



SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve:

Tóth Márton Áron

2022.

Hallgató törzskönyvi száma:

T008489/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Tanszék

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Tóth Márton Áron

Szaktervezési száma: SZD22042913108645

Törzskönyvi száma: T008489/FI12904/K

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: villamosmérnöki

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Aszinkron motor fordulatszám optimalizálása frekvenciaváltóval (FRV)

A dolgozat címe angolul: Asynchronous motor speed optimisation with frequency converter

A feladat részletezése: 1. Szakirodalmi áttekintés, frekvenciaváltók kialakítása, üzeme

2. Távindítású, fiókos kivitelű elosztóból táplált motoros leágazás kialakítása BY-passolható FRV-val.

3. Relés logikával kialakított működtetés

4. Költségvetés/beruházás-megtérülés kalkuláció

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

Külső konzulens neve: Stricz Rajmund Szilárd

Munkahelye: Munkahely: Procoplan Kft. Automatizálási és Főváll. Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

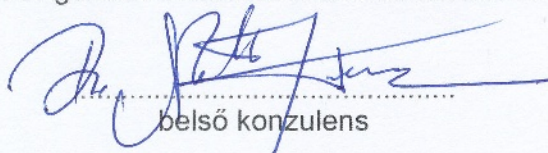
A szakdolgozat: Nem titkos.

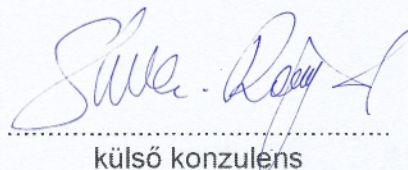
Kiadva: Budapest, 2022. 05. 03.

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. május 02.

.....
hallgató aláírása

Tartalom

BEVEZETÉS	5
1 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS, FORDULATSZÁM-SZABÁLYOZÁS RÉGEN ÉS MOST	6
1.1 Aszinkron motorok alkalmazása az iparban	9
1.1.1 Fojtásos szabályozás	9
1.1.2 Frekvenciaváltós szabályozás	12
1.2 Háromfázisú inverter vizsgálata.....	12
1.2.1 Impulzusszélesség-moduláció	15
1.2.2 Az aszinkron motor nyomatéka és fordulatszáma	16
1.2.3 FRV üzeme	17
1.2.4 Frekvenciaváltók beépített funkciói.....	18
2 Villamos leágazás kialakítása „bypass”-olható frekvenciaváltós motoros hajtásra 21	
2.1.1 Fiókos kivitelű 0,4kV-os elosztó	21
2.1.2 Bypass szekrény kialakítása.....	21
2.1.3 Kábelek méretezése	23
2.1.4 Védelem kiválasztása.....	27
2.1.5 Mágneskapcsoló kiválasztása	28
3 Relés logikával kialakított működtetés	29
3.1 Relé felépítése, működése	29
3.2 A működtetés leírása	31
4 A frekvenciaváltós-hajtás kialakításának megtérülése	34
4.1 Frekvenciaváltós hajtás kialakítás költségvetése	35
4.2 Energia megtakarítás frekvenciaváltó alkalmazásával.....	36
4.3 Megtérülés kalkuláció	37
ÖSSZEFOGLALÁS	38
ABSTRACT.....	39
Mellékletek	40
4.3.1 Kábelösszefüggési rajz 001 oldal	40
4.3.2 Bypass szekrény huzalozási rajz 002 oldal.....	40
4.3.3 Főáramköri rajz 003 oldal.....	40
4.3.4 Leágazás működtetési rajz 004 oldal	40
4.3.5 Leágazás működtetési rajz 005 oldal	40
4.3.6 Külső kapcsolatok rajza 006 oldal	40
Forrásjegyzék.....	41

BEVEZETÉS

Az iparban használt villamos hajtással rendelkező forgógépek döntően aszinkron motoros hajtással rendelkeznek. Ezen gépek a gazdaságos létesítés, illetve a gondozás mentesség miatt oly elterjedtek.

A mai korra jellemző energiával való gazdálkodás, a felesleges, pazarló üzemeltetés az ipari fogyasztókat is a gazdaságosabb üzemeltetés felé sodorja. Számos technológia egy üzemben belül a hét minden napján bizonyos üzemórát működik. Az ilyen folyamatos üzemű villamos berendezések villamos fogyasztásának optimalizálásával jelentős energia takarítható meg, viszonylag rövid idő alatt.

Az aszinkron motor hálózatra csatlakoztatva adott, állandó fordulatszámon történő üzemre képes. A forgógép által szállított anyag mennyiséget korábban egyéb megoldásokkal szabályozták.

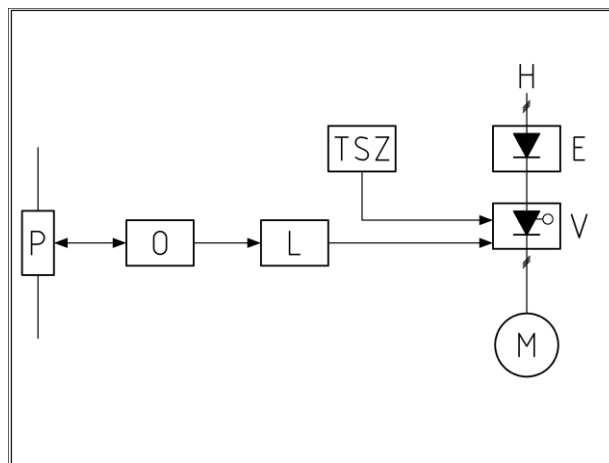
A frekvenciaváltó mint teljesítményelektronikai készülék elterjedésének okai, működésének áttekintése majd a készülék meglévő rendszerbe való integrálása jelen szakdolgozat témája. Szakdolgozatomban bemutatom az aszinkron motor frekvenciaváltóval történő villamos fogyasztás optimalizálását, meglévő korszerű fiókos kivitelű elosztó berendezésből táplált irányítástechnikai jelekkel automatizált villamos forgógépen keresztül.

A frekvenciaváltós kialakítás meglévő motor esetén beruházásként, fejlesztésként értelmezhető, és mint így a gazdasági oldala is jelentős hangsúlyt élvez. Egy beruházás akkor gazdaságos, ha belátható időn belül a kifizetésre került összeg megtérül. A dolgozatban a frekvenciaváltóval történő motor fordulatszám optimalizálás beruházás gazdasági oldalát is bemutatom, egy költségvetés és a frekvenciaváltóval éves szinten történő energia díj összehasonlítása alapján.

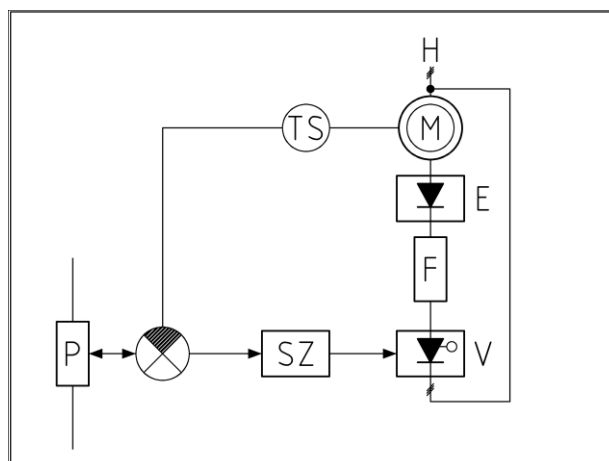
1 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS, FORDULATSZÁM-SZABÁLYOZÁS RÉGEN ÉS MOST

A korszerű impulzusszélesség-modulációs elvet használó frekvenciaváltó előtt is léteztek fordulatszám-szabályozási lehetőségek. A fordulatszám-változtatásra elvileg két mód kínálkozott: a motor tápfrekvenciájának változtatása, vagy a forgórész szlipfrekvenciájú energiájának visszatáplálása, illetve a szinkron-fordulatszám fölötti betáplálása.

Az első módszerhez rövidere zárt forgórészű motor is használható volt. A frekvenciaváltás közvetlen átalakítókkal volt megvalósítható, 50Hz-ről kisebb frekvenciára vagy egyenáramú közbenső körrel tetszés szerinti frekvenciára.



1. ábra: Változó frekvenciájú aszinkronmotoros hajtás

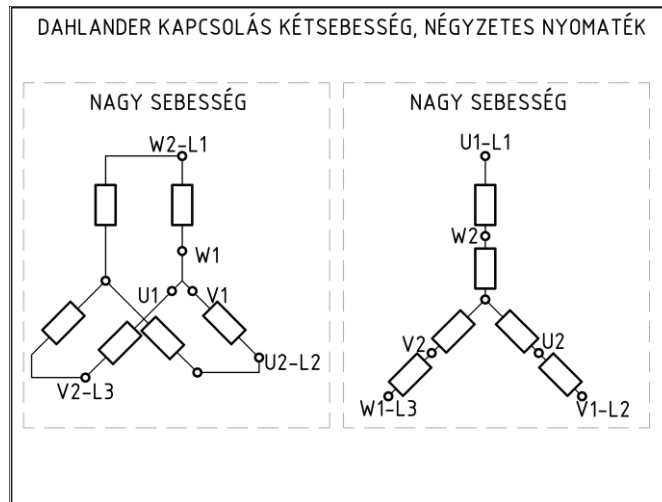


2. ábra: A szlipenergiát visszatápláló hajtás

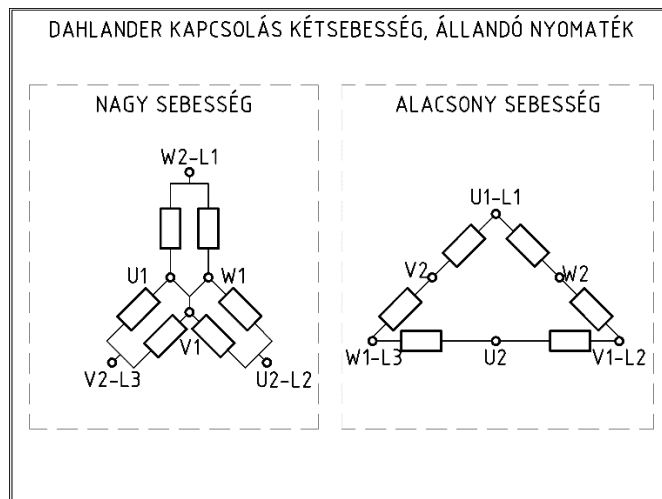
Az 1. ábrán látható a változó frekvenciájú aszinkronmotoros hajtás blokkvázlata. A háromfázisú hálózati-energia szolgáltatást először az E jelű egyenirányító egyenáramú szolgáltatásra, majd a V jelű váltóirányító ismét háromfázisú váltakozóáramú energiaszolgáltatássá alakította át. A fordulatszám, illetve a frekvencia a P jelű potenciométerrel az O jelű oszcillátor útján állítható be a kívánt értékre, míg az L jelű logikai egység határozza meg, hogy milyen sorrendben gyűjtsanak az egyes tirisztorok. A TSZ jelű teljesítményszabályozó gondoskodik a kimenő feszültség és frekvencia arányának fenntartásáról a különböző fordulatszám-beállításokon, az esetlegesen előálló terhelési feszültségesések ellenére. Ilyen berendezésekkel 20:1 arányú fordulatszám-változtatás volt elérhető.

A második ábrán látható a szlipenergiát visszatápláló hajtás blokkvázlata. Csúszógyűrűs motorokon viszont a szlipteljesítményt a visszatápláláshoz először az E háromfázisú hídkapcsolással egyenirányították, az áramot az F fotótekerccsel simították, majd háromfázisú V jelű váltóirányítóval visszatáplálták a hálózatba. Az SZ jelű szabályozóban rendszerint áramkorlátozó kapcsolás volt található.¹

Az aszinkron motor hátrányos jellemzője a hálózati frekvencia szerinti állandó fordulatszám. Aszinkron motorból létezik egy speciális tekercseléssel, úgynevezett Dahlander-kapcsolással készített megoldás, melynek lényege, hogy az állórész tekercselése két félből áll. A pólusszám 1:2 arányban átkapcsolható. Kapcsolási módtól függ, hogy állandó vagy négyzetes nyomaték adódik. A két sebesség között mágneskapcsolás átkapcsolással lehet váltani. Alacsony fordulaton állandó nyomaték leadására a Δ kapcsolású motorok alkalmasak. Magas fordulaton állandó nyomaték leadására a YY kapcsolású motorok. A Y/YY kapcsolású motorok a fordulatszám függvényében növekvő nyomaték leadására alkalmasak.² A Dahlander-kapcsolás nem szabályozás, a kívánt, rögzített két sebességváltásra alkalmas megoldás.



