

# Průmyslové instalace se zaměřením na pohony a jejich řízení

**Bc. Jiří Janovec**





## Obsah

1. Základní principy .....	1
2. Rozdělení elektromotorů .....	3
2.1. Rozdělení elektromotorů podle tvaru .....	4
2.2. Rozdělení elektromotorů z hlediska konstrukce .....	6
2.3. Rozdělení z hlediska napájení a vnitřního zapojení .....	11
3. Dimenzování a výběr elektromateriálu, potřebného pro montáž a bezpečný a ekonomický provoz.....	14
3.1. Dimenzování dle štítkových hodnot.....	15
3.2. Dimenzování dle naměřených hodnot.....	17
4. Materiál a přístroje potřebné pro připojování a provoz elektromotorů a zařízení s elektromotory .....	19
4.1. Vodiče a kabely.....	20
4.2. Jistící prvky .....	23
4.3. Nadproudá jistící relé .....	33
4.4. Stykače .....	35
4.5. Tlačítka a ovladače.....	38
4.6. Proudové chrániče .....	39
5. Bezpečnost při práci .....	43
5.1. Bezpečnost při montáži a manipulaci s nářadím .....	43
5.2. Bezpečnost při zkoušení a provozu .....	44
5.3. Bezpečnost při měření .....	45
6. Schémata a schématické značky .....	46
6.1. Seznámení se schématy a schématickými značkami.....	47
7. Základní provozní měření na asynchronních motorech a elektrických zařízeních .....	51
7.1. Měření izolačního stavu motoru.....	52
7.2. Měření odporu vinutí motoru .....	53

7. 3. Měření napětí na elektrickém zařízení .....	54
8. Diagnostika a odstraňování závad na elektrických zařízeních s motory.....	56
8.1. Diagnostika závady motoru.....	57
8.2. Diagnostika závady na zařízení.....	58
9. Univerzální logické moduly .....	61
9.1. Logický automat LOGO.....	62
Identifikátory určující model 12/24RC OBA5.....	62
Základní modul LOGO Basic .....	62
Obrázek a popis základního modulu LOGO Basic .....	63
Rozšiřující moduly .....	64
Napájecí zdroj a jištění zdroje.....	64
Napájení a jištění modulu.....	64
Připojení vstupů.....	65
Připojení výstupů: .....	66
Zapnutí LOGO: .....	67
10. Rozběhy a řízení motorů pomocí softstartérů a měničů kmitočtu .....	68
10.1 Přístroje výkonové elektroniky .....	69
10.2. Elektronické spouštěče motorů a pohonů.....	70
Přímé spouštění .....	70
Vlastnosti přímého spouštěče.....	70
10. 3. Softstartér .....	73
Princip softstaréru .....	73
Externí bypass, směr otáčení .....	76
10. 4. Měnič kmitočtu .....	77
Uspořádání a princip činnosti frekvenčních měničů .....	77
Vektorové řízení bez zpětné vazby .....	78

Připojení frekvenčních měničů v souladu s požadavky EMC.....	81
Frekvenční měnič-.....	82
Typy zátěže: .....	83
Metody regulace:.....	83
Způsob ovládání .....	86
Programování měniče:.....	87
Metody brzdění pohonu: .....	89
Výbava měniče – EMC (elektromagnetická kompatibilita).....	90
10.3. Příklady zapojení.....	92
Varianta B: Motor v zapojení do hvězdy .....	92
Varianta A: Motor v zapojení do trojúhelníku .....	93
11. Elektrotechnické materiály a ekologie .....	94
11.1 Odpady v elektrotechnice.....	95
Příklady ekologicky závadných technologií .....	104
11.2 Trvale udržitelný vývoj v ochraně životního prostředí .....	106
12. Praktické úlohy.....	108
12. 1. Ovládání motoru z jednoho místa se signalizací chodu motoru.....	109
12. 2. Ovládání motoru ze tří (a více) míst.....	110
12. 3. Postupné spínání tří (a více) motorů .....	111
12. 4. Vzájemné blokování chodu dvou motorů .....	112
12.5. Reverzace (změna směru otáčení) motoru pomocí stykačové kombinace.....	113
12.6. Reverzace otáček motoru pomocí stykačové kombinace s omezením v koncových polohách .....	115
12.7. Reverzace otáček motoru, ovládaná pomocí koncových spínačů .....	117
12.8. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným přitahem .....	119
12.9. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným odpadem.....	120

12.10. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s dvojtlačítkem „na výdrž“ .....	121
12.11. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s kombinovaným trojtlačítkem .....	122
12.12. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (s časovým relé se zpožděným odpadem).....	123
12.13. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (pomocí ALNICA).....	125
12.14. Skoková regulace otáček změnou počtu pólů pomocí stykačové kombinace (8-4 nebo 4-2 póly) .....	127
12.15. Brzdění motoru stejnosměrným proudem pomocí stykačové kombinace s časovým relé (v obou směrech).....	128
Řešení praktických úloh .....	1
1. Ovládání motoru z jednoho místa se signalizací chodu motoru.....	2
2. Ovládání motoru ze tří (a více) míst.....	4
3. Postupné spínání tří (a více) motorů .....	6
4. Vzájemné blokování chodu dvou motorů .....	8
5. Reverzace (změna směru otáčení) motoru pomocí stykačové kombinace.....	10
6. Reverzace otáček motoru pomocí stykačové kombinace s omezením v koncových polohách .....	12
7. Reverzace otáček motoru, ovládaná pomocí koncových spínačů .....	14
8. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným přitahem .....	16
9. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným odpadem .....	18
10. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s dvojtlačítkem „na výdrž“ .....	20
11. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s kombinovaným trojtlačítkem.....	22
12. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (s časovým relé se zpožděným odpadem) .....	24
13. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (pomocí ALNICA).....	27

14. Skoková regulace otáček změnou počtu pólů pomocí stykačové kombinace (8-4 nebo 4-2 póly) .....	30
15. Brzdění motoru stejnosměrným proudem pomocí stykačové kombinace s časovým relé (v obou směrech).....	32
14. Zdroje a použitá literatura .....	34

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

# 1. Základní principy

Elektromotory jsou stroje měnící elektrickou energii v energii mechanickou. Jsou to tedy v podstatě elektromechanické měniče energie. Elektromotory se rozdělují podle konstrukce a podle napájecího napětí, ke kterému jsou připojeny. Každý motor má pevnou část, která se nazývá stator a pohyblivou část, která se nazývá rotor. Rotor, uložený na ložiskách, se otáčí v dutině statoru (průměr této dutiny se nazývá vrtání) a mezi rotorem a státorem je vzduchová mezera. Stator je obvykle vnější část motoru, ale vyskytují se i případy s opačným uspořádáním, kdy se otáčí vnější část a vnitřní je státorem (například u některých typů ventilátorů).

Elektromotory fungují na základě tažné síly vyvinuté vodičem, umístěným v magnetickém poli, kterým protéká proud. Indukční motory jsou střídavé a ve většině případů třífázové. Malé motory mohou být i jednofázové a za určitých okolností můžeme jednofázově napájet i třífázový motor.

Princip elektromotoru spočívá v tom, že po připojení vinutí statoru na třífázovou síť, vybudí proud protékající statorovým vinutím v dutině statoru točivé magnetické pole, které protíná vinutí rotoru a indukuje v něm napětí. Vzhledem k tomu, že vinutí rotoru tvoří uzavřený obvod, začne jím protékat proud, a tím jsou splněny podmínky pro roztočení motoru. V magnetickém poli jsou umístěny vodiče, kterými protéká proud a působí na ně síly. Souhrn sil působících na obvodu rotoru dává točivý moment, který otáčí rotorem ve směru pohybu točivého magnetického pole. Proud indukovaný ve vinutí rotoru má takový směr, aby na vodiče působily takové síly, které se snaží zabránit příčině, která je vyvolala (Lencovo pravidlo). V našem případě je příčinou protínání vodičů točivým magnetickým polem. Proto kdyby rotor dohonil magnetické pole, vinutí by se přestalo proti magnetickému poli pohybovat, přestal by jím protékat proud a motor by se zastavil. Točivé magnetické pole se však pohybuje nezávisle na rotoru, tudíž magnetické pole vždy protíná vodiče rotoru a rotor nikdy nemá stejné otáčky jako točivé magnetické pole. Jednotlivé fáze vinutí jsou proti sobě posunuty o  $120^\circ$  elektrických a jsou napájeny z rozvodné soustavy třífázovým napětím, takže jimi protéká soustava proudů, které jsou navzájem časově posunuty o  $120^\circ$ . Tato proudová soustava vytváří magnetické pole stálého prostorového tvaru, které se otáčí synchronní rychlostí ( $n_1$ ), danou kmitočtem napájecího statorového napětí ( $f$ ) a počtem pólových párů vinutí ( $p$ )



$$n_1 = f/p$$

**Příklad:** K síti s kmitočtem 50 Hz připojíme dvoupólový motor.

Vzhledem k tomu, že otáčky motoru udáváme v počtu otáček za minutu a kmitočet v počtu Hz za vteřinu, musíme frekvenci přepočítat na počet (60 x 50 = 3000) Hz za minutu. Toto číslo vydělíme počtem pólových dvojic (tzv. pólparů), který je v našem případě jeden. Uvedený motor má v tomto případě synchronní otáčky mag. pole (3000 / 1 = 3000) 3000 otáček za minutu.

Vložíme-li do tohoto magnetického pole rotor, který se může otáčet, se stejným počtem pólů a s vinutím spojeným nakrátko, bude se v tomto vinutí indukovat (z tohoto důvodu se těmto motorům říká **indukční**) napětí o kmitočtu ( $f_2$ )

$$f_2 = (n_1 - n) \cdot p$$

a tento rotor se bude otáčet rychlostí ( $n$ ).

Rozdíl synchronních otáček magnetického pole a otáček rotoru jsou skluzové otáčky. Poměr rychlosti otáčení rotoru vůči synchronní rychlosti otáčení magnetického pole se nazývá **skluz** ( $s$ ), který vyjadřujeme v procentech, a je dán vztahem

$$s = (n_1 - n) / n_1$$

U malých motorů bývá skluz až 10% a u velkých motorů asi 1%.

Vzhledem k tomu, že rychlost otáčení rotoru a synchronní rychlost otáčení magnetického pole statoru je rozdílná, nazývají se takto konstruované stroje **asynchronní**.

Asynchronní stroje patří mezi nejrozšířenější, vzhledem ke své konstrukční a výrobní jednoduchosti, snadné sériové výrobě a tím i nízké ceně. Tyto stroje se nejčastěji používají jako motory o výkonech v řádu wattů až po velké motory s výkony v tisících kilowat a v nejrůznější škále napájecích napětí a napájecích kmitočtů, a tím i s velkou škálou otáček. Nejběžnější napájecí kmitočet je 50Hz, ale ve zvláštních případech je možný kmitočet až několik tisíc hertz. Asynchronní stroje je možno též používat k přeměně mechanické energie na elektrickou jako asynchronní generátory, které se dnes s úspěchem používají například na malých vodních elektrárnách.

## **2. Rozdělení elektromotorů**

[Tato kapitola pojednává o rozdělení motorů dle tvaru, konstrukce a vnitřního zapojení

## 2.1. Rozdělení elektromotorů podle tvaru

Nejčastěji používané jsou motory v provedení patkovém.



Obrázek 1



Obrázek 2

A v provedení přírubovém.



Obrázek 3



Obrázek 4

Dále můžeme motory rozdělovat třeba podle chlazení na motory s žebrovaným povrchem statoru pro zvětšení chladicí plochy nebo s hladkým státorem. Další možností je otevřený motor, kterým vrtule, umístěná přímo na hřídeli motoru, prohání vzduch, nebo naopak motory v provedení prachotěsném, které jsou zcela uzavřené a mohou být chlazeny např. externími (nezávislými ventilátory). U velkých strojů je dokonce možné chladit vinutí při rozběhu protékáním vodou.

Vzhledem k nejširšímu využití indukčních motorů menších výkonů, řádově několik desítek kW, vznikly také motory speciálních konstrukcí a provedení. Jsou to například motory s minimálním chvěním (zvláště dokonale vyrobené motory), motory v provedení pro ventilátory (rotor tvoří vnější část motoru), motory pro ponorná čerpadla (mají malý průměr a velkou délku a jsou v bloku s výtlačným čerpadlem), motory s hřídelí vyvedenou na obou

stranách motoru využívané například u dvoukotoučových brusek nebo motory určené pro skokovou změnu otáček přepínáním počtu pólů s jedním nebo více vinutími ve statoru. Dále například motory pro tzv. Stop – provoz, které mají kuželový rotor a kuželové vrtání statoru, u kterých pružina v okamžiku vypnutí zatlačí rotor do dutiny statoru, a tím se motor zabrzdí, nebo tzv. eldro, což je motor v monobloku s hydraulickým motorem s axiálním pohybem a mnoho dalších.

## 2. 2. Rozdělení elektromotorů z hlediska konstrukce



Obrázek 5

**Stator**- (nepohyblivá část točivého stroje) asynchronního stroje má kostru odlitou z hliníku nebo tenkostěnné litiny a u velkých strojů svařovanou z ocelových plechů, ve které je vložený magnetický obvod. Magnetický obvod vytvořený z masivního materiálu klade malý odpor vířivým proudům (proudy, které se indukují ve vodivém materiálu v magnetickém poli), a proto jsou tyto proudy velké a materiál se jimi rychle a silně zahřívá. Zahříváním hrozí riziko poškození izolace a zároveň tím dochází ke značným ztrátám, neboť se část přiváděné energie mění na nežádoucí teplo. Z tohoto důvodu se magnetické obvody elektrických strojů (motory, generátory, transformátory) skládají z plechů, které jsou od sebe navzájem odizolovány lakem nebo oxidační vrstvou a dříve se též používala izolace prokládáním tenkým hedvábným papírem. Tím, že magnetický obvod vytvoříme z odizolovaných plechů, docílíme toho, že vířivé proudy procházejí tenkými průřezy po delších drahách, a proto jsou jejich hodnoty podstatně nižší, a tím dochází k menšímu oteplení a menším ztrátám. Magnetický obvod se skládá z dynamoplechů ve tvaru mezikruží o síle 0,5mm, které jsou od sebe navzájem izolovány lakováním nebo oxidací, a které mají po svém vnitřním obvodu vystřiženy drážky, do kterých se následně vkládá požadované vinutí.



Obrázek 6

Tento svazek je stažen tzv. stahovací konstrukcí, která udržuje magnetický obvod kompaktní.



Obrázek 7



Obrázek 8

Statorové vinutí je navinuto z měděného nebo hliníkového drátu izolovaného smaltem, u velkých strojů se používají pásy, izolované ovinutím sklotextitovou páskou. Toto vinutí je uloženo v drážkách vyložených izolantem, které jsou buď otevřené, polouzavřené nebo uzavřené. Do otevřených drážek se vinutí může zakládat po celých, již zabandážovaných cívkách, do polouzavřených se vinutí takzvaně vsypá a v obou případech je zajištěno izolačními klíny lichoběžníkového tvaru (v některých případech mohou být i elektricky nebo magneticky vodivé). Výhodou otevřených drážek je snadná montáž vinutí, ale u takto provedených strojů vznikají nehomogenity magnetického pole statoru v místě otevření drážek, a tím vzrůstají ztráty v magnetickém obvodu a je třeba zvětšit vzduchovou mezeru mezi rotorem a statorem. S polouzavřenými drážkami se vyrábějí menší a malé stroje, jejichž cívky se navíjejí buď strojně, nebo ručně přímo do drážek, nebo se navíjejí mimo stroj a do drážek se vsypají a poté se na čelech bandážují. Statory s uzavřenými drážkami se vyskytují prakticky jen u speciálních motorů a umožňuje nám snížit magnetizační proud. Vodič tvořící

cívku se drážkou protahuje – takzvaně prošívá. Velkou nevýhodou je vysoká cena navíjení a riziko poškození izolace. Dále se vinutí statoru liší tím, jestli má v jedné drážce jen stranu jedné cívky, nebo stranu dvou cívek (vinutí jednovrstvé nebo dvouvrstvé). Nejčastěji se používá vinutí dvouvrstvé s cívkami uloženými nad sebou.



Obrázek 9

**Rotor** (točivá část točivého stroje)- je tvořen kovanou hřídelí (u větších strojů), u malých je hřídel z válcované nebo tažené oceli, na které je uložen svazek dynamoplechů o síle 0,5mm navzájem izolovaných lakováním. Tyto plechy mají po svém obvodu prostříženy drážky, do nichž se vkládá vinutí. Tento svazek plechů je také stažený stahovací konstrukcí a na hřídeli je aretován proti pootočení (pero, drážka). Hřídel je dále upravena pro nalisování ložisek a pro nasazení čel motoru a vyvedena a zakončena dle požadavku. V případě, že se jedná o kroužkový motor, jsou na hřídeli ještě izolovaně uloženy kroužky, na které je vyvedeno vinutí rotoru a v případě komutátorového motoru komutátor. Celá hmota rotoru musí být důkladně vyvážená, aby se předešlo nežádoucímu chvění. Po obvodu rotoru i statoru jsou drážky, ve kterých je uloženo vinutí, skládající se z cívek rozložených po obvodu a založených v drážkách, nebo je toto vinutí ve formě cívek nasazené na vyniklých pólech, rozmístěných po obvodu. Začátky a konce těchto vinutí jsou vyvedeny do svorkovnic, ve kterých jsou upevněny na svorky, na kterých jsou jednotlivé cívky dle potřeby zapojovány a na které přivádíme napájecí napětí.

V magnetickém obvodu rotoru jsou také vytvořeny drážky, ve kterých je vloženo rotorové vinutí. Nejčastěji používané je takzvané klecové vinutí, kde v drážkách rotoru je uloženo vinutí z hliníku, mědi nebo ve speciálních případech z měděných slitin (bronz, mosaz), které tvoří holé tyče, na čelech rotoru spojené vodivými kruhy. U malých motorů se toto

vinutí zhotovuje metodou tlakového lití. Rotor se zavře do formy a přímo se do něj odlije vinutí, které je na čelech spojeno vodivými kruhy z téhož materiálu a současně se na čelech odlijí i nálitky, které slouží jako lopatky ventilátoru a další, na které se umísťují vyvažovací závaží.



Obrázek 10

U velkých strojů jsou v drážkách rotoru vloženy měděné tyče, které jsou na čelech zapájeny (technickým stříbrem) do spojovacích kruhů. Motory s takto provedeným vinutím rotoru se také nazývají motory s kotvou nakrátko.



Obrázek 11

Drážky, ve kterých je vinutí uloženo, jsou většinou polouzavřené a jsou různých tvarů dle konstrukce a použití motoru. Tvar drážek a materiál vinutí má vliv na točivý a záběrný moment v závislosti na rychlosti otáčení. Chceme-li, aby měl motor s klecovým vinutím větší záběrný moment, zhotovíme jeho klec z materiálu s větším měrným odporem (mosaz, bronz)



nebo zeslabíme či střídavě prořežeme spojovací kruhy, ale musíme dbát na to, aby nedošlo k přerušení obvodu rotoru. U motorů s takto provedenou klecí dosahujeme mnohem většího záběrného momentu, ale motor má zhoršenou účinnost. Z tohoto důvodu se motory v tomto provedení používají jen v případech, kdy je nutno mít co největší záběrný moment, ale motor běží jen krátkodobě (například výtahy, jeřáby).

Další variantou je motor s tzv. **kroužkovou kotvou**. U tohoto motoru je v drážkách rotoru uloženo třífázové vinutí, které je shodného typu jako u statoru, které má také shodný počet pólů, ale obvykle se liší doporučeným počtem drážek, což zlepšuje vlastnosti motoru. Tvar, jaký mají drážky, konstrukce cívek vinutí a jejich uchycení klínky v drážkách, je stejný jako u statoru. Ve většině případů je vinutí rotoru spojené do hvězdy, konce vinutí jsou vyvedeny na tři sběrací kroužky a z nich přes sběrací ústrojí (kartáče) na svorky rotorové svorkovnice.



Obrázek 12

Z této svorkovnice převádíme rotorový proud do zařízení na regulaci chodu motoru. Ve většině případů se kartáče používají pouze při rozběhu a po dosažení jmenovitých otáček je pomocí tzv. odklápeče kartáčů odpojíme a místo nich propojíme vinutí „do krátka“ a motor se chová jako třífázový asynchronní motor s kotvou nakrátko. V případě, že chceme otáčky motoru průběžně regulovat, zůstávají kartáče trvale v kontaktu s kroužky motoru a vnějšími obvody měníme odpor vinutí a tím regulujeme rychlost otáčení. U tohoto typu motorů se snažíme udělat vzduchovou mezeru mezi rotorem a státorem co nejmenší (cca. 1desetinu milimetru) a u velkých strojů maximálně na 1 % průměru vrtání (průměr dutiny statoru). Důvodem pro takto přesnou výrobu je snížení magnetizačního proudu. Takto přesná výroba je nákladná a dosažené hodnoty závisí na konstrukci a možnostech výrobce.

## 2. 3. Rozdělení z hlediska napájení a vnitřního zapojení

Vinutí statoru se skládá z cívek, které jsou rozděleny do jednotlivých drážek, jejich začátky a konce jsou vyvedeny na svorkovnici a označeny písmeny. Začátky cívek jsou označeny  $U_1, V_1, W_1$ , konce cívek  $U_2, V_2, W_2$  a tyto vývody jsou upevněny na svorkách. Tyto jednotlivé cívkové je nutno ještě mezi sebou propojit, jinak by motor po připojení napětí nepracoval.

U třífázového asynchronního motoru je možné zapojit vinutí dvěma způsoby. Pokud spojíme



Obrázek 13

jednu stranu všech vinutí do společného uzlu a na zbývající vývody připojíme napájecí napětí, je statorové vinutí zapojeno tzv. „do hvězdy“, toto zapojení značíme Y.

Druhou možností je spojit vždy začátek vinutí s koncem předchozího a na tyto uzly následně přivádíme napájecí napětí. V tomto případě je motor zapojen tzv. „do trojúhelníka“. Toto zapojení značíme „D“.



Obrázek 14

Samotné propojení provádíme buď přímo na statorové svorkovnici, na které zapojujeme kovové propojky, které jsou součástí motoru, dodávanou výrobcem, nebo použijeme externí zařízení (přepínač Y/D, stykačová kombinace). Při zapojení vinutí do hvězdy má motor výkon cca.  $1/3$  jmenovitého výkonu a odebírá třetinový proud. Motor s vinutím zapojeným do trojúhelníku má jmenovitý výkon a záběrný moment a odebírá ze sítě jmenovitý proud. Motory určené na provoz v zapojení do trojúhelníku musí mít vinutí dimenzované na jmenovitý proud do trojúhelníku.

Většina malých motorů určených pro drobné domácí a dílenské spotřebiče mají vinutí dimenzované na provoz do hvězdy a zapojením do trojúhelníku by jejich cívkami protékal velký proud a tím by došlo k jejich poškození.

Motory do výkonu cca. 1 kW se také vyrábějí jako jednofázové. Tyto motory mají vždy rotor s klecovým vinutím a stator může mít dvě provedení. V prvním případě je hlavní fáze vinutí

doplněna o vinutí pomocné fáze a motor se rozbíhá jako dvoufázový. Hlavní fáze statorového vinutí (běhové vinutí) je při provozu trvale připojena na napájecí napětí a druhé (rozběhové) vinutí, které je buď stejného provedení, nebo má jiný počet závitů, je připojeno na tutéž fázi, ale přes vhodnou impedanci. Pro rozběh se většinou používá rozběhový kondenzátor, který nám posune fázi o  $90^\circ$  a který má kapacitu zajišťující neoptimálnější záběrný moment. Máme-li pomocnou fázi navinutou z materiálu s větším měrným odporem, připojujeme ji přímo. Pomocnou fázi můžeme připojovat jen po dobu rozběhu nebo je-li na to dimenzována, může být připojena trvale.

Rozběhový kondenzátor by měl mít kapacitu minimálně  $70\mu\text{F}/\text{W}$  výkonu, při napájecím napětí 230V/50Hz. Chceme-li však dosáhnout dostatečného záběrného momentu, musíme použít kondenzátor s kapacitou několikanásobně větší. Pro rozběh používáme většinou elektrolytické kondenzátory.

