhelései kisebbek, mint a régi motoroké. A régi és az új motor talpazatán a rögzítésére kialakított lyukkiosztás teljesen azonos, így az alapsavak helyzete a rögzítéshez megfelelő.”²¹ A motoralapot meg kell emelni 50mm-el, ennek oka az eltérő tengelymagasság. A régi motor esetében a tengelymagasság 450mm, az új motorok esetében pedig 400mm. Ezt az 50mm eltérést az alap megemelésével tudjuk kiküszöbölni. Az alap emelésére 50mm-es emelvényeket alkalmazunk a talpcsavarok alatt, melyek a 9. ábrán is láthatóak. Motorcsere illetve főjavítás során az alap vasbeton szerkezetét szemrevételezéssel ellenőrizni szükséges, anyaghiány nem lehetséges, a rajta levő repedések mérete 0,3 mm-nél csak kisebb lehet.



9. ábra Pótvízszivattyú egység JHWA-400 MB-02A motorral²²

A 9. ábrán látható a pótvízszivattyú egység a JHWA-400 MB-02A motorral. Ennek a típusnak a tulajdonságai szinte teljesen megegyeznek az FRC 400 L2 motorral. A legelső tervek szerint ezekkel a típusokkal váltották volna ki mind a négy blokkon az eredeti 2AZMI-500/6000Y4 típusokat, de ennek a gépnek a gyártása leállt, ezért szükséges az FRC 400 L2 motorok beszerzése és beépítése. Látható a talpcsavarok alatti 50mm-es

²¹ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 29. oldal

²² Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez

emelvény, melyet az eltérő tengelymagasság miatt kellett a motor alá helyezni. A kenőolaj csővezetékei elbontásra kerültek, végüket lezárták.

3. Motorkiváltás, üzembe helyezés

3.1. Átszerelés közbeni munkavédelem

3.1.1. Munkavédelmi, egészségvédelmi, biztonságtechnikai követelmények

A munkavédelem célja, hogy a megvalósulás időszakában szabályozza az egészséget nem veszélyeztető, biztonságos munkavégzés személyi, tárgyi és szervezeti feltételeit, a szervezeten munkát végzők egészségének, munkavégző képességének megóvása és a munkakörülmények javítása érdekében, megelőzve ezzel a munkabaleseteket és a foglalkozással összefüggő megbetegedéseket. A kijelölt felelős munkabiztonsági koordinátor köteles a kivitelező által a munkavállalók egészségének és biztonságának megőrzése érdekében hozott intézkedéseket megismerni, tudomásul venni és azt az adott munkavállalóknak közérthető formában megadni, és gondoskodni azok betartásáról, illetve betartatásáról. Minden munkavállaló csak a biztonságos munkavégzésre alkalmas állapotban, az egészséget nem veszélyeztető és a biztonságos munkavégzésre vonatkozó szabályok megtartásával, a munkavédelmi oktatást követően végezhet munkát.

Szerelési és építési munkák a motorcsere során:

- csővezetékek gyártása, méretre szabása, vágása, fúrása, hegesztése
- az acélszerkezeti (csővezetéki) egységek helyszínre szállítása
- helyszíni fémmegmunkálás, vágás, fúrás, köszörülés művelete
- acélszerkezetek helyszíni hegesztése

Mivel minden munkafázis (előkészítés, csővezetékek vágása, hegesztése, motoralap módosítása) épületen belül történik, ezért az ellenőrzött zónában végzett kivitelezési munkákra vonatkozó sugárvédelmi, radioaktív hulladékkezelési előírásokat a munkák során figyelembe kell venni, és be kell tartani. Figyelembe kell venni azt is, hogy a munkaterületen és mellette több fontos vezeték, technológiai berendezés található. Ezeket károsítani szigorúan tilos!

„A kivitelezési munkák zajszintje és légszennyezése az építőiparban megengedett átlagérték alatt van. A bontáshoz, fémmegmunkáláshoz, fúrásokhoz, vágásokhoz használt kézi szerszámok működtetése idején a zajterhelés átmenetileg megnövekszik.