3. ábra: Dahlander kapcsolás, négyzetes nyomaték



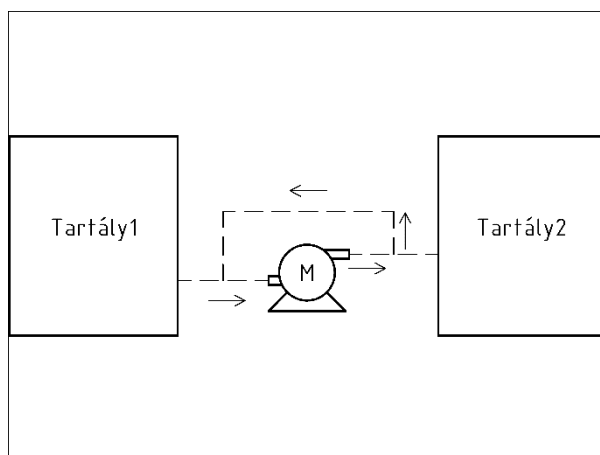
4. ábra: Dahlander kapcsolás, állandó nyomaték

Minden olyan esetben, ahol a villamos motor fordulatszám-szabályozására van szükség a frekvenciaváltó ad megoldást.

1.1 Aszinkron motorok alkalmazása az iparban

Az ipari technológiai folyamatok elengedhetetlen eleme a háromfázisú aszinkron motor, mint forgó gép. Legyen szó ventilátorok, szállítószalagok, őrlő művek vagy szivattyúk hajtásáról, az aszinkron háromfázisú motor megtalálható számos területen. Elterjedésének oka az egyszerű és robosztus felépítés, nagy üzembiztosság, karbantartásmentesség és kedvező ára. A gyártók a piacon széles (0,09 kW-225 kW) teljesítménytartományban forgalmazzák, mely lehetővé teszi az adott feladathoz való motorkiválasztást, teljesítményben való illesztést. Ezen tulajdonságok miatt az iparban igen elterjedt villamos forgó gép.

1.1.1 Fojtásos szabályozás³

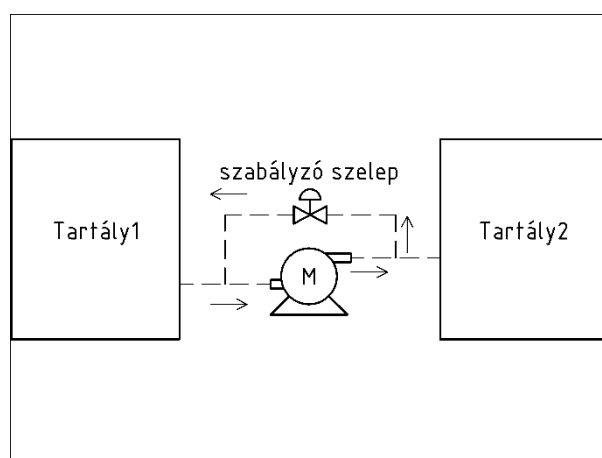


5. ábra: szabályozás, recirkulációs vezetékkel

Az iparban használt technológiai folyamatok elengedhetetlen része a villamos hajtás. Az aszinkron motor kedvező tulajdonságai (gondozásmentes, nyomaték, hatásfok) miatt igen elterjedt villamos gép. A legtöbb technológiára jellemző, hogy adott értékeket kell szinten tartani, ezért elengedhetetlen a közeg, az anyagok fizikai jellemzőinek szabályozása. A

kereskedelemben kapható villamos motorok viszonylag széles teljesítménytartományban kaphatóak, de a kiválasztott motor beépítés után állandó teljesítménnyel állandó fordulaton fog fogyasztani. Előfordul, hogy adott szállítandó anyagból kevesebbet kell szállítani. Ilyen esetekben a bevett gyakorlat, hogy úgynevezett recirkulációs ágot építenek a szivattyú nyomó oldalába. A recirkulációs ágon a szivattyú által mozgatott anyagból a felesleges anyagmennyiséget lehet a technológiában visszavezetni.

Egy másik megoldás, amikor a recirkulációs ágra egy szabályószelepet helyeznek. A szabályószeleppel a vissza ágon áramló anyag mennyiségét lehet szabályozni, ezáltal a szivattyú nyomó oldaláról „elvéve” a felesleget.



6. ábra: szabályozás szeleppel

Ezen szabályozási rendszerekre jellemző, hogy a kívánt anyag többszöröse kerül forgatásra, így a szükségesnél „nagyobb” a folyamat során elhasznált energia.

A szivattyú hasznos teljesítménye a folyadék szállításához szükséges teljesítményt jelenti. Ha ismert a manometrikus szállítómagasság (amely

az egységnyi súlyú folyadék szállításához szükséges energiát, munkát jelenti), a hasznos teljesítmény ennek és a szállított anyagmennyiség súlya szorzataként kapható.

A szállított anyagmennyiséget általában térfogatáramban kell megadni. A szállított anyagmennyiség súlya:

$$G = V \cdot \rho \cdot g$$

$V \left[\frac{m^3}{s} \right]$: a szivattyúval szállított folyadék térfogatárama

$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$: sűrűség

$g \left[\frac{m}{s^2} \right]$: nehézségi gyorsulás

$$P_h = V \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$P_h [W]$: hasznos teljesítmény

$H [m]$: manometrikus szállítómagasság

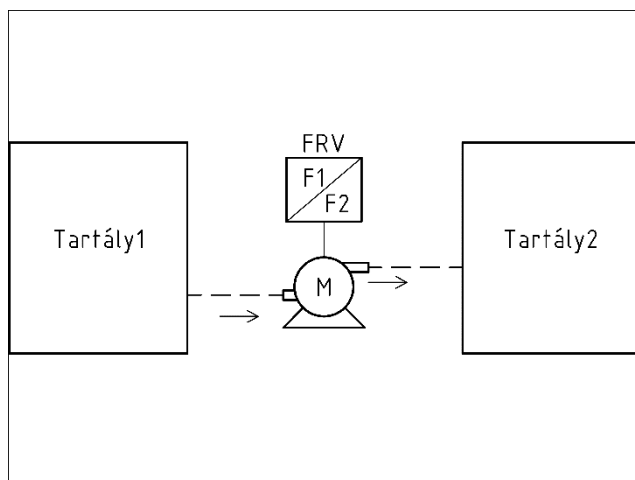
A hatásfok a hasznos teljesítmény és az összes teljesítmény hányadosa:

$$\eta = \frac{P_h}{P_{\text{ö}}}$$

Ezt a szabályozási megoldást fojtásos szabályozásnak nevezzük. A 2. ábra szemlélteti a fojtásos szabályozást.

A kívánt mennyiség szabályozása a visszaágon történő szelepnyitással történik. Nagyobb mennyiség esetén (a szivattyú nyomó oldalán) a szeleppel szűkíteni kell, kisebb mennyiség esetén a szeleppel nyitni kell a vissza cirkuláló ágra.

1.1.2 Frekvenciaváltós szabályozás



7. ábra: frekvenciaváltós szabályozás

Frekvenciaváltóval történő szivattyúszabályozás a fordulatszám változtatásával történik. A villamos motor gyártójától előzetesen tájékoztatást kell kérni, hogy az adott motor képes-e a tervezett névleges fordulatszámtól eltérő fordulaton üzemelni. A motor esetében a forgó rész tengelyen lévő hűtő ventilátor mely alacsonyabb fordulaton

kevesebb légáramot biztosít jelent problémát az alacsonyabb fordulatu üzem esetén.

A fojtósos szabályozás esetén vissza cirkuláló (átlagosan 25-30%) anyagmennyiség mozgatására használt energia takarítható meg frekvenciaváltós szabályozás esetén.

1.2 Háromfázisú inverter vizsgálata⁴

A hatodik ábra közbenső egyenáramú körös áramirányító inverter részét modellezi oly módon, hogy a gyűjtható-oltható félvezető ágakat tehetetlenség nélküli ideális kapcsolók helyettesítik.

Az idealizált inverter fázisfeszültsége a fáziskapcsok és a föld között az ábrán láthatók.

Az első 60°-os szakaszra az ábrából

$$U_a = U, \quad U_b = -U, \quad U_c = -U$$

A háromfázisú forgóvektor $a - a^2 = 1$

$$u_I = \frac{2}{3} \cdot (1 - a - a^2) \cdot U = \frac{4}{3} \cdot U$$

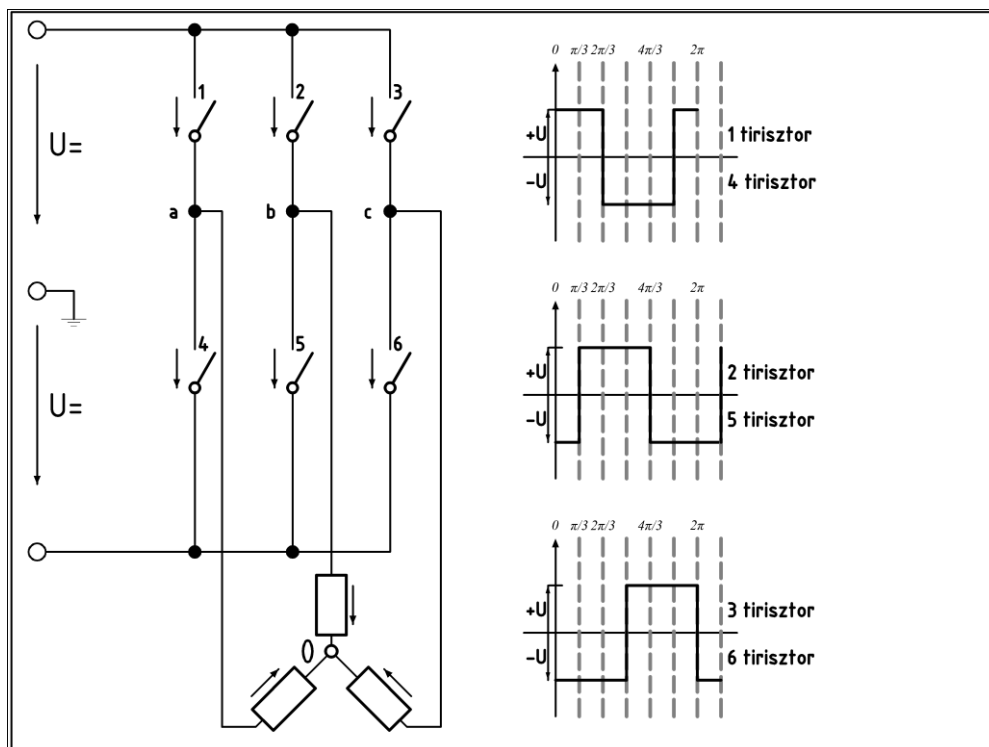
A második 60°-os szakaszon, $1 + a = -a^2$ -tel

$$u_{II} = \frac{2}{3} \cdot (1 + a - a^2) \cdot U = \frac{4}{3} (-a^2) \cdot U$$

a harmadikra $1 - a^2 = a$ -val

$$u_{III} = \frac{2}{3} \cdot (-1 + a - a^2) \cdot U = \frac{4}{3} a \cdot U$$

A háromfázisú feszültségvektor tehát minden szakasz végén 60° -ot ugrik és egy-egy szakasz alatt változatlan nagyságú és helyzetű.



8. ábra: Háromfázisú ideális inverter modellje és fázisfeszültségei

Az állandósult állapotban, amely a rendezetten következő kapcsolások hatására kialakuló tranziensek „belengett” sorozata, „állandósult tranziens állapot”, tehát az eredőfeszültségvektornak hat rögzített helyzete van, amelyek között ugrásokat végez.

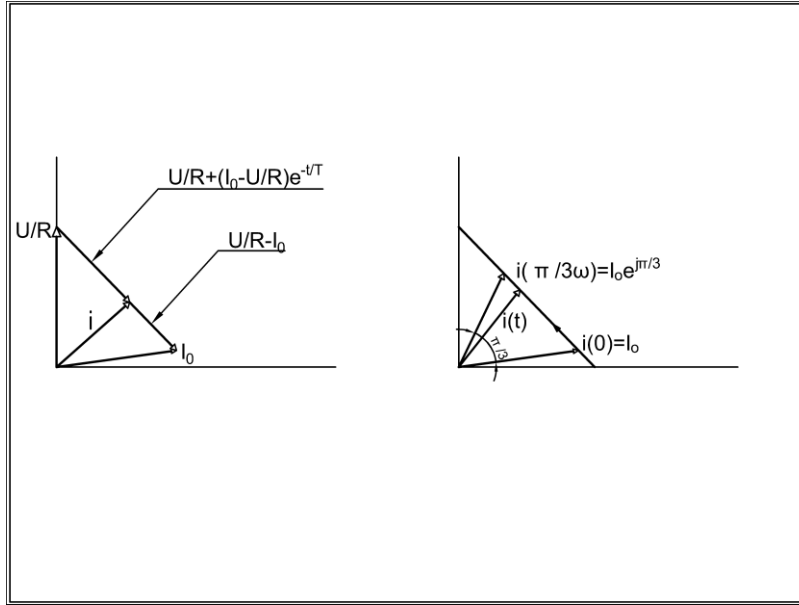
A háromfázisú áramvektor végpontja ugyanakkor általában valamilyen pályát ír le, amelynek alakja a terhelés természetétől függ. Az állandósult állapotban az áramvektor pályájának is hatoldalú szimmetriája van, így itt is elegendő $1/6$ periódust vizsgálni.