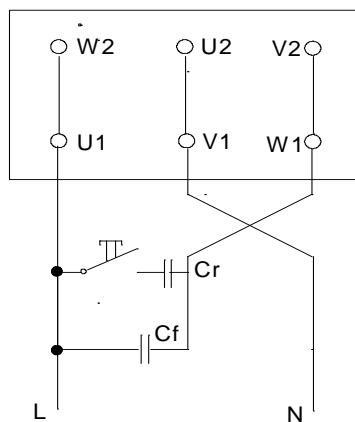
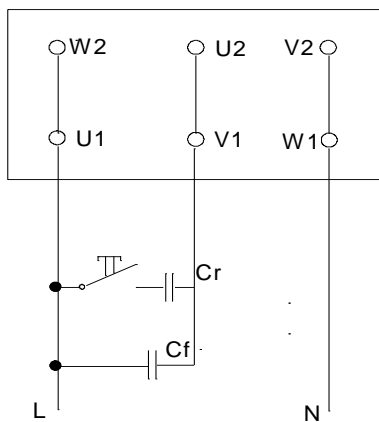
Další možností využití asynchronního motoru pro napájení z jednofázové soustavy je konstrukce s tzv. „stíněnými póly“. Stator těchto motorů má vyniklé póly, které mají na části průřezu každého pólu vytvořený tzv. „závit nakrátko“, který je vyrobený z neizolovaného měděného vodiče. Tento závit na krátko způsobuje zpoždění části magnetického toku protékajícího magnetickým obvodem statoru, a tím vzniká točivé magnetické pole eliptického tvaru. Motor tak vytváří určitý záběrný moment, který je sice malý, ale přesto stačí k rozběhu motoru i s připojenou malou zátěží. Nevýhodou této konstrukce je absence možnosti změny směru otáčení, který je dán umístěním závitu nakrátko (motor se točí vždy na tu stranu, na které je umístěn závit nakrátko). Tyto motory se používají například u malých ventilátorů nebo u oběhových čerpadel, u kterých je připojené zátěž malá a není potřeba měnit směr otáčení.

V případě potřeby je možné připojit i běžný třífázový asynchronní motor na jednofázovou napájecí soustavu a provozovat ho jako jednofázový. Máme-li vinutí statoru zapojené do hvězdy a na vývod jedné cívky připojíme fázi, na druhý vývod připojíme pracovní nulový vodič a na vinutí třetí fáze připojíme tutéž fázi jako na první, ale přes vhodnou impedanci. Motor má potom výkon většinou o 20 – 40 % nižší, než je jmenovitý. Použijeme-li třetí fázi jako rozběhovou a za běhu ji necháváme odpojenou, je výkon motoru jen asi 50 % a záběrný moment asi 90 % jmenovitých hodnot třífázového provozu.

### 3 f. as motor s kotvou nakrátko použitý jako jednofázový

Jeden směr otáčení

Opačný směr otáčení



Motor	Kapacita v $\mu\text{F}$	
	Cf	Cr
Příkon (W)		
100 - 200	5 - 17	10 - 80
200 - 300	11 - 25	20 - 100
300 - 500	22 - 42	50 - 200
500 - 750	28 - 60	60 - 300
750 - 1000	45 - 84	90 - 400

Tabulka pro přibližné určení rozběhového a kompenzačního kondenzátoru podle výkonu motoru.

**POZOR! Napětí kondenzátoru musí být 2 x U napájecí. Běžně se používá 450 V, někdy i 400 V.**

Motory také rozdělujeme podle vnějšího konstrukčního provedení statoru, které vybíráme dle konkrétního použití.

### 3. Dimenzování a výběr elektromateriálu, potřebného pro montáž a bezpečný a ekonomický provoz

Ve všech zařízeních, která pro svoji činnost potřebují elektrickou energii (včetně zařízení s elektromotory), používáme materiál nezbytný pro jejich bezchybný a bezpečný provoz, který souhrnně nazýváme elektromateriál. Pod tímto pojmem si můžeme představit vodiče, kabely, pojistky, jističe, stykače a mnoho jiného, U tohoto elektromateriálu nás vždy bude zajímat, zda vyhovuje našim požadavkům pro dané konkrétní zařízení. U každého námi vyráběného nebo připojovaného zařízení, dbáme především na jeho spolehlivý a bezpečný provoz, a proto musíme použitý elektromateriál pečlivě vybrat (dimenzovat). Při výběru materiálu posuzujeme z různých hledisek, a to jsou především jmenovitá hodnota napětí, na jaké je stroj připojen, proud, jaký zařízením protéká (u motorů je třeba brát v potaz rozběhový proud), prostředí, ve kterém je provozováno, a to včetně rizika mechanického poškození a ostatních vnějších vlivů. V každém případě je nutno dbát především na **bezpečný provoz**, a to jak po stránce nebezpečí úrazu el. proudem tak po stránce požárních předpisů. Dalším důležitým hlediskem je samozřejmě spolehlivost a v neposlední řadě i ceny použitého materiálu.

Jednou z možností (pro montéra tou nejjednodušší) je výběr materiálu dle projektové dokumentace. V případě, že tuto dokumentaci nemáme k dispozici, můžeme vybrat materiál podle údajů uvedených na štítku stroje (motoru). Další možností je, jedná-li se o starší zařízení nebo motor, u kterého je například část štítku poškozená nebo nečitelná, výběr podle hodnot získaných měření provozních hodnot přímo na daném zařízení.

### 3. 1. Dimenzování dle štítkových hodnot

Každé elektrické zařízení musí mít výrobní štítek. U motoru se tomuto štítku říká **výkonnostní štítek** stroje. Tento štítek je velmi důležitý a měl by být vyroben tak, aby uvedené údaje byly čitelné po celou dobu životnosti stroje

**.Asynchronní stroje mají na štítku uvedeny tyto údaje:**

Druh stroje – as. motor nebo as. generátor na štítku je uvedena značka MOT. nebo GEN.

Druh proudu – např. třífázový, jednofázový a je uveden značkou 3~, 1~

Jmenovitý výkon v kW

Jmenovité napětí statoru ve V ( u vícefázových motorů síťové napětí)

Jmenovitý proud statoru v A (u vícefázových motorů síťový proud)

Jmenovitý kmitočet v Hz

Spojení fází statoru – uvádí se značkou Y, D

Provedení rotorového vinutí, např. normální, dvojité, rozptylová klec, vinutý rotor apod. - uvádí se značkou

Napětí rotoru ve V, rozumí se napětí na vinutí stojícího rotoru (jen u kroužkových motorů)

Proud rotoru v A – proud při jmenovitém výkonu (jen u kroužkových motorů)

Spojení fází rotoru – uvádí se značkou Y, D (jen u kroužkových motorů)

Jmenovité otáčky v  $\text{min}^{-1}$

Jmenovitý účinník

Poměrný moment zvratu

Nejmenší rozběhový moment motoru

Druh zatížení, např. trvalé zatížení, krátkodobý chod aj. - uvádí se značkou

Tvar stroje, např. motor patkový – uvádí se značkou

Stupeň krytí stroje před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích těles a vody -uvádí se značkou

Druh chlazení stroje – uvádí se značkou, která udává druh chladícího média a způsob chlazení

Druh pracovního prostředí, ve kterém může stroj pracovat – uvádí se značkou, a to jen tehdy, je-li jiné než obyčejné

Třída izolace vinutí

Dále je na štítku uveden název výrobce a jeho sídlo, rok výroby, typ a výrobní číslo motoru, hmotnost stroje bez příslušenství, číslo normy, podle které byl stroj vyroben a popř. i některé údaje.



Obrázek 15

Na výkonnostních štítcích motoru nebo na zvláštním štítku v blízkosti volného konce hřídele se uvádí značkou směr (smysl) otáčení rotoru, ale to jen v případě, že je stroj určen jen k provozu v jednom směru, a je-li změna smyslu otáčení podmíněna konstrukčními úpravami (např. výměnou ventilátoru). Smysl otáčení rotoru je směr, ve kterém vidí pozorovatel otáčet se hřídel při pohledu ze strany pohonu stroje. Například: stroj je pravotočivý, otáčí-li se hřídel při pohledu na stranu pohonu ve smyslu hodinových ručiček a levotočivý naopak.

Výkonnostní štítky motorů musí být v souladu s ČSN 35 00 30. V této normě je uveden i přehled značek a zkratk používaných na výkonnostních štítcích.

Při dimenzování podle štítkových údajů je nutno brát na zřetel především jmenovité hodnoty napětí a proudu (uvedeno na výkonnostním štítku stroje), abychom nepřekročili povolenou proudovou zatížitelnost použitých přístrojů, vodičů a vedení. V tomto případě musíme brát v potaz jmenovitý proud spotřebiče, délku přívodního vedení, způsob uložení vedení a u motorů též rozběhový proud a dobu rozběhu motorů.

### 3. 2. Dimenzování dle naměřených hodnot

Jako další možnost pro výběr vhodného elektromateriálu, kterou můžeme využít především při úpravách staršího zařízení, je výběr podle naměřených hodnot (většinou se jedná o zjišťování proudu protékajícího obvodem). V tomto případě použijeme ampérmetr zapojený do série s měřeným spotřebičem – viz. kapitola měření. Pro měření proudu v běžné praxi používáme častěji klešťový ampérmetr, jehož kleštiny pouze navlečeme okolo měřeného vodiče a z přístroje odečteme proud protékající vodičem - viz. kapitola měření. Při měření třífázového spotřebiče je nutno měřit každý fázový vodič zvlášť abychom zjistili, jestli mezi jednotlivými proudy není velký rozdíl, což by, obzvláště u motoru, mohlo poukazovat na jeho poškození. I při měření jednofázového spotřebiče je nutno měřit zvlášť proud protékající fázovým vodičem a proud protékající pracovním nulovým vodičem. Dále můžeme na spotřebiči měřit napětí, které zjistíme voltmetrem, zapojeným paralelně k napájení.

Další viz. kapitola 7. měření.

Z takto získaných hodnot můžeme přímo určit, na jaké hodnoty napětí a proudu musíme použité přístroje a vodiče dimenzovat nebo je můžeme zjistit výpočtem z hodnot uvedených na štítku stroje.

Při výpočtu hodnot nás bude především zajímat proud, který bude protékat obvodem.

Ten zjistíme výpočtem pomocí vzorce

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3} \quad P - \text{výkon motoru ve wattech (W)}$$

z toho vyplývá, že  $I$  – proud protékající motorem (A),  $U$  – napětí sítě (V)

$$I = P / U \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}$$

$\cos\varphi$  – účinník

$\sqrt{3}$  – počítá se pouze v případě, že uvedené zařízení má 3fázový přívod 3 x 400V

Pomocí tohoto vzorce dosazením jmenovitých hodnot uvedených na štítku vypočítáme proud motoru a z něj můžeme vycházet při výběru elektromateriálu. U zařízení s motory je ovšem nutno vzít v úvahu i rozběhový proud motoru, který je tři až sedmi-násobek jmenovité hodnoty proudu, to závisí na konstrukci a zatížení motoru. Dle ČSN 35 0300 „Asynchronní motory“ nesmí mít záběrný proud při jmenovitém napětí a jmenovitém kmitočtu větší než 7.5 násobek jmenovitého proudu.



Dalším hlediskem pro výběr potřebného materiálu je například riziko poškození vlivem mechanického namáhání, vibrací, vysokých teplot, agresivního prostředí nebo různými kombinacemi těchto vlivů. Například v případě rizika mechanického poškození používáme zvýšenou ochranu pomocí kovových nebo plastových trubek a hadic, při vibracích používáme slané vodiče, které používáme též u pohyblivých přívodů. Hrozí-li nebezpečí vlivem vyšších teplot, používáme vodiče a kabely s gumovou izolací a v případě vysokých teplot izolaci silikonovou, která má ovšem nižší mechanickou pevnost. Dalším rizikem může být možnost poškození hmyzem nebo zvířaty (například u zařízení určených pro provoz v tropických oblastech) a v těchto případech se musí na zařízení provést celý soubor opatření, kterému se říká tropikalizace, které zahrnuje nejen ochranu mechanickou, ale i například speciální nátěry nebo jiné povrchové úpravy (např. pokovení součástí apod.) z důvodu vysoké vlhkosti nebo např. možnosti kontaktu s mořskou vodou a další. Další variantou mohou být zařízení určená pro provoz ve vlhkém prostředí nebo dokonce zařízení částečně nebo trvale zaplavovaná vodou nebo určená pro práci ve vodě. U těchto zařízení je nutné, aby uvedené zařízení bylo vodotěsné a pro snížení rizika úrazu elektrickým proudem, pokud je to možné, můžeme zařízení provozovat na bezpečné malé napětí (akumulátory, zdroje SELV). Ve všech těchto případech je nutno, aby dané zařízení mělo dostatečné krytí, které se značí písmeny IP s dvojčíslicí a dodatkovými písmeny (IPxx), kde první písmeno značí ochranu před vniknutím cizích těles (podle stupně ochrany až na zařízení prachotěsné) a druhá číslice značí ochranu před vniknutím vody (podle stupně ochrany až na zařízení vodotěsné). Dodatková písmena značí například povrchovou úpravu apod.

Všechna tato rizika a z nich vyplývající opatření musí být uvedena v příložené projektové dokumentaci.

#### **4. Materiál a přístroje potřebné pro připojování a provoz elektromotorů a zařízení s elektromotory**

Po zjištění podkladů pro výběr elektromateriálu můžeme konečně přistoupit k výběru konkrétních vodičů, kabelů a přístrojů, potřebných pro montáž a bezpečný provoz zařízení.

## 4. 1. Vodiče a kabely

Pod pojmem vodič si představujeme měděný nebo hliníkový drát, který je obalený izolací a je určený k vedení proudu. Vodič může být samozřejmě i z jiného materiálu (v podstatě z jakéhokoli materiálu, který má nějakou elektrickou vodivost) a nejen z mědi nebo hliníku, ale používají se například troleje pro přívody k jeřábům nebo dílenským kolejovým vozíkům z ocelových profilů apod. V běžné praxi se ovšem používají vodiče z Al a Cu drátu nebo slané vodiče, které mají jádro složené z tenkých Cu drátků a které se používají např. pro pohyblivé přívody. Jednotlivé vodiče se rozlišují podle materiálu jádra a dále podle materiálu izolace. Izolace může být například z PVC, gumy, silikonu a dalších materiálů s vhodnými izolačními schopnostmi. Samostatné vodiče se používají například k vnitřnímu propojování přístrojů v rozvaděčích nebo strojích a k rozvodům ve strojích (například propojení stroje s ovládacím pultem apod.). V rozvaděčích jsou vodiče nataženy samostatně nebo ve svazcích či lištách a rozvody po strojích musí být chráněny před mechanickým poškozením ochrannými trubkami a hadicemi.

Pro přívodní vedení a rozvody mimo stroj používáme svazek několika izolovaných žil ve společném obložení (plášti), kterým říkáme kabel



Obrázek 16



Obrázek 17

nebo (u slané vodičů) šňůra. Kabely a šňůry mají vnější izolaci, kterou je sníženo riziko úrazu el. proudem a mají též větší mechanickou odolnost. Izolační a mechanické vlastnosti vnějšího pláště závisí na materiálu, ze kterého je tento plášť vyroben. Ten může být vyroben ze stejného materiálu jako izolace žil, nebo může být použit jiný materiál. Používá se například polyvinylchlorid (PVC), kaučukový vulkanizát (guma), silikon a další. Například kabely, které se používají jako závěsné nebo vlečné, mají v sobě vložené ocelové lanko. To neslouží k vedení proudu, ale pouze zabraňuje poškození tahem.

Kabelů a šňůr se vyrábí obrovská škála druhů v různých provedeních s různými druhy izolací a v typové řadě průřezů.

- **Pozor u vodičů se neuvádí průměr, ale průřez v mm<sup>2</sup>.**

Podle materiálu vodiče, průřezu, délky a způsobu uložení můžeme v Elektrotechnických tabulkách najít proudovou zatížitelnost kabelů a vodičů.

- Při ukládání silových kabelů (zvláště vysokonapěťových) do společných kanálů s kabely sdělovací nebo výpočetní techniky je nutno dodržet mezi těmito kabely dostatečnou vzdálenost. Tyto silové kabely jsou totiž značným zdrojem rušení, které může ohrozit správnou funkci řídicích systémů.
- Také barva izolace jednotlivých žil má vliv na použití vodičů a kabelů. Vodič, který má izolaci v barvě **žlutozelené, musí být** vždy použit pouze jako **ochranný vodič**. Na fázové vodiče se používá barva černá, hnědá nebo šedá a u ovládacích částí obráběcích strojů také červená. Pracovní nulový vodič má barvu světle modrou. Ve stejnosměrné soustavě má kladný vodič barvu rudou a záporný vodič tmavě modrou.

**V určitých případech je možno barvy vodičů přeznačit, ale ochranný vodič se nesmí přeznačovat nikdy.**

Další část, která vychází z druhu použitého vodiče, je zakončování vodičů a jeho montáž na svorky přístrojů.

Pokud použijeme vodič s jádrem z plného materiálu (drát), odstraníme z konce vodiče izolaci a montujeme tento přímo pod šroubové nebo pružinové (např. systém Wago) svorky svorkovnic a přístrojů nebo na nich musíme vyrobit očka. Jsou-li použité vodiče slaněné, musíme na ně před montáží do svorek nalisovat dutinky.



Obrázek 18



Obrázek 19



Obrázek 20



Obrázek 21

Slané vodiče můžeme také zakončovat lisovacími oky, konektory (fastony), vidličkami a dalšími koncovkami dle potřeby. Pro nalisování koncovek je nutno používat patřičné lisovací kleště.



Obrázek 22

Stále častěji se setkáváme se systémem svorek, kde je vodič ke kontaktu přitisknut pružinou. Použitím pružinového systému je teoreticky odstraněno riziko, které je u šroubových svorek,



Obrázek 23



Obrázek 24

a tím je samovolné uvolňování (povolování) šroubových svorek vlivem vibrací nebo tepelné roztažnosti vodičů. Pružina by měla ve svorce zajistit trvalou přitlačnou sílu a tím zabránit uvolnění vodičů. Tento způsob využívá například systém Wago.

## 4. 2. Jistící prvky

Při provozu elektrických zařízení vznikají v el. obvodech z různých příčin nadproudy, narušující nebo dokonce ohrožující jejich spolehlivý provoz. Tyto nadproudy mohou být způsobeny např. přetížením motorů, zapnutím výkonnějšího spotřebiče, přepětím, zkratem a dalším. Tyto nadproudy mají za následek zahřívání vodičů, které poškozuje především izolaci a ohrožuje bezpečnost okolí (úraz, požár, atd.). V případě velkých zkratových proudů vzhledem k jejich dynamickým účinkům mohou tyto proudy ještě mechanicky poškodit nebo i zničit el. vedení a zařízení.

Pro bezpečný provoz tudíž musí být zařízení vybaveno vhodným prvkem, chránícím vedení a spotřebič, který nám zabezpečí jeho odpojení v případě poruchy.

Z tohoto důvodu se el. zařízení osazují pojistkami nebo jističi, které svými parametry odpovídají příslušnému proudovému zatížení, danému výkonem stroje (viz. Kapitola 3).

**Tento způsob ochrany se nazývá Ochrana samočinným odpojením od zdroje.**

Princip této ochrany spočívá v tom, že při spojení dvou živých částí s různým potenciálem (např. mezifázový zkrat) nebo při poškození izolace, které způsobí, že se na neživé části (kostře), připojené na ochranný vodič, objeví napětí, proteče obvodem takový proud, který způsobí vypnutí jisticího prvku v předepsané době.

Aby byla zajištěna spolehlivá funkce ochrany samočinným odpojením od zdroje, je nutno dodržet **impedanci vypínací smyčky** (odpor obvodu, který se uzavře při poruše). Impedanci smyčky zjistíme měřením při revizi daného elektrického zařízení a dále výpočtem ze vzorce

$$Z_s \leq U_f / I_a$$

**Z<sub>s</sub>** – impedance vypínací smyčky

**U<sub>f</sub>** – napětí fázového vodiče proti zemi (fázové napětí)

**I<sub>a</sub>** – proud, který způsobí vypnutí předřazeného jisticího prvku v předepsané době

Hodnota I<sub>a</sub> je dána charakteristikou jisticího prvku (u jističů např. B,C,D). Tato charakteristika udává, na jakou hodnotu je nastavena zkratová spoušť jističe

B – 3-5násobek hodnoty jmenovitého proudu

C - 6-9násobek hodnoty jmenovitého proudu

D - 12-16násobek hodnoty jmenovitého proudu

**Příklad:** U světelného obvodu jištěného jističem 10A s proudovou charakteristikou B vypočítej impedanci vypínací smyčky.

$$U_f = 230 \text{ V } Z_s \leq U_f / I_n = 230 / 50 = 4,6 \text{ } \Omega$$

$$I_a = 5 \times I_n = 5 \times 10 = 50 \text{ A}$$

$$Z_s = ?$$

Impedance světelného obvodu musí být menší nebo rovna 4,6  $\Omega$ .

Při projekční činnosti je nutné hodnotu  $I_a$  násobit koeficientem 1,25.

Revizní technici hodnotu  $I_a$  násobí koeficientem 1,5

**Živá část** – ta část stroje, která je přímo určena k vedení proudu (např. vodiče, kontakty atd.)

**Neživá část**- ta část stroje, která není přímo určena k vedení proudu, ale při poruše se na ní může objevit vyšší než povolené dotykové napětí (např. kostra nebo kryt). Další funkcí pojistek a jističů je ochrana vedení a obvodů před nadproudem vzniklým přetížením. Při dimenzování jištění je tudíž nutno určit, jestli budeme jistit zařízení proti přetížení nebo jen proti zkratu.

**Při návrhu jištění je nutno zajistit selektivitu jištění.** To znamená, že jistící přístroj, který je blíže k místu poruchy musí vypnout dřív než jistící prvek vzdálenější. Je tedy nutno odstupňovat jistící prvky podle jmenovitých hodnot proudu. Při výběru je nutno porovnávat vypínací charakteristiky jistících prvků (tyto charakteristiky uvádí výrobce).

**Jistící přístroje se zařazují na začátek vedení ve směru od zdroje, dále v místě, kde se mění průřez vedení nebo se zmenšuje dovolené zatížení vodiče.**

## Pojistky

Pojistky vypínají malé nadproudy způsobené přetížením v poměrně dlouhém čase, ale nadproudy vzniklé zkratem naopak velmi rychle a mohou tím částečně i snížit velikost zkratových proudů.

U pojistek tento proud způsobí přepálení tavného drátku ve vložce pojistky a u jističe zareaguje indukční spoušť, jistič vypne a vadný obvod nebo zařízení se odpojí od zdroje. Při jištění motorů pojistkami se vystavujeme riziku, že v případě jednopólového zkratu (fáze proti kostře) se odpojí jen vadná fáze a může dojít k nesymetrickému zatížení cívek motoru, čímž může dojít k poškození motoru. Je tedy nutné do obvodu motoru zařadit vhodné nadproudé relé.

### Pojistky se rozdělují podle konstrukce na:

- Přístrojové skleněné o rozměrech 5 x 20 a 6.3 x 32
- Závítové
- Válcové vložky typ PV
- Válcové pro jištění polovodičů
- Pro jištění polovodičů typ P5
- Výkonové nožové typ PN a PHN



Obrázek 25



Obrázek 26



Obrázek 27





Obrázek 28



Obrázek 29

Mezi nejčastěji používané typy pojistek patří pojistky přístrojové, závitové a nožové.

**Přístrojová pojistka** - je vlastně skleněná trubička, která má na koncích nalisované kovové kloboučky (kontakty), které jsou navzájem propojeny tenkým tavným drátkem, dimenzovaným na potřebnou proudovou hodnotu. Tato hodnota je vyražena na boku kovového kontaktu, spolu s max. napětím, na jaké je pojistka konstruována. Tyto pojistky se vyrábějí v obrovské škále proudových hodnot v řádech od miliampér až po desítky ampér. Přístrojové pojistky se vkládají do držáků (patic), které se vyrábějí v různých provedeních určených např. k montáži do otvoru v krytu (šroubovací nebo na bajonet), držáky k připájení přímo na desku plošného spoje, držáky upevněné přímo na vodiči (viz. autorádia) a další.