Fokozottan ügyelni kell a hegesztés közben keletkezett füstgázok, valamint a lepattanó szikrák tűzveszélyességére. Az üzemi területeket a tervezett kivitelezési munkákból származó por, hegesztési gázok, gőzök ellen megfelelő intézkedésekkel, adott esetben ideiglenes védelmek (pl. porvédő falak, sátor, ideiglenes elszívás) alkalmazásával kell

védeni. A védőszerkezetek létesítéséhez lángmentesített ponyvát kell felhasználni. A munkaterület folyamatos és rendszeres tisztántartása, ill. az üzemi rend mindenkorai biztosítása a balesetveszélyt csökkenti, ezért fenntartását és állandó ellenőrzését a kivitelezésben résztvevőknek biztosítani kell.”²³

Energiaellátó rendszerek előírásai:

A munkavállalókat és a munkavégzés hatókörében tartózkodókat megfelelően védeni kell a közvetett vagy közvetlen érintésből eredő villamos áramütéssel szemben. A berendezések és védőkészülékek használatánál és megválasztásánál figyelembe kell venni az elosztásra kerülő energia típusát és teljesítményét, a külső körülményeket és a szerelvények kezelését végzők szakmai ismeretét, illetve a megközelítés szükségességét. „Ha a kábelek, vezetékek közlekedési utakon való elvezetése elkerülhetetlen, akkor külön védelemről kell gondoskodni a mechanikai sérülések ellen. Minden bejövő és elosztó táplálási egységet el kell látni a bejövő táplálás leválasztására és lekapcsolására szolgáló eszközzel. A bejövő tápforrást leválasztó eszközöknek alkalmasnak kell lenni a visszakapcsolás elleni reteszelésre. Minden fogyasztókészüléket tápláló áramkört egy olyan elosztótábláról kell táplálni, amely a következőket tartalmazza:

- Túláramvédelmi eszközök
- Közvetett érintés elleni védelmi eszközök
- Szükség esetén csatlakozó aljzatok

A biztonsági és tartalék tápforrásokat olyan eszközökkel kell csatlakoztatni, amelyek megakadályozzák a különböző tápforrások összekapcsolását. A villamos gépeket – beleértve az áramfejlesztőket és a hegesztő berendezéseket is – földelni kell, vagy kettős szigeteléssel kell ellátni. A munkaterületen használt valamennyi áramforrást hibaáramvédelemmel kell ellátni (30 mA). A villamos elosztó szekrényeket úgy kell elhelyezni, hogy könnyen megközelíthetők legyenek, és mindegyik szekrény hibaáram relével (ÁVK) ellátott legyen. Az áramvédő kapcsoló megfelelő működését havonta működési próbával, dokumentált módon ellenőrizni kell. Hiba esetén az elosztót áramtalanítani kell, és a javítást meg kell kezdeni. A villamos elosztó szekrények tápkábelének villamos és mechanikai védelméről megfelelő módon gondoskodni kell. Gépi meghajtású munkaeszközöket csak megfelelően kioktatott dolgozók kezelhetnek. Az alvállalkozónak nyilvántartást kell vezetnie minden egyes dolgozója szakképzettségéről, és ezek dokumentációjáról. Minden villamos munkaeszköz meg kell, hogy feleljen a törvényi előírásoknak és a biztonsági irányelveknek. Rendelkezniük kell időszakos biztonsági felülvizsgálati jegyzőkönyvvel és a hibák kijavítását igazoló dokumentummal.”²⁴

²³ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 39. oldal

²⁴ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 41. oldal

Felvonulási területek energiaellátására vonatkozó szabvány:

MSZ EN 60439-4

Csatlakozódugók és csatlakozóaljzatok:

MSZ EN 60309-2

Hegesztéssel kapcsolatos előírások:

MSZ EN ISO 9606-1:2017

MSZ 6292: 2009

143/2004.(XII. 22.) GKM Hegesztési Biztonsági Szabályzat

MSZ 1600

MSZ 2364

Egyéni védőfelszerelések:

1993. évi XCIII. Törvény 42.§ B. pontja

Idegenek belépése az építési területre:

MSZ 17066:1985

Nukleáris Tűzvédelmi szabályzat:

5/2015. (II. 27.) BM rendelet 1. melléklet

3.1.2. Hatások a környezetre, nukleáris biztonság

A munka során elvégzendő helyszíni szerelési munkák nem jelentenek többlet környezeti terhelést a területre, illetve környezetére. „Jellemző technológia a vágás, és a hegesztés. Az általános munkahelyi rend betartásáról, valamint a szereléskor keletkezett hulladékok összegyűjtéséről és elszállításáról a kivitelezőnek kell gondoskodni. Az érvényben levő környezetvédelmi előírásokat be kell tartani. A tervezett átalakítások megvalósítása során légszennyező anyagot kibocsátó technológia, berendezés, elem nem létesül.”²⁵ A tervezett átalakítások megvalósítása során betartandók a Kormányrendelet előírásai, valamint az előírt zajkibocsátási határértékek, melyekről a kivitelező a munkák megkezdése előtt, vagy a kivitelezési munkához készített technológiai és ellenőrzési utasításában ismerteti.

²⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 63. oldal

Környezetvédelmi előírás:

284/2007./X.29./ Kormányrendelet

Zajkibocsátási határértékek:

27/2008./XII. 3./KvVM-EüM

Sugárvédelmi előírások

A sugárvédelmi előírások ahhoz szükségesek, hogy a munka kivitelezése során a személyzetet a lehető legkisebb sugárterhelés érje. A jelen tervhez kötődő kivitelezési munkák elvégzésére csak olyan munkavállalók alkalmazhatók, akik „A” besorolással rendelkeznek. Ezen projekthez kötődően nem végezhetnek munkát fogamzó képes nők, tanulók, illetve gyakornokok. A kivitelezés csakis dozimetriai engedéllyel végezhető. „A foglalkozási sugárterhelésnek kitett munkavállaló munkavégzés során fokozott sugárterhelést eredményező forrásokból származó, külső és belső sugárterhelés együttesen, egymást követő 5 naptári évre összegezve nem haladhatja meg a 100 mSv effektív dóziskorlátot. Az effektív dózis egyetlen naptári évben sem haladhatja meg az 50 mSv értéket.”²⁶ A külső sugárterhelés adódhat a radioaktív anyagokat tartalmazó berendezésektől, csővezetékekből, illetve azok szennyezett külső és belső felületeitől, a helyiségek szennyezett felületeitől, a levegő radioaktív szennyezettségéből. A belső sugárterhelés a radioaktív gázok belélegzéséből, lenyeléséből adódhat. A sugárterhelés döntő forrásai a hasadási termékekből eredő béta- és gammasugárzás. A nevezett helyiségekben gamma dózisteljesítmény mérők vannak felszerelve. Az ellenőrzés a telepített és a személyi doziméterek kiértékelése alapján történik. A munka megkezdése előtt a javítási helyeken dozimetriai ellenőrzést kell végezni, meg kell állapítani a munkavégzés környezetében kialakuló dózisviszonyokat, és az esetleges további óvintézkedéseket ezen értékek alapján kell meghatározni. Ezek meghatározásához ismerni kell a munkavégzés helyiségének sugárvédelmi osztályba sorolását. A munkaterület a pótvíz rendszeri motorcserék esetében primerkörü helyszínt jelent, mely a korlátozottan kezelhető (KK) helyiségek közé tartozik.

A munkák megkezdése előtti előzetes dózisbecslést az alábbi táblázat mutatja KK helyiség esetében:

²⁶ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 64. oldal

Helyiség	Munkaidő [h/fő]	Munkavégző személyzet [fő]	Dózisfeljesítmény [μSv/h]	Személyi óra [h]	Kollektív dózis [μSv]
A140/3-3	8	2	3	8x2=16	48
A141/3-3	8	2	3	8x2=16	48
A142/3-3	8	2	3	8x2=16	48

4. táblázat Előzetes dózisbecslés²⁷

Látható, hogy a munkavégzés során normál üzemi körülmények között minimális sugárzás éri a munkavállalók testét. „A természetes háttérsugárzás átlag mértéke Magyarországon 50-180 nSv/óra körül ingadozik.”²⁸ Az atomerőműben személyesen is részt vettem egy pótvízszivattyú hajtómotorjának főjavításán, melynek keretein belül 3-4 órát tartózkodtam a primerkörben, a legtöbb időt egy KK besorolású helyiségben. Ezen időtartam alatt a testemen levő doziméter adatai alapján 2 μSv sugárterhelést kaptam óránként.

A munkavégzés során betartandó sugárvédelmi előírások:

- 487/2015. (XII. 30.) Kormányrendelet
- PA Zrt. Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat (MSSZ)
- PA Zrt. FSU001 Radioaktív és nukleáris anyagok kezelése eljárásrend
- PA Zrt. FSU201 személyi dozimetriai ellenőrzés eljárásrend
- PA Zrt. FSU204 Sugárveszélyes tevékenységek felügyelete eljárásrend
- PA Zrt. TLÜ502 Radioaktív hulladékkezelés eljárásrend
- PA Zrt. FIB301 környezetvédelmi feltételek biztosítása eljárásrend

3.2. Előzetes üzembe-helyezési munkaprogram

Az üzembehelyezési program célja a lecserélt motorok és a kapcsolódó új nyomvonalon vezetett csővezetékek működőképességének vizsgálata. A program célja azt igazolni, hogy a típuscserét követően a pótvízszivattyú motorok megfelelően működnek. A teszt elvégzésének villamos műszaki feltételei:

- a szerelés ellenőrzése a kábellista és az áramútervek alapján
- villamos motor szigetelési ellenállásának mérése
- motorvédelmek beállítása
- a kábel szigetelési ellenállásmérése
- a villamos berendezések földelővezetékeknek folytonosságának ellenőrzése
- szigetelési ellenállásmérés

²⁷ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 65. oldal

²⁸ <https://www.katasztrofavedelem.hu/93/orszgos-httsugrzszi-adatok> 2022.04.08.