Legyen az inverter terhelése szimmetrikus csillagkapcsolású soros R-L áramkör. Ennek háromfázisú terhelő áramkörnek a viselkedését az

$$u = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt}$$

háromfázisú feszültségegyenlet írja le, amelynek megoldása

$$i(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} + \frac{u}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$



9. ábra: R-L körrel terhelt inverter állandósult háromfázisú áramvektorának pályája

Legyen az $i(t)$ áram a $t=0$ és $t=\pi/3\omega$ időpontokban a szimmetriának megfelelően

$$t=0, i(t)=I_0$$

$$t=\pi/3\omega, i(t) = I_0 \cdot e^{j\frac{\pi}{3}}$$

Ezeket az értékeket helyettesítve a kezdeti értékbe:

$$I_0 = \frac{u}{R} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{\pi}{3\omega T}}}{e^{j\frac{\pi}{3}} - e^{-\frac{\pi}{3\omega T}}}$$

A megoldás az

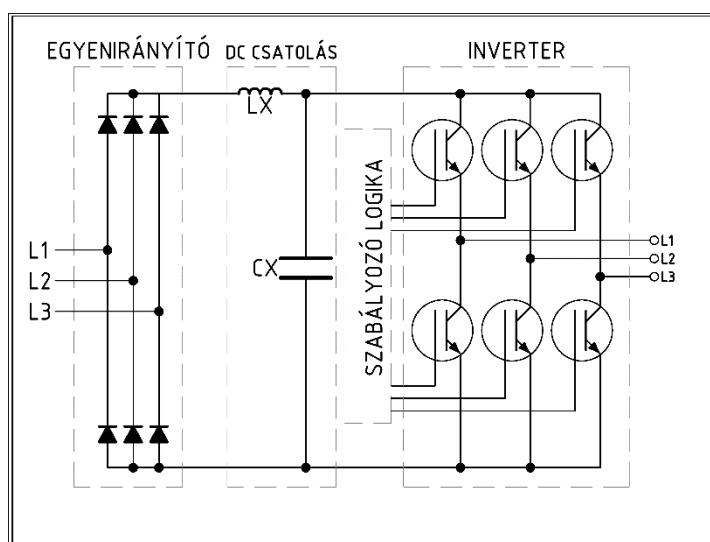
$$i = \frac{u}{R} + \left(I_0 - \frac{u}{R}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

alakba is írható, ahol I_0 -t szolgáltatja. A vektoregyenlet szerint i végpontja egyenes mentén az $(u/R)-I_0$ vektor mentén mozog. Az egyenesen az áramvektor végpontja $1/6$ periódus, egy szakasz alatt $\pi/3$ szöghöz tartozó útszakaszt futja be.

1.2.1 Impulzusszélesség-moduláció

A szinuszos impulzus szélesség moduláció során a kimeneti feszültség egy félperióduson belül többször szaggatott impulzusokból épül fel. Az impulzusok lehetnek azonos vagy változó szélességűek. Korábban analóg áramkörökkel valósították meg, három darab egyfázisú inverter segítségével. Az inverter félvezetőkből (tirisztor) hídkapcsolással épül fel.⁵

Impulzusszélesség-modulációval működő frekvenciaváltók a szinuszos jelre jobban hasonlító kvázi szinuszos jelet kapcsolnak a kimenetre. Impulzusszélesség-modulációval működő frekvenciaváltók hatásfoka jobb, mint más elven működő frekvenciaváltóké és általában nagyobb teljesítményre képesek.



10. ábra: Impulzusszélesség-modulátor felépítése

Az impulzusszélesség-modulátor egy konverterből, egy egyenáramú csatolóból, egy vezérlő logikából és egy inverterből áll. Az egyenirányító feladata a hálózati szinuszos jel egyenirányítása. Az egyenáramú csatoló egy L-C kör, melynek feladata a lüktető egyenfeszültség „simítása”, az

egyen jel formálása. Az egyenirányított jel fázis feszültsége 1,35-ször nagyobb, mint a hálózati váltakozó feszültség vonali értéke.

Az impulzusszélesség-modulátor kimeneti feszültség és frekvencia szabályozását a mikroprocesszoros szabályzó logika és az inverter végzi. Az inverterben található fázisonkénti félvezető csatoló elem. A csatoló elemek lehetnek tirisztorok, bipoláris tranzisztorok, MOSFET-ek vagy IGBT-k. Manapság elterjedt csatoló elem az IGBT¹. A mikroprocesszor vezérli a tranzisztorokat a kívánt kimeneti frekvencia és feszültség alapján.

¹ IGBT= Insulated-gate bipolar transistor, magyarul= szigetelt kapujú bipoláris tranzisztor

A mikroprocesszoros szabályozásnak köszönhetően a kimeneti kvázi szinuszos jel stabil a kívánt frekvencián tartható.

1.2.2 Az aszinkron motor nyomatéka és fordulatszáma

Az aszinkron motor tengelyén leadott hasznosított teljesítmény:

$$P_2 = P_{mech} - P_{surl+vent.} \quad 6$$

P_2 : hasznosítható teljesítmény

$P_{surl+vent.}$: surlódási és ventilációs veszteség

P_{mech} : mechanikai teljesítmény

Az aszinkron motor nyomatéka:

$$M = \frac{P_2}{\omega} \quad \omega = 2\pi f \Rightarrow M = \frac{P_2}{2\pi f} \quad 7$$

Az aszinkron motor fordulatszáma:

$$n = \frac{f_1}{p} * (1 - s) \quad 8$$

n: fordulatszám

f_1 : hálózati frekvencia

p: póluspárok száma

s: szlip

Frekvenciaváltóval táplált aszinkron motor indítása a frekvencia folyamatos növelésével történik (mint a rövidre zárt forgórészű csúszógyűrűs vagy a kalickás motor). Ezzel az eljárással a felfutási idő szabadon állítható, csökkentve ezzel a mechanikai igénybevételt, ezzel elérve a lágyindítást. Frekvenciaváltós indítással a névlegesnél jóval kisebb árammal indítható a motor. Ennek oka, hogy a frekvenciaváltóval táplált motor felfuttatás alatt is nyomaték és fordulatszám karakterisztika üzemi szakaszán üzemel, nem pedig a billenőnyomaték alatti területen. Lassú felfuttatásnál terhelő nyomatékkal arányos a motor árama. A hálózathoz a frekvenciaváltó által felvett áram a mechanikai teljesítménnyel arányos.⁹

1.2.3 FRV üzeme

Az iparban alkalmazott technológiai folyamatok irányítását ²DCS (Distributed Control System) rendszerrel, vagy ³PLC-vel végzik. A frekvenciaváltónak mint berendezésnek távolról irányíthatónak kell lennie, hogy a korszerű rendszerekben integrálható eszköz legyen. Kommunikációs lehetőségekkel, illetve kimeneti és bemeneti csatornákkal kell, hogy rendelkezzen, hogy szabályzásra alkalmas eszköz legyen.

A frekvenciaváltó mint berendezés a DCS rendszerrel vagy PLC-vel két fontos jellel van kapcsolatban: az alapjellel és a frekvenciával. Ezen két jellel történik a szabályzás. Míg az alapjel a frekvenciaváltó oldaláról bemeneti jel, addig a frekvencia kimeneti jel. A kívánt anyagmennyiség szállítására számolt teljesítmény, illetve fordulatszám-értékét 4-20 mA-es analóg jelként kapja meg a frekvenciaváltó. Az alapjellel beállított teljesítményről a frekvenciaváltó kimenetén megjelenő frekvencia visszacsatolást ad a DCS rendszer felé, ami szintén 4-20 mA-es analóg jellel történik. Ezen irányítástechnikai jeleket huzalozva, vagy ipari kommunikációs kapcsolaton keresztül lehet a frekvenciaváltó számára eljuttatni. Újabb berendezések WIFI kapcsolatot is támogatnak, melyen keresztül konfigurálható a berendezés, illetve adatokat lehet akár mobiltelefonról keresztül kinyerni a frekvenciaváltóból.

Az általam bemutatott megvalósításban a jelek huzalozott módon kapcsolódnak a frekvenciaváltóhoz.

A frekvenciaváltónak tehát rendelkeznie kell, olyan kommunikációs csatornákkal, amin keresztül a távoli vezérlés, működtetés, állapot-lekérdezés lehetséges. Ezen lehetőségek általában a frekvenciaváltón belül megtalálhatóak. Relés bemenetekkel, illetve kimenetekkel rendelkeznek, melyeken keresztül ki-és bekapcsolni lehet a berendezést, az irányítástechnikában használt 24VDC jelekkel. Analóg 4-20 mA-es bemeneti, illetve kimeneti csatornákkal rendelkezik melyeken keresztül a szabályzás, illetve a szabályzásról visszacsatolás történik.

Fontos megemlíteni a frekvenciaváltó mint berendezés műszaki igényeit. A frekvenciaváltó összetett berendezés, általában saját operációs rendszerrel, önálló tápegységgel, illetve védelemmel (hővédelem) rendelkezik. Telepítéskor praktikus

² Distributed Control System= osztott intelligenciájú folyamatirányító rendszer

³ PLC= Programmable Logic Controller

épületen belül célszerű telepíteni, noha forgalomban kapható IP66 védelemmel ellátott berendezés az átlagos védelmi szint az IP21.

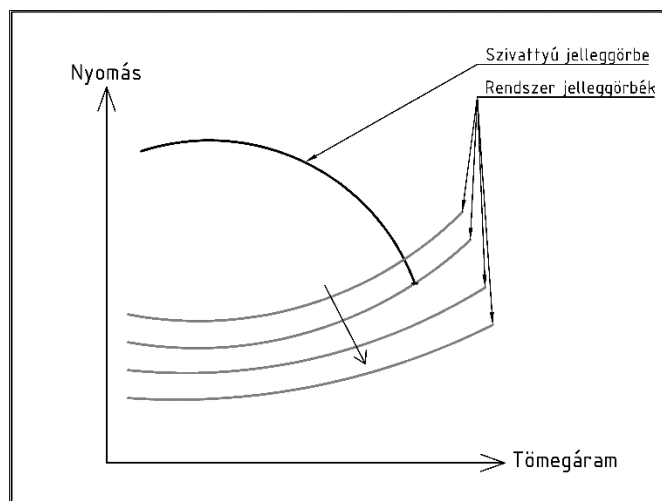
Telepítési helyszín kiválasztásakor figyelembe kell venni a frekvenciaváltó hődisszipáció értékét, mely egy 50 kW-os motorhoz szükséges 55 kW-os frekvenciaváltó esetén ⁴1995 W-os „fűtést” jelent. A gyártók meghatározzák a szükséges légáramlást, mely m³/h-ban megadott adat átlagosan 500-900 m³/h közötti kívánt érték. Hazai gyakorlatban azon villamoselosztó helyiségeket, ahol frekvenciaváltók üzemelnek, klímaberendezéssel tudják a nyári meleg időben normál szobahőmérsékleten tartani.

1.2.4 Frekvenciaváltók beépített funkciói¹⁰

A frekvenciaváltónak beépített funkciói vannak, melyek gépvédelmet, illetve egyéb technológiai folyamatokban történő változásokat képesek érzékelni, detektálni.

Jelleggörbe-végpont érzékelés

A funkció alkalmas a csőtörések, illetve szivárgások felismerésére, amikor a frekvenciaváltó azt tapasztalja, hogy a szivattyú teljes fordulatszámon működik, de a kívánt nyomás mégsem alakul ki. Ilyen esetben a frekvenciaváltó figyelmeztetést ad, leállítja a szivattyút, vagy más programozott műveletet hajt végre.

