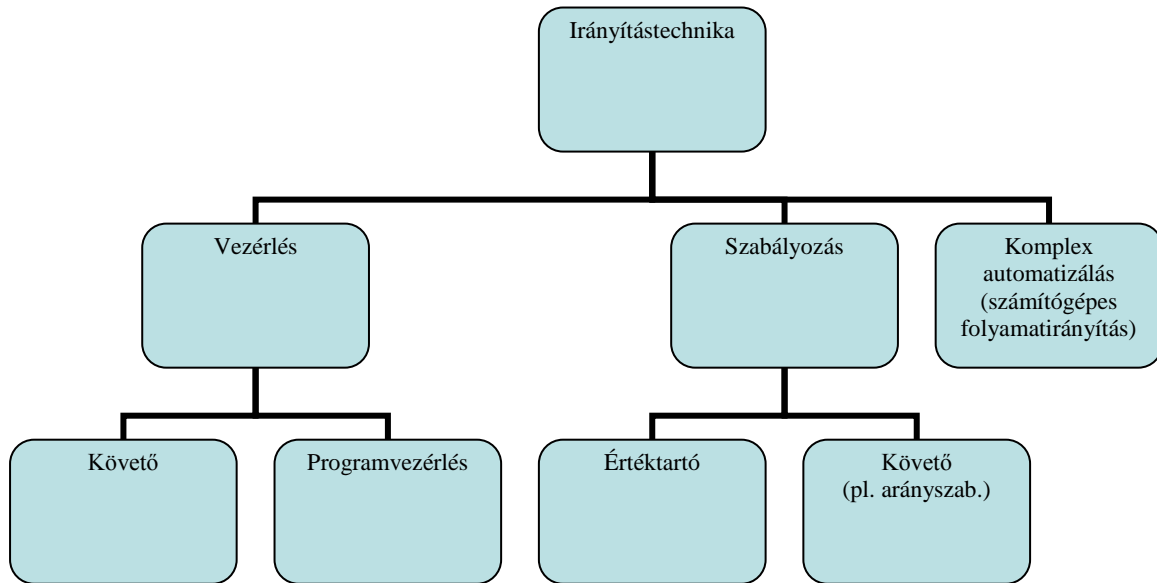


PLC tananyag modul- villanyszerelő, elektronikai műszerész szakmunkástanulók részére

1. Bevezetés a PLC-technikába

1.1 A vezérlés fogalma

Az automatizálás elméletével az irányítástechnika foglalkozik.
Az irányítástechnika felosztása:



Mivel a PLC a vezérlés kategóriájába sorolható, a továbbiakban ezzel foglalkozunk.

A vezérlő szakasz alkotóelemei:

Bemenetek	Vezérlők	Kimenetek
Érzékelők: <ul style="list-style-type: none">- kapcsolók- nyomógombok- optokapuk- nyomásérzékelők- stb.	<ul style="list-style-type: none">- Relés vezérlők- Programozható logikai vezérlők- Cserélhető programtárú vezérlők	Beavatkozók: <ul style="list-style-type: none">- mágneskapcsolók- tirisztorok- mágnesszelepek- motorok- stb.

A programozható logikai vezérlőket további két csoportra oszthatjuk:

- cserélhető programtárú vezérlők (PIC)
- szabadon programozható vezérlők (PLC)

A PLC által végrehajtandó programot PC segítségével a PLC programtárolójába töltjük. A betöltött programot a készülék feldolgozza, és lépésről lépésre végrehajtja. A program részben vagy teljes egészében megváltoztatható.

A PLC fő hasznosítási területe: ipari gépek, gyártósorok vezérlése. A korszerű PLC-k alkalmasak kétállapotú (digitális) és analóg jelek feldolgozására (A/D átalakító). Sőt, ma már különböző szabályozási feladatokat is képesek végrehajtani.

Főbb gyártók:

- Siemens
- Klöckner-Moeller
- ABB
- Omron/Telemecanique

A szabadon programozható PLC két fajtáját ismerjük:

- Kompakt: egy egységben tartalmazza az összes alapmodult.
- Moduláris: a központi egységen kívül (alapmodulok) tartalmazza a bővítő egységeket is (be- és kimenetek, A/D átalakító stb.)

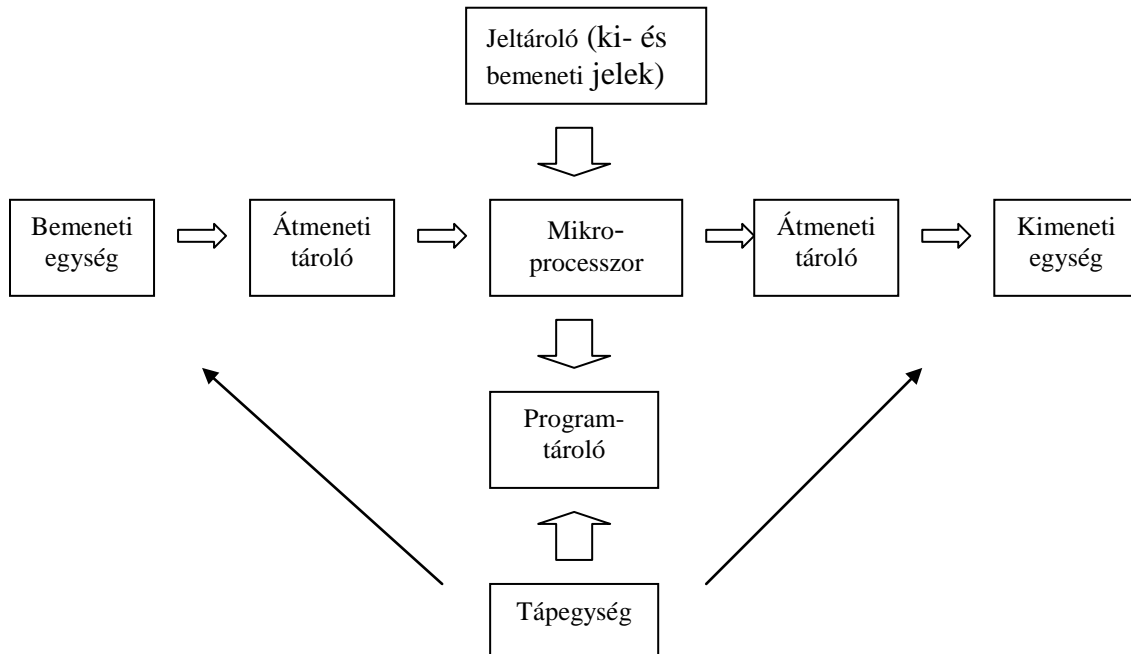
1.2. A programozható logikai vezérlő előnyei, hátrányai

Azok az előnyök, amelyeket egy PLC nyújt, már itt meghatározhatóak:

- A készülék tipizálhatósága
- Könnyű változtathatóság
- Az üzembe helyezés során, majd később is viszonylag egyszerű a programváltoztatás végrehajtása
- Kis helyigény: mivel a PLC a logikai, az időzítő és a számláló műveleteket is elvégzi, további segédrelekre, időrelekre és számlálókra nincs szükség.
- Másolható programok: egy már meglévő program igen rövid idő alatt lemásolható.
- Dokumentálhatóság: ésszerű, automatikus, gép által előállított dokumentáció papíron és egyéb adathordozón.
- Időtakarékosság: a programozás révén (például automatikus dokumentálás) és a kevesebb szerelési munka, a kevesebb huzalozás során.
- Rövidebb létesítési idő: a párhuzamosan végezhető tervezési és kivitelezési munkák révén a teljes beruházás megvalósítási ideje lerövidíthető.

Ezek az előnyök eddig elsősorban a nagyobb vezérléseknél voltak szembeötlők (több mint 10 segédrele), mivel egy programozható logikai vezérlő (PLC) beszerzési költsége viszonylag magas volt. Az utóbbi időben azonban megjelentek a mini PLC-k, amelyek a kisebb vezérlési feladatokra is kedvező árviszonyok mellett alkalmazhatók.

A PLC felépítése:



2. A PLC felépítése

A PLC egy angol kifejezés rövidítése (Programmable Logic Control).