- villamos szilárdság vizsgálat
- kábelburkolat vizsgálata
- részkisülés vizsgálat

3.2.1. Forgásirány próba

A forgásirány próba a villamos próbák részeként történik meg. A forgásirány próba megkezdése előtt a motort szét kell kuplungolni. A szivattyú rossz forgásiránya rontja a szivattyú hidraulikus teljesítményét és meghibásodáshoz vezethet. A forgásirány a két kábel ér kapocsszekrényben való felcserélésével változtatható. Az L1, L2, L3 fázisok U, V, W kapcsolókra való csatlakoztatása ennél a motornál minden esetben jobbos forgást eredményez. Sikeres forgásirány próba, és motor funkciópróba után a motor már összekuplungolható. „A részletes forgásirány próba leírását a villamos üzembehelyezési munkaprogram tartalmazza, melynek végrehajtását a Blokkügyelet engedélyezi a munkautasítások (MUT) alapján.”²⁹

3.2.2. Funkció próba

A beüzemelt motorokon funkciópróbát, próbahűtést kell végezni, melynek során a beérkező hűtővízzel a működő motorokon a megfelelő üzemi hőmérsékleteket biztosítani kell. Sikeres a próba akkor, ha 1 óra üzemidő után az állórész tekercs, a csapágó, a hűtőközeg hőmérsékletének mérésére szolgáló hőmérsékletérzékelők a megfelelő hőmérsékleti tartományban vannak. A mérésre Pt100-as típusú hőelemeket használunk. 6 darabot az állórész tekercshőmérsékletének, 2 darabot a csapágó hőmérsékletének, és 1-1 darabot a hideg- és meleg levegő hőmérsékletének ellenőrzésére.

Mivel az előző, régi motorokhoz TSZP-309 és TSZM-6097 típusú ellenállás hőmérőket használtak, ezért az új és régi hőmérők eltérő típusa miatt ezen méréseket végző számítógépeket újra kell kalibrálni. Ha nem történik újrakalibrálás, a számítógép hibás értékeket fog mérni, és hamis jelzéseket fog adni a személyzet számára.

3.2.3. Járatási próba

A szivattyúk és az új motorok mechanikai (járatási próbáját) üzemi körülmények között végezzük. A szivattyúk összekuplungolása előtt kézzel körbe kell forgatni a tengelyt a szivattyúházon jelölt irányban. Nem szabad súrlódási, akadási zajnak hallatszani, a tengelynek ellenállás nélkül, könnyen forgathatónak kell lennie.

Minden próba és teszt sikeres elvégzése után a beszerelt motor üzemkész.

²⁹ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 60. oldal

4. Összefoglaló

Az emberiség jelenlegi fejlettségi szintjén a villamos energia előállítására az atomerőművek biztosítják a legmegbízhatóbb és legtisztább energiát az időjárási viszonyoktól és a napszaktól függetlenül. Megfelelő biztonsági intézkedések mellett elkerülhetők az üzemeltetéssel és a technológiával kapcsolatos üzemzavarok és balesetek. Szakdolgozatomban a Paksi Atomerőmű egyik biztonsági rendszerének, a pótvíz rendszernek a működését biztosító villamos motorokkal kapcsolatban végeztem összehasonlítást. A régi motorok meghibásodása miatt szükségessé vált a pótvíz rendszeri szivattyúk hajtómotorjainak cseréje. Ezzel kapcsolatban a megfelelő összehasonlítás érdekében négy különböző motor villamos és mechanikai tulajdonságait táblázatban foglaltam össze, mely alapján kiválasztottam a cserére legalkalmasabb gépet, az FRC 400 L2 típusú aszinkron motort. Bemutattam, mely segédrendszereken kell átalakítást végezni az új motor üzembehelyezéséhez. Az üzembehelyezéshez szükséges munka- és személyvédelmi előírások nukleáris létesítmény esetében kiemelten fontosak, ezért ezekről is részletesen írtam. Dolgozatomban képekkel, adatokkal és karakterisztikákkal támasztottam alá állításaimat a motorcserével kapcsolatban. Ezek, és a motor beszerelése utáni tapasztalatok alapján állításom, miszerint az FRC 400 L2 típusú motor alkalmas a régi motor kiváltására, helytálló. Beszerelése, üzembehelyezése nem ütközött akadályokba a segédrendszerek korábban ismertett módon való átalakítása után. Feladatát üzembiztosan képes ellátni.