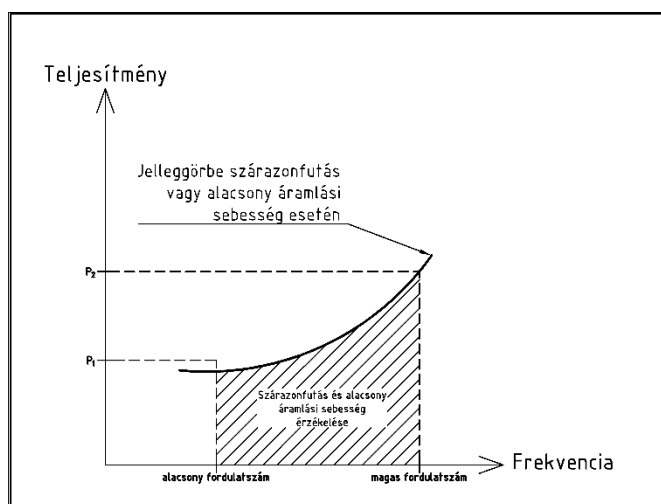


11. ábra: jelleggörbe-végpont érzékelés

⁴ ABB ACS880 termékcsalád kézikönyve

Szárazfutás elleni védelem

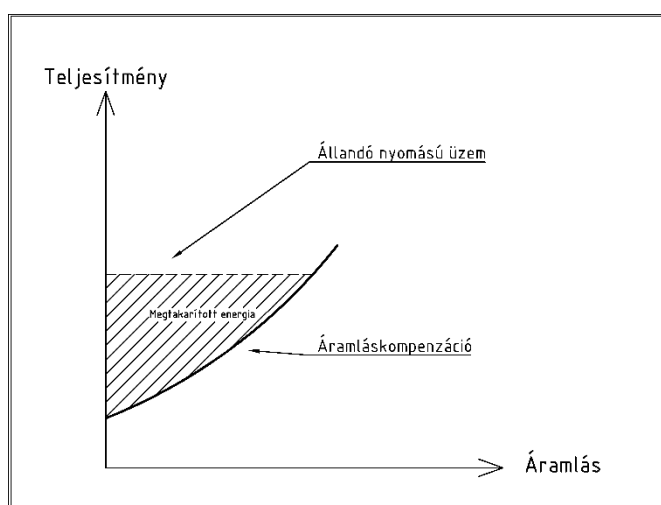
Számos szivattyú esetén a szárazfutás nem megengedhető állapot lévén, hogy a szivattyú hűtésének és kenésének a benne áramló közeg tesz eleget. Ezért a frekvenciaváltó frekvencia és teljesítménymérésekkel folyamatos elemzésnek veti alá a szivattyú állapotát. Ha a frekvenciaváltó a víz, vagy közeg áramlásának teljes hiányát tapasztalja, vagy alacsony áramlási sebességet észlel, akkor leállítja a szivattyút.



12. ábra: Szárazfutás elleni védelem

Áramláskompenzáció

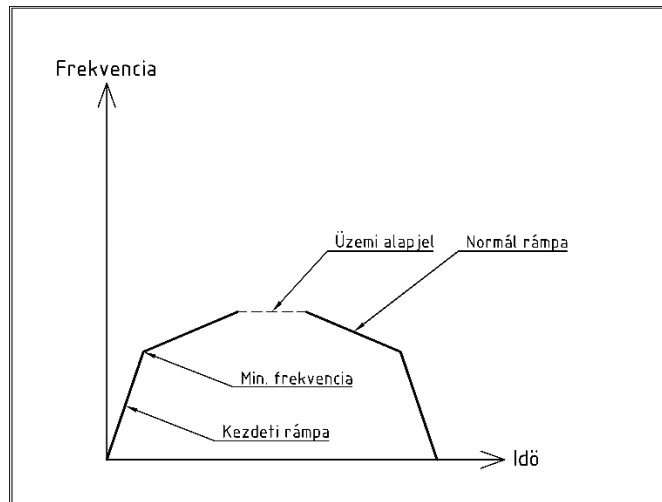
Ez a funkció azt a tényt használja ki, hogy a rendszer ellenállása a tömegárammal arányosan változik. Így a tartani kívánt nyomás csökkentésével energia takarítható meg.



13. ábra: Áramláskompenzáció

Kezdeti/végső rámpa

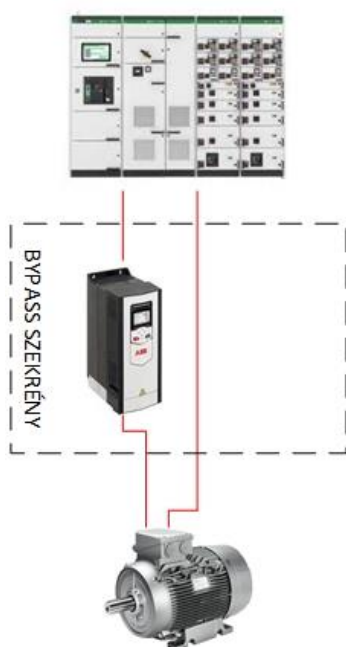
A nagyobb meredekségű kezdeti rámpával a szivattyú gyorsabban eléri a minimális fordulatszámát, majd innentől kezdve a normál meredekségű rámpa szerint gyorsul. Ez megakadályozza a szivattyú nyomócsapágyának rongálódását. A végső meredekség a szivattyú minimális fordulatszámától annak megállásáig van érvényben.



14. ábra: Kezdeti/végső rámpa

2 Villamos leágazás kialakítása „bypass”-olható frekvenciaváltós motoros hajtásra

2.1.1 Fiókos kivitelű 0,4kV-os elosztó



Az elosztó berendezés korszerű, fiókos kivitelben könnyű kezelhetőségű, valamint könnyű tesztelési, hibakeresési feltételeket teremt. A manapság forgalomban kapható 0,4 kV-os feszültségi szinten üzemelő fiókos elosztók teszt állásba húzva a fiókát lehetőség nyílik az egyfázisú működtetés tesztelésére az erőátviteli ág „éles” üzeme nélkül.

A fiókos elosztó előlapjaira szerelt kezelőszervekkel lehetőség nyílik a kezelő személynek a gyors és biztonságos üzemeltetésre.

2.1.2 Bypass szekrény kialakítása

A bypass szekrényben kerül kialakításra a relés logika, mely átkapcsolási lehetőséget ad a frekvenciaváltó meghibásodása esetén. A frekvenciaváltót is ezen szekrénybe kell felszerelni. A bypass szekrényt vagy a villamos alállomás épületében, vagy a technológiai helyszínen, épületen belül kell elhelyezni. Amennyiben nincsen rendelkezésre álló épület, szabad téren szerelési betonlapot készítve, acélállványra kültéri kivitelű szekrénybe kell elhelyezni.

A robbanásbiztos területeken való tervezésnél ATEX⁵ direktíva alapján történik a készülék kiválasztása. A robbanásveszélyes helyeknél robbanásveszélyes zónák kerülnek megállapításra. Ezeket egy helyszínrajzon feltüntetve zónatérképnek nevezzük. A zónabesorolás után látható, hogy adott területre milyen védelmi módú készülék tervezése

⁵franciául= Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosives; angolul= Equipment intended for use in EXplosive ATmospheres

megengedett. A védelmi módok lehetnek megerősített, nyomásálló tokozat, gyújtószikramenetes leválasztás vagy robbanásbiztos kivitelű tokozat.

A bypass áttérés működése

Rajzot lásd melléklet 4.3.2 A bypass szekrény huzalozási rajz 002. oldal

A leágazásból érkező erőátviteli kábelt az X1 nevű sorkapcson fogadja a szekrény. Ezen pontok párhuzamosan kapcsolódnak az F1 és F10 tervjelű háromfázisú olvadóbiztosítás szakaszoló kapcsolókhoz.

Az F10-es a bypass-ág védelméért felel az F1-es a frekvenciaváltó védelméért felel. A bypass-ágon található FH11 tervjelű túlterhelés védelmi készülék, mely 150A feletti bypass-ágon való üzemelés esetén meghúzva nyitja a (95;96 NC) kontaktusát ezzel elejtve a bypass-ág mágneskapcsolójának tekercsét, így bontva az áramkört.

A bypass működtető köri feszültség az L1-es fázisról kerül kialakításra. A szekrényben található egy termosztát által kapcsolt szekrényhűtés is, amit az FA1 tervjelű megszakító véd. Abban az esetben, ha a szekrény belső hőmérséklete határérték felé emelkedik, a termosztát (4;5NO) kontaktusa bekapcsolja a hűtő ventilátort.

Frekvenciaváltó meghibásodása esetén az üzembeszjel a frekvenciaváltó felől megszűnik ezzel a K13 relé tekercse elejt. A HIBA tervjelű időrelé (25;28) kontaktusa 5 másodperc késleltetéssel kinyit a leágazás működtető körében (lásd melléklet: Működtető kör áramút rajz 2. oldal, 5/A) ezzel elejtve a K1-es relét, aminek a (43;44 NO) kontaktusa zárja a frekvenciaváltó saját start jelét, ezzel megállítva a frekvenciaváltót. Amennyiben a DCS rendszer felől bypass engedélyezés parancs érkezik a K8 (11;14 NO) kontaktusa zár ezzel feszültség alá helyezve a BY-KI relét. A BY-KI relé (13;14 NO) kontaktusa bezárva meghúzza a HIBA relé tekercsét ezzel megszüntetve a hibát és zárva a leágazásban a működtető kört. A K1-es relé (53;54 NO) kontaktusa bezár, és ha a K12 (61;62 NC) kontaktusa zárt állapotban van akkor a K11 relé meghúz ezzel beszakaszolva a bypass-ág mágneskapcsoló munkaáramú érintkezőit (1;2;3;4;5;6 NO).

Bypass-ágon való üzemeléskor a K11_T időrelé egy másodpercig késlelteti a (15;16NC) kontaktusát majd egy másodperc eltelte után kinyit. Ezzel tiltva a bypass üzem mellett való frekvenciaváltós működtetés lehetőségét.

2.1.3 Kábelek méretezése

A frekvenciaváltó kábele a leágazástól a frekvenciaváltóig, általában épületen belül, kis hosszal vehető figyelembe. A frekvenciaváltótól a motorig terjedő kábel az elektromos helyiséget elhagyva különböző terepi nyomvonalon nagyobb hosszt elérő kábelszakasz. A kábelek méretezése feszültségesésre, illetve teljesítmény veszteségre való ellenőrzéssel történik.

A villamos motor és a nyomvonaladatai:

$$P_V: 50 \text{ kW}$$

$$\cos \varphi: 0,85$$

$$\varphi: 31,78^\circ; \tan \varphi = 0,6195$$

$$U: 3 \times 400/230 \text{ V } 50 \text{ Hz}$$

$$\text{leágazástól a motorig terjedő nyomvonalhossz: } 250 \text{ m}$$

A motoros fogyasztó betáplálásának maximum megengedett feszültségesése:

$$\varepsilon: 4\%$$

A motoros fogyasztó betáplálásának maximum megengedett teljesítmény vesztesége:

$$\alpha: 5\%$$

Réz és alumínium fajlagos ellenállása:

$$\rho_{\text{réz}} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$\rho_{\text{alumínium}} = \frac{1}{35} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

Méretezés feszültségesésre

A használt összefüggés:

Négyvezetékes háromfázisú feszültségrendszer mértékadó feszültségesése az alábbi összefüggés alapján:

$$^{11} e' = 0,75 \frac{\varepsilon}{100} \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

$$e' = 0,75 \cdot \frac{4}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} = 6,93 \text{ V}$$

$$I_W = \frac{P_W}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{50000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 72,16 \text{ A}$$

A számított keresztmetszet az alábbi összefüggés alapján számítható:

$$^{12}A = \frac{\rho}{e'} \sum_{k=1}^n I_{(k-1)kW} l_{(k-1)k}$$

$$A_{\text{réz}} = \frac{72,16 \cdot 250}{56 \cdot 6,93} = 46,48 \text{ mm}^2 \rightarrow 50 \text{ mm}^2 \text{ réz vezető esetén}$$

$$A_{\text{aluminium}} = \frac{72,16 \cdot 250}{35 \cdot 6,93} = 74,37 \text{ mm}^2 \rightarrow 95 \text{ mm}^2 \text{ réz vezető esetén}$$

Méretezés teljesítményvesztésre

A használt összefüggés:

$$^{13}V' = \frac{\alpha}{100} \frac{\sum P_n}{3}$$

$$v' = 5/100 \cdot 50000/3 = 833,3 \text{ W}$$

$$I_m = I_w \cdot \tan \varphi = 72,16 \cdot 0,6195 = 44,7 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{I_w^2 + I_m^2}$$

$$I = \sqrt{72,16^2 + 44,7^2} = 84,8 \text{ A}$$

A számított keresztmetszet az alábbi összefüggés alapján számítható:

$$^{14}A = \frac{\rho}{v'} \sum_{k=1}^n l_{(k-1)k} I_{(k-1)k}^2$$

$$A_{\text{réz}} = \frac{250 \cdot 84,8^2}{56 \cdot 833,3} = 38,52 \text{ mm}^2 \rightarrow A_t = 50 \text{ mm}^2 \text{ réz vezető esetén}$$

$$A_{\text{aluminium}} = \frac{250 \cdot 84,8^2}{35 \cdot 833,3} = 61,63 \text{ mm}^2 \rightarrow A_t = 70 \text{ mm}^2 \text{ alumínium vezető esetén}$$

A számolt keresztmetszetnél nagyobb, első szabványos vezeték-keresztmetszet a megfelelő. Jelen esetben, a réz vezető keresztmetszete mind teljesítményvesztésre, mind feszültségesésre azonos. Alumínium vezető esetén a teljesítményvesztésre való méretezéskor kisebb keresztmetszetet adódott. Műszaki szempontból a nagyobb keresztmetszet az elfogadható, mert nagyobb keresztmetszeten mind a teljesítmény, mind a feszültségesés értéke a megengedett érték alatt lesz.