A PLC egységei:

- a) Bemeneti egység
- b) Központi egység (Mikroprocesszor)
- c) Programtárolás
- d) Átmeneti tárolás
- e) Kimeneti egység
- f) Tápegység

Bemeneti egység

Általában 8 bemenettel rendelkezik, de lehetőség van további bővítő egységek alkalmazására. A bemenetek a külső vezérlő elemekből galvanikusan le vannak választva. A bemenőjel „0”-ről „1”-re való változását minden bemeneten LED dióda jelzi.

a) Központi egység (Mikroprocesszor)

A központi egység (ALU) az alábbi műveletek végrehajtására képes:

- Logikai műveletek (ÉS, VAGY stb.)
- Aritmetikai műveletek
- Időkésleltetés (ON és OFF delay)
- Tároló műveletek (RS tárolók)
- Számláló műveletek (előre- és hátraszámlálás)
- Összehasonlító műveletek

b) Memória (Programtároló)

A programtároló tárolja az összes logikai utasítást. Ezen utasítások összességét hívjuk programnak. A programtároló sok ezer tároló cellából épül fel.

A programtárolóban lévő program közli a központi egységgel:

- Bemenő adatok beolvasása
- Hogyan kell logikailag összekapcsolni az adatokat
- Hova kell kiadni az adatokat

c) Átmeneti tároló

Az összes jelet, mint pl. az érzékelőket, végálláskapcsolók (perifériák) jeleit, amelyeket a programozható vezérlő feldolgoz, a feldolgozás idejére tárolni kell. Hasonlóképpen a logikai műveletek eredményét is meg kell őrizni.

A félvezető memóriák fajtái

Az eddig említett tárolók különböző félvezető memóriákból épülhetnek fel.

- **ROM:** olyan programtároló, amelyet a sorozatban gyártott készülékekben használnak, mint pl. mosógép. A programot egyszer letesztelik, és többet nem kell rajta változtatást végezni.

Az ilyen tárolót, amelyben az egyszer betöltés után nem lehet változtatást végrehajtani, ROM-nak hívják (Read Only Memory). Ezt csak kiolvasni lehet, és tartalmát a tápfeszültség kikapcsolásakor is megőrzi.

- **RAM:** olyan tároló, amely a perifériák változó állapotát képes követni, ezért tartalmát állandóan változtatni (felülírni) lehet. Az ilyen tárolót hívják RAM-nak (Random Access Memory).

Ezek a tárolók hálózatkimaradás esetén a bennük tárolt információt elvesztik.

- **EPROM:** olyan tároló, amely feszültségkimaradáskor a tárolt programot megőrzi, ugyanakkor újratölthető.

Az olyan tárolót, melynek teljes tartalmát ultraibolya sugárral törölni, majd ezt követően újra tölteni lehet, EPROM-nak nevezik (Erasable Programmable Read Only Memory).

Ezt a tárolót információvesztés nélkül lehet szállítani és tárolni. Az EPROM-nak is van azonban egy hátránya: külön programozó és törlő készülékre van szükség. Tehát egy olyan fix tároló lenne ideális, amelyik villamos úton törölhető vagy programozható (nem felejtő RAM).

- **EEPROM:** a villamos úton törölhető programozható fix tárolót hívják EEPROM-nak (Electrically Erasable Programmable ROM).

d) Kimeneti egység

A PLC-k 6 vagy 8 kimenettel rendelkeznek.

A bővítő egységgel természetesen ez is bővíthető.

Kimenetek lehetnek:

- relés kimenet
- tranzisztorkapcsolóként
- tirisztor

A kimenetek aktív állapotát LED dióda jelzi, és galvanikusan le van választva a nagyobb teljesítményű beavatkozó szervektől.

e) Tápegység

Ez a modul biztosítja a PLC áramellátását. Általában 24 V / 230 V feszültséget állít elő (ritkábban 5 V-ot). Egyes gyártóknál előfordul, hogy a tápegység akkut is tartalmaz.

Az általunk használt, ABB által gyártott PLC 24 V-os feszültséggel működik.

Egy adott típusú PLC-t nagyon sok tulajdonsággal lehet meghatározni, de a legfőbb jellemzők a következők:

- Bemenetek száma
- Kimenetek száma
- A tárolható programsorok száma
- Komplexitás

3. Bevezetés a digitális technikába

1.) A digitális technika alapjai

Az analóg technika elsősorban folytonos, folyamatos jeleket használ. Az analóg rendszerek fizikai összefüggésekre támaszkodnak, a digitális rendszerek matematikai elven alapulnak.

A digitális technika két állapotot ismer: „1” –et (High), illetve „0” –t (Low). A bekapcsolt állapotot „1” szintnek érzékeli, a kikapcsolt állapotot „0”- nak. A digitális technika törvényszerűségeit a Boole-algebra írja le, amelyből gyakorlati felhasználásként a kapcsolási algebra keletkezett. (Digitális alapfunkciók, ÉS, VAGY stb.)

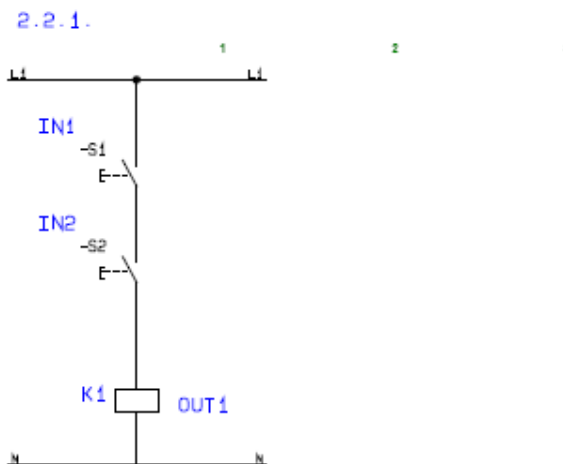
A digitális technika mértékegységei:

Bit: a legkisebb egység („1” v. „0”)

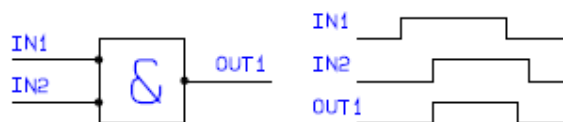
Byte: 8 bitből áll. Információfeldolgozásra használják: összehasonlítás.

Szó: 16 bitből áll. Felhasználása az előzőekhez hasonló.

Dupla szó: 32 bitből áll. A korszerűbb számítógépek egy időben egy dupla szót képesek feldolgozni.

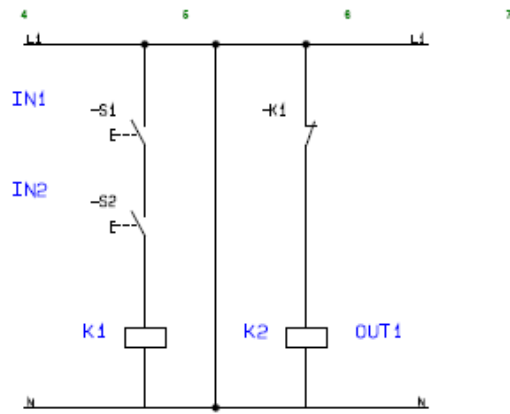


ÉS kapcsolat

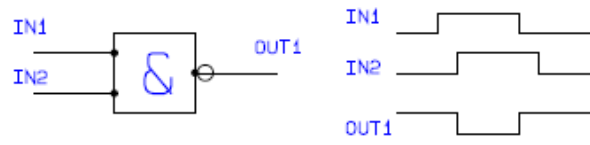


IN1	IN2	OUT1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

2.2.4.

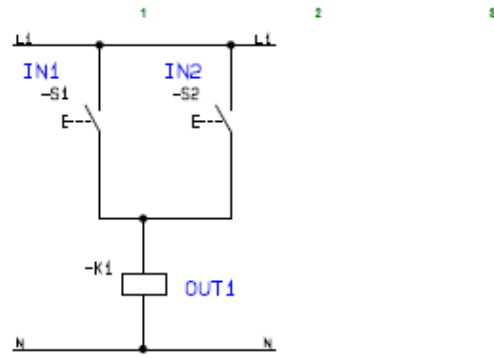


NAND kapcsolat

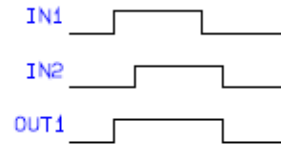
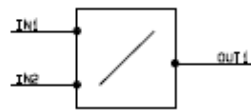


IN1	IN2	OUT1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2.1.2.