**Závitová pojistka** se skládá z pojistkového spodku s krytem nebo bez krytu,



Obrázek 30



Obrázek 31



Obrázek 32



Obrázek 33

pojistkové hlavice, pojistkové vložky (patrony) a vymežovacího kroužku, který zabraňuje použití poj. vložky vyšší hodnoty, než na jakou je zařízení dimenzováno.

Samotná pojistková patrona je dutý porcelánový váleček se dvěma kovovými čepičkami (kontakty), které jsou propojeny tavným drátkem nebo plíškem, dále je pojistka vybavena kontrolním terčíkem s pružinkou, který při přetavení pojistky odskočí a tím signalizuje poruchu. Tavný drátek je dimenzovaný na určité (jmenovité) proudové zatížení. Zkratový proud je ovšem mnohonásobně vyšší než jmenovitý a tento drátek přetaví. Dutina pojistkové

vložky je vyplněna křemičitým pískem, který nám slouží jako zhášedlo el. oblouku a brání materiálu tavného drátku (nebo plíšku), aby se při zkratu nenapařil na vnitřní stěnu pojistky. Tím by se totiž mohla vytvořit vodivá cesta, kterou by stále protékal zkratový proud a mohlo by dojít k poškození nebo zničení zařízení. Pojistkové vložky se vyrábějí v celé typové řadě proudových hodnot, která je vyznačena na horním kontaktu pojistky a má přiřazenu také svoji barvu, kterou je označený kontrolní terčík pojistky.

### Barevné značení závitových pojistek

2 – růžová; 20 - modrá

4 – hnědá; 25 – žlutá

6 – zelená; 35 – černá

10 – červená; 50 – bílá

16 – šedá; 63 – měděná                              další (větší hodnoty se používají jen výjimečně)

Toto barevné značení nám usnadňuje a urychluje rozeznávání proudových hodnot při výměně přetavených pojistek. Další označení může být vytištěno na boku pojistkové patrony. Může tam být vyznačen výrobce, jm. napětí, jm. proud. Dále tam je vyznačeno, je-li pojistka určena pro jištění motorů. Tyto pojistky mají na boku vytištěno buď písmeno T, symbol šneka nebo symbol klínu. Pojistkové spodky se vyrábějí se závity o třech velikostech, které se značí E16, E27 a E33 a také jako otřesuvzdorné E27 a E33.

U závitových pojistek se musí přívodní vodič připojovat vždy na vnitřní kontakt pojistkového spodku. Je to nutné z bezpečnostních důvodů. Pokud by byl přívodní vodič připojen na závit, mohl by se pracovník provádějící opravu nechtěně dotknout živé části pod napětím.

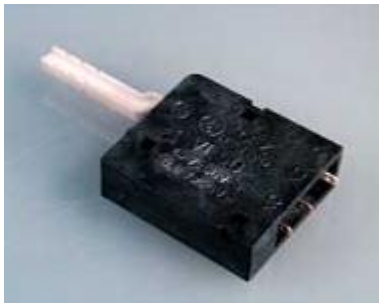
**Nožové pojistky** – se skládají z pojistkového spodku vyrobeného z porcelánu nebo ze sklem vyztuženého polyesteru, který má na sobě dvě kleštiny, do kterých se zasouvá samotná pojistka.



Obrázek 35



Obrázek 34



Obrázek 36



Obrázek 37

Tělo nožové pojistky tvoří porcelánový kvádr, který má na čelech přišroubovány dvě kovové destičky s kontakty, které svým tvarem připomínají čepel nože (odtud nožové pojistky). Tato čela jsou propojena tavným drátkem nebo plíškem a tělo pojistky je vyplněno křemičitým pískem (zhášedlo oblouku). Tyto pojistky se také vyrábějí v určité typové řadě a podle jmenovitého proudu se liší také velikostí (typ PN a PHN). Nožové pojistky se většinou používají k jištění zařízení větších výkonů. Jejich proudová hodnota je vytištěna na horní straně těla pojistky. Nožové pojistky nemají signalizační terčík, ale praporek, umístěný na horním čele pojistky, který se při přetavení napřímí. V případě potřeby dálkové signalizace je možno osadit nožové pojistky návěštním kontaktem. K výměně přetavených nožových pojistek používáme speciální pojistkové držadlo (žehličku), která se nasune na výstupky na kovových čelech pojistky a kterým se pojistka vytrhne z pojistkového spodku. Na ochranu před nechtěným dotykem s částí s jiným potenciálem (sousední fáze, kostra) a následným zkratem se pojistkové spodky nebo držadla pojistek osazují plastovými štítky, které kryjí boky pojistek.

V současné době se stále častěji používají tzv. **pojistkové odpínače**. Je to konstrukční prvek se třemi pojistkovými spodky, vestavěnými v samostatném malém plastovém rozvaděči. Do víka tohoto rozvaděče se nasunou nožové pojistky a jeho zavřením se pojistky zarazí do kleštin pojistkových spodků. Tyto pojistkové odpínače se vyrábějí jak na nožové pojistky i na válcové pojistky typu PV.



Obrázek 38



Obrázek 39



Obrázek 40

Výhodou tohoto systému je fakt, že otevřením odpínače se vysunou všechny pojistky a celé zařízení je okamžitě bez napětí. Je tím zvýšena bezpečnost při manipulaci s pojistkami, celé zařízení je kompaktní a zabírá méně místa.

**Výměnu a manipulaci s pojistkami provádíme *zásadně bez zatížení*.**

**Přetavené pojistkové vložky jsou již dále nepoužitelné a v žádném případě *se nesmí opravovat*.**

## Jističe

Stejnou funkci jako pojistky plní v elektrických zařízeních jističe. Jsou to zařízení, která chrání elektrická vedení a zařízení před negativními účinky zkratových proudů a před přetížením.

Pojistky, popsané v předchozí kapitole, chrání zařízení takřka výhradně před zkraty. U jističů je navíc zdokonalena funkce ochrany proti přetížení.



Obrázek 41

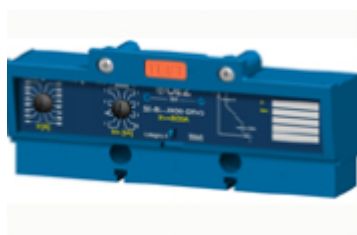


Obrázek 42



Obrázek 43

Jističe se vyrábějí pro jednofázový rozvod, a pro třífázový rozvod a to v provedení jednopólovém a dvoupólovém nebo v provedení trojpólovém a čtyřpólovém. U dvoj a čtyř pólového provedení se kromě fázových vodičů vypíná i nulový vodič.



Obrázek 44



Obrázek 45

Uvnitř jističe jsou v podstatě dvě spouště, jedna indukční a jedna tepelná. Indukční spoušť je v podstatě cívka, která se při průchodu elektrického proudu zachová jako elektromagnet, který vtáhne kovové jádro, tím se uvolní spoušť jističe a ten vypne. Tato spoušť reaguje pouze na zkratové proudy.

Tepelná spoušť má za úkol chránit vedení a zařízení před negativními účinky přetížení. Při přetížení protéká obvodem vyšší než jmenovitý proud, který je podstatně nižší než zkratový, ale trvá podstatně delší dobu. Při průchodu proudem vodičem se materiál vodiče zahřívá. To způsobuje nedovolené oteplení kabelů, které vede k poškození izolace. Na principu zahřívání materiálu při průchodu proudem funguje tepelná (nadproudá) spoušť. Tato spoušť je tvořena plíškem z dvojkovu (bimetalu), vyrobeným slisováním dvou kovů s různou tepelnou roztažností. Tento plíšek se průchodem většího než nastaveného proudem zahřeje, následně se prohne a tím uvolní kontakty jističe a ten rozpojí chráněný obvod. Pokud u jističe zareaguje tepelná spoušť, musíme před jeho opětovným zapnutím vyčkat, dokud bimetal nevychladne.

Další důležitou částí jističe jsou právě silové kontakty. Tyto kontakty se skládají z jednoho pevného a z jednoho pohyblivého kontaktu. Jsou dimenzovány nejen na přenášení běžných provozních proudů, ale musí být schopny vypínat i zkratové proudy. Svoji konstrukcí jsou tyto kontakty uzpůsobeny k tzv. mžikovému rozpínání. Při rozepínání zkratových proudů (a nejen zkratových) se totiž mezi kontakty rozhoří elektrický oblouk, který má vysokou teplotu. Tento oblouk způsobuje opalování kontaktů a následně snižuje životnost jističe. Kontakty jsou proto rozepínány předepjatými pružinami, čímž dojde ke zkrácení doby hoření oblouku. Z téhož důvodu jsou na silových kontaktech jističů osazeny zhašecí komůrky, které



Obrázek 46

zvětšují protahují délku elektrického oblouku, a tím dochází ke snížení jeho intenzity a urychlení jeho zhasnutí. Doba a intenzita hoření oblouku závisí na velikosti rozepínaného proudem a na jeho druhu. To, jestli se jedná o proud střídavý nebo o stejnosměrný, má významný vliv na průběh zhašení oblouku.

Oblouk vzniklý rozpínáním střídavého proudem se zhasí snáze než oblouk stejnosměrný. Střídavý proud nám totiž v určité části svého průběhu vždy prochází nulou a v tom okamžiku hořící oblouk sám zhasne. Po určitou dobu dochází k jeho opětovnému rozhoření, ale energie

nutná k zapálení tohoto oblouku je větší než energie potřebná k jeho udržení. Se vzrůstající vzdáleností mezi kontakty se stává zapalování oblouku stále obtížnějším, až dojde k jeho zhasnutí.

Daleko obtížněji se zhasí oblouk vzniklý rozepínáním stejnosměrného proudu. Tento oblouk je totiž stabilní a hoří se stále stejnou intenzitou. Při zhasnutí stejnosměrného oblouku musíme uměle prodloužit jeho dráhu tak, až dojde ke snížení jeho intenzity na takovou míru, že oblouk zhasne.

U jističů určených pro jištění obvodů malých výkonů jsou kolem kontaktů namontovány zhasací komůrky, ve kterých jsou umístěny kovové přepážky, na které při rozpínání oblouk přeskočí a tím dojde prodloužení jeho dráhy až za hranici zapalovacích schopností oblouku.

U zařízení s velkými výkony se používají jisticí a spínací prvky, které ke zhasnutí oblouku používají například vyfukování oblouku stlačeným vzduchem nebo jsou uzavřeny v nádobě naplněné nehořlavým izolačním olejem nebo plynem (SF<sub>6</sub>).

Výhodou jističů je skutečnost, že při poruše dojde k odpojení všech fází vadného obvodu a tím k zabránění nesymetrického zatížení fází, což hrozí u obvodů jištěných pojistkami. Další výhodou je fakt, že po odstranění závady jistič opakovaně použijeme, kdežto pojistka se musí vyměnit.

**Pozor, pojistky a jističe nesmí přerušovat ochranný vodič!!!!**

### 4. 3. Nadproudá jistící relé

V obvodech používaných k provozu motorů musíme kromě pojistek a jističů používat i nadproudá (tepelná) jistící relé. Jsou to přístroje určené ochraně elektrických zařízení před účinky nadproudů, vzniklých přetížením. Zařazují se do obvodu stykačových souborů ovládajících motory. Nadproudá relé chrání pouze před účinky nadproudu a je tudíž dále nutno chránit tyto obvody, ale i samotná relé, před negativními účinky zkratových proudů. Pokud by v obvodu nebyly zařazeny pojistky nebo jističe určené k ochraně před zkratem mohly by zkratové proudy poškodit tepelná relé nebo celé zařízení.

Jistící nadproudá relé představují proudově závislou ochranu pracující na principu dvojkovu (bimetalu) viz. proudová spoušť jističe, která svým odporovým článkem způsobí odpojení vadného obvodu. Tato relé se dimenzují na proudovou hodnotu uvedenou na štítku motoru nebo získanou výpočtem. Tato hodnota se uvažuje jako střední a nadproudá relé jsou seřiditelná v rozsahu  $\pm 20\%$  proudu vyznačeného na relé. V případě častých rozběhů nebo reverzací je možné nastavit hodnotu až o 30% větší než jmenovitý proud motoru. Tepelná relé reagují obvykle při dosažení teploty, která odpovídá 105 – 120% nastaveného proudu.

U motorů s velkým výkonem nebo s velmi těžkým rozběhem, kdy obvodem protéká velký proud, je možné připojit tepelná relé přes měřicí transformátory proudu. Tyto transformátory nám vhodným převodem sníží hodnotu proudu na použitelnou úroveň.

V případě, že u motoru při rozběhu přepínáme statorové vinutí hvězda/trojúhelník nebo při regulaci otáček přepínáním počtu pólů, musíme do obvodu osadit nadproudá relé pro každý běh zvlášť a nastavit na nich příslušné hodnoty.



Obrázek 47



Obrázek 48

Tepelná relé je možné montovat přímo pod svorky stykačů nebo je osazujeme samostatně do speciálních patič, které jsou se stykači propojeny pomocí vodičů. Do obvodu motoru se nadproudá relé zařazují takovým způsobem, aby přes jejich silovou část procházel proud



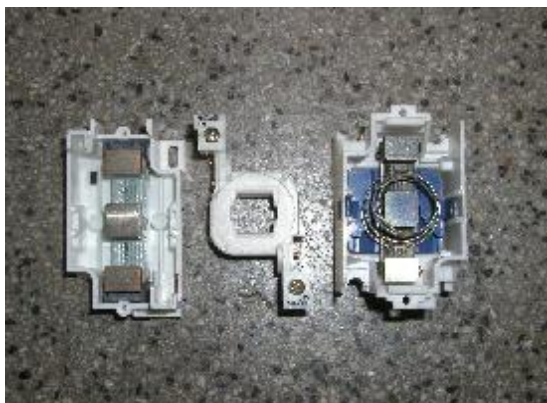
protékající cívkami motoru, který kontrolují. Při překročení nastavené hodnoty relé zareaguje. Relé však nepřeruší silový obvod, ale svým pomocným rozpínacím (v klidu sepnutým) kontaktem rozezne ovládací obvod stykačů. Tyto stykače odpadnou a tím rozeznou přetížený silový obvod.

Na těle nadproudého relé je umístěno regulační kolečko, kterým lze měnit jeho rozsah, tlačítko, které umožňuje manuální vypnutí a tlačítko pro jeho opětné zapnutí po výpadku vyvolaném nadproudem. Tento výpadek je signalizován výstražným praporkem na těle relé nebo signálkou připojenou přes spínací (v klidu rozepnutý) kontakt tepelného relé. Tato kontrolka může být umístěna například na krytu rozvaděče na ovládacím pultu stroje a dalších místech, kde snadno upoutá pozornost obsluhy. U zařízení s více motory tato signalizace urychluje orientaci při odstraňování poruchy. Signalizace může mít různou barvu podle důležitosti obvodu a následně rychlosti odstranění závady.

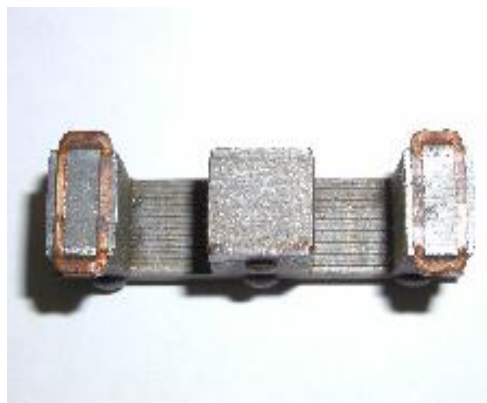
## 4. 4. Stykače

Ke spínání elektrické energie používáme mimo jiné elektromagnetické stykače. Jsou to v podstatě dálkově ovládané elektromagnetické spínače, které nám umožňují spínat pomocí malých proudů a napětí velké proudy a napětí.

Nejdůležitějšími částmi stykače je cívka s pevnou a s pohyblivou částí jádra. Toto jádro má na své pohyblivé části izolovaně uloženy silové a pomocné kontakty. Pevné části (palce) těchto kontaktů jsou uloženy v plastovém těle stykače a jsou zakončeny svorkami. Podle použití mají stykače jeden (jednofázový) nebo tři (třífázový) silové kontakty, které mohou být podle spínaného proudu osazeny zhášecími komůrkami a minimálně jeden pomocný (spínací) kontakt, obvykle jsou ale na stykači dva spínací a dva rozpínací kontakty. Cívka stykače může být napájena libovolně velkým střídavým nebo stejnosměrným napětím. Pokud je napájecí napětí stejnosměrné, je magnetický obvod pouze jádro složené z plechů. Je-li ovšem napájecí napětí střídavé, musí být v magnetickém obvodu tzv. závit nakrátko. Pokud by na jádru tento závit nebyl nebo byl přerušovaný, stykač by neustále kmital rychlostí shodnou s frekvencí napájení. Toto kmitání snižuje přítlačnou sílu na kontaktech a způsobuje, že je stykač hlučný (bručí).



Obrázek 49



Obrázek 50

Závit nakrátko způsobuje zpoždění určité části magnetického toku v jádru stykače a tím zůstane stykač sepnutý i v okamžiku, kdy napájecí napětí prochází nulou.

Pomocné kontakty mohou být osazené přímo na těle stykače nebo v odnímatelné nástavbě, kterou můžeme dodatečně na stykač nasunout. Tyto pomocné kontakty slouží k ovládání, signalizaci a blokování. Pomocné kontakty mají většinou spínací schopnost 10 – 16 ampér



Obrázek 51



Obrázek 52

a není možné je použít na spínání výkonů. Pomocí tlačítek nám stykače následně umožňují motory spouštět, reverzovat, regulovat, brzdit a podobně.

Silové kontakty stykačů slouží ke spínání silového obvodu a je proto nutné, aby byly dimenzovány na proud, který protéká tímto obvodem.



Obrázek 53



Obrázek 54

Podle způsobu zhašení elektrického oblouku se stykače dělí na:

- vzduchové – oblouk se zhaší proudem vzduchu
- olejové – oblouk se zhaší zaplavením olejem (starší konstrukce, používá se pro VN)
- vakuové – ve zhašecí komůrce je vakuum potlačující hoření oblouku (použití pro VN)

a další.

Vzhledem k tomu, že vzduchové stykače mají poměrně malou zkratovou spínací schopnost, je dobré je poněkud předdimenzovat, aby se zvýšila životnost jejich kontaktů a předešlo riziku svaření těchto kontaktů. Nakolik je nutno stykač předdimenzovat závisí na mohutnosti kontaktů, na rychlosti, jakou se při vypnutí kontakty oddalují a dalších konstrukčních vlastnostech stykače, které se liší podle výrobce. Vliv na dimenzování stykače má pochopitelně také konkrétní typ motoru a způsob jeho provozu.

## 4. 5. Tlačítka a ovladače

Pro spouštění a ovládání funkcí se u strojů a zařízení používá ovládání tlačítka a spínači. Používané přístroje můžeme rozdělit do dvou základních skupin na tlačítka vestavná určená k montáži do panelu nebo těla zařízení a tlačítka pro montáž na povrch a pro pohyblivé přívody se samostatnou krabičkou, připojenou kabelem nebo šňůrou.



Obrázek 55



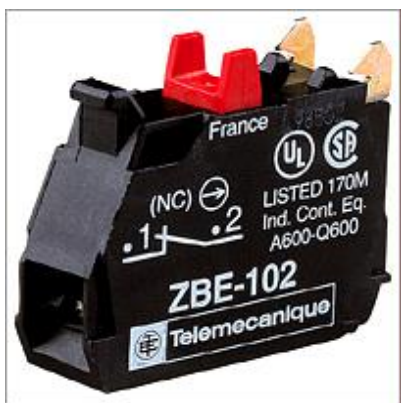
Obrázek 56



Obrázek 57

Ovládací hlavice mohou mít funkci označenou barevně nebo čísly, mohou být uzamykatelná, podsvětlená nebo, plní-li funkci nouzového zastavení, mohou mít tvar hříbku.

Pod ovládací hlavici jsou upevněny spínací jednotky, které mají buď spínací (start) nebo rozpínací (stop) kontakt určené pro zadní nebo čelní montáž. Na spínacích jednotkách jsou šroubové nebo bezšroubové svorky (WAGO) a samotné spínací jednotky lze spolu dle potřeby kombinovat.



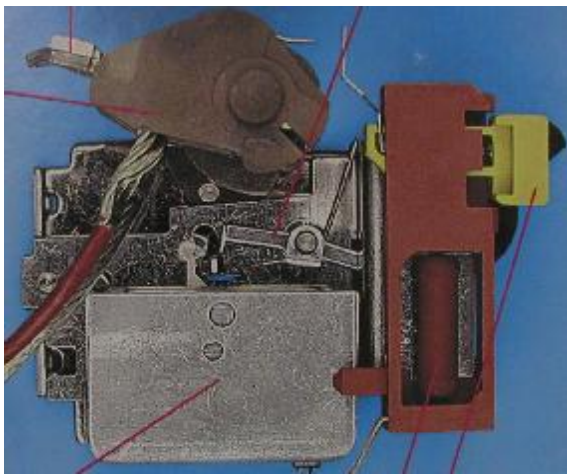
Obrázek 58



Obrázek 59

## 4. 6. Proudové chrániče

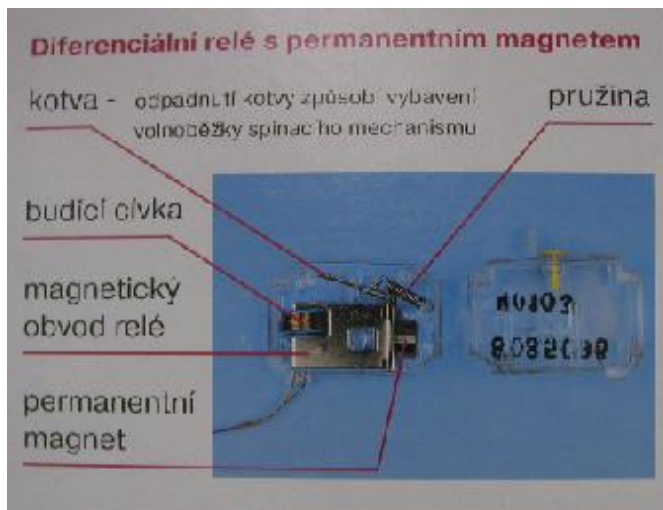
U běžně používaných zařízení je ochrana před nebezpečným dotykem u neživých částí zajištěna samočinným odpojením od zdroje (pojistky, jističe). Je-li však zařízení provozováno v takovém prostředí, že je tato ochrana nedostatečná (prostředí vlhké, zařízení pro použití ve venkovním prostředí) nebo se jedná o prostory s velkým počtem lidí bez elektrotechnické kvalifikace (např. školy), musíme docílit vyššího stupně ochrany. V těchto případech musíme použít kromě ochrany základní (pojistky, jističe) ještě doplňkovou ochranu proudovým chráničem.



Obrázek 60

Proudový chránič je v podstatě součtový transformátor. Tento transformátor má na svém jádru nasazeny dvě (u jednofázového) nebo čtyři (u třífázového) cívky. U jednofázového chrániče protéká jednou cívkou proud procházející fázovým vodičem a druhou cívkou proud protékající nulovým vodičem. Pokud zařízení pracuje správně, jsou oba tyto proudy stejně velké ( $I_f = I_n$ ), ale mají navzájem opačný směr. V tom případě se v magnetickém obvodu neindukuje žádný magnetický tok  $\Phi$ . V případě, že se na kostře zařízení vlivem závady (např. jednofázový zkrat) objeví nebezpečné napětí, začne se část proudu protékajícího fázovým vodičem vracet do uzlu zdroje přes ochranný vodič, který neprochází chráničem. V případě nahodilého dotyku s živou částí se tento obvod uzavře přes lidské tělo na zem a tou se vrací do uzlu zdroje. V ten okamžik je  $I_n < I_f$  a obvod se rozváží. Magnetickým obvodem začne protékat magnetický tok. Na magnetickém jádře chrániče je nasazena ještě sekundární cívka, která je vyvedena na diferenciální (tzv. vybavovací) relé.