5. Summary

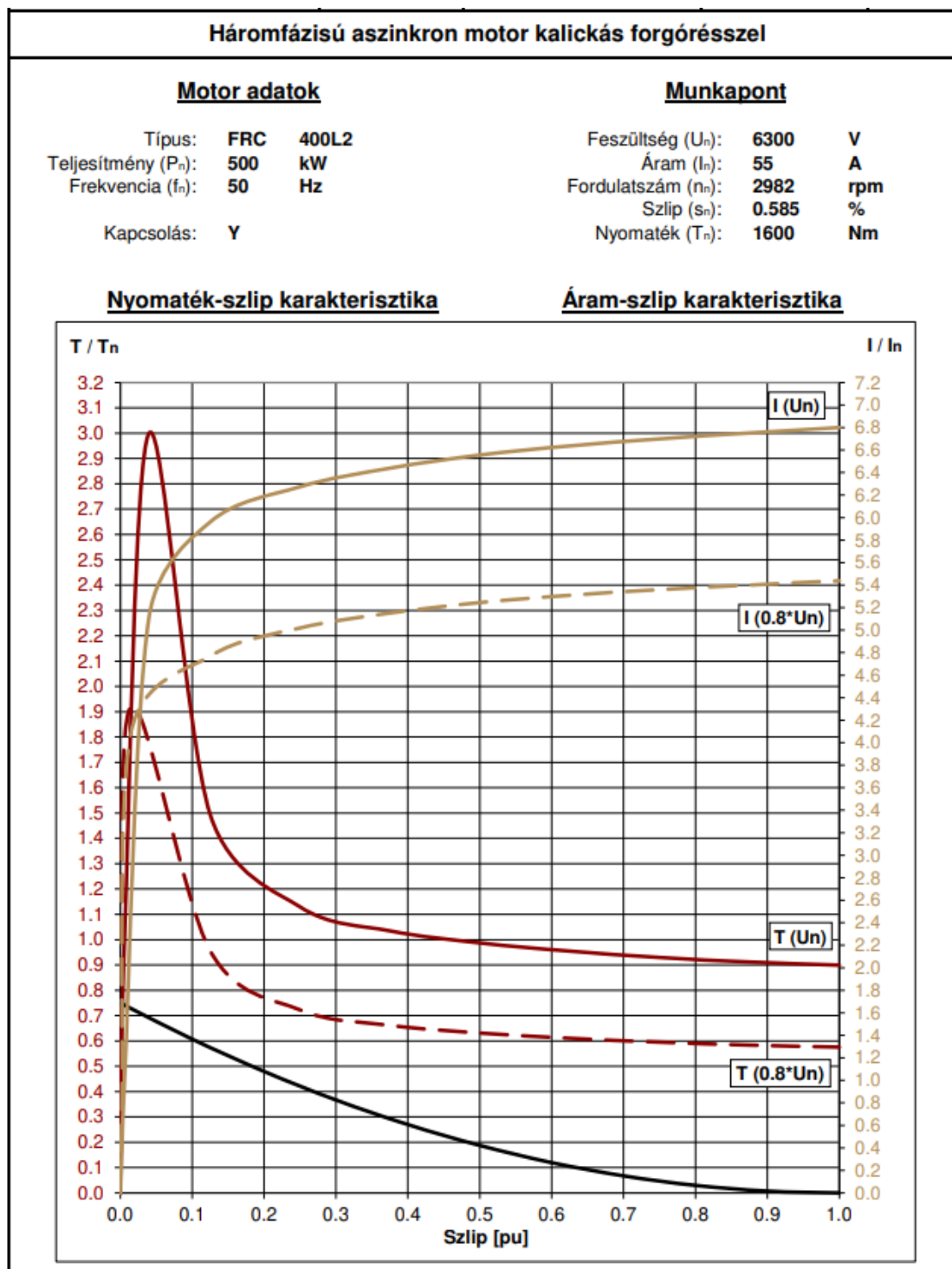
At the current level of industrial development for producing electricity nuclear power plants deliver the cleanest and most reliable energy. Providing that appropriate safety measures are taken operational and technology-related malfunctions as well as accidents can be avoided.