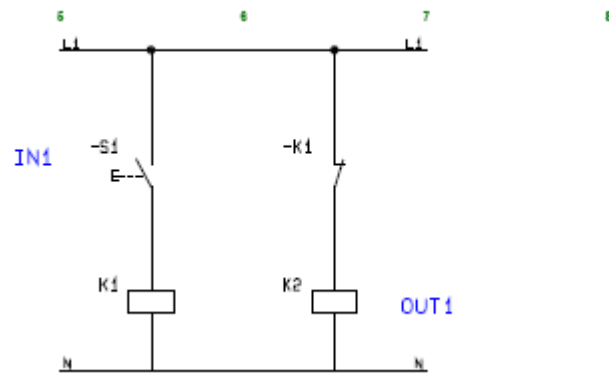


VAGY kapcsolat

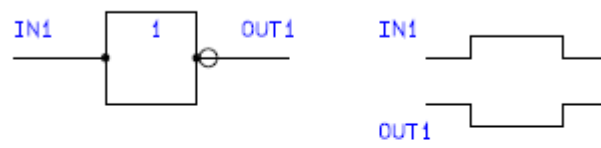


IN1	IN2	OUT1
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

2.2.3.

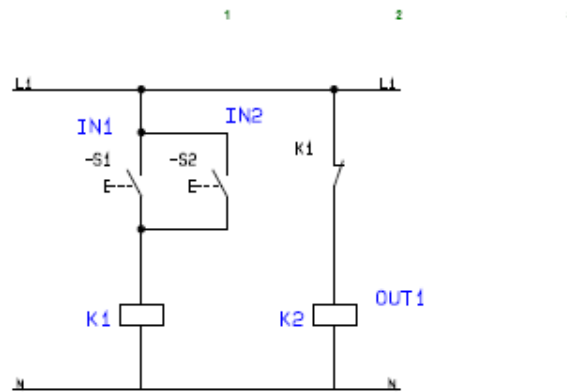


Negálás

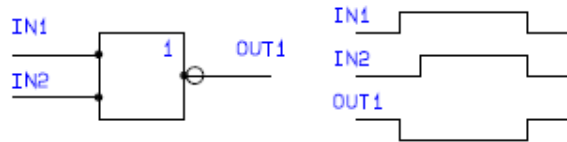


IN1	OUT1
0	1
1	0

2.2.5.



NOR kapcsolat



IN1	IN2	OUT1
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

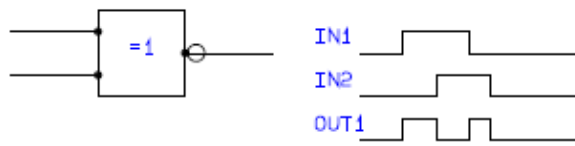
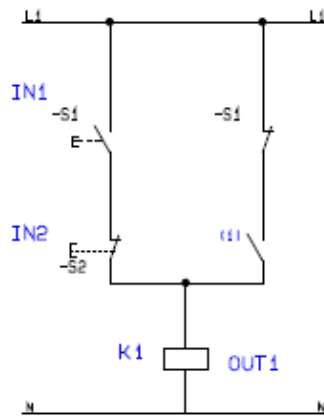
2.2.6.

4

5

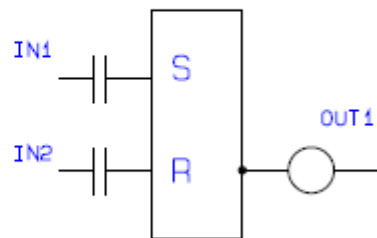
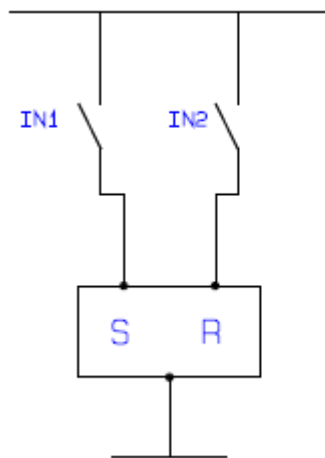
6

Antivalencia :
kizáró VAGY

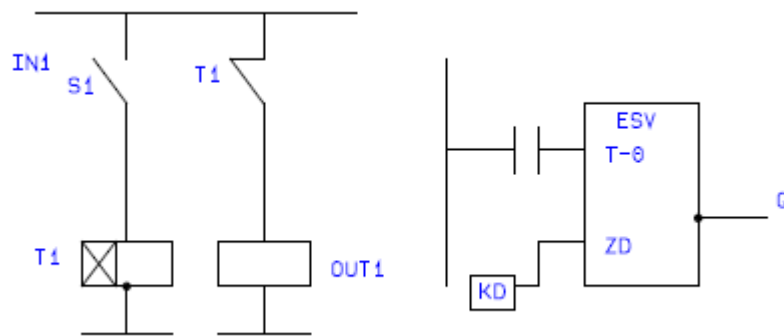


IN1	IN2	OUT1
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Tároló ák.



Késleltetés



4. Villanyszerelési alapismeretek

4.1. Alapfogalmak

Vezérlési elemek, ki- és bemeneti egységek működése:

- **Főáramköri csatlakozási pont:** L₁, L₂, L₃ (R,S,T) 3 fázis
- **Főkapcsoló**
- **Túláramvédelem elemei:** biztosítók, kismegszakítók, hőkioldók.

Túláram túlterhelés, illetve zárlat miatt keletkezik.

Túlterhelés az a túláram, amely a villamos berendezés üzemszerű, de a megengedettnél nagyobb igénybevételéből keletkezik.

Zárlat (rövidzárlat) akkor keletkezik, ha egymáshoz képest feszültség alatt álló vezetők többnyire szigetelési hiba vagy rossz kapcsolás, elkötés miatt számottevő ellenállás nélkül, fémesen érintkeznek egymással .

Minél nagyobb a túláram, annál rövidebb idő alatt kell a védelmi elemnek beavatkoznia.

- **Érzékelők:** fizikai mennyiségek változását érzékelik és kapcsolják.

Folyadékszint, termikus határok, mozgási-fordulati tartományok érzékelése, kapcsolása.

- **Nyomógombok:** kézzel működtetett áramköri elemek. Mechanikus működtetésük során elektromos áramköröket vezérelnek impulzusszerűen, megnyomás után alaphelyzetbe állnak vissza. Nyitó-záró érintkezőket tartalmaznak felhasználási funkció és típus szerint.

- **Mágneskapcsolók, -relék:** kisárammal vezérelt, több záró-nyitó, fő-és segédérintkezővel ellátott elektromechanikus elemek.

Kisárammal nagyáram kapcsolása
Hálózatról fémes leválasztás
Nullretesz-védelem
Hőkioldóval motorvédő

- **Bemenetek:** érzékelők, nyomógombok, szintkapcsolók, fényzorompók

- **Kimenetek:** mágneskapcsolók, motorok, visszajelzők, szelepek

A főáramköri és áramutas rajz a készülékeket mindig nyugalmi állapotban ábrázolja. Az áramutas rajz készítésénél figyelembe kell venni a kapcsolási sorrendet, és ennek megfelelő sorrendiséget kell követni az áramkörök elrendezésénél.

4.2. Háromfázisú motor indítása

A háromfázisú motorindítás áramköri elemei:

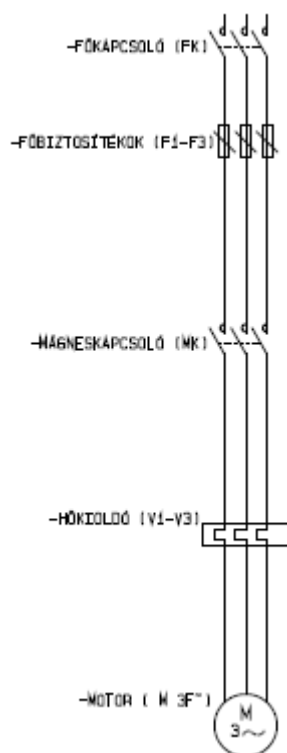
Főáramkör

- Főáramköri csatlakozási pont: 3 fázis (L₁, L₂, L₃); nulla (N); védővezető
- Főbiztosítékok: F₁, F₂, F₃
- Főkapcsoló: FK
- Mágneskapcsoló: MK
- Túláramvédelem : V₁, V₂, V₃
- Motor: háromfázisú aszinkron motor (M 3f ~)