Proudový chránič je v podstatě součtový transformátor. Tento transformátor má na svém jádru nasazeny dvě (u jednofázového) nebo čtyři (u třífázového) cívky. U jednofázového chrániče protéká jednou cívkou proud procházející fázovým vodičem a druhou cívkou proud protékající nulovým vodičem. Pokud zařízení pracuje správně, jsou oba tyto proudy stejně velké ( $I_f = I_n$ ), ale mají navzájem opačný směr. V tom případě se v magnetickém obvodu neindukuje žádný magnetický tok  $\Phi$ . V případě,



Obrázek 61

V okamžiku, kdy se obvod rozevře a jádrem začne protékat magnetický tok, začne se ústrojí chrániče chovat jako transformátor. V sekundární cívce se vytvoří tzv. **reziduální proud**, který anuluje přitažlivou sílu permanentního magnetu, a tím uvede do činnosti volnoběžku aretující silové kontakty v zapnutém stavu.

Tato volnoběžka silové kontakty uvolní, a tím se odpojí chráněný obvod.

Doba, která uběhne od vzniku poruchy do odpojení vadného zařízení, je v řádu milisekund.

Pro ověření funkce je proudový chránič vybaven testovacím tlačítkem.

## Proudové chrániče můžeme rozdělit:

- ❖ podle počtu pólů:
  - 2 – pólové



Obrázek 62

- 4 – pólové



Obrázek 63

Dodržíme-li podmínky stanovené výrobcem, je možné čtyřpólový chránič zapojit jako dvoupólový, nebo trojpólový.

- ❖ podle proudového rozsahu:
  - 16 A
  - 25 A
  - 40 A
  - 63 A

Proudová zatížitelnost silových kontaktů.

- ❖ podle velikosti reziduálního proudu:
  - 10 mA
  - 30 mA
  - 100 mA
  - 300 mA
  - 500 mA

Proud potřebný k vybavení proudového chrániče.



- ❖ podle zpoždění:
  - bez zpoždění - pro všeobecné použití
  - se zpožděním min. 10 ms (bouřka)
  - se zpožděním min. 40 ms (selektivní)

Doba, po které proudový chránič zareaguje.

Proudové chrániče mohou být rozděleny ještě podle druhu proudu, na jaké reagují:

- typ AC - citlivý na střídavé rozdílové proudy
- typ A - citlivý na střídavé a pulzující stejnosměrné proudy

Proudové chrániče mohou být z důvodů dálkové kontroly stavu, vybaveny pomocnou spínací jednotkou s jedním spínacím a jedním rozpínacím kontaktem.

Doplňkovou ochranu proudovým chráničem je nutno použít v případech, kdy nám její použití stanovuje norma ČSN 33 2000-4-41 nebo hrozí-li zvýšené nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Používají se proudové chrániče s reziduálním proudem  $\geq 30\text{mA}$ .

## 5. Bezpečnost při práci

### 5. 1. Bezpečnost při montáži a manipulaci s nářadím

Při jakékoli práci na elektrickém zařízení se vystavujeme nebezpečí úrazu. Tato rizika nevznikají pouze v souvislosti s nebezpečím úrazu elektrickým proudem, ale vychází i z možnosti úrazu při manipulaci s nářadím, vodiči a ostatním elektromateriálem. Je především v našem zájmu svým chováním a přístupem k práci těmto rizikům předcházet a dodržováním všeobecných zásad bezpečnosti práce, snížit nebezpečí úrazu na minimum.

Mezi nejčastěji zmiňované zásady patří například zákaz práce pod vlivem alkoholu a jiných návykových látek, nedbalost při používání pracovní obuvi, oděvu a ostatních ochranných pomůcek (ochranné brýle, štítky, helmy, manžety, rukavice apod.). Také porušování různých výstražných tabulek jako například „Nepovolaným vstup zakázán“ a dalších. Dále je nutno zmínit, že je velice nebezpečné začínat jakoukoli práci, se kterou nejsem dostatečně seznámen a u které si nejsem jistý, že jsem ji dostatečně pochopil. Je lepší se dvakrát zeptat, než svojí nevědomostí způsobit škodu nebo úraz. Při práci nikdy nepoužíváme poškozené nářadí, protože tím výrazně zvyšujeme riziko úrazu.

Je nutno si uvědomit, že při jakékoli práci na elektrickém zařízení používáme nástroje, kterými si můžeme způsobit nepříjemná a mnohdy i nebezpečná zranění. Nože používané na odizolování vodičů jsou ostré a při odstraňování izolace mohou kdykoli vyklouznout z řezu. Je tudíž nezbytné nikdy neřezat proti palci nebo proti tělu, neodstraňovat izolaci z kabelu jak se říká „na koleně“ a další běžně praktikované nešvary. Také při dotahování vodičů ve svorkách je nutno netlačit šroubovákem proti dlani, zde hrozí nebezpečí bodnutí. Při práci se štípacími kleštěmi si musíme uvědomit kromě rizika, že se stříhneme do ruky, může dojít k úrazu ještě vymrštěním uštípnutého vodiče nebo odlétnuvším kouskem vodiče. Tím může být zraněna i přihlížející nebo spolupracující osoba. Další riziko vzniká při manipulaci s el. zařízeními (např. motory, rozvaděče, konstrukce a další). Tato zařízení jsou mnohdy objemná a mají značnou hmotnost a mohou nám přivodit např. svým pádem úraz.

## 5. 2. Bezpečnost při zkoušení a provozu

Další samostatnou stránkou je práce na zařízení pod napětím (mezi ně patří např i vypínání, odpojování, nebo výměna pojistek), práce a manipulace s napětím a provádění měření různých elektrických veličin (proud, napětí). Základem při jakékoli práci na elektrickém zařízení je dané zařízení:

- vypnout (vypnout hlavní vypínač nebo jistič a tento pokud možno uzamknout ve vypnutém stavu nebo vyjmout hlavní pojistky a uschovat je na bezpečném místě)
- zajistit
- vyzkoušet (ověřit beznapěťový stav zkoušečkou nebo měřicím přístrojem)
- označit místo vypnutí výstražnou tabulkou „Nezapínej, na zařízení se pracuje“

U zařízení na vysoké napětí (zařízení nad 1000 V) je nutno na všech přívodech ještě osadit zkratovací soupravu.

Při jakékoli činnosti na elektrickém zařízení musíme rozlišit, zda se jedná o soubor prací, které jsou charakterizovány jako **obsluha**:

- tímto termínem označujeme všechny úkony, které jsou spojené s normálním provozem elektrického stroje nebo zařízení. Jsou to například zapínání, vzpínání, regulování, kontrola napětí zkoušečkami, výměna pojistek, čištění zařízení bez sejmutí krytů, běžná provozní měření, která může provádět osoba bez elektrotechnické kvalifikace (například odečítání a zapisování údajů z pevně namontovaných měřicích přístrojů) a další. Takovou práci může běžně provádět obsluha stroje.

Další činnosti označujeme termínem **práce**:

- tímto termínem označujeme například montáž nových zařízení, rozšiřování a rekonstrukci stávajících zařízení, úpravy, opravy, rozebírání zařízení, výměna součástek, oprava zařízení fyzickým zásahem do zařízení, rozpojování, odečítání údajů z přenosných měřicích přístrojů, které se připojují na měřenou část například při odstraněném krytu stroje a další.

Všechny tyto činnosti musí provádět osoba s elektrotechnickým vzděláním, která byla prokazatelně proškolená a přezkoušena z bezpečnostních předpisů (Vyhláška č. 50/1978 Sb) a toto přezkoušení se v předepsaných termínech opakuje.

**Pozor! Veškeré práce na elektrickém zařízení smí sám vykonávat pouze pracovník, který složil zkoušku z vyhlášky č.50/1978 Sb. minimálně § 6 Pracovník znalý s vyšší kvalifikací, nebo vyšší.**

Při jakékoli práci s napětím musíme používat nářadí s izolačními rukojetěmi, které nesmí být poškozeny a musí být zkoušeny minimálně pro použití na dané napětí, popřípadě je nutné použít ještě doplňující ochranné pomůcky, jako například dielektrické rukavice a další.

Pokud jakékoli zařízení zkusíme nebo uvádíme do provozu, je nutné nejprve bezpečně ověřit, že je dané zařízení v bezvadném stavu, a to jak po elektrické, tak po mechanické stránce. Je nutné ověřit jeho izolační stav (proměřit, že zařízení nemá proraženou nebo poškozenou izolaci), že jsou všechny vodiče řádně dotaženy ve svorkách a že jsou opravdu správně zapojeny.

Z mechanického hlediska je nutné ověřit, zda je zařízení dostatečně upevněno, jsou dotažené kryty apod. U točivých strojů se musíme přesvědčit, zda se rotor plynule otáčí, že jsou ložiska v pořádku a jsou dostatečně namazána a na zkoušeném stroji nejsou uvolněné žádné součásti, které by se mohly po zapnutí uvolnit, spadnout, odlétnout apod. Nakonec je nutné zkontrolovat, že jsme nikde nezapomněli položené žádné součásti nebo nářadí a až poté můžeme zařízení připojit pod napětí a odzkoušet.

### 5. 3. Bezpečnost při měření

Na elektrickém zařízení můžeme provádět také různé druhy měření elektrických veličin. Pokud se jedná o odečítání údajů z vestavěných přístrojů, je bezpečnost zajištěna konstrukcí samotného zařízení. Při použití přenosného měřicího přístroje je zejména nutné uvědomit si, na kterých částech zařízení může být nebezpečné dotykové napětí. Měřicí přístroje se snažíme připojovat na měřenou část (pokud je to možné) ve vypnutém stavu a po jejich připojení zařízení uvedeme do provozu a odečteme naměřenou hodnotu. Je-li nutné měřicí přístroj připojovat za provozu, provedeme to s **maximální rozvahou a opatrností**. V případě neopatrnosti nebo zbrklého jednání, může snadno dojít k úrazu nebo můžeme hroty měřicího přístroje způsobit zkrat. Neméně důležitý je **výběr vhodného měřicího přístroje a správná volba měřicího rozsahu**. Měření provádíme jen po nezbytně nutnou dobu, přičemž bereme ohled na případné předepsané omezení doby měření, kterou udává výrobce daného měřicího přístroje. Pokud tato omezení překročíme, hrozí riziko poškození přístroje a následně k možnému úrazu nebo poškození měřeného zařízení.

Rizik, která mohou způsobit úraz, je obrovská řada a jen důsledným dodržováním zásad bezpečnosti práce je možné se vyvarovat úrazu.



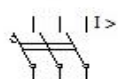













## **6. Schémata a schématické značky**

V této kapitole se budeme věnovat schématům a schématickým značkám používaných u stykačových kombinací ve společném zapojení s třífázovými asynchronními motory.

## 6. 1. Seznámení se schématy a schématickými značkami

Vzhledem k obrovské šíři využití elektrické energie je nutné, z důvodu orientace a pochopení funkce daného zařízení, používat při práci (montáži, opravách, údržbě apod.) jednotné (normalizované) elektrotechnické značky a schémata. Pokud by každý výrobce používal své odlišné značky a schémata, byla by velice ztížená, mnohdy i znemožněná montáž nebo případná oprava elektrického zařízení. Pokud montáž a servis neprovádí výrobce nebo autorizovaná firma, mělo by být montážní, popřípadě i servisní, schéma dodáváno ke každému elektrickému zařízení.

Příklad používaných symbolů a značek

	pojistka s vyznačenou stranou, která zůstane pod napětím
	jednólový jistič
	trojpólový jistič
	tepelný popudový článek nadproudého relé
	cívka přístroje (relé, stykač)
	cívka přístroje se zpožděním při odpadu
	cívka přístroje se zpožděním při přitahu
	trojpólový stykač
	zapínací tlačítko
	vypínací tlačítko
	pomocný zapínací kontakt stykače
	pomocný vypínací kontakt stykače
	zapínací kontakt tepelného nadproudého relé
	vypínací kontakt tepelného nadproudého relé
	zapínací kontakt mezního (koncového) spínače
	vypínací kontakt mezního (koncového) spínače

Všechny elektrotechnické prvky mají, mimo grafického značení, i značení písmeny.

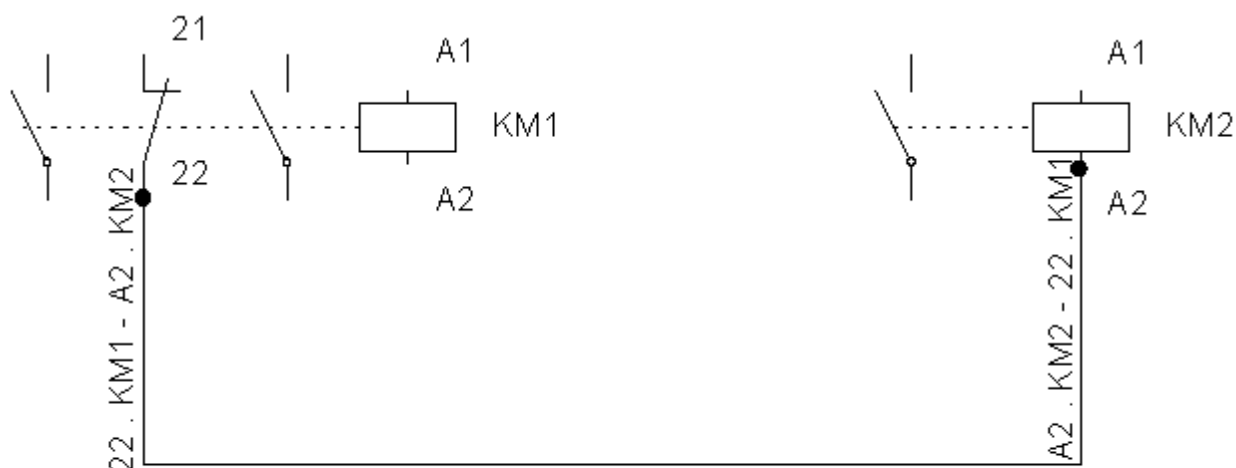
### ***Písmenné značení:***

- SB tlačítka se samočinným návratem
- KT časové relé
- FA proudové ochrany, nadproudá relé
- FU tavné pojistky
- F jistič motorový
- FS jistič vedení
- SQ hlídač polohy (koncový spínač)
- KM stykač
- HL optická signální zařízení (žárovky)
- XT spojovací prvky rozebíratelné nástrojem (svorky, svorkovnice apod.)

Tyto značky jsou jen malá část značek, které se v elektrotechnice používají. V následujících schématech však budeme používat především tyto značky, a je proto třeba si zapamatovat jejich význam. Bez znalosti schematických značek je nemožné porozumět významu schémat.

Pro správné pochopení funkce elektrického zařízení, a abychom byli vůbec toto zařízení schopni vyrobit, připojit, oživit nebo opravit, potřebujeme patřičnou technickou dokumentaci a schéma zapojení. Druhů schémat zapojení je celá řada. Pokud budeme uvedené zařízení vyrábět, nebo pokud se jedná jen o schéma propojení jednotlivých částí zařízení, použijeme takzvané **směrové schéma**.

Příklad směrového značení propojení dvou přístrojů



Směrové schéma určuje jen, z které svorky na kterou svorku je veden vodič a popřípadě jaký vodič máme použít a je vhodné více pro výrobu a montáž.

## Příklad směrového značení propojení dvou svorkovnic

1 . XT1 - 3 . XT2

2 . XT1 - 2 . XT2

3 . XT1 - 1 . XT2

Svorkovnice XT1

1 . XT2 - 3 . XT1

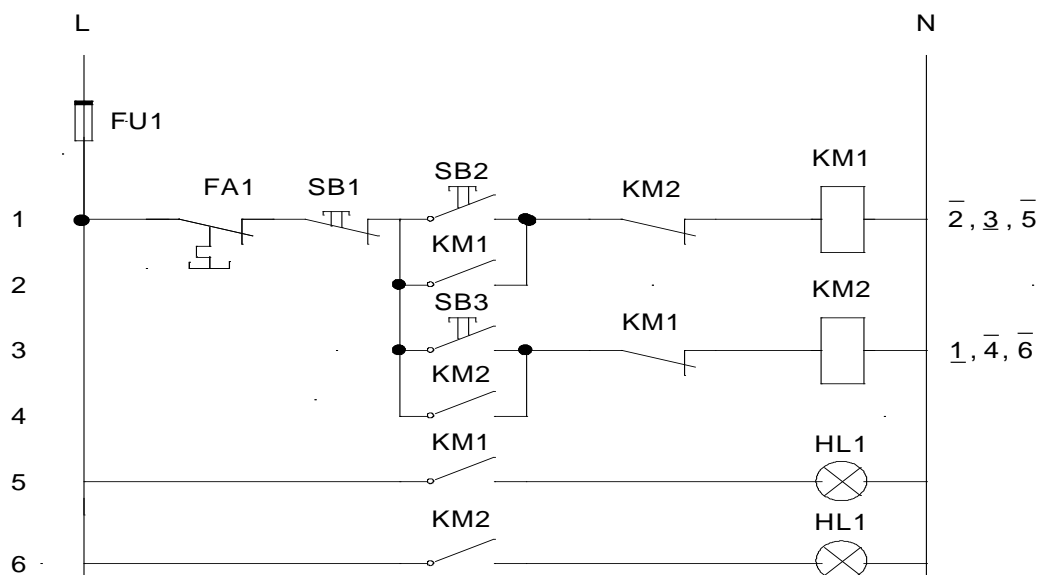
2 . XT2 - 2 . XT1

3 . XT2 - 1 . XT1

Svorkovnice XT2

Pokud chceme pochopit princip činnosti daného zařízení, je vhodnější použít tzv. **řádkové schéma**. V případě řádkového schéma máme celé zařízení rozkresleno do řádek, ve kterých jsou zakresleny jednotlivé kontakty a cívky stykačů, relé, motory, signálky a další části elektroinstalace v daném zařízení a máme zde popsáno, který kontakt ovládá kterou cívku, ve které řádce je tento kontakt umístěn a další značky, umožňující jednoduší orientaci ve schématech.

### Řádkové schéma ovládací části stykačové reverzace



Na tomto schématu je rozkreslená ovládací část stykačové reverzace se signalizací směru otáčení motoru a je jasně patrné řazení součástek do jednotlivých řádek.



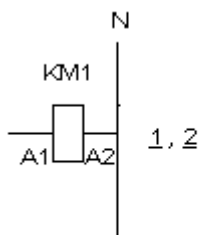
Tyto řádky jsou označeny čísly umístěnými na levé straně schéma.

Číslo

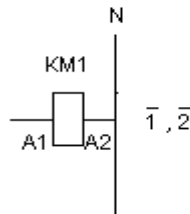


1,2,3, na levé straně schématu značí čísla řádek.

Na pravé straně schéma jsou umístěna čísla, která značí řádky, ve kterých má příslušný stykač nebo relé své pomocné kontakty.

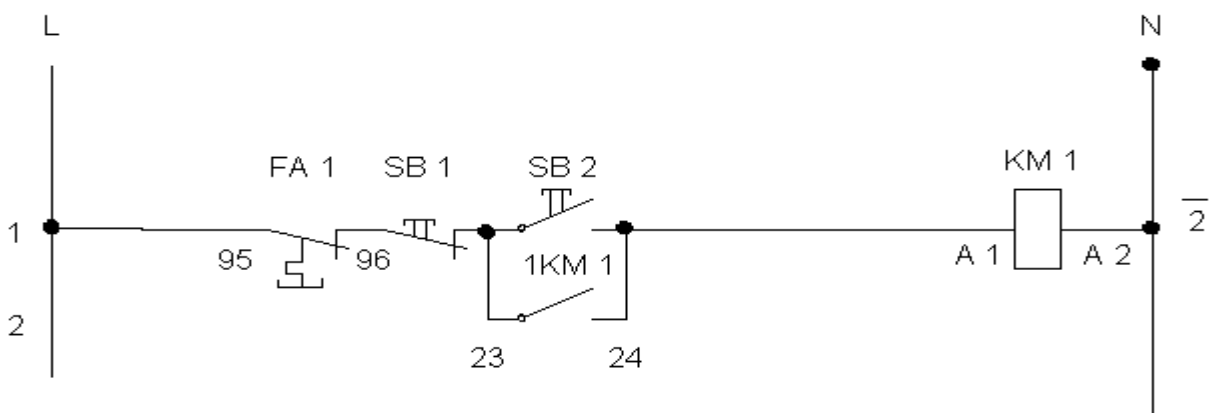


Čárka pod číslem znamená, že v řádce příslušující uvedenému číslu má stykač nebo relé svůj vypínací kontakt.



Čárka nad číslem znamená, že v řádce příslušující uvedenému číslu má stykač nebo relé svůj spínací kontakt.

Tyto značky jsou velice důležité pro orientaci ve schématu. Pokud by ve schématu tyto značky nebyly, bylo by u rozsáhlejšího schéma (např. u dokumentace celého stroje) velice obtížné a zdlouhavé hledat všechny kontakty příslušující danému stykači nebo relé. Pokud je schéma navrženo pro konkrétní přístroje (stykače, relé, jističe, atd.), můžeme do schématu zakreslit i konkrétní čísla kontaktů.



Tato čísla nám opět zjednodušují následnou práci se schématem při výrobě, montáži a opravách zařízení.

## **7. Základní provozní měření na asynchronních motorech a elektrických zařízeních**

Před uvedením elektrických zařízení s motory (a nejen s motory) do provozu je nutno provést několik základních měření, kterými se ujistíme o tom, že můžeme zařízení bezpečně spustit, bez rizika poškození motoru, zařízení nebo přívodního vedení.

## 7. 1. Měření izolačního stavu motoru

Před připojením každého nového nebo opravovaného (záleží na rozsahu opravy) elektrického zařízení k rozvodné síti musíme ověřit, zda má toto zařízení dostatečně kvalitní a nepoškozenou izolaci. Pokud by izolace neměla dostatečnou elektrickou pevnost, nastal by při přivedení napětí na vadnou část zkrat (jedno nebo vícepólový).

U elektrických instalací do 1000 V musí být izolační odpor minimálně 1 M $\Omega$  a do 500 V musí být izolační odpor minimálně 0,5 M $\Omega$

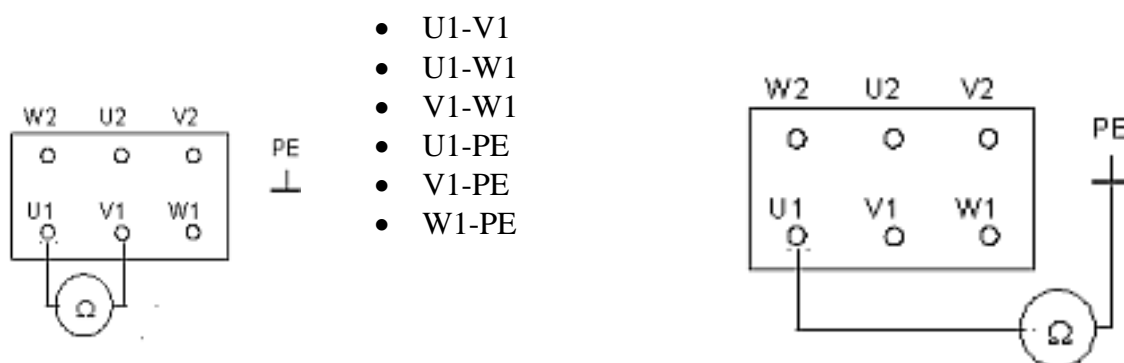
Pro elektrické spotřebiče držené v ruce a pro elektrické ruční nářadí je předepsaný minimální izolační odpor 2 M $\Omega$ .

Pokud je u zařízení při poruše zajišťována ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací, je nutno, aby celkový izolační odpor izolací byl minimálně 7 M $\Omega$ .

Pro měření izolačního stavu elektrických zařízení musíme použít měřicí přístroj, který pro toto měření používá dostatečné napětí. Nemůžeme tedy použít běžný multimetr, ale například MEGMET nebo PU 311 a další měřicí přístroje určené pro měření izolačního stavu.

U třífázového asynchronního motoru budeme měřit izolační odpor všech jednotlivých vinutí mezi sebou a mezi každým vinutím a kostrou motoru.

**Samotné měření provedeme přiložením hrotů měřicího přístroje mezi svorky:**



Těmito šesti měřeními získáme kompletní informace o izolačním stavu motoru.