A kiválasztás történhet ár alapján. Gazdasági szempontokat figyelembe véve a nagyobb keresztmetszetű alumínium vezető javasolt. Alább összehasonlításképpen egy online villamossági szaküzlet kínálatában kapható, megfelelő kábelek listaára, illetve a

nyomvonal hosszra számolt, tartalékot nem tartalmazó mennyiségből számolt anyagbekerülés található.

NAYY-J 4x95mm² 1849 Ft+áfa 1m alumínium

NY-Y-J 4x50mm² 5514 Ft+áfa 1m réz

250*1849=462.250 Ft (2021-es árak alapján)

250*5514=1.378.500 Ft (2021-es árak alapján)

Kábelfektetésre vonatkozó előírások

A kábelt el kell látni kábeljelzővel, melyen szerepelnie kell a kábel azonosítására szolgáló névvel és a névleges feszültséggel. Praktikusan egy kábel neve lehet, a két berendezés neve, vagy száma (amiket összeköt maga a kábel), kötőjellel elválasztva. (pl: 255/12A nevű mező és 205B jelű szivattyút összekötő erőátviteli kábel neve: 255/12A-205B).

A jelölés a nyomvonalra jellemző környezeti hatásoknak (időjárás, csapadék, hőmérséklet) ellenállónak kell lennie. A kábel jelölése talajban, ha ötnél több párhuzamosan fekvő kábel van akkor 5 méterenként kell a kábelre elhelyezni. A kábel jelölésére azért van szükség, mert meglévő nyomvonalon több kábelvezetés történhet, melyeket üzemzavar esetén könnyebben lehet azonosítani.

Kábelfektetéskor, műanyag szigetelésű kábel esetén 7°C alatt nem lehet a környezeti és a kábel hőmérséklete. Alacsonyabb hőmérséklet esetén a nyomvonal, illetve kábel fűtése indokolt. A műanyag szigetelésű, többeres kábel végleges elhelyezéskor alkalmazható legkisebb hajlítási sugár a kábel külső átmérőjének 12-szerese milliméterben.

A kábelvezetés épületen belül kialakított kábelaknában kezdődik. Itt az új kábelfektetésénél a meglévő kábelek mellé helyezik el a kábelt. Az épületből kilépő kábelárok szakasza történhet meglévő kábelalagútban, vagy új nyomvonal esetén földbe ásott kábelárokba, védőcsőbe helyezve. A kábelárokba történő kábelfektetés esetén, szabályozott terepen 0,7 méteren, szabályozatlan terepen 1 méter mélyen kell a kábelt védőcsőbe elhelyezni. A védőcső belső átmérője a kábel, vagy kábelek együttes külső átmérőjének kétszerese kell, hogy legyen. A kábelaknát homokkal kell feltölteni és a szabványban meghatározott szerelési magasság felénél jelölő szalaggal kell teljes nyomvonalon ellátni. Bizonyos üzemek előírják, hogy meglévő kábelnyomvonal

feltárása esetén a földmunka csak kézi erővel történhet, elkerülve az esetleges földmunkagép általi kábelszakítást.

Kábel vezetése történhet meglévő technológiai csővezetékre szerelt kábeltálcában is. Az erőátviteli kábeleket és az irányítástechnikai kábeleket külön kábeltálcában kell elhelyezni. A kábelfektetésre vonatkozó műszaki előírásokat az MSZ13207-1 szabvány tárgyalja.

Az infokommunikációs kábelekkel kiegészített kábelösszefüggési rajzot lásd mellékletek 4.3.1 oldalán.

2.1.4 Védelem kiválasztása

A motor üzemi árama: 84,98 A

A leágazást tápláló transzformátor adatai:

$S=250 \text{ kVA}$

$\varepsilon=5,5\%$

$U_n=6,3/0,4 \text{ kV}$

A transzformátor zárlati teljesítménye:

$$S_z^{Tr} = \frac{100}{\varepsilon} S_{TR} = \frac{100}{5,5} 250000 = 4,5 \text{ MVA}$$

A transzformátor zárlati árama:

$$I_z^{TR} = \frac{S_z^{Tr}}{\sqrt{3}U_n} = \frac{4,5 \text{ MVA}}{\sqrt{3}0,4 \text{ kV}} = 6,5 \text{ kA}$$

A transzformátor zárlati árama a legnagyobb áram, amit a megszakítónak meg kell tudni szakítani. A motor effektív árama pedig az üzemi áram. A kiválasztott megszakító:

Schneider NSX100_LV429630.

Névleges Feszültség szerint:

$$U_n > U_{üzemi}$$

$$690 \text{ V} > 400 \text{ V}$$

Megfelelő

Névleges áram szerint:

$$I_n > I_{üzemi}$$

$$160 \text{ A} > 84,96 \text{ A}$$

Megfelelő

Dinamikus zárlatbiztonság:

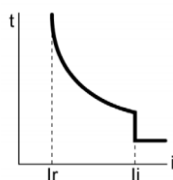
$$I_d^{\wedge} > I_z^{\wedge}$$

$$25 \text{ kA} > 2,55 \cdot 6,5 = 16,575 \text{ kA}$$

Megfelelő

I_r : kioldási áram: $I_{\bar{u}} \cdot 120\% = 85 \text{ A} \cdot 1,2 = 102 \text{ A}$

I_i : pillanatfokozat kioldási áram: fix, nem állítható: 1250 A



Ir Thermal protection pickup

Ii Instantaneous pickup

15. ábra: túlárám idő ábra¹⁵

A kiválasztott megszakító 1250A és a feletti áram érték esetén pillanatkioldású, így azonnal (25 ms) leválasztva zárlat esetén a leágazást a hálózatról.

2.1.5 Mágneskapcsoló kiválasztása

A kiválasztott Mágneskapcsoló:

Gyártó	Schneider
Típus	LC1-D150P7
U_n	1000V
I_n	150A
Működtető feszültség	230 VAC, 50 Hz
segédérintkező:	1NO, 1NC
Rövid idejű zárlati áram:	1400 A 1sec

Névleges Feszültség szerint:

$$U_n > U_{üzemi}$$

$$1000 \text{ V} > 400 \text{ V}$$

Megfelelő

Névleges áram szerint:

$$I_n > I_{üzemi}$$

$$150 \text{ A} > 84,96 \text{ A}$$

Megfelelő

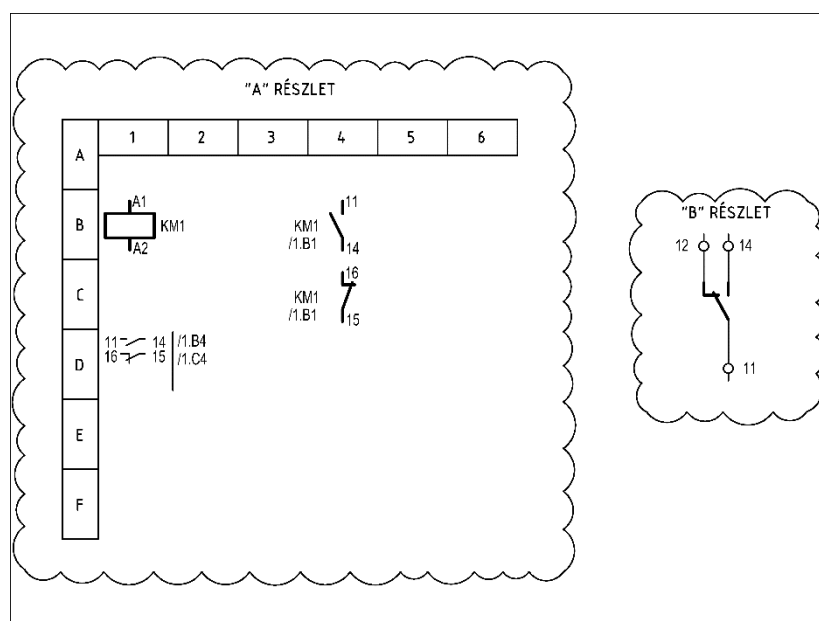
A leágazás megszakítója 1250 A felett önidő alatt (25-30 ms) leoldást ad így a kiválasztott Mágneskapcsoló 1400 A 1s-ig történő terhelése megfelelő. A segédérintkezőkre a működtetés kialakítása miatt van szükség.

3 Relés logikával kialakított működtetés

Az ipari folyamatok automatizálására és villamos-műszeres kapcsolatok kiépítésére a relé a jól bevált eszköz. Nagy előnye egyéb megoldásokkal szemben, hogy olcsó, megbízható eszköz. A relé működéséhez szükséges feszültségek mind egyen-, mind váltakozó feszültségű táplálást lehetővé tesznek, mind kisfeszültségen mind törpefeszültségen. A működtetéshez szükséges érintkezők száma segédérintkező blokkal bővíthető. A villamos helyiségek és üzemirányító helyiségek között való kommunikáció során galvanikus leválasztást biztosít a huzalozott jelek esetén.

3.1 Relé felépítése, működése

A relék feladata valamilyen fizikai mennyiség (folyadékszint, áramláserősség), a villamosenergia-rendszerben alkalmazott relék esetében többnyire villamos mennyiség (áramerősség, feszültség, frekvencia, impedancia, energiáirány) nagyságának, viszonyának, illetve megváltozásának a figyelése. Ha a figyelt mennyiség egy előre meghatározott, beállított értéket átlép, akkor bekövetkezik a relé működése, megszólalása. Ez a megszólalás kiváltja az előre beprogramozott vezérlési feladatokat. A relé feladata tehát kettős: érzékelés és parancsadás, ennek megfelelően a legegyszerűbb relének is legalább két áramköre és így négy csatlakozó kapcsa van.¹⁶



16. ábra: Relé rajzjelei

A gyakorlatban a relék tervben történő ábrázolásánál a tekercsoldala és a kontaktusai kerülnek ábrázolásra. Az 5. ábrán látható „A” részletra rajzon a relé tekercs és kontaktusainak ábrázolása. A relé tekercs oldalának kapcsai általában A1

és A2 jelölésűek. A relé tekercs oldala egy hosszabb oldalára fektetett téglalap, két érintkezővel. Általában a tekercs szimbólum mellett található a relé egyedi azonosítója, neve.

A relé parancsadó szerve az érintkezők. Az érintkezők lehetnek feszültségmenetes állapotban nyitottak vagy zártak. Az angol nyelven normal open, normal close kifejezést kapták. A feszültségmenetes állapotban nyitott kontaktus akkor lesz zárt kontaktus, ha a relé tekercs oldalára feszültséget kapcsolunk. A feszültségmenetes állapotban zárt kontaktus akkor fog bontani, ha a tekercs oldalára feszültséget kapcsolunk. Az 5. ábrán a „B” részleten látható a morze érintkező. A morze érintkező három kivezetésből áll. A 11-es pontja a közös pont, mely a 12-es és 14-es pont között a relé tekercsére kapcsolt feszültség szerint kapcsol.

A tekercs alatt a rajzon feltüntetésre kerül a relé kapcsainak a terveben történő pontos helye. Ezen hivatkozások az „A” részletraajzon a D sorban olvashatóak. Az ábrából leolvasható, hogy a 11;14 feszültségmenetes állapotban nyitott érintkezők az egyes oldal B4 koordinátáinál találhatóak meg. A számozott oszlopok általában horizontálisan helyezkednek el a rajzon, míg a betűkkel jelzett sorok vertikális koordinátákat jelentenek. Ha elmegyünk a KM1 relé 11;14 kapcsolaihoz ott pedig a relé tekercs oldalának koordinátái vannak feltüntetve. Ezen hivatkozások nagyban megkönnyítik a tervek olvasását, könnyebbé teszik a labor mérések elvégzését, illetve tesztelések során a megvalósított huzalozás ellenőrzését.