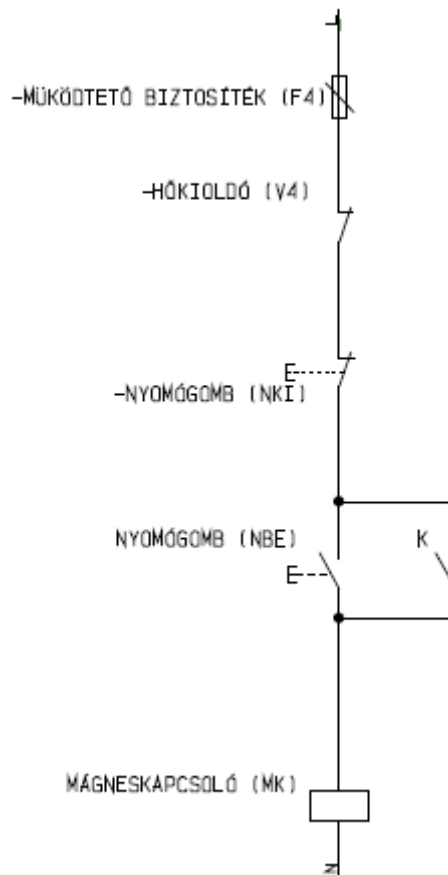
Vezérlő áramkör:

- Csatlakozási pont: fázis (L), nulla (N), általában törpefeszültség
- Működtető biztosíték: F₄
- Túláramvédelem: V (hőkorlát)
- „Ki” gomb: NKI
- „Be” gomb: NBE
- Mágneskapcsoló-érintkező: K
- Mágneskapcsoló-tekercs: MK

Főáramköri rajz:



Áramutas rajz:



A háromfázisú motorindítás működési leírása:

A főkapcsoló (FK) bekapcsolása után a működtető biztosítékon, a hőkorlát és a „ki” gomb nyitóérintkezőjén keresztül a „be” gomb megnyomásával a mágnescapcsoló (MK) meghúz, a saját záró érintkezőjén (K) öntartása létrejön, és mindaddig fennmarad, amíg a „ki” gombbal meg nem szakítom az áramkört.

4.3. Háromfázisú motor forgásirányváltása

A háromfázisú motor forgásirányváltásának áramköri elemei:

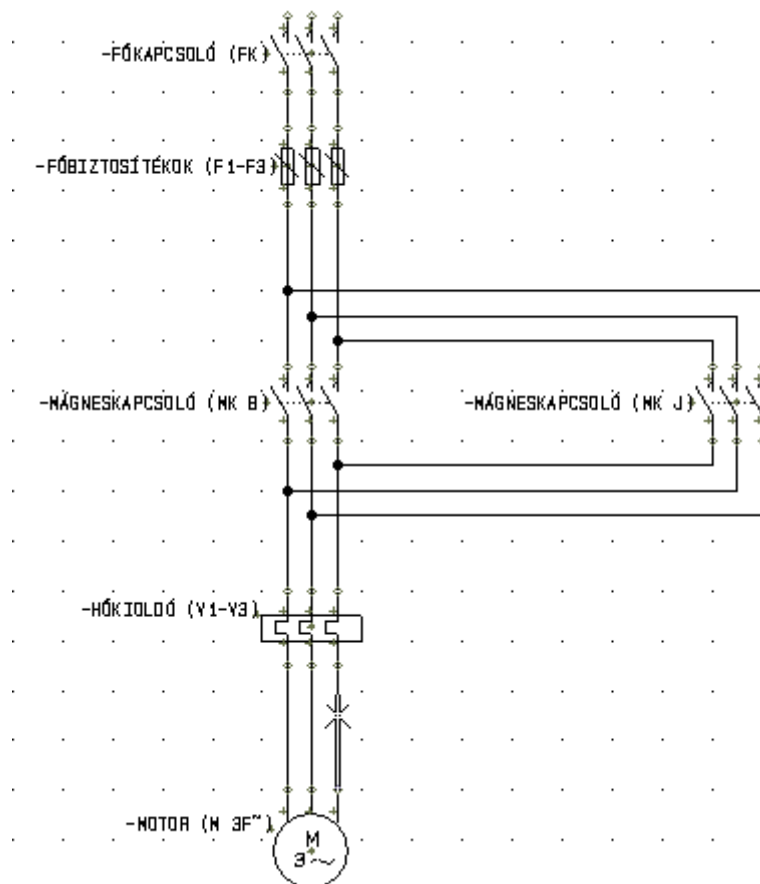
Főáramkör

- Főáramköri csatlakozási pont: 3fázis (L₁, L₂, L₃); nulla (N); védővezető
- Mechanikus főkapcsoló: FK
- Főbiztosítékok: F₁, F₂, F₃
- Mágnescapcsolók: MK J, MK B
- Túláramvédelem: V₁, V₂, V₃
- Motor: háromfázisú aszinkron motor (M 3f ~)

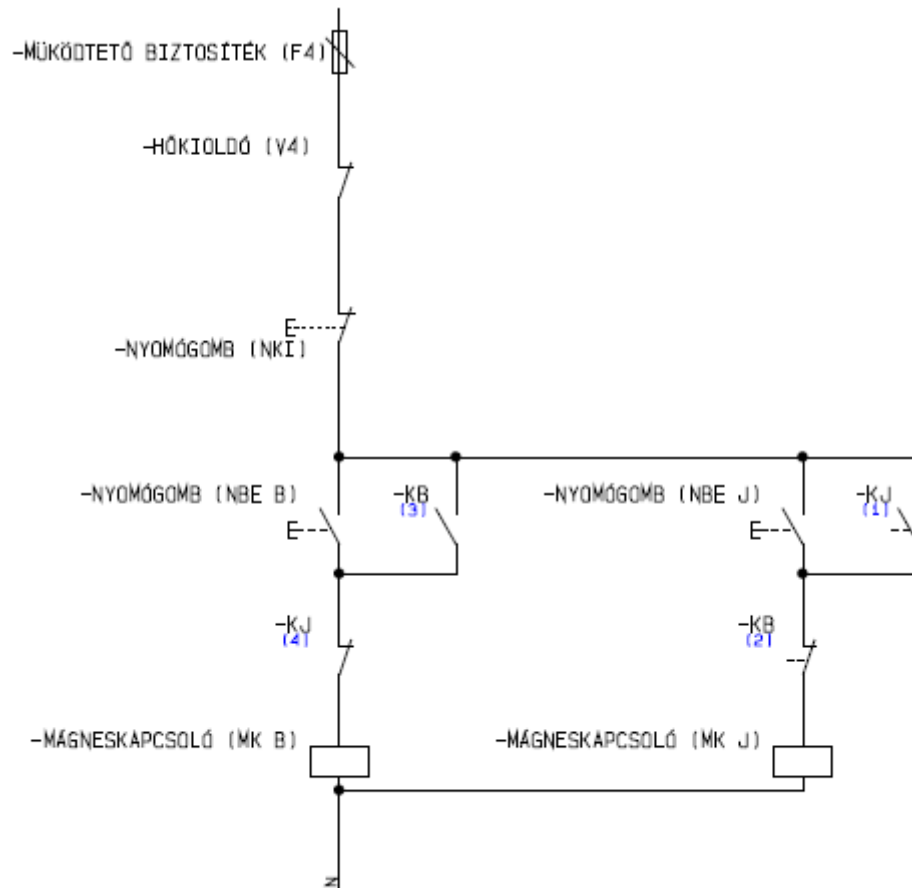
Vezérlő áramkör:

- Csatlakozási pont: fázis (L), nulla (N), általában törpefeszültség
- Működtető biztosíték: F4
- Túláramvédelem: V (hőkorlát)
- „Ki” gomb: NKI
- „Be” gomb: NBE J
- „Be” gomb: NBE B
- Mágneskapcsolók érintkezői: KJ, KB
- Mágneskapcsolók tekercsei: MK J, MK B

Főáramköri rajz:



Áramutas rajz:



A háromfázisú motor forgásirányváltásának működési leírása:

Az FK főkapcsoló bekapcsolása után a működtető biztosítékon a hőkorlát és a „ki” gomb nyitó érintkezőjén keresztül az NBE J nyomógomb megnyomásával az MKB nyitóérintkezőjén át a MKJ mágneskapcsoló meghúz, és saját záró érintkezőjén öntartásban marad mindaddig, amíg a „ki” gombbal meg nem szakítom az áramkört. Eközben nyitó érintkezőjével reteszeli, ill. szakítja az MKB mágneskapcsoló működését.

A kölcsönös reteszelések kizárják a két irányt kapcsoló mágneskapcsolók egyidejű működését.