## 7. 2. Měření odporu vinutí motoru

Pro ověření správné funkce motoru je nutné změřit také odpor cívek jednotlivých vinutí ve statoru (u kroužkového motoru také u vinutí rotoru).

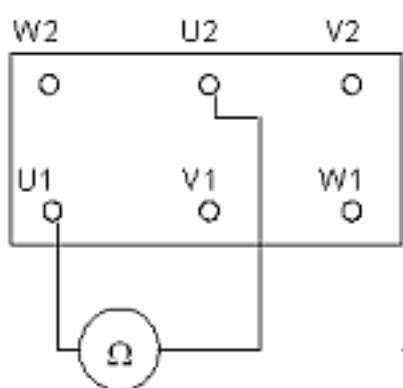
Odpor jednotlivých cívek motoru musí být přibližně shodný. U malých motorů je odpor cívek větší než u vinutí velkých motorů. Malé motory jsou navíjeny tenkým vodičem a mají velký počet závitů. Velké motory jsou vinuty vodičem o větším průřezu a s menším počtem závitů.

Mezi odpory jednotlivých cívek mohou být drobné rozdíly, ale velikost rozdílu, který je ještě možno tolerovat, závisí na velikosti naměřené hodnoty. Například pokud je naměřený odpor na první cívce  $5\Omega$ , na druhé cívce  $5,05\Omega$  a na cívce třetí fáze  $4,97\Omega$ , je tento rozdíl zanedbatelný a motor je možné bez problémů provozovat. Čím větší je naměřená hodnota, tím větší může být rozdíl mezi jednotlivými odpory. Záleží tedy na tom, jak velká je naměřená hodnota a jak velký je rozdíl mezi jednotlivými hodnotami. Pokud by byl tento rozdíl příliš velký, protékal by jednotlivými cívkami v motoru rozdílný proud, a to by vedlo ke zničení motoru.

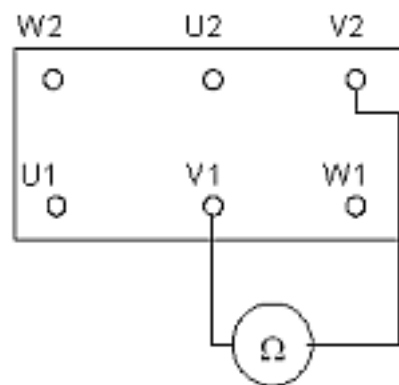
Pro měření odporu vinutí použijeme ohmmetr s dostatečnou citlivostí. K tomuto měření můžeme použít běžný multimetr. POZOR: pokud použitý měřicí přístroj nemá automatické nastavení měřicího rozsahu, je nutno nastavit vhodný měřicí rozsah.

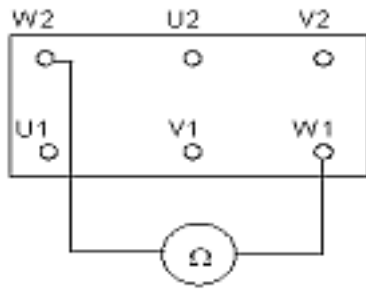
U třífázového asynchronního motoru budeme měřit odpor každého vinutí při rozpojených propojkách na svorkovnici motoru.

**Samotné měření provedeme přiložením hrotů měřicího přístroje mezi svorky:**



- U1-U2
- V1-V2
- W1-W2





Tyto tři měření stačí ke zjištění odporů všech tří cívek motoru.

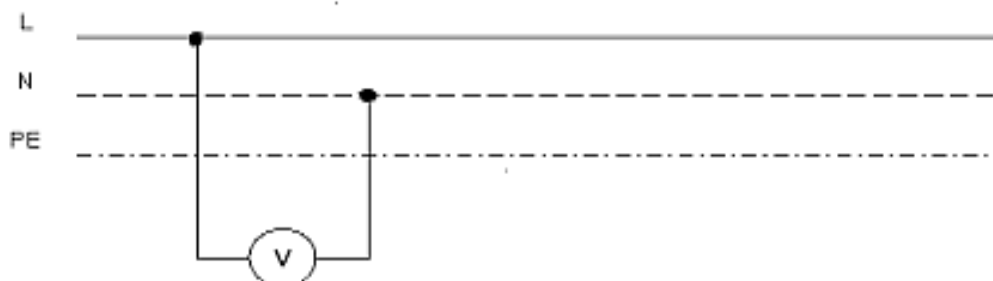
### 7. 3. Měření napětí na elektrickém zařízení

V případě, že na jakémkoli elektrickém zařízení ověřujeme funkci nebo vyhledáváme závadu, musíme nejdříve zjistit, zda je na svorkách zařízení dostatečně velké napětí (napětí sítě). Velikost napětí ověříme buď informativním měřením zkoušečkou (např. ZN 1, nebo ZN 2) nebo přesným měřením pomocí voltmetru nebo multimetru.

Na zařízení s třífázovým přívodem můžeme měřit napětí fázové (230 V) nebo napětí sdružené (400 V) a na zařízení s jednofázovým přívodem měříme napětí fázové (230 V).

Pro tato měření použijeme voltmetr nebo můžeme použít běžný multimetr s vhodným rozsahem. POZOR: pokud použitý měřicí přístroj nemá automatické nastavení měřícího rozsahu, je nutno nastavit vhodný měřicí rozsah.

Při měření fázového napětí přiložíme jeden hrot měřícího přístroje na přívodní fázi do zařízení a druhý hrot na nulový vodič.



Pokud měříme napětí v třífázovém obvodu, je možné provést měření dvěma způsoby.

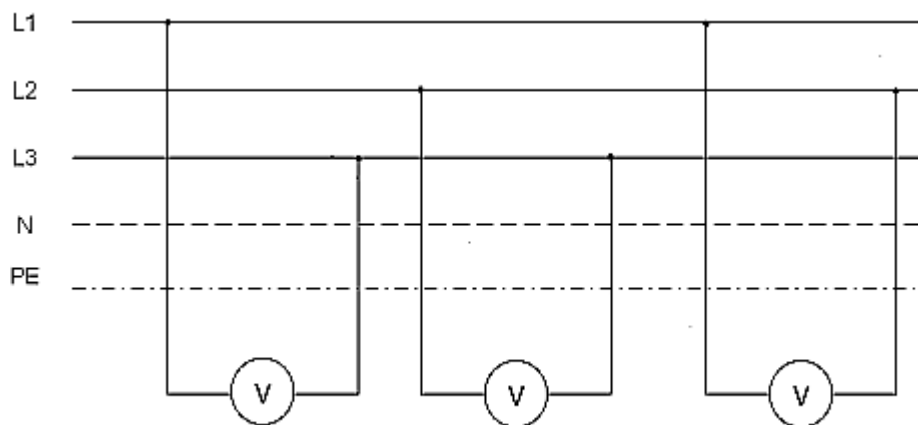
V prvním případě můžeme měřit fázové napětí proti nulovému vodiči pro každou fázi zvlášť tj. celkem třikrát viz předchozí obrázek.

L1 – N (230 V)

L2 – N (230 V)

L3 – N (230 V)

Ve druhém případě měříme sdružené napětí vždy mezi dvěma fázovými vodiči a toto měření provádíme celkem třikrát



L1-L2 (400 V)

L1-L3 (400 V)

L2-L3 (400 V)

Ve všech třech případech musí být naměřené hodnoty až na povolenou drobnou odchylku shodné.

**Při měření na motorech je nutno dávat pozor na napětí, které se může na svorky vracet přes cívky motoru. Na svorce je napětí, ale jeho hodnota je nižší.**

**POZOR!!! Při měření napětí je zařízení pod plným provozním napětím a je nutno dodržovat všechny bezpečnostní předpisy, které platí při práci s elektrickým napětím!!!**

## **8. Diagnostika a odstraňování závad na elektrických zařízeních s motory**

Pokud dojde k poruše na elektrickém zařízení, je při jejím vyhledávání nutné postupovat pečlivě, systematicky, pokud možno dle schématu.

**Při diagnostice závady se můžeme k řešení dopracovat dvěma způsoby:**

- první možností je na zařízení ve vypnutém stavu proměřovat průchodnost jednotlivých obvodů a kontaktů prozváněním, prosvěcováním nebo měřením odporu obvodu.
- druhou možností je zařízení spustit a měřením ověřovat, kam až obvodem prochází napětí, a tím zjistit, která část obvodu je vadná nebo který kontakt nepřevádí.

Oba způsoby mají své klady i své zápory. Pokud zařízení prozvaníme ve vypnutém stavu, nehrozí žádné nebezpečí úrazu elektrickým proudem, nevystavujeme se riziku poškození zařízení jeho nesprávnou funkcí při závadě. V případě, že závadu na zařízení vyhledáváme pomocí měření napětí v jednotlivých obvodech, hrozí sice nebezpečí úrazu elektrickým proudem, ale měření je přehlednější a sledujeme přímo chování daného přístroje. Je nutno posoudit, jaký postup zvolíme, a to především s ohledem na nebezpečí úrazu elektrickým proudem a riziko poškození zařízení.

## 8.1. Diagnostika závady motoru

Při používání zařízení elektromotorů dojde, dříve či později, k poruše motoru způsobené běžným provozním opotřebením. Pokud se chceme tomuto stavu vyhnout, je nutné svědomitě provádět údržbu daného zařízení. Do této údržby spadá např. kontrola důkladného dotažení vodičů ve svorkovnicích, kontrola stavu ložisek a jejich dostatečného naplnění mazacím tukem, důkladná ochrana před korozí (použití vhodného nátěru a včasná oprava při jeho poškození), kontrola případných spojek, antivibračního uložení a dalších součástí zařízení.

Případnou závadu na motoru zjistíme poslechem, vizuálně nebo měřením proudu, napětí, odporu vinutí a izolačního odporu.

### Nejčastější závady na motorech, jejich diagnostika a odstranění.

<i>Nejčastější závady na motorech</i>	<i>Diagnostika závady</i>	<i>Odstranění závady</i>
Hlučný chod motoru (zadřený motor)	Poslechem	Kontrola tukové náplně a stavu ložisek, event. jejich výměna
Hlučný chod motoru, vyšší vibrace, motor se při zapnutí nerozbíhá nebo se rozbíhá těžce, reaguje tepelné relé, motor se zahřívá (motor je přetížený nebo běží na dvě fáze)	Vizuálně, poslechem, měřením	Zkontrolovat, zda jsou na přívodních svorkách všechny tři fáze, pokud ano zkontrolovat, zda jsou řádně dotažené a nepoškozené vývody vinutí na svorkovnici. Změřit, zda není přerušené jedno z vinutí. V případě, že je poškozené vinutí je nutné převinout motor
Motor se zahřívá, reaguje tepelné relé  (mezizávitový zkrat ve vinutí motoru)	Měřením	Pečlivě změřit odpor cívek.  V případě, že je poškozené vinutí motoru je nutné převinout motor



<i>Nejčastější závady na motorech</i>	<i>Diagnostika závady</i>	<i>Odstranění závady</i>
Při zapnutí motoru okamžitě zareagují předřazené pojistky nebo jistič (jedno nebo vícepólový zkrat v motoru)	Vizuálně, měřením	Zkontrolovat, zda jsou všechny vodiče řádně upevněny ve svorkách, zkontrolovat stav (je-li to možné) přívodních kabelů a vodičů, změřit izolační stav motoru. V případě, že je poškozené vinutí, je nutné převinout motor

## 8.2. Diagnostika závady na zařízení

U zařízení s elektromotory většinou nedochází k závadě na motoru, ale na části, která motor ovládá, jako jsou například relé nebo stykače. U těchto prvků může dojít k poškození hlavních nebo pomocných kontaktů, k přerušení cívek, uvolnění vodičů na svorkách a dalším závadám. Tyto závady zjistíme důsledným proměřením průchodnosti jednotlivých obvodů, a to jak silových, tak i ovládacích, manuální a vizuální kontrolou dotažení vodičů a kontrolou stavu kontaktů. Další možnou závadou mohou být opotřebené (unavené) tepelné spouště použitých proudových ochranných jističů. Tuto závadu zjistíme důsledným proměřením proudů procházejících obvodem při zatíženém příslušném motoru atd.

### Nejčastější závady na zařízení, jejich diagnostika a odstranění.

<i>Nejčastější závady na zařízení</i>	<i>Diagnostika závady</i>	<i>Odstranění závady</i>
Zařízení někdy nefunguje, některý z použitých stykačů nebo relé občas nespíná  (uvolněný vodič v některé ze svorek)	Vizuálně, manuálně (zataháním za vodiče)	Dotažením vodičů ve svorkách
Zařízení někdy nefunguje, některý z použitých stykačů nebo relé občas nespíná  (opálený pomocný kontakt na některém z použitých přístrojů)	Vizuálně, měřením	Výměna kontaktů nebo celého přístroje, dočasně je možné použít zabroušené dosedací plochy kontaktu

<i>Nejčastější závady na zařízení</i>	<i>Diagnostika závady</i>	<i>Odstranění závady</i>
Zařízení trvale nefunguje, některý z použitých stykačů trvale nespíná  (vadná cívka stykače)	Měřením	Výměna cívky nebo celého přístroje
Zařízení trvale nefunguje, některý z použitých stykačů trvale nespíná  (přerušený některý z fázových nebo nulový vodič)	Měřením	Výměna nebo nasvorkování přerušeného vodiče
Zařízení trvale nefunguje, některý z použitých stykačů trvale nespíná  (opálený kontakt na některém z použitých přístrojů)	Vizuálně, měřením	Výměna kontaktů nebo celého přístroje, dočasně je možné použít zabroušené dosedací plochy kontaktu
Zařízení trvale nefunguje, nereaguje na stisknutí spínacího tlačítka  (vadné některé z použitých tlačítek)	Vizuálně, měřením	Výměna poškozeného tlačítka
Zařízení trvale nefunguje, nereaguje na stisknutí spínacího tlačítka je  přetavená pojistka v ovládací části zařízení  (zkrat v ovládací části zařízení)	Vizuálně, měřením	Oprava porušené izolace, výměna poškozeného vodiče nebo přístroje, následně výměna přetavené pojistky
Zařízení trvale nefunguje, nereaguje na stisknutí spínacího tlačítka je  přetavená pojistka v silové části zařízení  (jednopolový zkrat v silové části zařízení)	Vizuálně, měřením	Oprava porušené izolace, výměna poškozeného vodiče nebo přístroje, kontrola izolačního stavu motoru, následně výměna přetavené pojistky

<i>Nejčastější závady na zařízení</i>	<i>Diagnostika závady</i>	<i>Odstranění závady</i>
<p>Zařízení trvale nefunguje, nereaguje na stisknutí spínacího tlačítka</p> <p>Jsou přetavené dvě pojistky v silové části zařízení</p> <p>(mezifázový zkrat v silové části zařízení)</p>	Vizuálně, měřením	Oprava porušené izolace, výměna poškozeného vodiče nebo přístroje, kontrola izolačního stavu motoru, následně výměna přetavených pojistek
<p>V ovládací části zařízení vypíná tepelné relé</p> <p>(přetížený nebo zadřený motor)</p>	Vizuálně, měřením	Snížení zatížení stroje, doplnění tukové náplně v ložiscích, výměna ložisek
<p>V ovládací části zařízení vypíná tepelné relé, motor se při zapnutí nerozbíhá nebo se rozbíhá těžce.</p> <p>(na přívodu do zařízení jsou jen dvě fáze)</p>	Měřením	Kontrola předřazených pojistek a napětí v síti

## 9. Univerzální logické moduly

Jsou to cenově výhodné řídicí prvky pro širokou řadu méně náročných aplikací se základní společnou myšlenkou. „Jednoduchost v řešení, ovládání, programování.“

Při řešení složitějších pohonů, je možné využít klasickou stykačovou nebo reléovou techniku, ale vhodnějším a mnohdy i levnějším řešením je využití univerzálních programovacích modulů.

V klasické reléové technice jsou vstupní elektrické signály senzorů přenášeny na výstupní akční členy pomocí vodičů. Funkci obvodu realizují různé konkrétní přístroje. Pomocná a časová relé, roční hodiny, atd.

V univerzálním programovacím modulu tytéž signály řídí program. Přístroje jsou nahrazeny předprogramovanými funkcemi. Ušetří se značné množství přístrojů, vodičů, času a tím peněz.

**Výhoda programovacího modulu vynikne při složitějších aplikacích a častých změnách programu.**

## 9.1. Logický automat LOGO

LOGO je spínací a řídicí modul, používaný jako náhrada klasických reléových zapojení. Za pomoci vhodných čidel dokáže vyhodnotit teplotu, tlak, vzdálenost, rychlost proudění atd. Vyrábí se pro různé druhy napájecího napětí i proudovou zátěž výstupů. Obsahuje množství naprogramovaných funkcí. Modulární struktura umožňuje přizpůsobit LOGO požadavkům aplikace.

### Identifikátory určující model 12/24RC OBA5

12: Napájecí napětí 12V DC (stejnoseměrné napětí).

24: Napájecí napětí 24V DC.

R: Na výstupech jsou relé.

C: Modul obsahuje hodiny reálného času.

OBA5: Šestá generace LOGO.

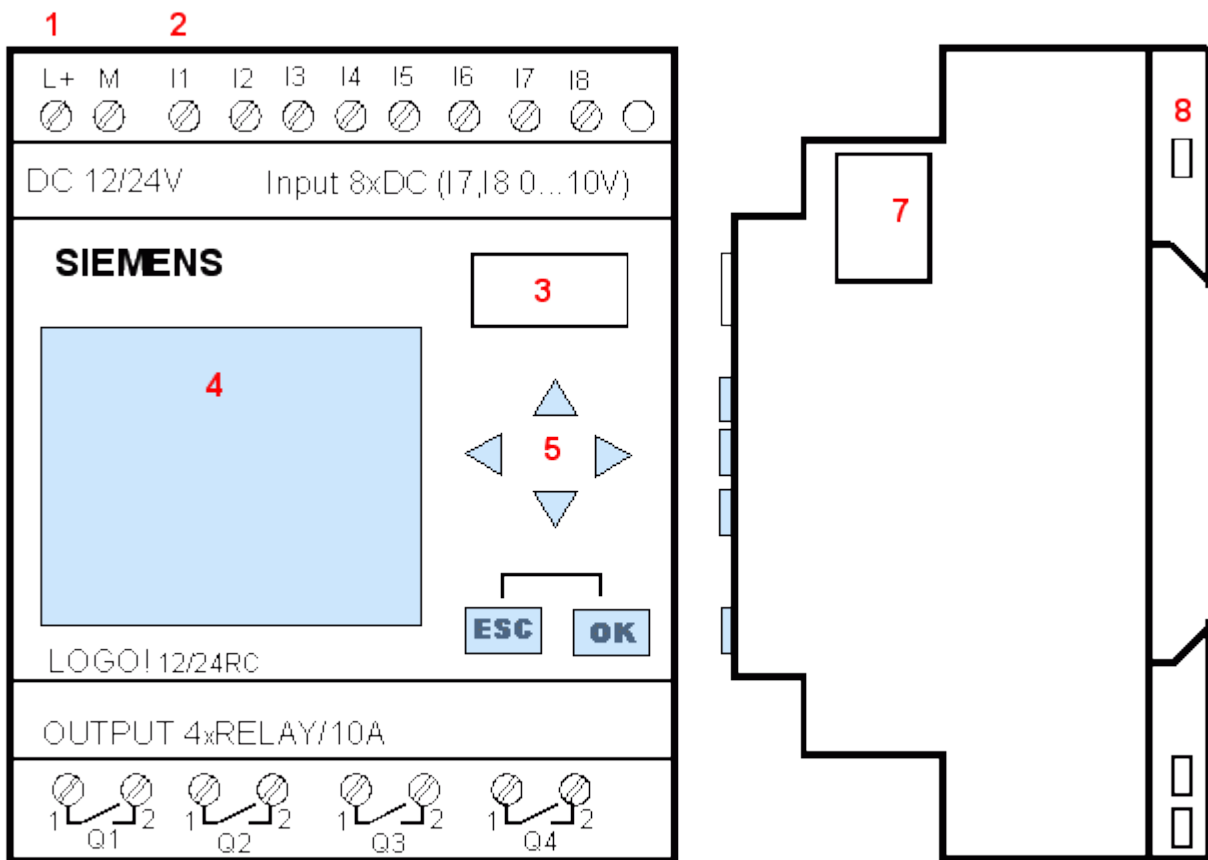
### Základní modul LOGO Basic

- Základní modul se vyrábí s displejem a klávesnicí, (lacinější verze *Pure* je nemá).
- Má 8 vstupů a 4 výstupy.
- Šířku 72mm tj. 4 jističové jednotky.
- Hloubku 55mm.
- Je vybaven rozhraním pro připojení rozšiřující modulů.



Obrázek 64

## Obrázek a popis základního modulu LOGO Basic



6

Obrázek 65

### Základní modul:

1. napájení (L+, M)
2. vstupy (I1 – I8)
3. kryt objímky pro paměťový modul a propojovací šňůru PC-LOGO
4. displej
5. klávesové pole
6. výstupy Q1 – Q4
7. kryt rozšiřujícího rozhraní pro připojení rozšiřujícího modulu
8. mechanické kódování zabraňující připojení rozšiřujícího modulu jiné napěťové třídy

## Rozšiřující moduly

Zvyšují počet digitálních (analogových) vstupů, výstupů, nebo umožňují komunikaci.

Každý modul má rozšiřující rozhraní pro připojení dalšího modulu.

Podle napájecího napětí se moduly dělí do dvou tříd:

Třída 1 do 24V: (12V DC, 24V AC / DC).

Třída 2 nad 24V: (115 až 240V AC / DC).

- DM: Digitální modul je možné připojit k základnímu modulu se stejnou třídou napětí.
- AM: Analogový modul je možné připojit k zařízení o libovolné třídě napětí.
- CM: Komunikační modul je možné připojit k zařízení o libovolné třídě napětí.

Levé rozhraní analogového, nebo komunikačního modulu je galvanicky odděleno, proto je můžeme připojit k zařízením jiné napěťové třídy, než na jaké je sám zkonstruovaný.

### ➤ Pořadí modulů ovlivňuje rychlost komunikace mezi nimi.

Pro dosažení optimálního a vysokorychlostního komunikačního výkonu mezi LOGO Basic a různými moduly doporučuje výrobce instalovat nejdříve digitální a pak analogové moduly.

- **Před vyjmutím a vložením rozšiřovacího modulu musíme vypnout napájení.**
- **Rozšiřující rozhraní posledního rozšiřovacího modulu musí být zakryto.**

## Napájecí zdroj a jištění zdroje

Vstupní napětí zdroje: 100 až 240V AC (dovolená tolerance 85 až 264V AC), vstupní proud 0,7 až 0,85A

Doporučené jištění vstupu zdroje: 16A char.B, 10A char.C

- Výstupní napětí zdroje: 2x24V DC / 1,3A

Krátkodobá porucha napájení může způsobit signál pro některé funkce spouštěné hranou.

Překlenutí výpadku napájení je u LOGO 12/24RC napájené 24V DC 5ms, (12V DC 2ms).

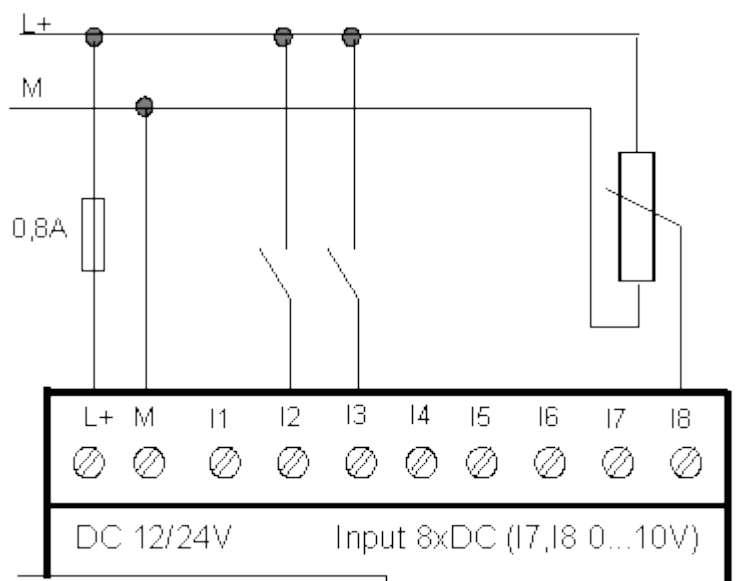
Data posledního nepřerušného cyklu jsou uložena do LOGO Basic.