3.2 A működtetés leírása

(Rajzokat lásd melléklet: 003-006. oldal)

A mellékletben csatolt 003. oldalon található a fiókos leágazás főáramköri rajza. Ezen látható a négyvezetős leágazás a frekvenciaváltón (rajzon lásd: FRV) keresztül a motorig. A leágazás védelmét a Q1 jelű megszakító látja el. A KM1 mágneskapcsoló segédreléssel a működtetést teszi lehetővé. Az L1-es fázisról Az QA1 jelű kismegszakítón keresztül 230V váltakozó feszültségű működtető kört képzünk. Az SA1 mikrokapcsoló morze érintkezője a fiók állásától függően két állapotot vehet fel. Beszakaszolt állapotban az F1 megszakítón keresztül felépül a működtető kör. Ha a mező kiszakaszolt állapotban van, akkor a teszt kör épül fel, melyen keresztül a működtetést lehet ellenőrizni, laborozni a főáramkör kapcsolása nélkül. Az A1 és A3 jelű dugaljok a leágazás fiókjának csatlakozói.

A 004. oldalon látható a működtető áramkör első oldala. Itt a hivatkozással indul az áramút az előző oldalról. Egy két állású előlapi S1 jelű kapcsolón keresztül. A kapcsoló 1-es állásban zárt kontaktust ad így következő áramköri elem az SA2 mikrokapcsoló, ami hasonló morze érintkezővel ellátott kapcsoló, mint az SA1 mikrokapcsoló. A következő elem a Q1 megszakító (11; 14 NO) kontaktusa. Ezen kontaktusnak normál üzemben zárva kell lennie, túláram esetén a megszakító tekercs másolva a főérintkezőt elejt, így ez a kontaktus kinyit ezzel elejtve a működtető kört. A következő az FT1 termisztor védelmi egység (96; 95 NO) kontaktusa. A motorba vezetékesen kiépített hővédelem a Termisztor Védelmi egységbe érkezik, mely egy tesztfunkcióval és vissza jelzőlámpával ellátott készülék. Túlterhelés esetén a megnövekedett hőmérséklet érzékelése jelez az egységnek, mely nyitja a működtető kört. (A termisztor védelmi egység olyan esetben, amikor a környezeti hőmérséklet nagy és normál üzemi állapot van, üzemi árammal, de a motortekercsek hőmérséklete megnő, akkor tud leoldást adni, ezzel megelőzve a motortekercsek szigetelésének károsodását. Jellemző olyan esetekben, amikor megsérül a motor ventilátora, amely hűti a hajtott tengelyről a tekercseket vagy eltömődik a ventilációs nyílás.) A következő a Vész szekrényben található K13 relé (61;62 NC) kontaktusa mely vészesetben leoldást eredményez, ezzel bontva az áramkört. A KM1 mágneskapcsoló tekercs csatlakozói előtt egy TK tiltókapcsoló van, mely általában a motor mellett található a terepen. Ennek karbantartási munka során van kulcsszerepe. A karbantartás megkezdése előtt tiltott állapotba kapcsolva, a kapcsoló tiltja a működtető

feszültség és a K1 mágneskapcsoló tekercs kapcsolatát, ezzel megakadályozva, hogy az üzemirányító elindítsa a forgógépet, ezzel potenciálisan életveszélynek kitéve a karbantartást végző személyt. Ha minden eddigi feltétel teljesül, akkor a K1 mágneskapcsoló zárja az áramkört, ezzel feszültség alá helyezve a frekvenciaváltót.

A frekvenciaváltó bekapcsolása a K1 relén keresztül történik. A K1 tekercs működtető köre a bypass szekrényben található HIBA időrelé (25; 28) kontaktusán keresztül indul. A következő K2 relé (11; 14 NO) kontaktusa a DCS rendszer felől érkező táv ki jellel. A DCS rendszerből kiadott digitális kimeneti jel a relészekrényben található relé behúzásával kommunikál a villamos leágazás felé. A következő kontaktus a KM1 mágneskapcsoló (53; 54) kontaktusa, mely normál üzem esetén zárva van. Ezt követi a motor mellett terepen a ki-(KG 21; 22 NC) és bekapcsoló (BG 14; 15 NO) nyomógomb. A K1 relé tekercs oldalának feszültség alá helyezése három párhuzamos ágon történhet. Egyik esetben a K3 relé (11; 14 NO) kontaktusán keresztül, mely a távoli, azaz az üzemirányító rendszer felől történő bekapcsolás. A másik K20 relé (Zelio modul) (11; 12 NO) kontaktusán keresztül. A harmadik esetben a benyomógommbal lehet bekapcsolni a frekvenciaváltót a helyszínről.

A K1 (13; 14 NO) kontaktusán keresztül úgynevezett öntartó áramkör kerül kiépítésre. Az öntartó körre azért van szükség mert a bekapcsológomb, illetve a táv be parancs impulzus jellegű azaz adott idő eltelével megszűnik a zárt kontaktus.

A melléklet 005. oldalán található a Termisztor Védelmi Egység, illetve a Zelio modul. A Zelio modul egy mikroprocesszoros egység, melynek fő feladata a leágazás fiókjának előlapján a különböző hibák kijelzése, illetve rövid idejű feszültségcsökkenés esetén a visszakapcsolás. A modul számára fontos állapotok jeleit az áramút rajzban I2...I3... jelöléssel ellátva lehet megtalálni. A leágazás Zelio modul nélkül is üzemképes, de használatával a hibakeresés gyorsabb, üzemeltetés egyszerűbbé válik.

A termisztor védelmi egység a motorból érkező PTC jelet huzalozottan használva hővédelmet biztosít a motor számára, korszerű tesztgombbal és visszajelző lámpával felszerelt kivitelben. A 005 oldalon található a SH1 és H1 visszajelző lámpa, mely a leágazás előlapjára szerelt termisztor hiba és üzemel funkciót jelző lámpa. A H1 lámpa pirosan világít, ha a K1 (33; 34 NO) kontaktusa zárt, azaz a tekercsre feszültség érkezik, tehát a frekvenciaváltó üzemel. Az SH1 lámpa sárgán világít, ha az FT1 (97; 98 NO) kontaktusa zárt, azaz a termisztor egység tekercse feszültség alatt van tehát hőkioldás

történt. Az SH1 vissza jelzőlámpára azért van szükség, mert bár a védelmi egységen is van vissza jelzőlámpa, de az beépítve van a fiókos leágazásba, ezért nem látható az előlapról.

A melléklet 006. oldalán található a leágazás kapcsolata a frekvenciaváltóval és az üzemirányító rendszerrel. A 004. oldal B10-ben található I5 hivatkozás szolgáltatja K6 relé tekercsének a feszültséget. A K6 relé (11; 14) kontaktusa szolgáltatja az üzemirányítás felé, zárt kontaktus esetén a leágazás üzemkész jelzést. A frekvenciaváltó rendelkezik üzemel és hiba kimenetekkel. Ezen jelek is galvanikus leválasztás végett relén keresztül kerülnek fel az üzemirányítás felé a K4 és K5 reléken keresztül. A K7 relé bypass üzemel jelzést ad a DCS rendszer felé, ha a bypass szekrényben lévő K11 (83; 84 NO) kontaktusa zárt állapotba kerül. (A K11 relé a bypass ág mágneskapcsolója.) A melléklet 006. oldalán szaggatott vonallal jelölve vannak a különböző berendezések (frekvenciaváltó, relészekrény). A frekvenciaváltó a K10 NO (33; 34) kontaktusán keresztül saját kapcsolójelét adjuk vissza az XD24 nevű sorkapocs 4 sorkapcsáról az XDI nevű sorozatkapocs 1-es sorkapcsára. Így történik a frekvenciaváltó távolról (DCS rendszer) történő üzemeltetése.

A huzalozási rajzon látható a K10-es relé kontaktusa és az analóg jelek árnyékolt, csavarterű kábelben történő vezetése a frekvenciaváltóig.

4 A frekvenciaváltós-hajtás kialakításának megtérülése

A beruházás oka a jövőbeli energiatakarékosság. Akkor tekinthető megtérülő beruházásnak a frekvenciaváltós kialakítás, ha egy maximum két éven belül a beruházásra fordított pénz megtérülésre kerül. A beruházás jelentős részét az új frekvenciaváltó, illetve a bypass szekrény, valamint a meglévő fiókos mező átalakítása jelenti. A beruházás nem érint olyan egyéb szakágat (építész, gépész, technológus) melyek döntően drágíthatnák a projektet. Az anyagjegyzék nem tartalmazza a teljes anyagszükségletet, csak azon anyagok kerültek felsorolásra, melyek ára döntően meghatározza a bekerülést.

Egy meglévő üzembe történő beruházás esetén az ott működő irányítástechnikával illeszteni szükséges a kialakított rendszert. Jelen dolgozatban az irányítástechnikai feladatok nem kerültek részletes bemutatásra sem a gazdasági oldalon, sem a technikai oldalon, mivel a beruházás döntően villamos szakterületet érinti.

4.1 Frekvenciaváltós hajtás kialakítás költségvetése

A frekvenciaváltós hajtás kialakításának költsége két részre osztható. Az egyik rész a BYPASS szekrény a frekvenciaváltóval a második rész a meglévő tartalék elosztó fiók kialakítása.

A BYPASS szekrény anyagjegyzéke¹⁷

Tervjel	Megnevezés	Típus	Gyártó	db	Bruttó ár /db	Összesen bruttó	Összesen nettó
F10;F1	olvadóbiztosító szakaszolókapcsoló	ISFT160	SCHNEIDER	2	23 163 Ft	46 326 Ft	33 818 Ft
K11;K12	Mágneskapcsoló	LC1D150P7	SCHNEIDER	2	198 551 Ft	397 102 Ft	289 884 Ft
K13; BY-KI, K12, K11	Relé	CA2-KN40M7	SCHNEIDER	4	16 096 Ft	64 384 Ft	47 000 Ft
HIBA; K11_T	Időrelé	RE22R2QEMR	SCHNEIDER	2	23 354 Ft	46 708 Ft	34 097 Ft
FA1; FA2	Kismegszakító	C60H1PC4A	SCHNEIDER	2	3 136 Ft	6 272 Ft	4 579 Ft
VENT	Szellőztető ventilátor	TRAV43	TRACON	1	14 653 Ft	14 653 Ft	10 697 Ft
TERM	Termosztát	TRATHMS11	TRACON	1	10 278 Ft	10 278 Ft	7 503 Ft
BYPASS szekrény	Kapcsoló szekrény	AE 1032.500	RITTAL	1	85 703 Ft	85 703 Ft	62 563 Ft
-	Apró szerelési anyagok	-	-	1	50 000 Ft	50 000 Ft	36 500 Ft
FC1	Frekvenciaváltó	ABBACS880-145A	ABB	1	112700	1 127 000 Ft	822 710 Ft

BYPASS szekrény összesen

1 848 426 Ft 1 349 351 Ft

A meglévő üres leágazás anyagjegyzéke

Tervjel	Megnevezés	Típus	Gyártó	db	Bruttó ár /db	Összesen bruttó	Összesen nettó
Q1	Öntőthézas megszakító	NSX100	SCHNEIDER	1	131 089 Ft	131 089 Ft	95 695 Ft
T1	Áramváltó	MAK62	CEWE	1	15 200 Ft	15 200 Ft	11 096 Ft
KM1	Mágneskapcsoló	LC1D150P7	SCHNEIDER	1	198 551 Ft	198 551 Ft	144 942 Ft
P1	Előlapú árammérő műszer	48LAX/5A	GANZ	1	14 800 Ft	14 800 Ft	10 804 Ft
K20	Zelio modul	SR2A101FU	SCHNEIDER	1	79 451 Ft	79 451 Ft	57 999 Ft
K1-K8	Relé	CA2-KN40M7	SCHNEIDER	8	16 096 Ft	128 768 Ft	94 001 Ft
FT1	Termisztor védelmi relé	LT3SA00M	SCHNEIDER	1	29 083 Ft	29 083 Ft	21 231 Ft
H1	Előlapú lámpa piros	ZB5AVM4	SCHNEIDER	1	6 777 Ft	6 777 Ft	4 947 Ft
SH1	Előlapú nyomógomb	ZB4BA58	-	1	4 490 Ft	4 490 Ft	3 278 Ft
K2	Időrelé	RE22R2QEMR	SCHNEIDER	1	23 354 Ft	23 354 Ft	17 048 Ft
	Apró szerelési anyagok	-	-	1	50 000 Ft	50 000 Ft	36 500 Ft

A meglévő üres leágazás anyagjegyzéke összesen

681 563 Ft 497 541 Ft

A bypass szekrény és a meglévő elosztó mező átalakítása összesen bruttó 2 529 989 Ft nettó 1 846 892 Ft.

Az anyagjegyzékekben nem szerepel a munkadíj, mert kivitelezőként változó árral lehet csak figyelembe venni.

4.2 Energia megtakarítás frekvenciaváltó alkalmazásával¹⁸

A frekvenciaváltós hajtás kialakításával csökkentett fordulaton üzemeltett szivattyúk esetén csökken a szivattyúk által a hálózathoz felvett hatásos teljesítmény. A kisebb hatásos teljesítményfelvétellel a villamos energia költsége is csökken.