4.4. Háromfázisú motor csillag-delta indítása

A háromfázisú motor csillag–delta indításának áramköri elemei

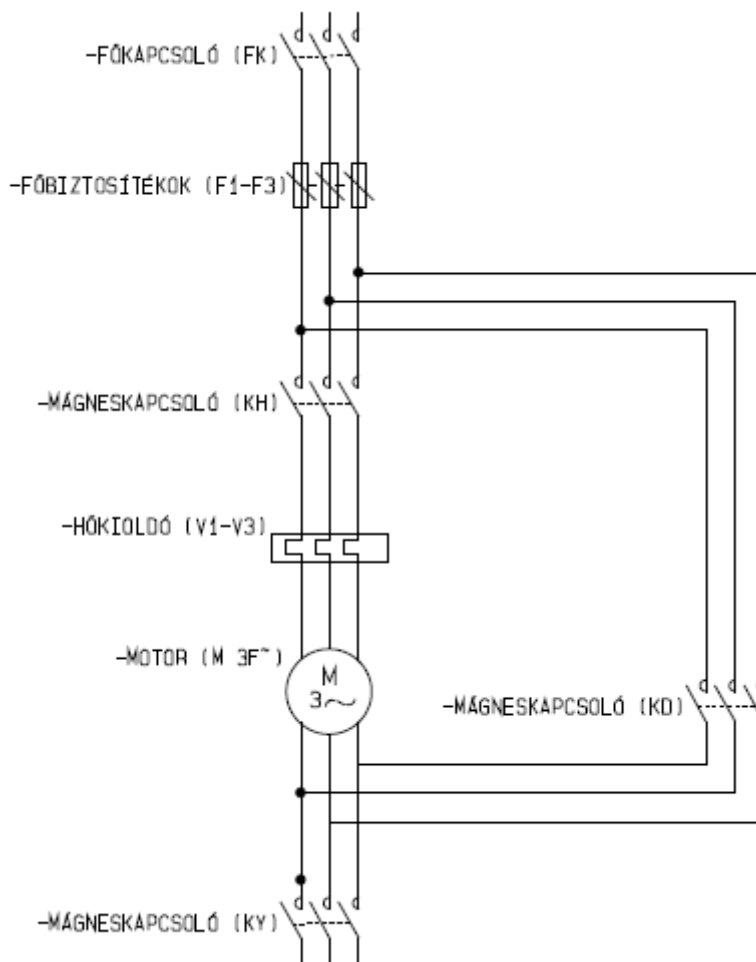
Főáramkör:

- Főáramköri csatlakozási pont: 3 fázis (L₁, L₂, L₃), nulla (N), védővezető
- Mechanikus főkapcsoló: FK
- Főbiztosítékok: F₁, F₂, F₃
- Mágneskapcsolók: MKH, MKY, MKD
- Túláramvédelem: V₁, V₂, V₃
- Motor: háromfázisú aszinkron (M 3f ~)

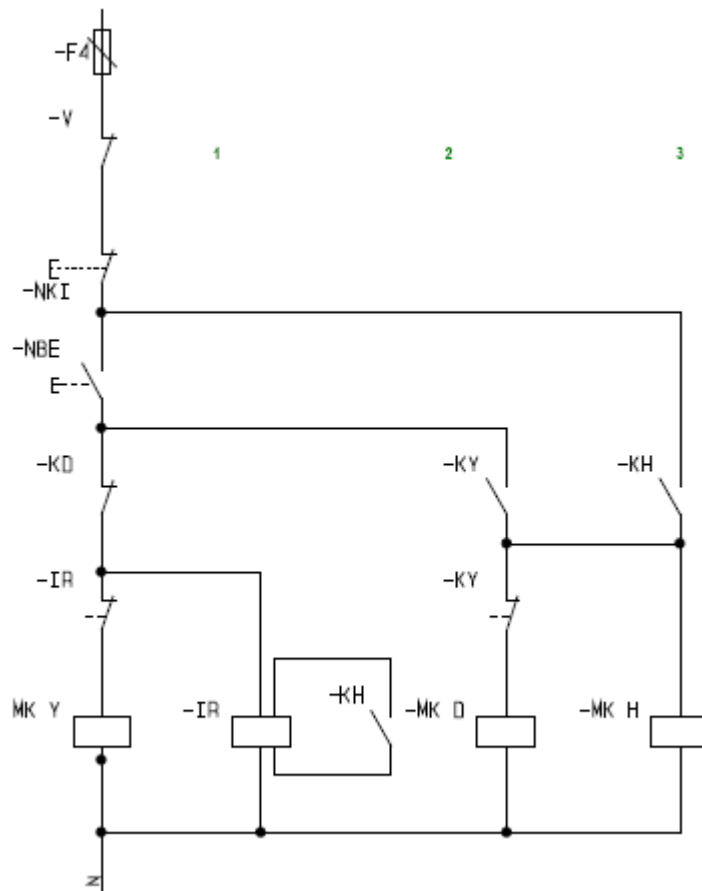
Vezérlő áramkör:

- Csatlakozási pont: fázis (L), nulla (N), általában törpefeszültség
- Működtető biztosíték: F₄
- Túláramvédelem: V (hőkorlát)
- „Ki” gomb: NKI
- „Be” gomb: NBE
- Mágneskapcsoló érintkezője: KH, KY, KD
- Időtag: IR (időrelé)
- Mágneskapcsoló tekercse: MK H, MK Y, MK D

Főáramköri rajz :



Áramutas rajz:



A háromfázisú motor csillag–delta indításának működési leírása:

Az FK főkapcsoló bekapcsolása után a működtető biztosítékon a hőkorlát és a „ki” gomb nyitó érintkezőjén keresztül a „be” gomb megnyomásával a KD nyitó érintkezőn, az IR nyitó érintkezőjén a KY mágnescapcsoló meghúzó, és saját záró érintkezőjén keresztül öntartásba kerül. A MK Y és a MK H mágnescapcsoló egy időben való meghúzásakor az IR időrelé is működésbe lép.

Az időrelé x idő elteltével szakítja az MK Y mágnescapcsoló áramkörét és kiejt, KH záró érintkezőn és a KY nyitó érintkezőn keresztül meghúzó a MK D mágnescapcsoló. Az MKH és az MKD mindaddig bekapcsolva marad, amíg a „ki” gombbal meg nem szakítom az áramkört.

5. A PLC programozási módjai

A PLC felhasználók igényeinek kielégítésére olyan programokat fejlesztettek ki, melyek könnyen elsajátíthatóak és testre szabhatóak.

A PLC programozási nyelveknek az alábbi elvárásoknak kell megfelelniük:

- Legyenek könnyen és gyorsan megtanulhatóak
- Illeszkedjenek a tervezési szokásokhoz
- Legyenek szabványosíthatóak

A fentiek figyelembevételével az alábbi programozási lehetőségeket fejlesztették ki:

- Programozás utasításlista alapján (IL – Instruction List)
- Programozás logikai terv segítségével (FBD – Functional Block Diagram)
- Programozás létradiagram segítségével (LD – Ladder Diagram)
- Az utóbbi két változat együttes alkalmazásával (QLD – Quick Ladder Diagram)

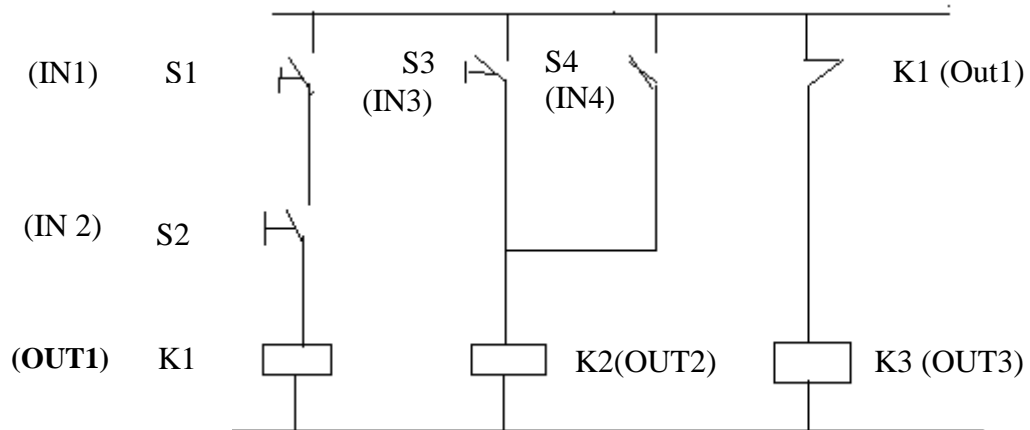
5.1. Utasításlista szerinti programozás (IL)

Az utasításlista a használatos dokumentációkból (pl. áramúterv, funkcióterv) viszonylag egyszerűen előállítható.

Mivel az utasításlista nem grafikus szimbólumokból, hanem írásjelekből áll, beviteléhez elegendő a PC billentyűzete. Ezzel az alfanumerikus módszerrel a vezérlési feladatok széles köre megvalósítható.