## Napájení a jištění modulu

K napájení je použito 12 nebo 24V DC, přívod je na svorky modulu L+, M.

- Modul je chráněn před přepólováním.  
Doporučené jištění napájení LOGO je 0,8A. Jistí se svorka L+.

## Připojení vstupů



### VSTUP I – INPUT

Vstupní svorky jsou označené I1 – I8. Jsou potenciálově závislé, jejich napětí je vztaženo ke stejnému potenciálu, jako je napájení modulu.

Na vstupy připojujeme

- Kontakty (př. koncové spínače, tlačítka, kontakty tepelných ochran, atd.).
- Snímače (př. snímače tlaku, teploty, vlhkosti, vzdálenosti, atd.).

Na vstupy přivádíme

#### a) Digitální signály

Jestliže jsou změny signálu do 4Hz, použijeme vstupy I1-I8.

V souvislosti s digitálním signálem mluvíme o logické nule a logické jedničce.

- Stav log.0 (VYPNUTO) je napětí v rozmezí 0 až 5V DC (max. proud 1mA).
- Stav log.1 (ZAPNUTO) je napětí v rozmezí 8 až 24V DC (min. proud 1,5mA).

#### b) Digitální signály s vysokou frekvencí.

K jejich zpracování použijeme pouze vstupy I5, I6.

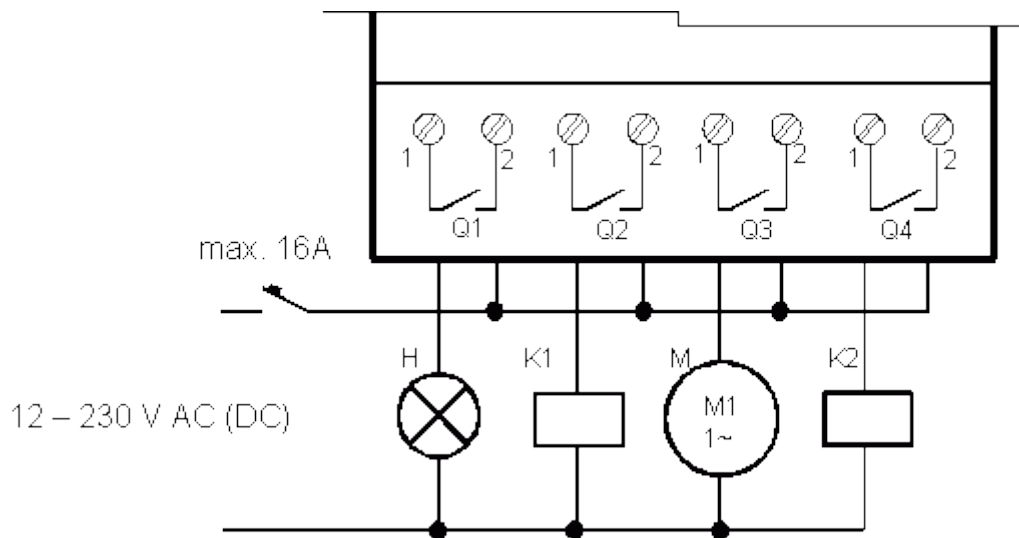
#### c) Analogové signály

Vodiče s tímto signálem připojíme na fyzické vstupy I7, I8. V programu musí být použité konektory AI1, AI2. Povolený rozsah napětí je 0 – 10V DC.

Aby LOGO signál nebo jeho změnu zaznamenalo, musí trvat alespoň jeden programový cyklus.



## Připojení výstupů:



## Výstup Q- Quit:

Jako výstupy má základní modul LOGO 12/24RC čtyři reléové kontakty, které jsou označeny písmeny Q1 – Q4. Kontakty jsou fyzicky oddělené od vstupů. Mají svoje vlastní napájení, které může být libovolné, ale maximálně 230V AC/DC.

## Maximální proudové zatížení výstupních kontaktů

$$I_{\max} = 10A \text{ DC na jedno relé.}$$

Kontakty výstupních relé nesmíme proudově přetížit. Není dovoleno spojovat paralelně výstupní kontakty pro zvýšení výkonu. Maximální proudové zatížení kontaktů má vliv na životnost přístroje. Pro spínání vyšších proudů použijeme stykač. Doporučené maximální jističení výstupů pokud je vyžadováno je 16A pro jistič char. B.

## Dovolená spínací frekvence výstupních kontaktů

Při ohmické zátěži: 2 Hz.

Při indukční zátěži: 0,5 Hz.

V [1] str.143 jsou uvedeny další příklady dovoleného zatížení kontaktů.

## Zapnutí LOGO:

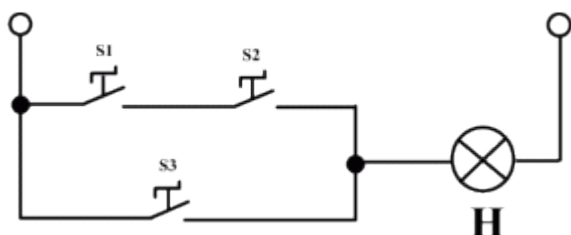
Modul se zapíná připojením napětí. Při zapnutí mohou nastat dva případy.

- **Program byl natažený už před vypnutím** a tehdy se program spustí. Zobrazí se jedna ze startovacích obrazovek. Buď datum a čas, nebo obrazovka vstupů. Startovací obrazovku nastavíme pomocí volby menu StartScreen. Program musí být už natažený do LOGO.
- **Program v LOGO není**, tehdy se zobrazí text „NO PROGRAM PRESS ESC“.

## Příklad:

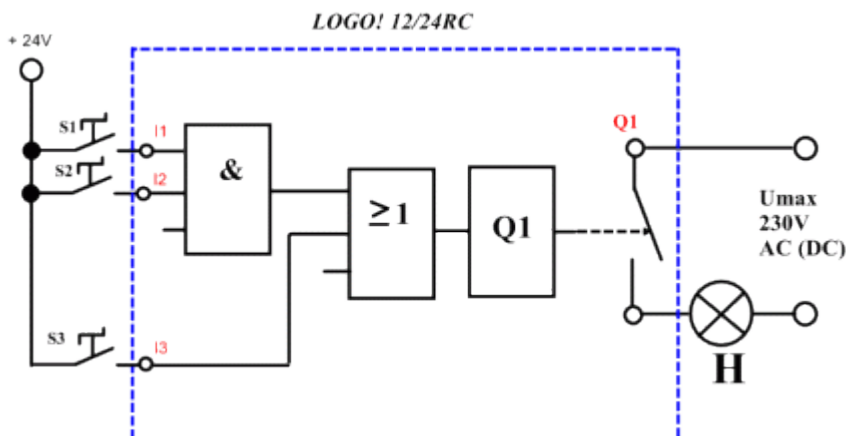
**Zadání:** zařízení je možné spustit buď současným aktivováním dvou klíčů směnových mistrů, nebo aktivací jednoho klíče vrchního mistra.

Schéma zapojení je znázorněno jak pomocí drátové logiky, tak pomocí bloků v modulu LOGO.



## Vnější zapojení vstupů, výstupů do modulu a program v LOGO.

Svorky označené I1, I2, I3 jsou vstupní svorky LOGO. Konektor Q1 spíná výstupní kontakt relé.



## **10. Rozběhy a řízení motorů pomocí softstartérů a měničů kmitočtu**

Tato kapitola má sloužit laikům k získání základních informací, nutných pro výběr a vysvětlení využitelnosti polovodičových spínacích prvků, softstartérů a frekvenčních měničů.

## 10.1 Přístroje výkonové elektroniky

Přístroje výkonové elektroniky se používají pro nepřetržité přizpůsobení fyzikálních veličin, např. rychlosti nebo točivého momentu, výrobnímu procesu. Energie je odebírána z hlavního vedení, následně zpracovávána v zařízení výkonové elektroniky a přiváděna k zátěži (motoru).

### Polovodičové stykače

Polovodičové stykače umožňují rychlé a nehlukné zapnutí třífázových motorů a odporových zátěží. Zapnutí přitom probíhá automaticky v optimálním časovém okamžiku a potlačuje nežádoucí proudové a napěťové špičky.

### Softstartéry

Tyto spouštěče ovládají napájecí napětí motoru po nastavitelnou dobu až do 100 % jmenovitého napětí. Motor se spouští prakticky plynule bez škubání. Snížení napětí vede ke kvadratickému snížení točivého momentu ve vztahu k normálnímu spouštěcímu momentu motoru. Softstartéry jsou tedy vhodné zejména ke spouštění zátěží, jejichž křivku rychlosti nebo točivého momentu lze vyjádřit kvadratickou funkcí (například čerpadla nebo ventilátory).

### Frekvenční měniče

Frekvenční měniče konvertují jednofázový nebo třífázový napájecí zdroj s konstantním napětím a frekvencí na nový třífázový zdroj napětí, jehož napětí a frekvence jsou proměnné. Toto řízení napětí/frekvence umožňuje plynulé řízení rychlosti třífázových motorů. Pohon může být provozován se jmenovitým zatěžovacím momentem i při nízkých rychlostech.

### Vektorové frekvenční měniče

Zatímco frekvenční měniče třífázových motorů jsou ovládány prostřednictvím charakteristiky  $U/f$  (napětí/frekvence), u vektorových frekvenčních měničů se toto ovládání uskutečňuje pomocí bezsensorové proudově orientované regulace magnetického pole v motoru. Regulovanou veličinou zde je proud motoru. Díky tomu je motor optimálně řízen pro náročné aplikace (míchadla, výtlačné lisy, dopravní a dopravníková zařízení).

## 10.2. Elektronické spouštěče motorů a pohonů

### Přímé spouštění

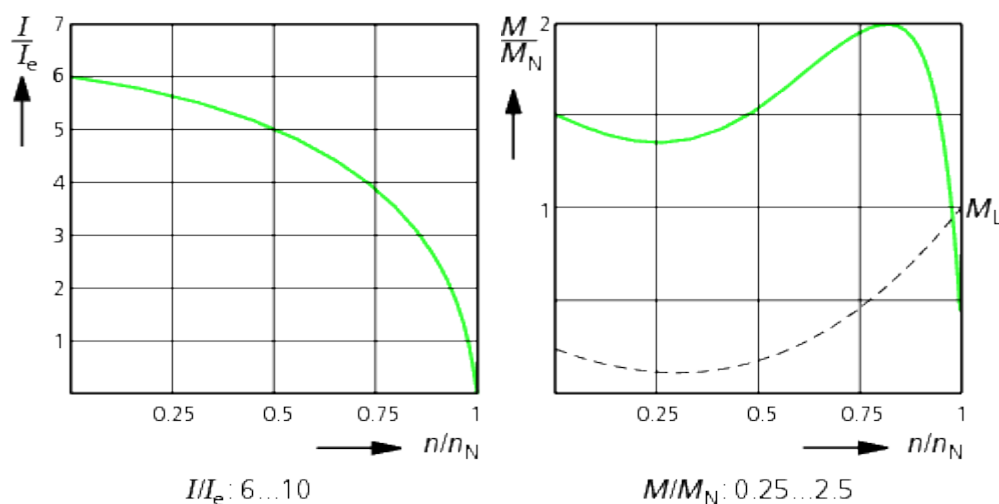
V nejjednodušších případech a zejména u malých výkonů (do cca. 2,2 kW) je třífázový motor zapojen přímo na síťové napětí. U většiny aplikací se toto zapojení provádí pomocí elektromechanického stykače.

V tomto provozním režimu – v síti s pevným napětím a frekvencí – je počet otáček asynchronního motoru jen o málo nižší než počet otáček synchronního motoru  $n_s \sim f$ .

Provozní otáčky  $[n]$  se od nich odchyľují, protože rotor ve srovnání s točivým polem prokluzuje:  $n = n_s \times (1 - s)$ ,

se skluzem  $s = (n_s - n)/n_s$ .

Při náběhu ( $s = 1$ ) se vyskytuje velký rozběhový proud – až do desetinásobku jmenovitého proudu  $I_e$ .



### Vlastnosti přímého spouštěče

- použití pro třífázové motory menšího a středního výkonu
- tři připojovací vedení (způsob zapojení: hvězda nebo trojúhelník)
- vysoký rozběhový moment
- velmi vysoké mechanické zatížení
- vysoké proudové špičky
- poklesy napětí
- jednoduché spínací přístroje

Existují-li ze strany zákazníka požadavky na časté a/nebo nehlukné spínání, nebo vedou-li agresivní podmínky okolí k omezenému používání elektromechanických spínacích prvků, pak

je potřeba použít elektronické polovodičové stykače. V případě polovodičového stykače je nutné věnovat vedle ochrany proti zkratu a přetížení pozornost ochraně polovodiče prostřednictvím superrychlé pojistky. Podle normy IEC/EN 60947 je u způsobu přiřazení 2 nutná superrychlá polovodičová pojistka. U způsobu přiřazení 1 – což je většina případů použití – je možné od superrychlé polovodičové pojistky upustit.

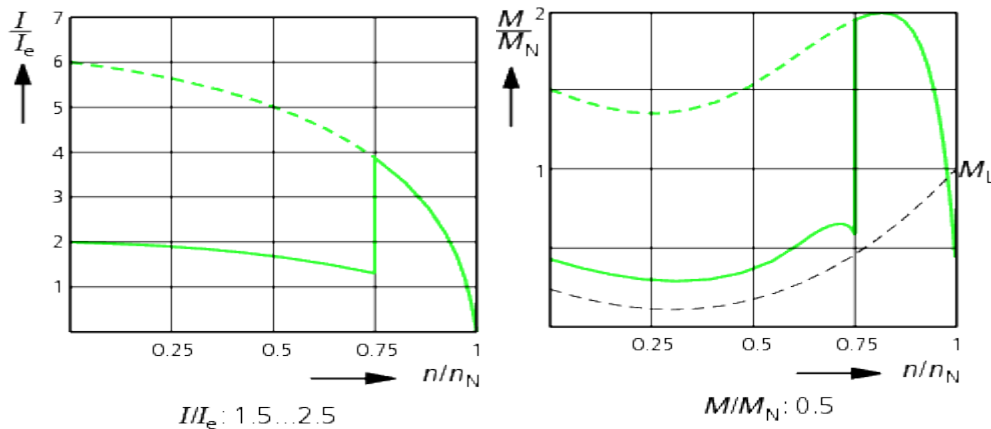
Zde je několik příkladů:

- Technické vybavení budov:
  - reverzační pohon u výtahových dveří
  - spouštění chladicích agregátů
  - spouštění dopravníkových pásů
- Oblast kritických prostředí:
  - řízení čerpadlových motorů ve výdejních palivových stojanech u čerpacích stanic a zařízení
  - řízení čerpadel při zpracování laků a barev
- Další aplikace: nemotorické zátěže jako např.
  - topné články ve výtlačných lisech
  - topné články v pecích
  - řízení osvětlovacích prvků.

## Spouštění motoru v zapojení hvězda-trojúhelník

Spouštění třífázových motorů v zapojení hvězda-trojúhelník je tou nejznámější a široce rozšířenou variantou.

Kompletní kombinace hvězda-trojúhelník SDAINL zapojená již ve výrobním závodě představuje pohodlné řízení motoru nabízené firmou Moeller. Zákazník tak ušetří nákladný čas na zapojení a montáž a eliminuje možné zdroje poruch.



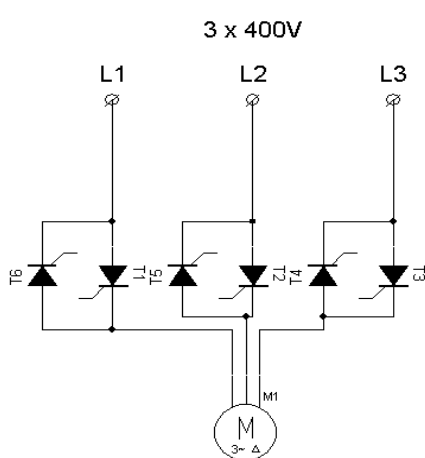
## Vlastnosti spouštěče hvězda-trojúhelník

- pro třífázové motory malého až vysokého výkonu
- snížený spouštěcí proud
- šest připojovacích vedení
- snížený rozběhový moment
- proudová špička při přepnutí z hvězdy na trojúhelník
- mechanické zatížení při přepnutí z hvězdy na trojúhelník

### 10. 3. Softstartér

Jedná se o elektronické průmyslové zařízení, jehož úkolem je plynulé spuštění asynchronního, třífázového nebo jednofázového motoru. Asynchronní motor je vlastně nejpoužívanějším typem motoru a běžně se jeho rozběh a regulace otáček provádí změnou frekvence pomocí složitějšího frekvenčního měniče. Jenomže, frekvenční měnič je relativně drahý a v případě, že nepožadujete regulaci rychlosti a spokojíte se s pouhým regulovaným rozběhem, postačí softstartér.

#### Princip softstaréru



Na schématu jasně vidíte, že se jedná v podstatě o řízený usměrňovač, tvořený třemi tyristorovými bloky (V každém pouzdru se nacházejí dva proti zapojené tyristory). O řízení se stará mikroprocesor, který vyrábí pulsně-šířkovou modulaci (PWM - Pulse Width Modulation) dle potřeby rozběhu. PWM je přiváděna na řídicí elektrody tyristorů

Tento polovodičový prvek použijeme například při rozběhu velkého ventilátoru nebo zdvihacího stroje. Použití softstartéru však přináší i jeden problém. Pokud si na softstartu zvolíte rozběhovou rampu třeba 20sec. a pohon není dostatečně zatížen, asynchronní motor má tendenci okamžitě zrychlovat až do svých asynchronních otáček - ty jsou o skluz menší, než činí otáčky točivého magnetického pole ve vinutí. To však není až tak důležité - nezatížený motor vám dosáhne maximálních otáček třeba už za dvě vteřiny. Tento problém je pak potřeba řešit připojením zpětné vazby - buď tachodynamem na motoru, či inkrementálním snímačem. To už záleží na konkrétní aplikaci - různí výrobci mají jiné vstupy pro zpětnou vazbu a mnoho výrobků nemá vůbec možnost zpětné vazby.

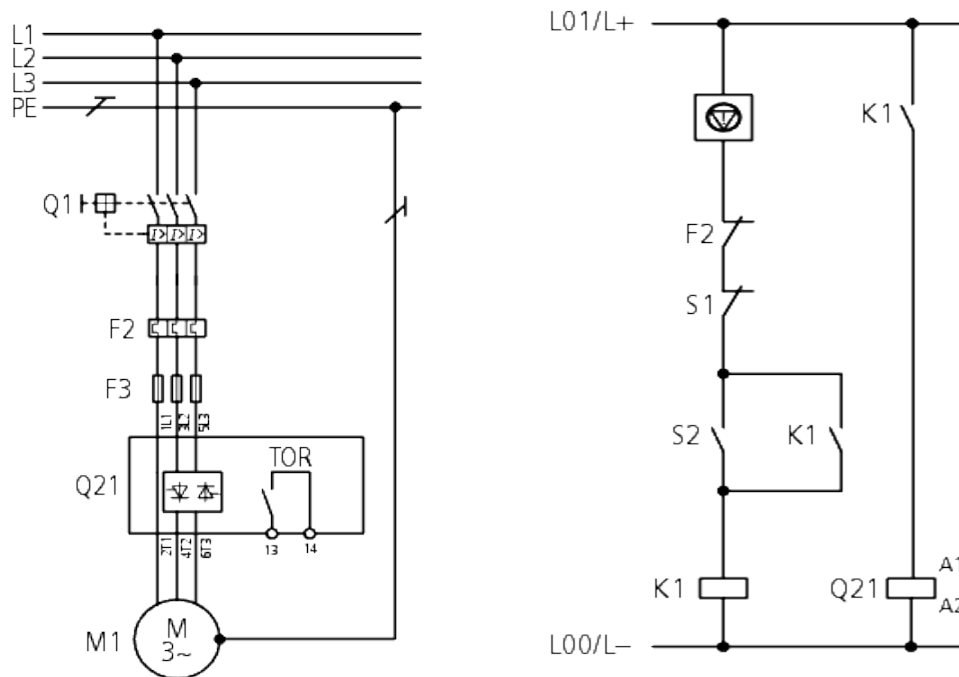
Použitím zpětné vazby získáte následující. Nastavíte-li si na softstartu rozběh 30sec., softstartér bude motor skutečně rozbíhat dosti drastickým způsobem po nastavenou dobu. Softstart se snaží otáčky motoru regulovat pulsně šířkovou modulací přes sadu tyristorů, a to napětím. Není pak divu, že motor, který má jmenovitý proud 75A, bere po dobu rozběhu třeba



i 300 a více ampér. Tím je značně tepelně namáhán, nemluvě o přívodních vodičích a jističích.

Jedná se o levnější rozběhový systém, který je v některých aplikacích vyhovující. Pokud se jedná o zařízení s postupným spouštěním motorů a chcete ušetřit ještě více, postačí na linku aplikovat pouze jeden naddimezovaný softstartér. Nadřazený řídicí systém - PLC pak pomocí programu připojí softstartér na jeden motor a rozběhne jej. Jakmile softstartér zahlásí ukončení rozběhu, PLC přemostí softstartér stykačem - provede takzvaný By-Pass. Poté je stykači softstartér přepojen na druhý motor a rozběh pokračuje i na další motory. Tímto způsobem máme řešenu jednu výrobní linku k plné spokojenosti. Bezproblémový je především poslední krok přímého připojení motoru na síť (při By-Passu), neboť se vše odehrává v synchronizaci se sítíovou frekvencí

## Softstartér bez síťového stykače



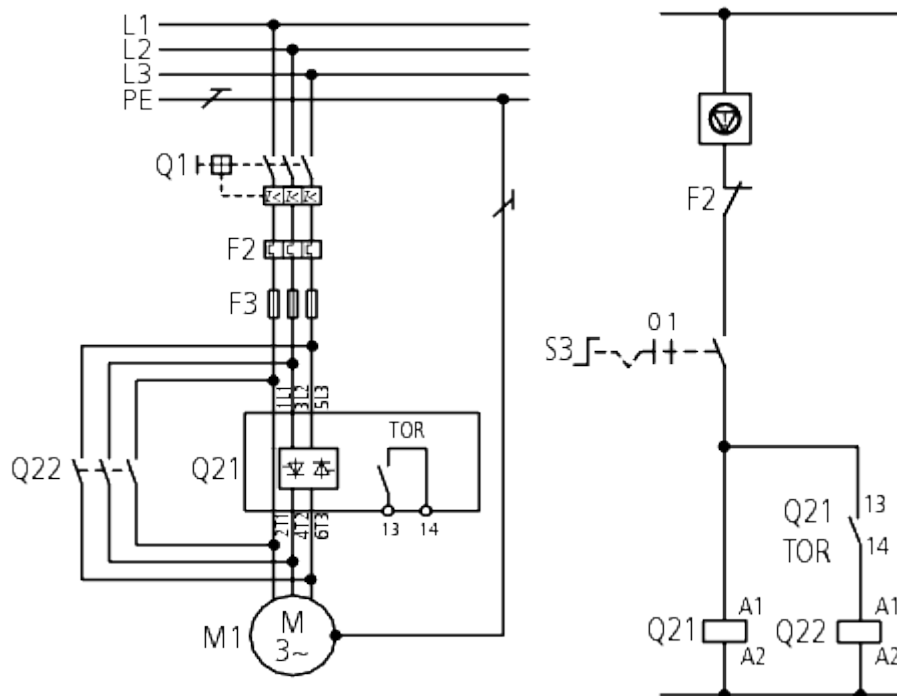
### Externí bypass, směr otáčení

**POZOR-** v některých přístrojích je již zabudován bypass. Následující provedení proto platí jen pro přístroje bez bypassu. Pokud byl nainstalován externí bypass pro přístroje s reverzační funkcí, pak je pro druhý směr nezbytný další bypass a je nutné zajistit dodatečné blokování, aby se zabránilo zkratu přes bypass!