In my dissertation, I looked at the operation of the make-up water circuit, one of the safety systems of the Paks Nuclear Power plant, and I compared electric motors which ensure the correct functioning of this system. Due to the failure of these old motors, it has become necessary to replace the propulsion engines of the make-up water pumps. In order to make an accurate comparison, I have summarized the electrical and mechanical properties of four different motors in a chart, based on which I selected the most suitable machine for the replacement, the FRC 400 L2 type asynchronous motor. I have shown which auxiliary systems need to be modified so that the new engine can be put into operation. Regulations required for the work and personal protection are of paramount importance in the case of a nuclear installation, therefore I wrote about these in detail. In my study, I supported my statements about the engine replacement with pictures, data and functions. Based on these and my experience after installing the engine my statement that the FRC 400 L2 engine is suitable to replace the old engine is correct. Its installation and commissioning did not encounter any obstacles after the previously described modification of the auxiliary system. It is able to perform its task with great operational safety.

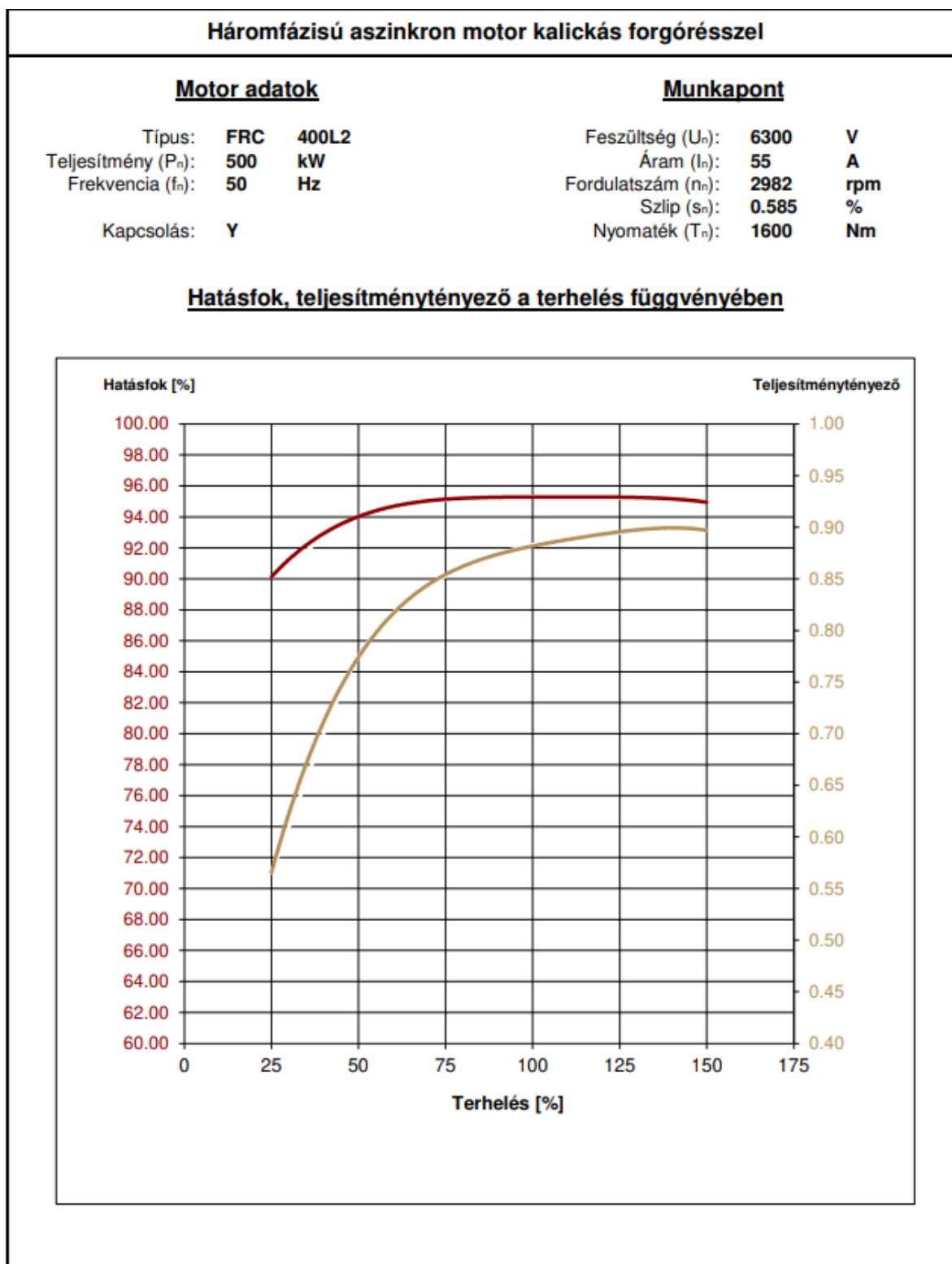
6. Irodalomjegyzék

- ¹ <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.
- ² <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.
- ³ <https://www.paks2.hu/web/guest/k%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91en-az-atomenergi%C3%A1r%C3%B3l> 2022.03.12.
- ⁴ <https://nuklearis.hu/az-atomenergiarol-egyszeruen-az-atomeromuvek-mukodesetipusaik-es-jovojuk> 2022.03.25.
- ⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 18. oldal
- ⁶ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 68. oldal
- ⁷ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal
- ⁸ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal
- ⁹ Dr. Novothny Ferenc (PhD)- Villamos energetika I. ÓE KVK 2050 69-70. oldal
- ¹⁰ https://hu.wikipedia.org/wiki/Aszinkron_g%C3%A9p 2022.04.05.
- ¹¹ https://hu.wikipedia.org/wiki/Aszinkron_g%C3%A9p 2022.04.05.
- ¹² <https://olahvill.hu/talpas-vagy-peremes-mit-jelent-a-b3-b5-b14> 2022.04.05.
- ¹³ <https://olahvill.hu/talpas-vagy-peremes-mit-jelent-a-b3-b5-b14> 2022.04.05.
- ¹⁴ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 20. oldal
- ¹⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 20. oldal
- ¹⁶ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 23. oldal
- ¹⁷ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez
- ¹⁸ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez
- ¹⁹ Ganz Transzformátor- és Villamos Forgógépgyártó Kft.- Műszaki leírás és karbantartási utasítás az FRC 400 L2 típusú motorhoz
- ²⁰ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 27. oldal
- ²¹ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 29. oldal
- ²² Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez
- ²³ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 39. oldal
- ²⁴ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 41. oldal
- ²⁵ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 63. oldal
- ²⁶ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 64. oldal
- ²⁷ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 65. oldal
- ²⁸ <https://www.katasztrofavedelem.hu/93/orszgos-httsugrzs-adatok> 2022.04.08.
- ²⁹ Tervenergo Kft. által készített Gépész kiviteli terv a motorcseréhez 60. oldal