Példa:

Áramúterv:



Áramúterv a hozzá tartozó utasításlistával

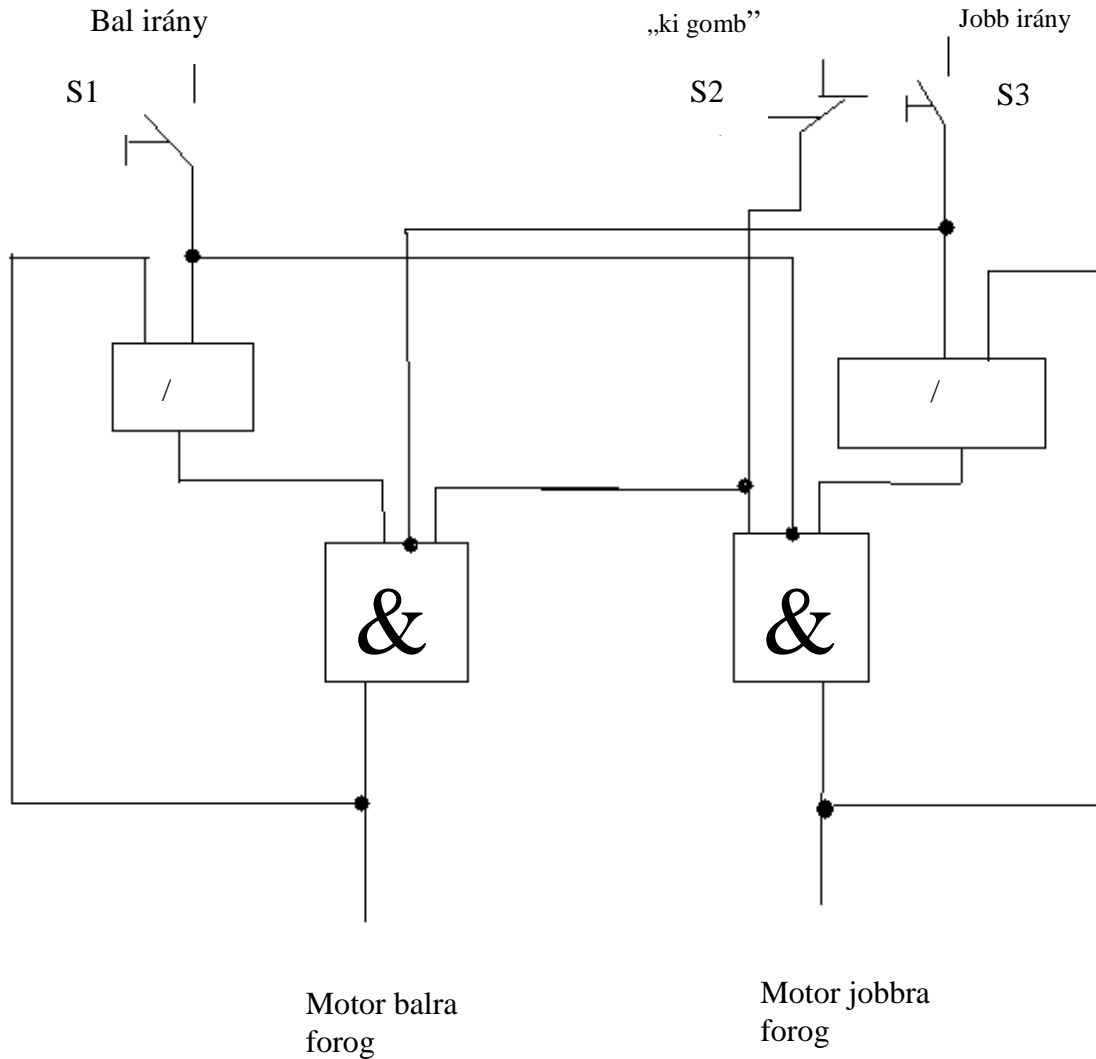
UTASÍTÁSLISTA	
U	IN1
U	IN2
=	OUT1
U	IN3
O	IN4
=	OUT2
UN	OUT1
=	OUT3

5.2. Programozás logikai terv segítségével (FBD)

A logikai terv segítségével történő programozás a digitális technika rajzjeleihez hasonló grafikus szimbólumokat használ.

A menürendszer segítségével a logikai szimbólumokat a billentyűzet segítségével tudjuk lehívni.

A következő példa egy irányváltó kapcsolás vezérlését ábrázolja:

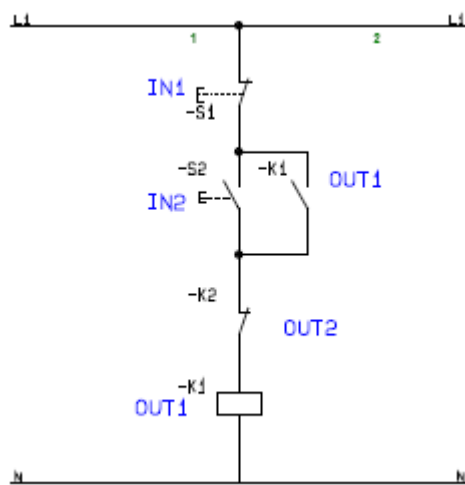


5.3. Programozás létradiagram segítségével (LD)

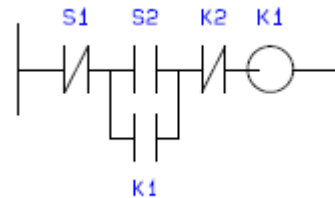
A létradiagram (vagy érintkező terv) a villamos vezetésnél alkalmazott áramútervhez hasonló. Azonban a létradiagram alkalmazásakor az áramutakat mindig vízszintesen ábrázolják.

Ez a programozási nyelv a középfokú végzettségű villamos szakemberek által is könnyen megtanulható. Segítségével a vezérlések egyszerűen és áttekinthetően valósíthatóak meg.

Példa:



Áramúterv



Létradiagram
(Érintkező terv)

5.4. Csillag-háromszög átkapcsolás

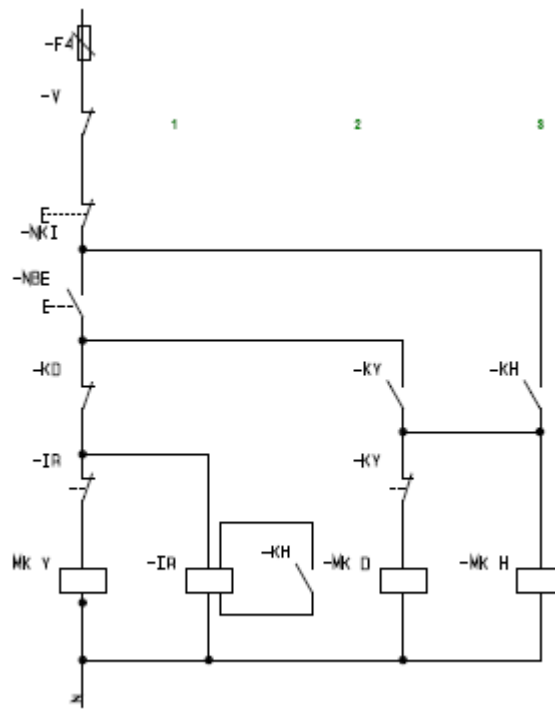
1.) Műszaki leírás

A háromfázisú motor bekapcsoláskor csillagkapcsolásban fut fel, majd egy beállított idő lejártá után kapcsolják át háromszög (delta) kapcsolásba.

- Bekapcsolás:** Feltéve, hogy a motor túlterhelés elleni védelme nyugalmi állapotban van, az MO bekapcsolásakor az OUT1 és OUT2 kimenet logikai „1” szinten van (csillagindítás). Ezzel egyidőben a késleltetési időzítés (ESV) is elindul.
- Átkapcsolás:** A beállított késleltetési idő lejártával a csillagkapcsoló kikapcsol (OUT1), a háromszög (delta) kapcsoló (OUT3) pedig bekapcsol. A csillag-háromszög kapcsolásnak megfelelően az (OUT2) is bekapcsolva marad.
- Kikapcsolás:** A „ki” nyomógomb működtetésekor (IN2) az OUT1 és az OUT2 kapcsolók is kikapcsolnak, és a motor leáll.