Zapojení s přemostěním umožňuje připojit motor přímo na napájecí síť, a tím potlačit ztráty výkonu přes softstartér. Ovládání bypassu se provádí po dokončení rozběhu (dosažení plného síťového napětí) softstartéru. Funkce „Top-of-Ramp“ (vrchol rampy) je standardně naprogramována na relé 13/14. Díky tomu je bypass řízen softstartérem. Žádný další zásah uživatele není nutný. Jelikož bypass nemusí spínat motorové zátěže a je spínán pouze v bezproudovém stavu, je možné dimenzování pro AC1.

Je-li v případě nouzového zastavení požadováno okamžité odpojení od proudu, pak se může stát, že přemostění musí spínat za podmínek AC3 (např. při zrušení signálu povolení přes řídicí slovo nebo rampový čas pro softstop = 0). V takovém případě musí nejdříve vypnout předřazený oddělovací přístroj nebo musí být přemostění dimenzováno pro AC3.

## Externí bypass, směr otáčení



*S3: Softstart/softstop*

*Q1: Jištění vedení*

*Q21: Softstartéry*

*Q22: Přemost'ovací stykač*

*F2: Nadproudová relé*

*F3: Polovodičová pojistka pro typ koordinace 2, navíc ke Q1 (volitelně)*

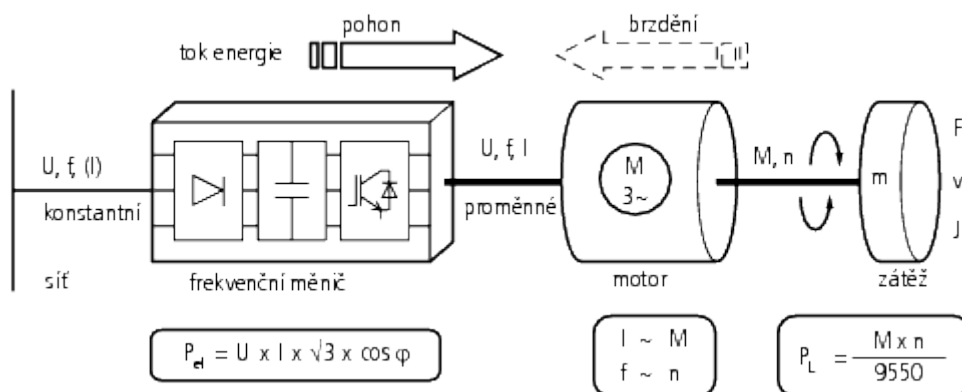
*M1: Motor*

## 10. 4. Měníč kmitočtu

**Měníč kmitočtu** (nebo také **měníč frekvence**, často nesprávně nazývaný **frekvenční měnič**) je zařízení, které slouží k přeměně elektrického proudu s určitým kmitočtem na elektrický proud s jiným kmitočtem. Velmi častým důvodem k nasazení frekvenčního měniče bývá potřeba plynulá regulace otáček asynchronního elektromotoru. Dříve se ke změně otáček elektromotoru používalo například Ward Leonardovo soustrojí (pohon – dynamo – stejnosměrný motor) nebo například asynchronní motor s kroužkovou kotvou.

### Uspořádání a princip činnosti frekvenčních měničů

Frekvenční měniče umožňují variabilní plynulou regulaci rychlosti trojfázových motorů.



Obrázek 66

Frekvenční měnič mění konstantní napětí napájecí sítě na stejnosměrné napětí. Z tohoto stejnosměrného napětí vytváří pro trojfázový motor novou trojfázovou síť s proměnlivým napětím a proměnlivou frekvencí. Přitom frekvenční měnič odebírá z napájecí sítě prakticky pouze činný výkon ( $\cos \varphi \sim 1$ ). Jalový výkon potřebný pro provoz motoru dodává meziobvod stejnosměrného napětí. Díky tomu je možné upustit od kompenzačních přístrojů  $\cos \varphi$  na straně síťového napájení.

1. **Usměrňovač** se připojí na síť střídavého trojfázového napětí a vytvoří pulzující stejnosměrné napětí. Existují dva základní typy usměrňovačů:

- řízené
- neřízené

2. **Meziobvod** - jsou tři typy provedení meziobvodu:

- Meziobvod, který přemění napětí usměrňovače na stejnosměrný proud.
- Meziobvod, který pulzující stejnosměrné napětí stabilizuje, případně vyhladí a dá k dispozici střídači.
- Meziobvod, který konstantní stejnosměrné napětí usměrňovače upraví na proměnné.

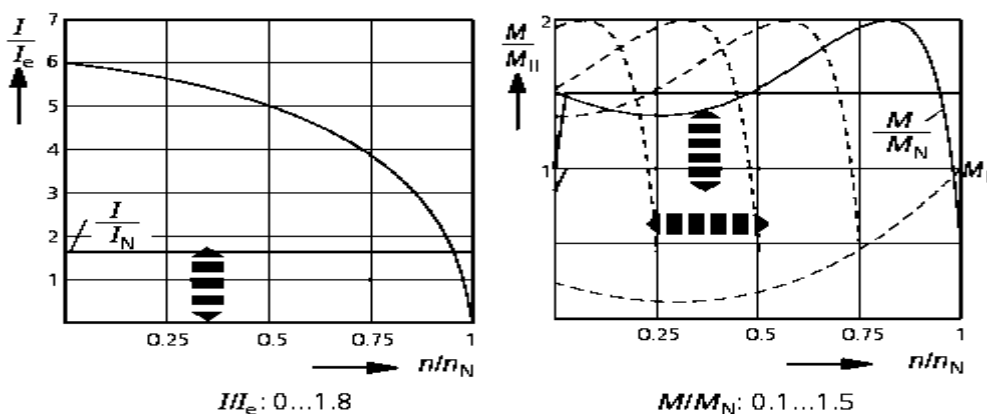
3. Ve **střídači** se vytváří kmitočet motorového napětí. Další typ střídače přetváří nejen stejnosměrné napětí na střídavé napětí s proměnným kmitočtem, ale reguluje i jeho velikost.

4. **Elektronika řídicího mikropočítače** může přijímat a vysílat signály z usměrňovače, meziobvodu i střídače. Které části budou jak řízeny, je závislé na konstrukci jednotlivého měniče kmitočtu

Pro všechny měniče kmitočtu platí společně, že řídicí obvod otevírá a zavírá polovodičové spínače řídicími signály. Toto schéma zapojení může být vytvořeno podle rozdílných principů. Měníče kmitočtu se rozdělují podle způsobu řízení spínacích prvků střídače.

Trojfázový motor s regulací frekvence je v současnosti standardním modulem pro plynulou regulaci rychlosti a krouťícího momentu, který je ekonomický a úsporný z energetického hlediska a který se používá jako individuální pohon nebo jako součást automatizovaného systému.

Možnosti individuálního, resp. konkrétního přiřazení podle specifických potřeb instalace přitom určuje specifikace měniče a metoda modulace.



## Vektorové řízení bez zpětné vazby

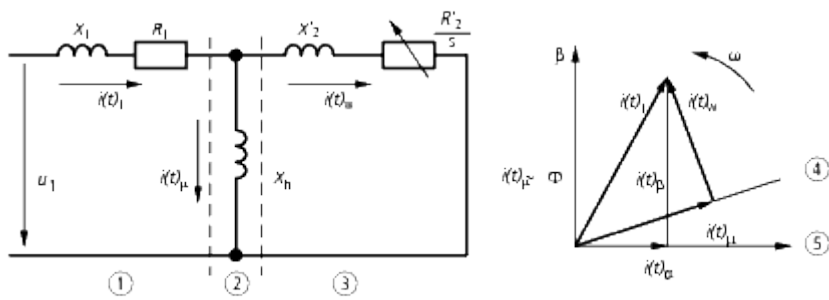
Pomocí řídicího algoritmu se vypočítávají vzorce spínání modulace šířky pulzu PWM (**Puls-Weiten-Modulation**) měniče. Při vektorovém řízení napětí jsou amplituda a frekvence vektoru

napětí řízeny v závislosti na skluzu a zatěžovacím proudu. To umožňuje široké rozsahy nastavení rychlosti a vysokou přesnost rychlostí bez zpětného působení na rychlost. Tomuto procesu řízení (řízení  $U/f$ ) se dává přednost při paralelním provozu několika motorů připojených k jednomu frekvenčnímu měniči.

V případě vektorového řízení s regulací toku se z naměřených proudů motoru vypočítává účinek složky jalového proudu, který je následně porovnán s hodnotami modelu motoru a případně upraven. Amplituda, frekvence a úhel vektoru napětí jsou řízeny přímo. To umožňuje provoz na hranici proudu, široké rozsahy nastavení rychlosti a vysokou přesnost rychlosti. Dynamický výkon pohonu se osvědčuje zejména u nízkých rychlostí, např. u zdvihacích či navíjecích strojů.

Velká výhoda technologie vektorového řízení bez zpětné vazby spočívá v možnosti regulovat tok motoru na hodnotu, která odpovídá jmenovitému toku motoru. Díky tomu je možné provádět dynamickou regulaci krouticího momentu i u trojfázových asynchronních motorů jako u motorů na stejnosměrný proud.

**Schéma náhradního zapojení asynchronního motoru a příslušné proudové vektory:**



① Stator

$i_1$  = proud statoru (proud v odbočce)

② Vzduchová mezera

$i_\mu$  = proudová složka tvořící tok

③ Rotor

$i_w$  = proudová složka tvořící kroučící moment

④ Orientace na tok rotoru

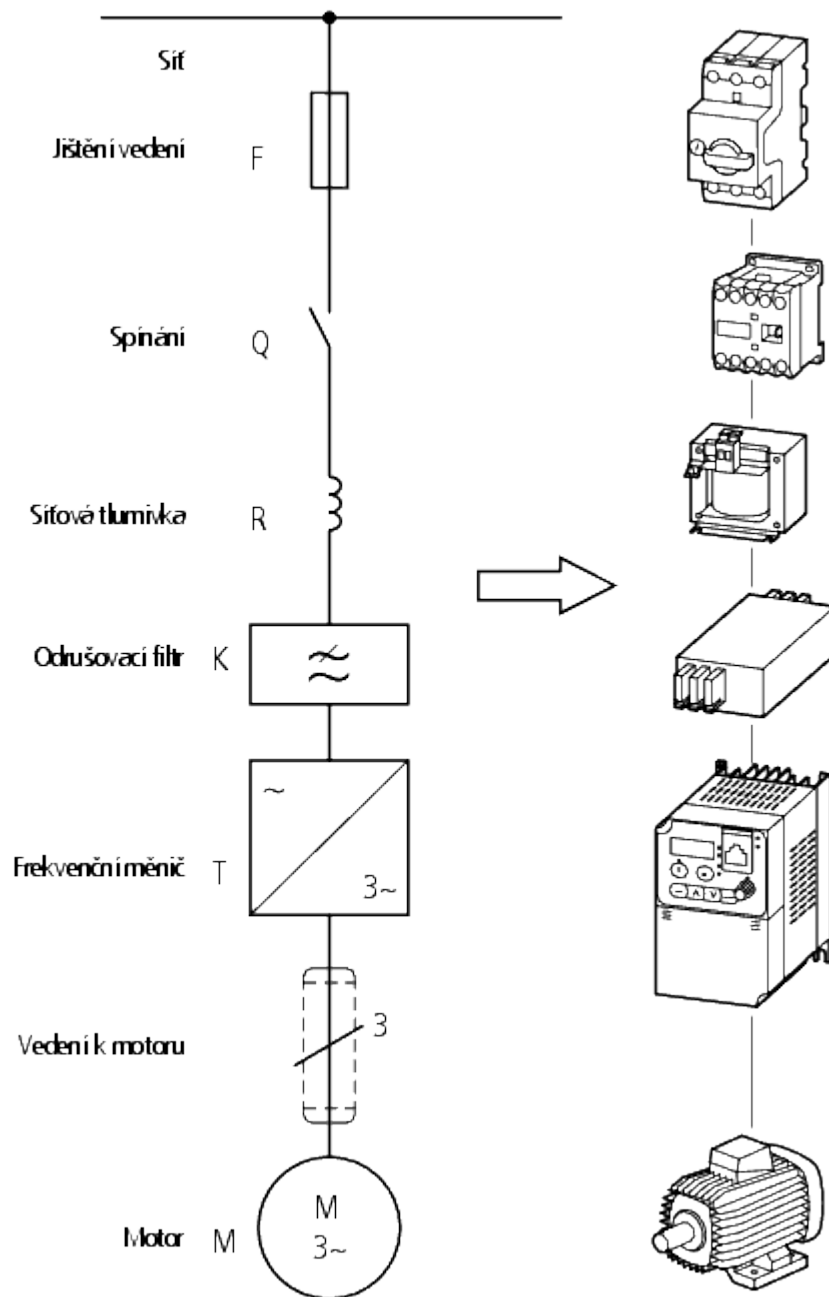
$R'_2/s$  = odpor rotoru závislý na skluzu

⑤ Orientace na stator

V případě vektorového řízení bez zpětné vazby se z naměřených veličin statorového napětí  $u_1$  a statorového proudu  $i_1$  vypočítává veličina  $i_\mu$  tvořící tok a veličina  $i_w$  tvořící kroučící moment. Výpočet se provádí v dynamickém modelu motoru (elektrické schéma náhradního zapojení trojfázového motoru) s adaptivními regulátory proudu, s přihlédnutím k nasycení hlavního pole a ztrátám v železe. Obě proudové složky se podle výše a fáze zasazují do kruhového souřadnicového systému ( $\omega$ ) pro vztažný systém s pevným statorem ( $\alpha, \beta$ ).

Fyzikální údaje motoru potřebné pro daný model tvoří zadané a naměřené parametry (samoladění).

## Připojení frekvenčních měničů v souladu s požadavky EMC



Konstrukce a připojení v souladu s požadavky EMC jsou podrobně popsány v příslušných příručkách (AWB) k jednotlivým přístrojům.



## **Frekvenční měnič-**

je zařízení, sloužící k regulaci otáček elektromotorů (pro naše účely budeme uvažovat motory asynchronní s kotvou nakrátko). Změny otáček se docílují současnou změnou frekvence a napětí, po dosažení jmenovitých hodnot napětí pouze změnou frekvence. Protože je rychlost otáčení elektromotoru přímo závislá na konstrukci motoru a frekvenci (kmitočtu) střídavého napětí, docílují se změnou frekvence přímo změny rychlosti otáčení.

### **Použití**

Jak vyplývá z výše uvedeného, regulace měničem se používá všude tam, kde je třeba dosáhnout jiných otáček elektromotoru, než jaké jsou dostupné ve standardních řadách, nebo tam, kde je třeba měnit rychlost otáčení, případně přímo řídit výstupní moment. Často se též používají pro řízený rozběh a doběh elektromotorů v aplikacích s těžkým rozběhem (pro lehké rozběhy je možno použít levnější komponenty typu softstartér). Při rozběhu pohonu měničem se dosahuje výrazného snížení proudových a momentových rázů. Svoje využití naleznou též v řešeních zaměřených na úsporu energie.

### **Napájecí napětí**

Frekvenční měniče jsou určeny k řízení třífázových elektromotorů.

Na vstupu je měnič napájen střídavým napětím (jednofázovým nebo třífázovým), ve vnitřních obvodech je napětí usměrněno a na výstupu měniče střídačem převedeno na třífázové střídavé napětí o požadované frekvenci.

### **Dle typu vstupního napětí lze měniče rozdělit následovně:**

1. **měníče s jednofázovým vstupním napájením** (v naší síti obvykle 1AC230V) a třífázovým výstupem pro motory, které je možno napájet 3AC230V. Typicky jsou to motory do výkonu 3kW, které je standardně možno napájet buď 3AC400V v zapojení do hvězdy, nebo 3AC230V do trojúhelníku. (Doporučujeme si ověřit tuto možnost na štítku motoru nebo v jeho technické dokumentaci.). Nevýhodou může být u vyšších výkonů (od cca. 1,5kW) poměrně vysoký proudový odběr z jednofázového napájení měniče. Výhodou je podstatně nižší pořizovací cena měniče.
2. **měníče s třífázovým vstupním napájením** (v naší síti obvykle 3AC400V, v některých průmyslových sítích 3AC500V, výjimečně též 3AC230V) a třífázovým výstupem v odpovídajícím napětí. Jedinou nevýhodou je v tomto případě vyšší pořizovací cena měničů.

## Typy zátěže:

Pro naše účely budeme pohony dělit na dvě kategorie podle druhu zátěže:

1. **konstantní zátěž:**
2. Aplikace, kde se v závislosti na otáčkách zátěž nemění (např dopravníky, obráběcí stroje, mlýny a drtiče a podobně).
3. Často bývá též označována jako **HO – High Overload** (vysoká přetížitelnost)
4. **kvadratická zátěž:**
5. Aplikace, kde při zvyšování otáček dochází ke kvadratickému nárůstu zátěže (typicky ventilátory a odstředivá čerpadla).
6. Často bývá též označována jako **LO – Low Overload** (nízká přetížitelnost)

## Metody regulace:

### Lineární charakteristika:

Nejjednodušší metoda řízení, vhodná pro dynamicky nenáročné aplikace s konstantní zátěží. Používá se též v případě paralelního řízení více motorů jedním měničem. Změna napětí a frekvence probíhá v tomto případě lineárně.

### Kvadratická charakteristika:

Určeno výhradně pro pohony s kvadratickou zátěží. Metodu je možno použít i při paralelním řízení více motorů s kvadratickou zátěží.

### Vektorové řízení bez zpětné otáčkové vazby:

Pro dynamicky náročnější aplikace, bez zpětné otáčkové vazby z rotačního čidla na elektromotoru. Výhodou je vysoký moment od velmi nízkých otáček a vyrovnávání otáček při změně zátěže a lepší dynamika.

### Vektorové řízení se zpětnou otáčkovou vazbou:

Pro dynamicky náročnější aplikace, se zpětnou otáčkovou vazbou z rotačního čidla na elektromotoru. Měnič musí být vybaven tzv. enkodérem. Výhodou je jmenovitý moment i při nulových otáčkách, nezávislost otáček na zátěži a lepší dynamika.

Jedná se o optimální metodu řízení asynchronního motoru.

## **FCC - řízení s aktivní regulací omezení proudu**

Používá se u malých výkonů motoru, které se vyznačují velkým odporem statorového vinutí (typicky do 4 kW). Omezuje špičkový proud tak, aby nedocházelo k výpadkům pohonu v důsledku proudového přetížení.

### **Vícebodová charakteristika:**

Používá se ve speciálních případech, kdy je možno lineární charakteristiku definovat více nezávislými body.

### **Přímé řízení momentu bez zpětné vazby:**

Určeno pro aplikace, kde je stanovena cílová hodnota momentu. Otáčky pohonu jsou automaticky přizpůsobeny tak, aby moment odpovídal požadované hodnotě (tedy nelze zároveň nezávisle regulovat otáčky i moment).

### **Přímé řízení momentu se zpětnou vazbou:**

Určeno pro aplikace, kde je stanovena cílová hodnota momentu. Otáčky pohonu jsou automaticky přizpůsobeny tak, aby moment odpovídal požadované hodnotě (tedy nelze zároveň nezávisle regulovat otáčky i moment). Moment je dosažen i při nulových otáčkách. Na motoru musí být instalováno rotační čidlo a měnič musí být vybaven modulem Enkoder.

### **Možnosti řízení, chování motoru**

Většinou umožňují nabízené měniče změnu kmitočtu od 0 do 650Hz. To je podstatně více, než je povolený rozsah otáček asynchronních elektromotorů. Díky tomu je možné regulovat otáčky plynule v obou směrech otáčení a v plném rozsahu povolených otáček, daných vlastnostmi konkrétního motoru.

Při dimenzování pohonu je třeba brát v potaz tu vlastnost, že motor ve spojení s měničem nedosahuje plných jmenovitých hodnot výkonu, ale nejčastěji hodnot o 10 – 15% nižších. Navíc dochází při zpomalování motoru ke snižování výkonu, při zrychlování naopak k poklesu krouticího momentu.

#### **Měniče Vám umožní motor regulovat následovně:**

- plynulá regulace
- regulace v nastavených frekvencích (u jednoduchých měničů až 3 pevné frekvence, u vyšších řad 6 pevných frekvencí nebo více).

## Způsob ovládání

Ovládání měniče je možno realizovat několika různými způsoby:

**-manuální ovládání pomocí ovládacího panelu** (nutno zakoupit doplňkový ovládací panel do čela měniče). Ovládací panel je vybaven monochromatickým LCD displejem a tlačítky pro start, stop, zvýšení a snížení hodnoty, reverzaci, krokování a programování měniče.



Obrázek 67



Obrázek 68

**-manuální nebo automatické ovládání prostřednictvím externích ovládacích prvků s výstupem na řídicí svorkovnici měniče** – měnič má vlastní zdroj ovládacího napětí DC24V pro digitální vstupy, není tudíž nic jednoduššího než připojit vlastní spínače. Digitální vstupy (0/1) je možno nastavit tak, aby po sepnutí vyvolaly funkci, kterou požadujete (např. funkce start/stop v libovolném směru, reverzace, aktivace rychlého zastavení, spuštění do přednastavené pevné frekvence v libovolném směru, nulování poruchy, zvýšení či snížení frekvence, aktivace krokování apod.). Na

analogovém vstupu je potom možno regulovat otáčky prostřednictvím potenciometru nebo jiné analogového zdroje (napětově 0 – 10V, u vyšších řad měničů též proudově 0 – 20mA nebo 4 – 20mA). Analogový vstup je možno kalibrovat na požadovaný rozsah. Pro analogový vstup mají měniče k dispozici zdroj DC10V. Všechny tyto vstupy mohou být také použity pro připojení automatických spínačů (koncová a polohová čidla a pod pro spínání digitálních vstupů, nebo různých měřících komponent s analogovým výstupem pro regulaci otáček prostřednictvím analogových vstupů).

**-dálkové řízení z PLC nebo jiného řídicího systému** – měniče mohou být řízeny prostřednictvím různých řídicích protokolů po standardních sběrnících (Profibus, Profinet, sériové rozhraní a podobně). Možnosti komunikace po standardizovaných sběrnících se mezi jednotlivými řadami liší, některé mohou být integrovány přímo v měniči, pro jiné je nutné dokoupení komunikačních rozhraní.

**-automatická regulace prostřednictvím zpětné vazby** – velmi častou metodou regulace je také regulace rychlosti otáček pomocí zpětné vazby s cílem dosažení a udržení požadované cílové hodnoty. K tomuto účelu slouží zabudovaný PID regulátor. Nejlépe vše vysvětlí příklad z praxe: představme si vodovodní systém, ve kterém chceme udržovat stálý tlak (žádaná veličina). Vzhledem k tomu, že v různých okamžicích jsou různé odběry vody ze systému, potřebujeme, aby pohon čerpadla pružně reagoval na změny tlaku v systému (skutečná veličina). Do systému tedy vřadíme čidlo tlaku s výstupem 0 – 10 V (případně 0 – 20mA). Tento signál přivedeme do měniče a aktivujeme regulaci prostřednictvím zpětné vazby (minimální rozdíl mezi žádanou a skutečnou veličinou). Vyladíme požadované hodnoty na vstupu měniče. Tím docílíme automatického přizpůsobování pohonu okamžitým podmínkám. Tato metoda je mimo jiné velice účinnou cestou k úspoře nákladů na elektrickou energii a doporučujeme její nasazení namísto systémů se škrticími klapkami a podobných. Blíže se tomuto tématu budeme věnovat v sekci o úspoře energie. Samozřejmě se řízení pomocí zpětné vazby neomezujeme jen na regulaci tlaku, ale v podstatě na plynulou regulaci jakékoliv cílové hodnoty (tlak, teplota, průtok, hmotnost, rychlost, moment...), kterou lze v dané aplikaci ovlivnit rychlostí otáčení motoru a v reálném čase měřit (s výstupem z měření ve formě napětového či proudového signálu).

### **Programování měniče:**

Frekvenční měniče jsou většinou programovatelné, což znamená, že si zákazník může přizpůsobit vlastnosti pohonu svým potřebám. Většina uživatelů si zajisté bude chtít přizpůsobit např. rozsah minimálních a maximálních otáček, přizpůsobit rychlost rozběhu a doběhu, nastavit metodu řízení, nastavit funkce řídicích vstupů a výstupů a podobně. Všechny tyto parametry a spousta dalších je přizpůsobitelná Vašim požadavkům.