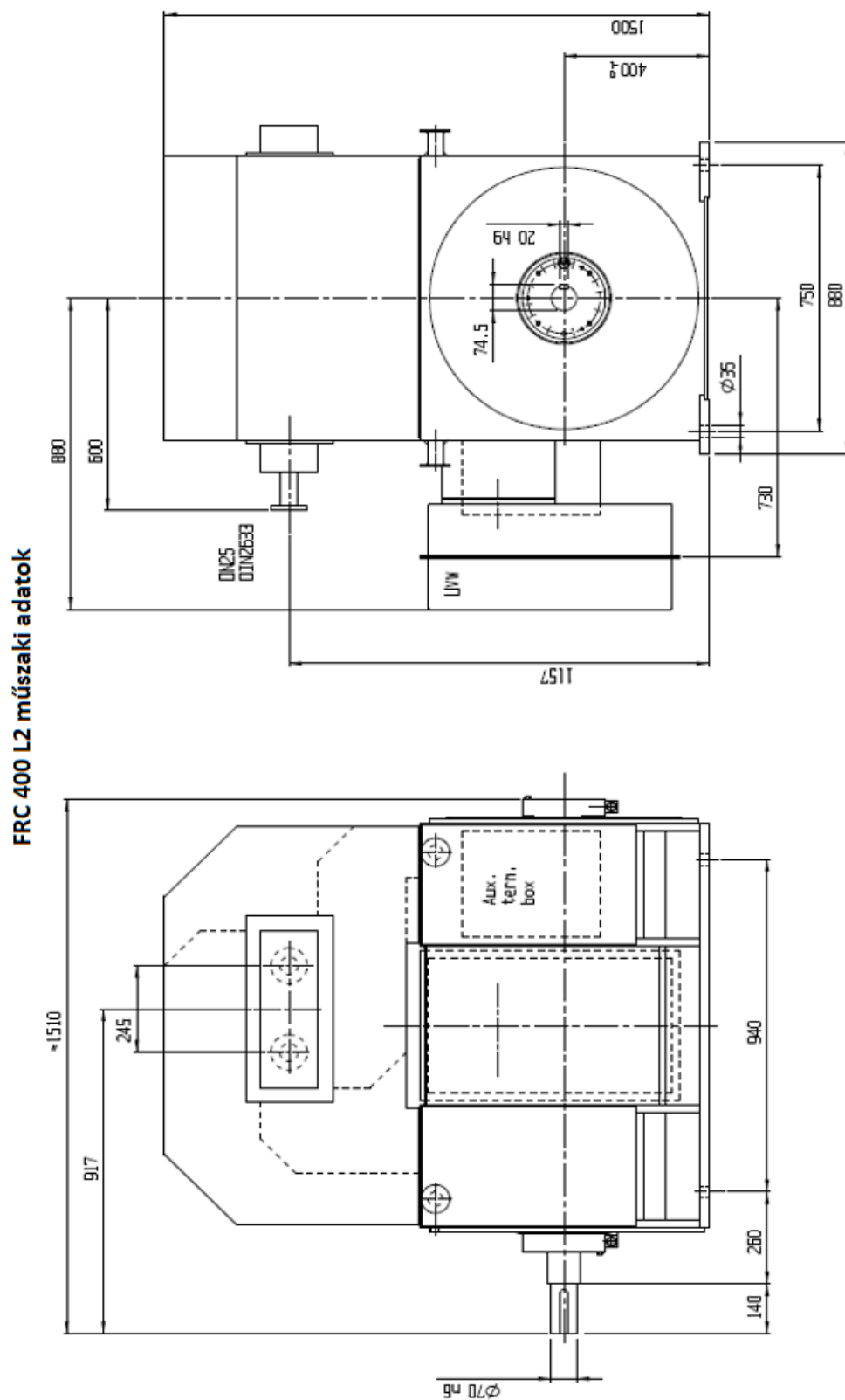
7. Mellékletek



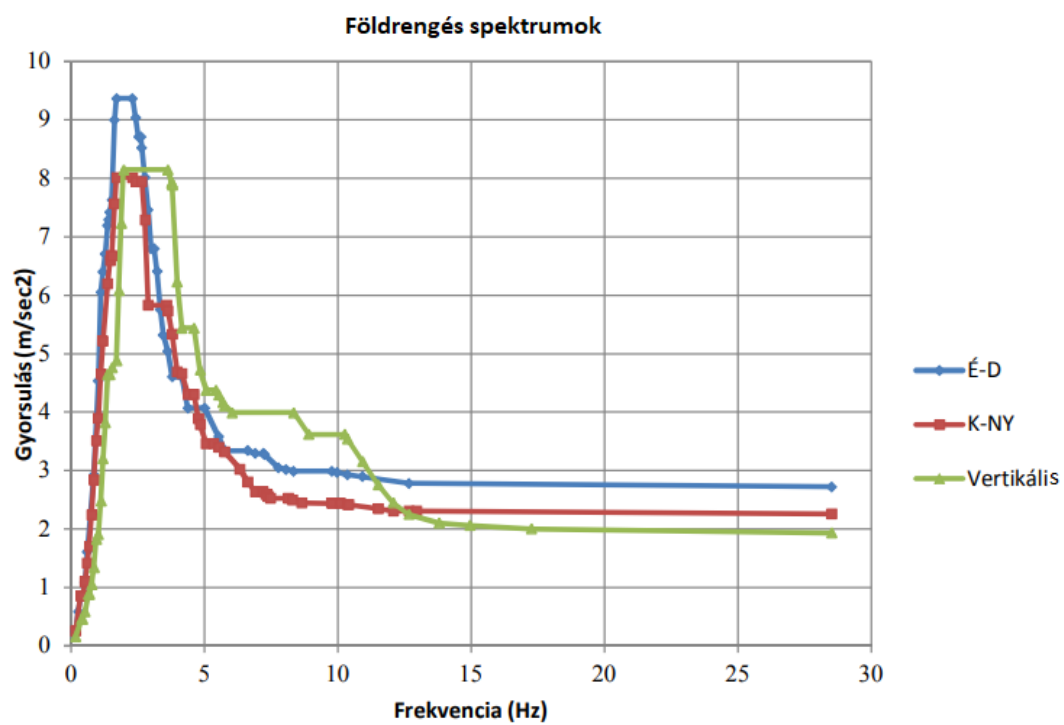
1. számú melléklet Nyomaték-szlip és Áram-szlip karakterisztika



2. számú melléklet Hatásfok, teljesítménytényező a terhelés függvényében



3. számú melléklet FRC 400 L2 műszaki adatok



4. számú melléklet Földrengés spektrumok