- d) Reteszelés: A csillag- és a háromszögkapcsoló reteszelését az OUT3 nyugvó érintkezőjének segítségével oldottuk meg.
- e) Lámpajelzés:

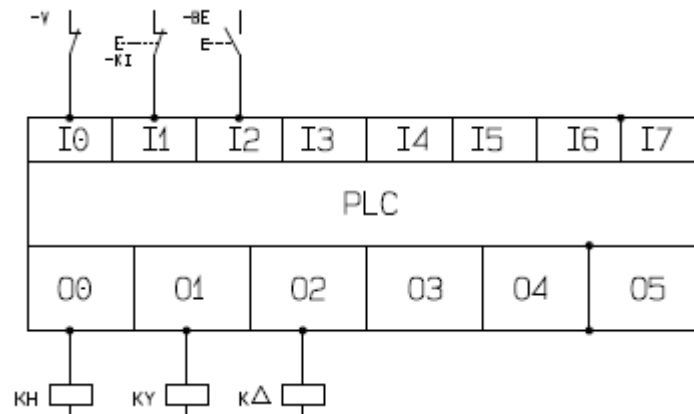
2.) Áramúterv



3.) Hozzárendelési lista:

V	IN1	Túláramvédelem
NK	IN2	Ki gomb
NB	IN3	Be gomb
KH	OUT1	Mágnescapcsoló (Hálózat)
KY	OUT2	Mágnescapcsoló csillag
KΔ	OUT3	Mágnescapcsoló háromszög

4.) PLC-bekötés



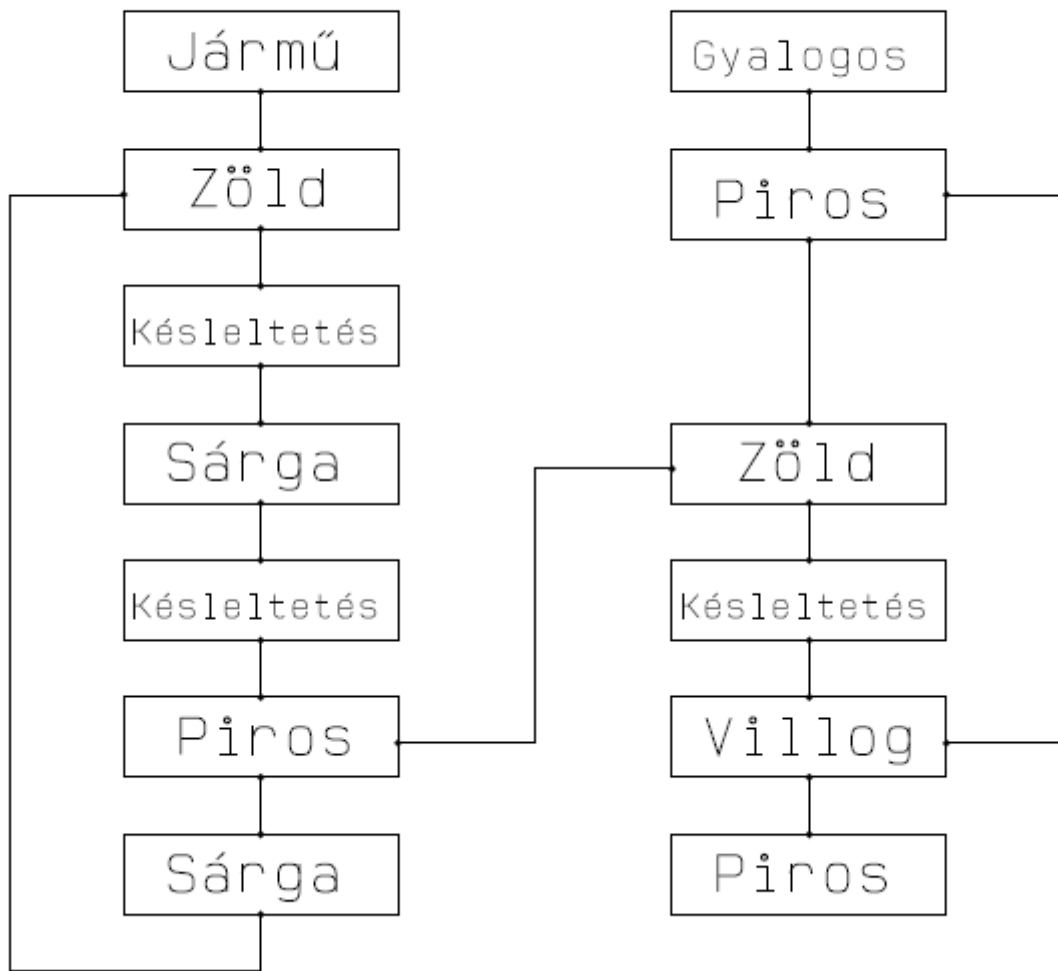
5.5. Gyalogátkelőhely közlekedési lámpájának vezérlése

5.) Műszaki leírás

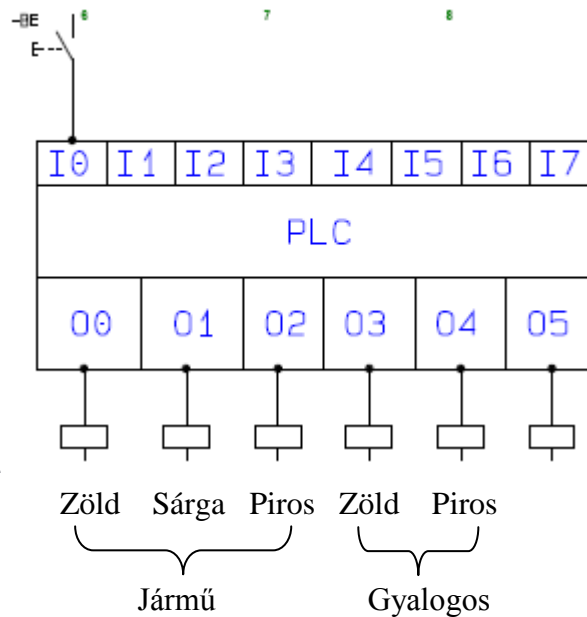
Egy zebraátkelőhelyen közlekedési lámpa található. Ha egy gyalogos megnyomja a jelzőlámpa gombját, a járművek számára előbb „sárga” jelzésre, majd néhány másodperc múlva „piros” jelzésre kapcsol. Ezzel egy időben a gyalogosok számára a „zöld” színre vált. A gyalogosoknak 10 másodperc áll rendelkezésre az átkeléshez. Ezután kb. 3 másodpercig a „zöld” lámpa villog, majd „pirosra” kapcsol. Ekkor a járművek számára a „sárga” és a „piros” jelzés egyidejűleg világít, majd néhány másodperc elteltével „zöld”-re vált (ez az alaphelyzet).

6.) Folyamatábra

Indítás



7.) PLC-bekötés



5.6. Liftvezérlés

8.) Műszaki leírás

Egy négyszintes épületben (földszint + 3 emelet) lévő lift vezérlését kell megvalósítani. A vezérlés csak az alapvető funkciókra (indításvezérlés, szintezőkkal történő leállítás, „fel” és „le” irányú vezérlés) terjed ki.

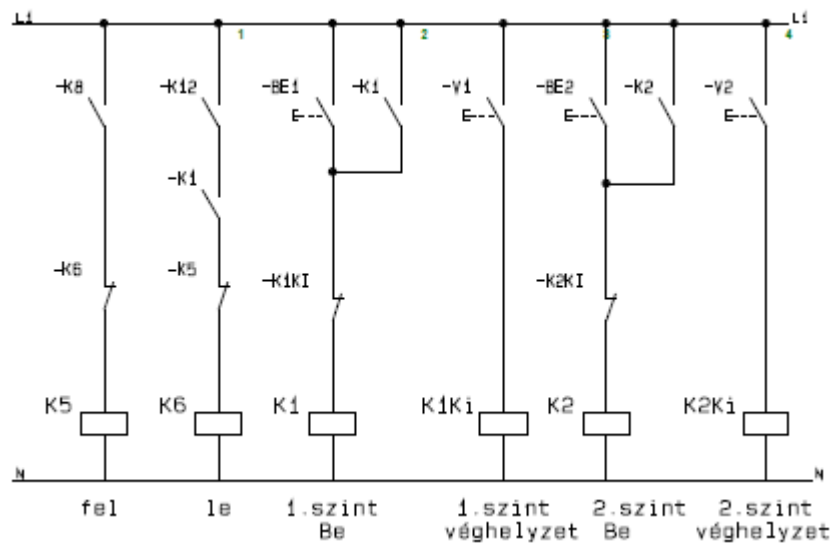
Indítás: A „IN1” nyomógomb segítségével a liftet „le” irányba alaphelyzetbe vezéreljük.