Egy $0,9 \left[\frac{m^3}{s} \right]$ térfogatáramot 15%-al csökkentve, egy 50kW teljesítményű, $2980 \left[\frac{1}{min} \right]$ fordulatszámú motorral az alábbi összefüggéseket használva megállapítható az elméleti energia megtakarítás.

Affinitási egyenletek:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

$V_1 \left[\frac{m^3}{s} \right]$: térfogatáram

$V_2 \left[\frac{m^3}{s} \right]$: 15%-al csökkentet térfogatáram

$n_1 \left[\frac{1}{min} \right]$: fordulatszám

$n_2 \left[\frac{1}{min} \right]$: csökkentet fordulatszám

$P_1 [kW]$: felvett teljesítmény

$P_2 [kW]$: csökkentett fordulaton felvett teljesítmény

$V_2: 0,765 \left[\frac{m^3}{s} \right]$

$n_2: 2533 \left[\frac{1}{min} \right]$

$P_2: 30,70kW$

A számításból látható, hogy csupán 15%-os térfogatáram-csökkenésnél a felvett teljesítmény 38,6%-ot csökken.

Az elméletileg megtakarítható energiához egy időalap meghatározása szükséges. Egy teljes év 365nappal számolva 12 órás napi használat mellett 4380 órát jelent évenként. Az energia megtakarítás 84534kWh.

4.3 Megtérülés kalkuláció

A megtakarítható villamos energia éves szinten 84534kWh.

Az elméletileg megtakarítható energia ára eltérő díjszabások¹⁹ esetén az alábbi 1kWh-kénti árszabás esetén.

Tarifák	Kerekített bruttó áramdíj [Ft/1kWh]	Megtakarítás [Ft]
A1 árszabás	62	5 241 108 Ft
A2 árszabás csúcsidőszak	71	6 001 914 Ft
A2 árszabás völgyidőszak	52	4 395 768 Ft
A3 árszabás csúcsidőszak	61	5 156 574 Ft
A3 árszabás völgyidőszak	42	3 550 428 Ft

A bypass szekrény és a meglévő elosztó mező átalakítása összesen bruttó 2 529 989 Ft, mely a legkedvezőbb tarifa esetén a megtakarított összeg 78%-a. A beruházás jelentős részét a meglévő fiók átalakításához és az új bypass szekrény kialakításához szükséges eszközök és a frekvenciaváltó jelenti.

A munkadíjjal és egyéb költségek figyelembevétele esetén is jól látható, hogy akár egy éven belül megtérülésre kerül a beruházásra fordított összeg. A beruházás anyagi hatékonyságát növelheti, ha több motor kiépítése egyszerre történik, ezzel a kivitelezőnek és a kereskedőnek nagyobb megrendelést biztosítva, mely esetén a listaárak, illetve munkadíjakban kedvezményeket lehet érvényesíteni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A frekvenciaváltóval történő aszinkron motor fordulatszám szabályozása által történő szállított anyamennyiség szabályozás a gyorsan megtérülő beruházások közé sorolható.

A kialakított kerülő ági megoldás révén egy esetleges frekvenciaváltó üzemhiba esetén is az üzemvitel megoldott.

A relés logikával kialakított működtetés megbízható üzemet, valamint gazdaságos létesítést biztosít.

Korunkra jellemző az energiáért folytatott verseny, valamint az energiát pazarló folyamatok optimalizálása. A frekvenciaváltós kialakítás mind az energia piaci verseny mind az energia megtakarítás céljait egyesíti.

Megfelelő tervezés, illetve megfelelő beruházást megelőző energia audit révén akár egyéven belül megtérülő beruházást jelenthet egy frekvenciaváltós hajtás kialakítás.

Nagy ipari fogyasztók az elmúlt években sorra alakították át üzeikben működő aszinkron villamos hajtással rendelkező szivattyúikat a dolgozatban bemutatott működtetés alapján.

ABSTRACT

Controlling the amount of material supplied by controlling the speed of an asynchronous motor with a frequency converter is a fast-return investment.

The bypass solution developed also allows operation in the event of an inverter failure.

The relay logic operation ensures reliable operation and economical installation.

Today's world is characterised by competition for energy and the optimisation of energy-wasting processes. The variable frequency design combines the objectives of both energy market competition and energy saving.

With proper planning and a proper pre-investment energy audit, an variable frequency drive design can be a return on investment in as little as one year.

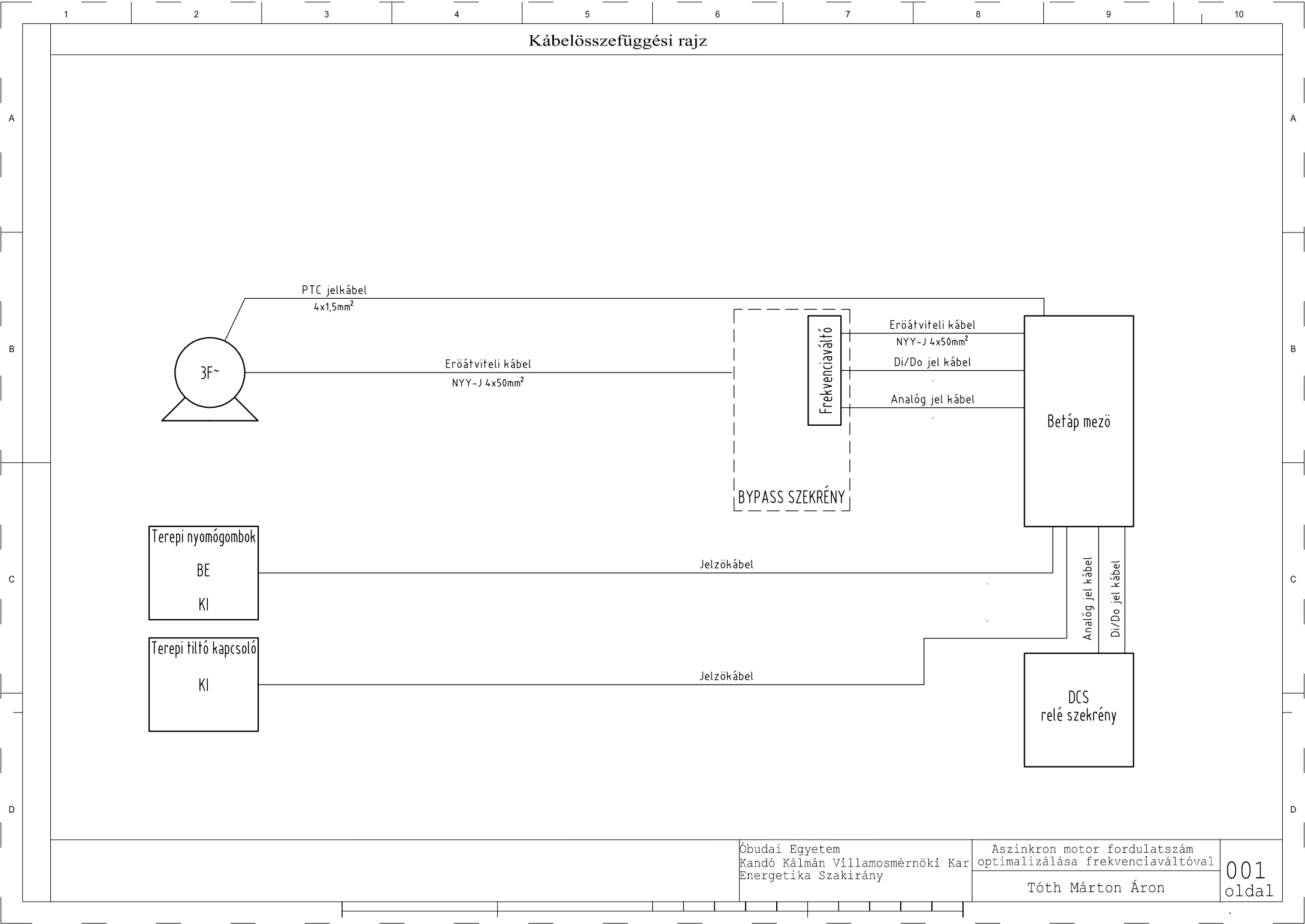
In recent years, large industrial customers have been converting their asynchronous electric drive pumps in a number of plants on the basis of the operation described in this thesis.

Mellékletek

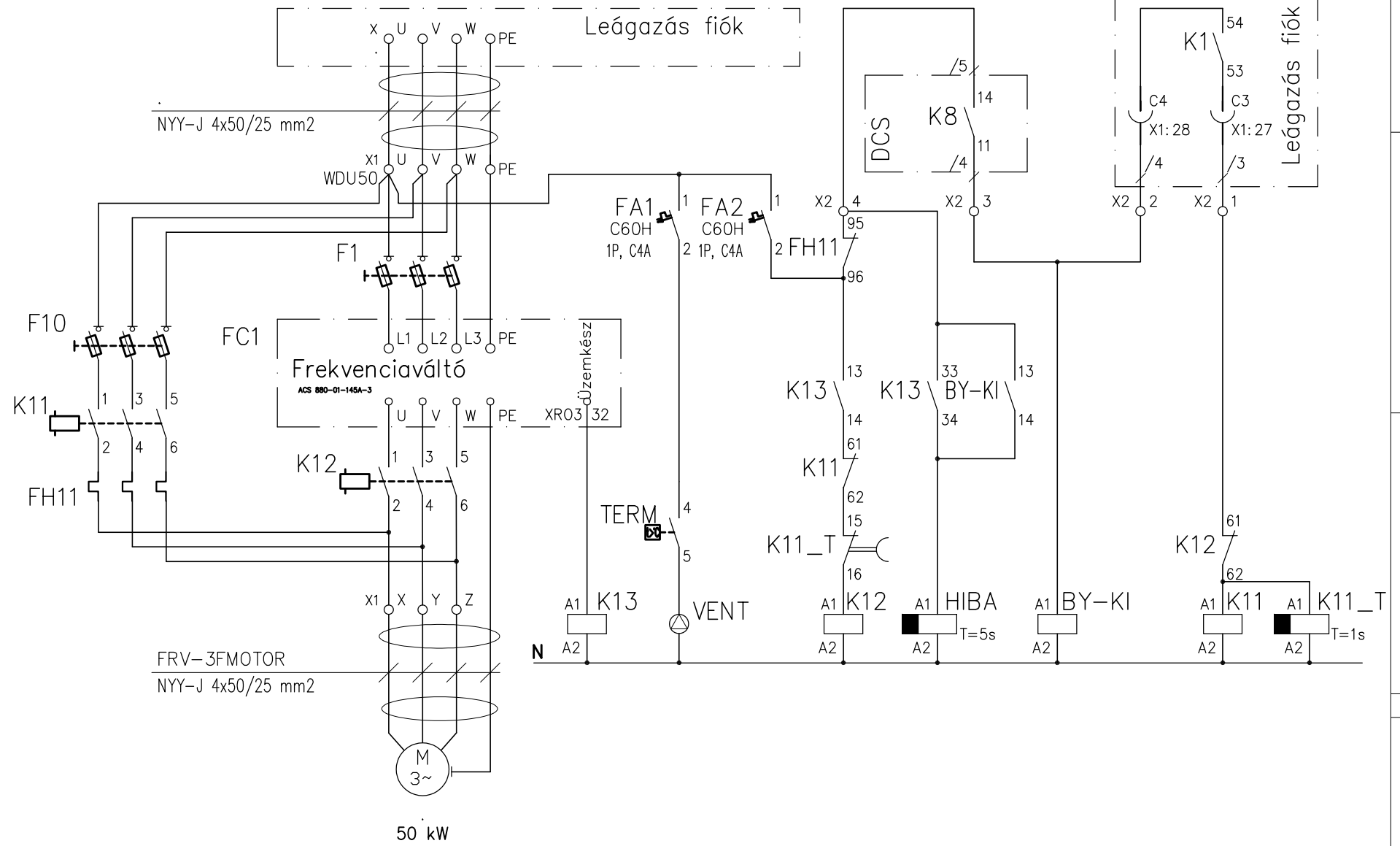
- 4.3.1 Kábelösszefüggési rajz 001 oldal
- 4.3.2 Bypass szekrény huzalozási rajz 002 oldal
- 4.3.3 Főáramköri rajz 003 oldal
- 4.3.4 Leágazás működtetési rajz 004 oldal
- 4.3.5 Leágazás működtetési rajz 005 oldal
- 4.3.6 Külső kapcsolatok rajza 006 oldal