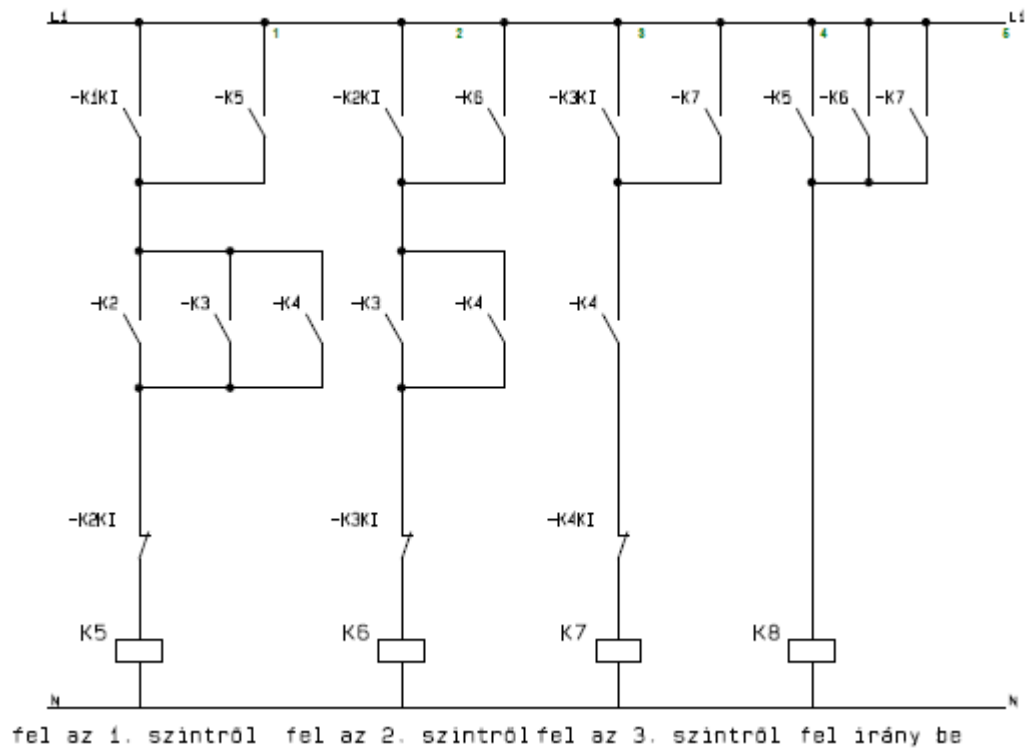
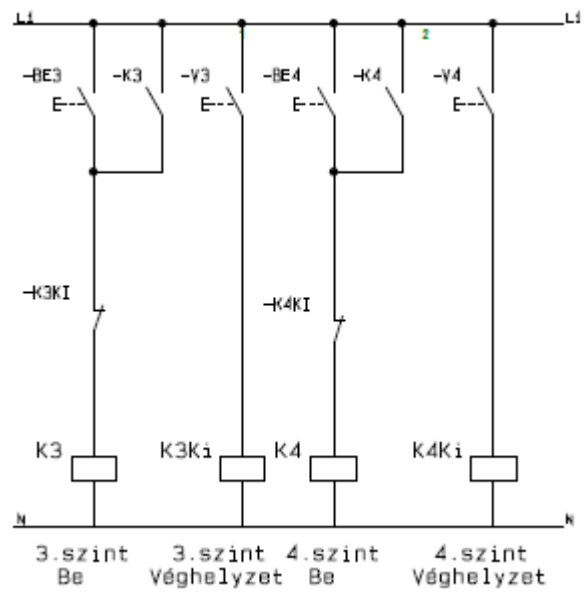
Innen „fel” irányba az „IN3”, „IN5”, „IN7” nyomógombok segítségével tudjuk indítani, attól függően, hogy melyik szinten nyomtuk meg a vezérlógombot. A szintre való megérkezést a végállás kapcsoló meghúzása biztosítja, és a jelzőlámpa jelzi.

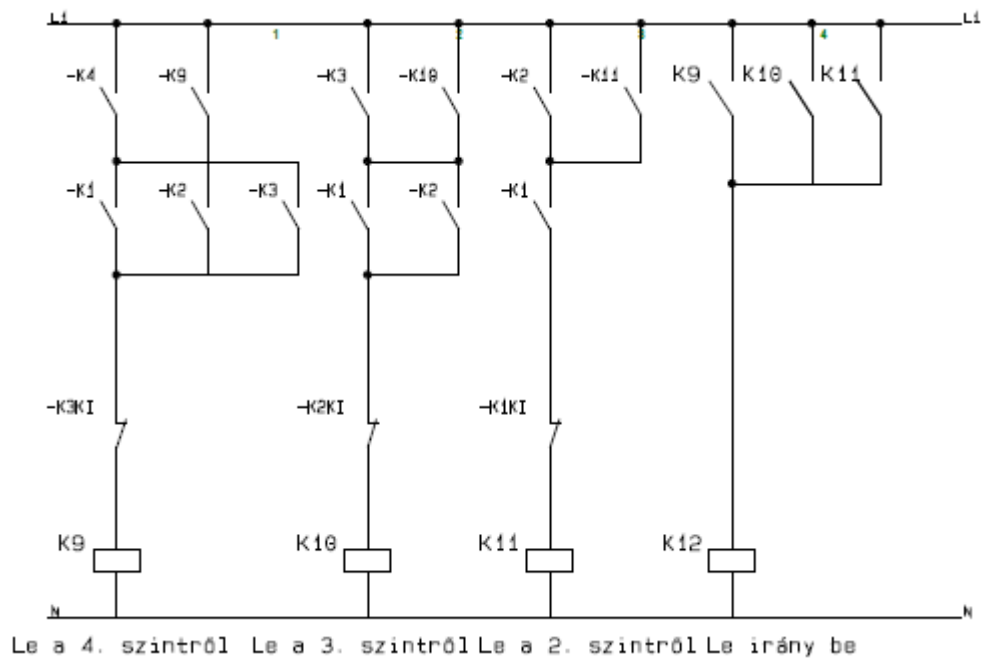
„Fel” irányú vezérlésnél az „OUT5” kimenetről vezéreljük a motort. Hasonlóan történik a „le” irányú vezérlés is. Ez irányú vezérlésnél a motort az „OUT6” kimenetről vezéreljük, a polaritás megváltoztatásával.

Rekeszelés: A „fel” és „le” irányú vezérlés a kimenetek nyugalmi érintkezőinek segítségével biztosítva van. A „Fel” irányú vezérlését az „M5”, „M6”, „M7”, „M8” merkelek segítségével biztosítjuk. A „Le” irányú vezérlés az „M9”, „M10”, „M11”, „M12” merkelek segítségével oldható meg.

9.) Áramúterv







10.) Hozzárendelési lista

Be1	IN1	1.szint Be gomb
V1	IN2	1.szint véghelyzet
Be2	IN3	2.szint Be gomb
V2	IN4	2.szint véghelyzet
Be3	IN5	3.szint Be gomb
V3	IN6	3.szint véghelyzet
Be4	IN7	4.szint Be gomb
V4	IN8	4.szint véghelyzet
K1KI	OUT1	1.szint Mágneskapcsoló
K2KI	OUT2	2.szint Mágneskapcsoló
K3KI	OUT3	3.szint Mágneskapcsoló
K4KI	OUT4	4.szint Mágneskapcsoló
K8	OUT5	Fel irány Mágneskapcsoló
K12	OUT6	Le irány Mágneskapcsoló

6. A vonatkozó munkavédelmi és tűzvédelmi előírások

A gyakorlati munkálatok során nagy figyelmet kell fordítani a kéziszerszámok, berendezések használatára.

- Csak a munkafolyamatnak megfelelő, hibátlan szerszámokkal, eszközökkel lehet dolgozni a szakmai és biztonsági szabályok betartásával.
- Feszültség alatt álló berendezésen szerelést, javítást nem lehet végezni, kivéve az elektromos méréseket.
- A tervezés fázisában és a gyakorlati munkák során figyelembe kell venni a megfelelő érintésvédelmi és biztonsági létesítési szabályokat.
MSZ-172, MSZ-1600 módosított változata MSZ-2364
MSZ-1585 módosított változata MSZ EN 50110-1:1999
- Lényeges a megfelelő keresztmetszetű vezetékek kiválasztása, a korszerű szabványos kötések, szerelvények és kötőelemek használata, ami nagyban befolyásolja az áramkörök megfelelő működését, illetve csökkenti az elektromos kötések érintkezési hibáit, valamint a melegedésből adódó elektromos tüzek kialakulásának lehetőségét.