Forrásjegyzék

-
- ¹ Csáki-Ganszky-Ipsits-Marti Teljesítményelektronika
- ² <https://agisys.hu/hirek/mit-erdemes-tudni-a-dahlander-motor-megrendelese-elott>
- ³ Procoplan Kft. munkaközi anyaga
- ⁴ Retter Gyula-Egységes Villamosgép elmélet
- ⁵ Dr. Iváncsyné Csepesz Erzsébet Teljesítményelektronika /. Inverterek
- ⁶ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (3.3-14)
- ⁷ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (3.3-15)
- ⁸ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (3.3-17)
- ⁹ <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2004/junius/188-az-idealis-motorindito>
- ¹⁰ Danfoss VLT® nagy teljesítményű frekvenciaváltók az Ön alkalmazási igényeinek figyelembevételével Készítette: PE-MMSC 2014.09
- ¹¹ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (277. oldal)
- ¹² Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (283. oldal)
- ¹³ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (278. oldal)
- ¹⁴ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 2010, (7.-38)
- ¹⁵ Schneider termék katalógus
- ¹⁶ Dr. Novothny Ferenc Villamos energetika I. 316 oldal
- ¹⁷ <https://daniella.hu/>, <https://tme.eu> Villamos Online Szaküzletek 2022.04.17-én
- ¹⁸ Procoplan Kft. munkaközi anyaga
- ¹⁹ <https://elmuemasz.hu/egyetemes-szolgaltatas/szolgaltatasok/villamos-energia/villamos-energia-tarifak> 2022.04.17-én

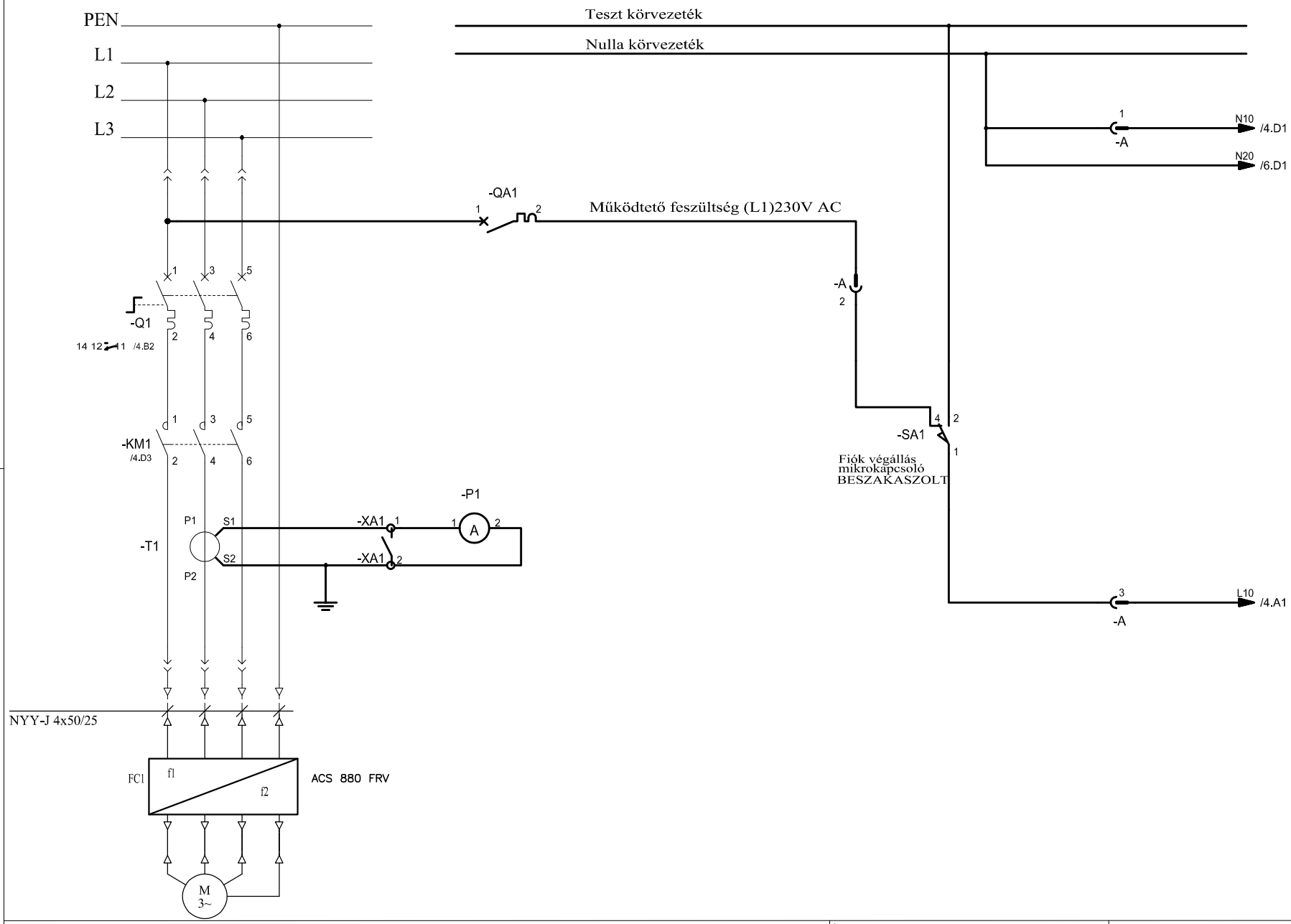


Bypass szekrény huzalozási rajz



Főáramkör
3x400/230V, 50Hz

Körvezetékek, feszültség ellátás

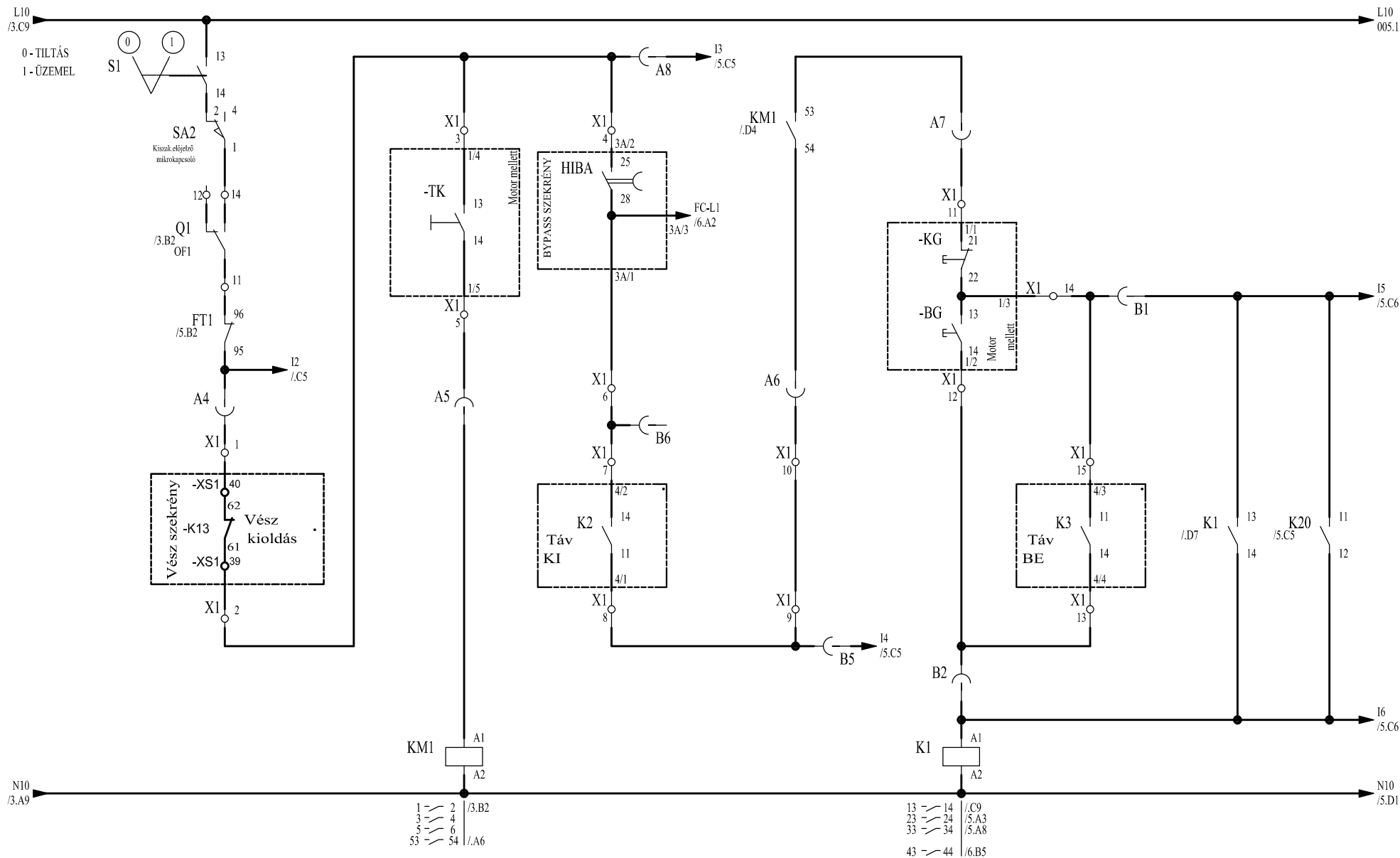


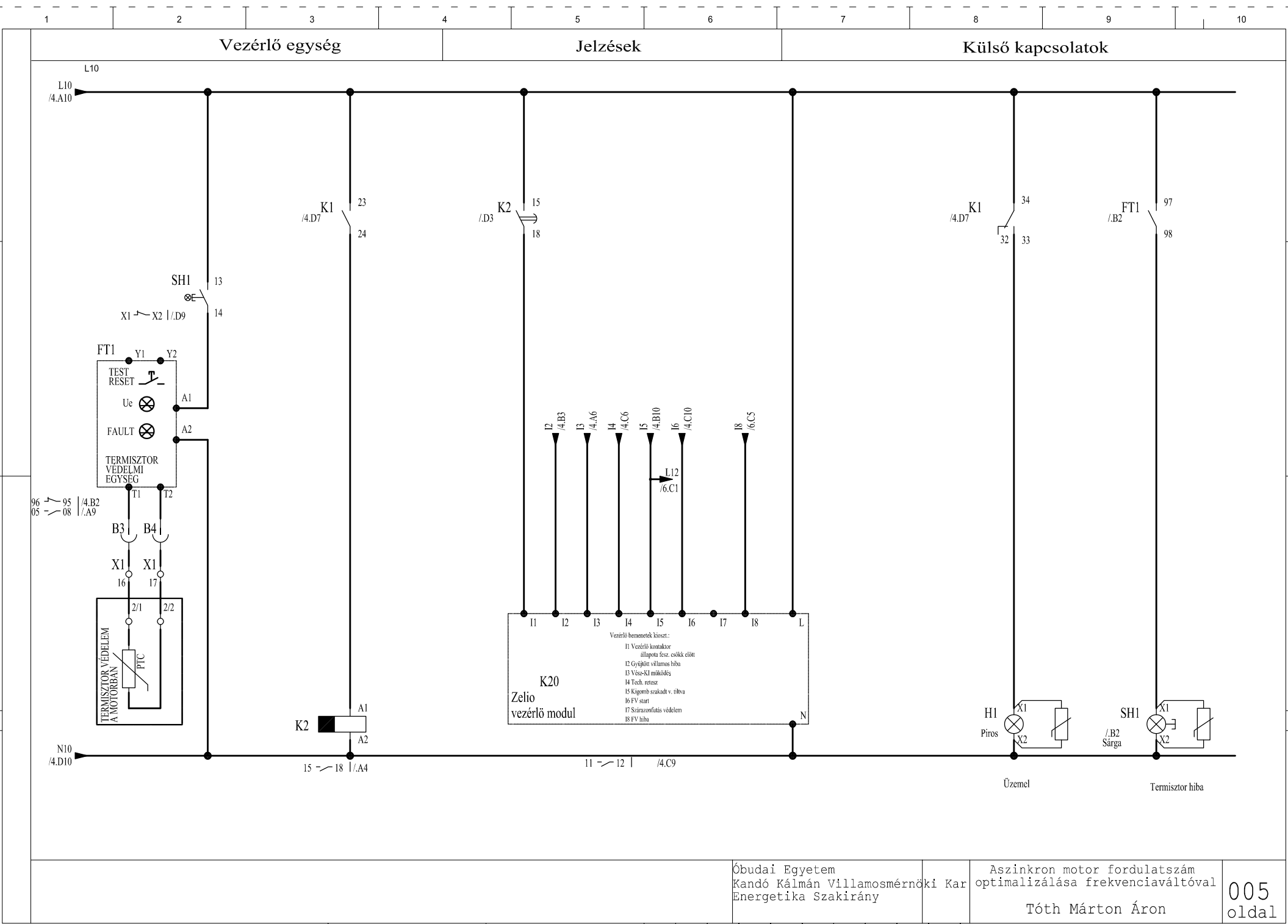
Leágazás működtetése Jelzések

Tiltások

Motor működtetése

Működtetés





Külső kapcsolatok

Bypass szekrény+FRV