Pro programování měniče je nutno použít buď doplňkový ovládací panel, nebo doplňkové komunikační rozhraní pro komunikaci s PC ve spojení s příslušným softwarem.

V podstatě povinným je **základní nastavení měniče (jinak též rychlé uvedení do provozu)**, při kterém jsou do paměti měniče přeneseny štítkové hodnoty motoru a zvoleny některé základní parametry pohonu (minimální a maximální frekvence, způsob regulace a podobně). Tento krok je nutný pro správnou funkci pohonu a ochranných funkcí, zabudovaných v měniči.

**Továrně jsou v měniči přednastaveny hodnoty**, odpovídající vlastnostem 4-pólového asynchronního motoru o stejném výkonu, jaký je definován u měniče. Ovládání start/stop,

reverzace a nulování poruchy je přednastaveno na digitální vstupy, plynulá regulace rychlosti je nastavena na analogový vstup. Přednastavená je též lineární charakteristika.

Po provedení základního nastavení je možno přizpůsobit celou řadu programovatelných parametrů požadovaným vlastnostem pohonu.

Srozumitelnou a jednoduchou formou je proces základního nastavení popsán ve stručných návodech k měničům. Výčet všech programovatelných parametrů je možno nalézt buď v samostatné příručce, nebo v kompletním návodu (v závislosti na provedení měniče).

## **Metody brzdění pohonu:**

Mnoho frekvenčních měničů umožňuje řízený doběh pohonu. Základní metodou je prostý doběh po přednastavené rampě, případně volný doběh motoru. Volitelnou metodou brzdění je **brzdění stejnosměrným napětím**. Tato metoda je poměrně účinná při aktivaci ve vysokých otáčkách, nevýhodou je ovšem výrazné zahřívání motoru.

Další metodou je tzv. **kompandní brzdění**, což je v podstatě stejnosměrné brzdění s doběhem po nastavené rampě. U měničů vyšších řad např. Micromaster 440 a Sinamics G120 je možno použít též účinné odporové brzdění, při kterém je energie vracející se z motoru vyzářena ve formě odpadního tepla z doplňkového brzdného odporu.

Poslední, nejmodernější a velice elegantní metodou je **brzdění s rekuperací energie** zpět do sítě (volitelně pouze u Sinamics G120). Výhoda je jednoznačná, energie dobíhajícího motoru je v tomto případě zdrojem úspory energie a tedy i provozních nákladů pohonu. Samozřejmě, čím větší setrvačnost a četnost dobrzdění, tím vyšších úspor je v provozu dosahováno.

## **Použití v automatizovaných systémech**

Měniče mohou velice dobře fungovat jako součásti automatizovaných systémů nejrůznějších úrovní. Jednoduché aplikace mohou být vyřešeny pouze nasazením měniče s využitím programovatelných řídicích vstupů a výstupů. Složitější úlohy, vyžadující složitější logické či časované operace, mohou být úspěšně řešeny začleněním měničů do systémů řízených programovatelnými řídicími jednotkami PLC (Programmable Logic Controller, jako jsou např. známé a populární Siemens řídicí systémy Simatic či Logo).



## **Ochranné funkce**

Moderní měniče jsou vybaveny celou řadou ochranných funkcí, zaměřených nejen na ochranu vlastní, ale také ochranu motoru. Mezi nejčastější patří ochrana proti zkratu (zemnímu i mezifázovému), ochrana proti přetížení motoru i měniče a další, kontrola teploty vinutí motoru prostřednictvím zpětné vazby z teplotních čidel ve vinutí, u nejnovějších řad volitelně i funkce „Safety Integrated“, značně zjednodušující návrh a výrobu pohonných systémů díky integraci funkcí bezpečného omezení momentu, bezpečného omezení rychlosti, bezpečného zastavení nebo bezpečného ovládání brzdy.

## **Výbava měniče – EMC (elektromagnetická kompatibilita)**

Protože jsou měniče ze svého principu významným zdrojem rušení do elektrické sítě, může být vhodné použití měniče s odrušovacím filtrem. V produkci některých firem jsou výkonové stupně měničů k dispozici též ve verzi se zabudovaným odrušovacím filtrem, pro jiné výkonové stupně je třeba pořídit externí filtr. K dispozici jsou filtry třídy A (typicky pro průmyslovou zónu – oddělená síť) nebo B (typicky pro obytnou zónu – veřejná síť). Pro naplnění některých požadavků norem může být vyžadováno spojení měniče s motorem pomocí stíněných kabelů, jejichž délka může být navíc limitována. Podrobné informace viz technické dokumentace měničů.

## **Výbava měniče – komunikace**

K měničům je možno přikoupit celou řadu komunikačních rozhraní, ať už jsou to např. jednoduché nebo rozšířené ovládací panely pro manuální obsluhu, nebo rozhraní pro komunikaci na sběrnících Profibus, Profinet, AS-interface, CAN-Open, sériovou komunikaci, modul enkodér pro zpětnou vazbu z rotačního čidla a podobně. U některých řad měničů jsou vybraná rozhraní integrována, u některých řad je nutno tato rozhraní dokoupit jako zvláštní příslušenství.

### Doplňková výbava měniče:

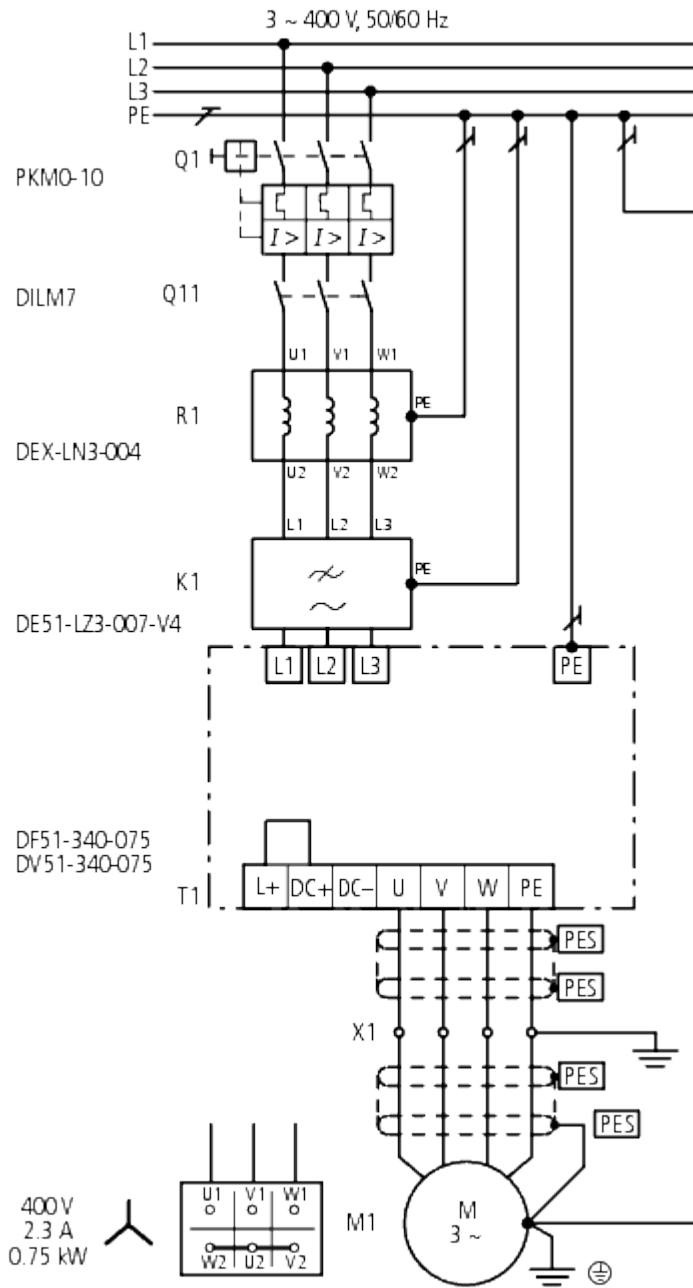
- **vstupní síťové (komutační) tlumivky** slouží ke snižování zpětného působení na síť vyššími harmonickými a prodlužují životnost kondenzátorů měniče.
- **výstupní motorové tlumivky** snižují zatížení vinutí motoru napětím. Současně snižují kapacitní proudy, které dodatečně zatěžují výkonové části měniče při použití dlouhých kabelů. Jejich použití vyžaduje vhodné nastavení měniče, konkrétně spínací frekvence. Výstupní napětí je obdélkové.
- **brzdné odpory** slouží k rychlému brždění pohonů s větší setrvačnou hmotou. Energie, vracející se při rychlém brždění do motoru je vyzářena odporem ve formě odpadního tepla. K dispozici pouze pro některé druhy měničů.
- **doplňkové síťové filtry** slouží k dosažení vyšší třídy odrušení
- **sinusové filtry** omezují strmost napětí a kapacitní proudy. Nahrazují výstupní (motorové) tlumivky. Použití je podobné jako u motorových tlumivek, ovšem s vyšší účinností. Výstupní napětí je sinusové. Nevýhodou je vyšší cena.

### Při výběru měniče je nutné si ujasnit několik základních informací:

1. **napájení** – zvažte, zda zvolíte měnič s jednofázovým nebo třífázovým vstupním napájením (pouze do výkonu 3kW, nad 3kW jsou měniče napájeny vždy třífázově)
2. **výkon** – zcela základní informace o výkonu pohonu nutná ke správné volbě měniče
3. **typ aplikace** – podstatné pro výběr vhodné řady měniče. Pro jednoduché, dynamicky nenáročné aplikace postačí některá ze základních řad měničů, pro dynamicky náročnější aplikace je nutno volit měniče vyšších řad.
4. **metoda řízení** – pro jednoduché aplikace opět postačí základní řady měničů, pro aplikace vyžadující vektorové řízení nebo některou jinou sofistikovanější metodu regulace je opět třeba vyšší řada frekvenčních měničů.
5. **způsob ovládní** - ujasněte si, jakým způsobem chcete měnič ovládat (manuálně, prostřednictvím ovládacího panelu nebo po komunikačním rozhraní).
6. **požadavek na rekuperaci energie** – pokud byste rádi ušetřili na provozních nákladech zařízení a jedná se o zařízení, u kterého poměrně často dochází k brždění větší setrvačností, volte měnič s možností rekuperace
7. **výbava měniče** – ověřte si Vaše požadavky na počet digitálních a analogových vstupů, komunikační rozhraní, možnost připojení brzdných odporů a další doplňkové výbavy.

### 10.3. Příklady zapojení

#### Varianta B: Motor v zapojení do hvězdy



## Varianta A: Motor v zapojení do trojúhelníku

Motor:  $P = 0,75 \text{ kW}$

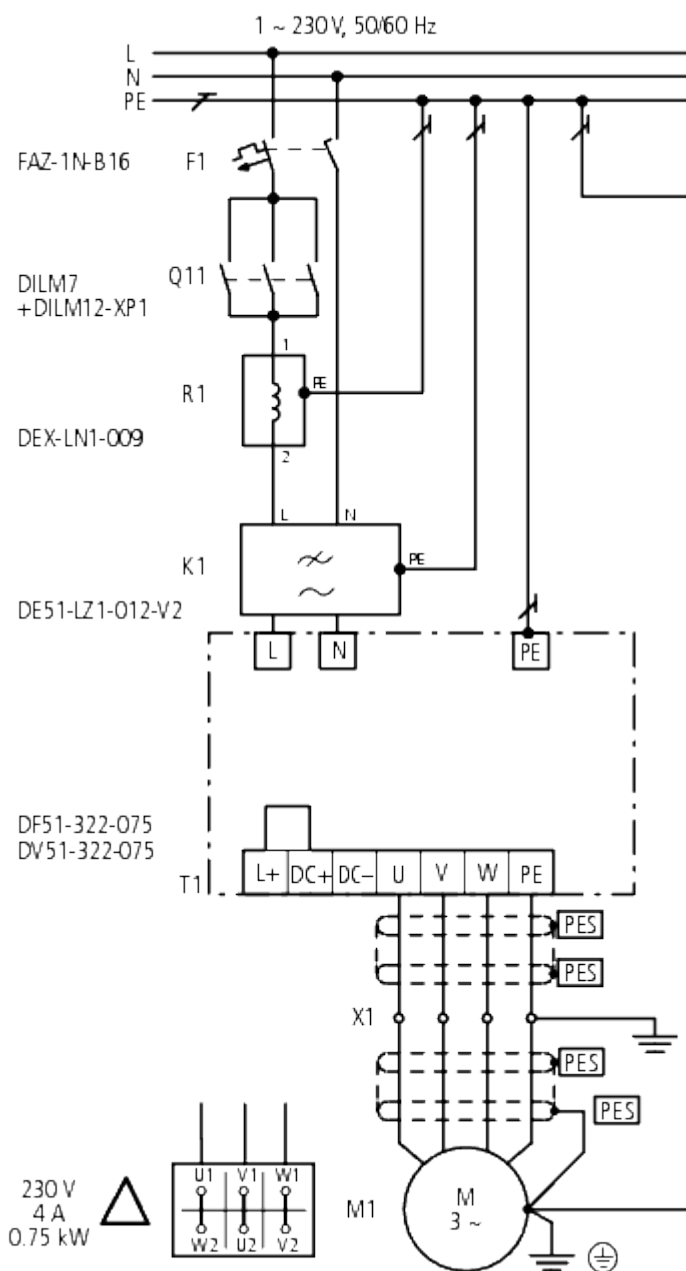
Síť: 3/N/PE 400 V 50/60 Hz

Níže uvedený motor 0,75 kW lze připojit na jednofázovou síť s 230 V (varianta A) v trojúhelníkovém zapojení nebo na třífázovou síť 400 V v zapojení do hvězdy.

Výběr frekvenčního měniče se provádí s přihlédnutím ke zvolenému síťovému napětí:

- DF51-322 při 1 AC 230 V
- DF51-340 při 3 AC 400 V
- typově specifické příslušenství pro připojení v souladu s požadavky EMC.

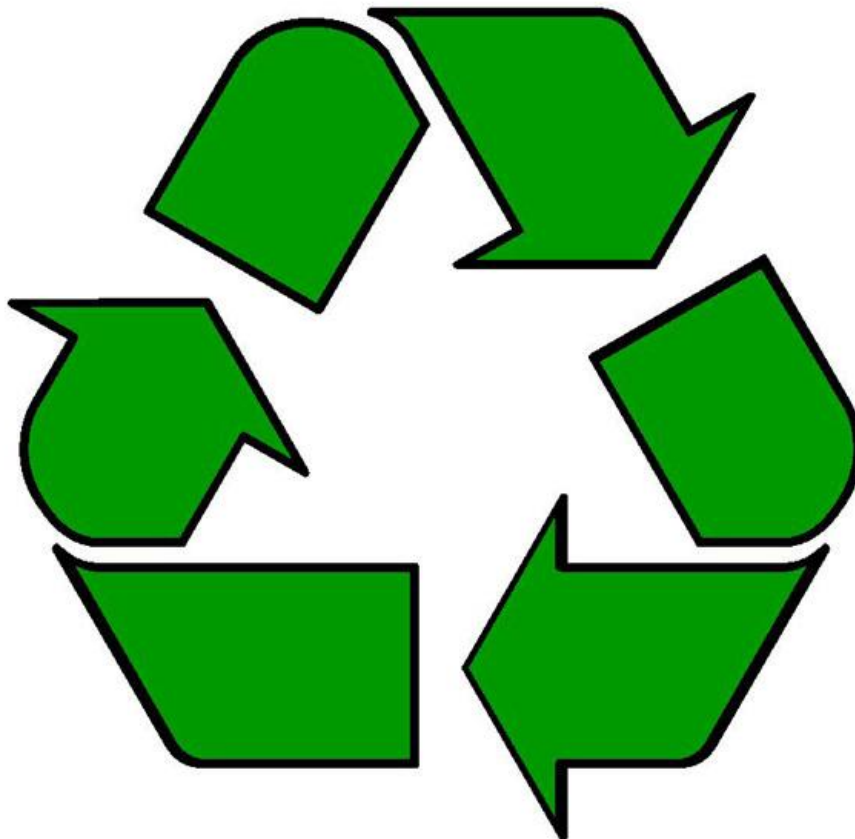
230 $\Delta$ / 400 Y V		4.0 / 2.3 A	
S1 0,75 kW		$\cos \varphi$ 0.67	
1410 rpm		50 Hz	



## 11. Elektrotechnické materiály a ekologie

Výrazy „životní prostředí“, „ekologie“, „environmental management“ začínají stále více pronikat i do slovníku používaného technikou. Je neoddiskutovatelným faktem, že na znehodnocování životního prostředí se v největší míře podílí mimo energetiky i průmyslová činnost.

Zběžný pohled na elektrotechnickou výrobu svádí ke konstatování, že tato průmyslová činnost životní prostředí výrazně nezatěžuje. Vždyť elektrotechnika, zejména elektronika, používá velmi čisté materiály a technologie, které vyžadují ultra čisté provozy. Čisté materiály musely být ale někde vyrobeny a zde vznikaly nebezpečné odpady. Sekundárním produktem čistých technologií mohou být koncentrované škodliviny, které je nutné likvidovat.



Obrázek 69

## 11.1 Odpady v elektrotechnice

Odpady představují nejčastější a nejsledovanější „vedlejší produkt“ lidské společnosti. Zejména komunální odpady a kaly z čistíren odpadních vod jsou produktem prakticky všech obyvatel. Většina z nás se však denně setkává i s produkcí odpadů průmyslových, stavebních, biologicky rozložitelných, nebezpečných a řady dalších. Kvůli svým specifickým vlastnostem a různému riziku ohrožení našeho životního prostředí vyžaduje každý tok odpadů specifické nakládání. Základní pravidla pro nakládání s odpady jsou stanoveny zákonem o odpadech a jeho prováděcími právními předpisy. Cíle pro různé způsoby nakládání s odpady a optimální způsoby pro jejich dosažení jsou stanoveny „Plánem odpadového hospodářství České republiky“, který byl v souladu se zákonem o odpadech vydán formou nařízení vlády. Jeho plnění je každoročně vyhodnocováno prostřednictvím Hodnotící zprávy, která je zveřejňována na stránkách ministerstva. S Plánem odpadového hospodářství ČR musí být v souladu také plány odpadového hospodářství krajů a plány odpadového hospodářství původců odpadů v celé ČR. Aby bylo umožněno plány v odpadovém hospodářství odpovědně vyhodnocovat a aby byly získány podklady pro správní a kontrolní činnost, je v odpadovém hospodářství vedena evidence, umožňující v souladu s evropskými předpisy získat podrobné informace o produkci a nakládání s odpady. Získané informace jsou důležitým podkladem pro další plánování v oblasti odpadového hospodářství.



Obrázek 70

Samostatnou kapitolou v oblasti odpadového hospodářství je tzv. elektroodpad. Elektroodpad je odpad ve formě elektrospotřebičů a jejich částí, elektrických a elektronických součástek. Elektroodpad je oddělen od komunálního a směsného odpadu a má stanovená jiná pravidla jeho sběru, likvidace a nakládání s ním. Do systému zpětného odběru elektroodpadu jsou zahrnuty jen vybrané výrobky. Například baterie a akumulátory ano, klasické žárovky ne.



Obrázek 71

Tento druh odpadu může obsahovat nebezpečné látky (rtuť, arzen, kadmium, olovo, ftaláty, bromované zpomalovače hoření, PVC, chrom apod.) Nakládání s elektroodpadem v České republice upravuje zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, platný od 13. srpna 2005. Pro elektroodpad zavádí tzv. **recyklační poplatek**.

#### **V principu jsou stanovena následující obecná pravidla:**

- Pro elektroodpad jsou stanovena sběrná místa, která zajišťují provozovatelé kolektivních systémů pro zpětný odběr elektrozařízení ve spolupráci s jednotlivými obcemi. Mimo tato sběrná místa je možné odevzdat elektroodpad také prodejčům elektrotechnických výrobků.
- Účelem míst zpětného odběru je převzít elektroodpad a následně ho předat ke zpracování specializovaným firmám.
- Náklady na provoz sběrných míst a likvidace elektroodpadu jsou promítnuty do velkoobchodních a následně maloobchodních cen výrobků jako tzv. recyklační poplatek (také PHE - příspěvek na likvidaci historických elektrospotřebičů). Recyklační poplatek se ve všech fakturách a účtech vykazuje odděleně od ceny výrobku.

Přijetí elektroodpadu na místě zpětného odběru a jeho zpracování tedy probíhá ze strany spotřebitele bezplatně.



Obrázek 72

Účelem zákona a zpětného odběru je zamezení černých skládek nebezpečného odpadu. Druhým důvodem je to, že elektroodpad nezdřídka obsahuje značnou část materiálů (jako jsou třeba kovy: měď, cín, hliník, zinek, někdy dokonce i zlato), které se vyplatí vytřídit a recyklovat k opětovnému použití.

Pro moderní elektrotechnickou výrobu je charakteristické využívání téměř celé škály materiálů vytvořených přírodou a člověkem, což je dáno specifičností elektrotechnického výrobku. Chemie poskytla a poskytuje elektrotechnice řadu materiálů s vynikajícími vlastnostmi. Postupem času se ale ukazuje, že tyto materiály nemusí být k životnímu prostředí šetrné.



## Materiály používané v elektrotechnice z hlediska ekologické závadnosti

### Kovy



Obrázek 73

V elektrotechnické technologii nachází uplatnění téměř všechny kovy, které se vyskytují v přírodě. Při jejich zpracování, použití, likvidaci apod. mohou vznikat sloučeniny souhrnně nazývané těžké kovy.

V nízkých koncentracích jsou těžké kovy nezbytné pro životní pochody (stopové prvky). Ve vyšších koncentracích se projevuje jejich toxicita. U člověka narušují nervovou soustavu, poškozují ledviny, mohou být zdrojem mutací, nádorů apod. Mohou se shromažďovat v půdě a být příčinou její sterility, nebo se mohou akumulovat v rostlinách, a tak ovlivňovat potravní řetězec.

Většina těžkých kovů má schopnost se postupně akumulovat v sedimentech nebo živých organizmech. Největší akumulační schopnost mají kadmium, rtuť a olovo.

Mezi nejvýznamnější elektrotechnické kovové materiály, které jsou potenciálním zdrojem těžkých kovů, patří zejména:

#### - *Kadmium*

Značně se kumuluje v biomase. Zesiluje toxické účinky jiných kovů, např. zinku a mědi. Má negativní vliv na reprodukci savců. Člověk se s ním dostává do styku zejména přes potravní řetězec (např. prostřednictvím hnojiv, pesticidů apod.). Lidský organismus, vystavený dlouhodobému působení kadmia, akumuluje Cd v ledvinách, játrech a trávicím ústrojí. U člověka způsobuje anémii, pigmentaci zubů a odvápnění kostí.

**- Olovo**



Obrázek 74

V působnosti na lidský organizmus je olovo zařazeno mezi 17 nejškodlivějších látek a sloučenin. Akutní otravy vodou s obsahem olova nejsou sice známy, olovo ale způsobuje otravy chronické, protože se hromadí v některých orgánech (v kostech, játrech, ledvinách)

**- Chrom**

Působí toxicky na vodní flóru a faunu. Předpokládají se karcinogenní účinky chromu. Již v malých koncentracích ovlivňuje chrom chuť a barvu vody.

**- Nikl**

Není pro člověka toxický, má však pravděpodobně karcinogenní účinky. Podle dosavadních poznatků je nikl důležitý při anaerobních procesech. Je však toxický pro řadu vodních organismů.

**- Hliník**

Do nedávné doby byl hliník pokládán z hygienického hlediska za neutrální prvek. V posledních letech se tento názor reviduje a upozorňuje se na jeho případné neurotoxické účinky. U hliníku byla prokázána fytotoxicita.

## **Tuhé Izolanty**

V rozboru materiálů, používaných v elektrotechnické výrobě, nelze pominout izolanty a z nich zejména plasty. Hodnocení jejich ekologické závadnosti není jednoduchá záležitost. V životním prostředí se plast může na jedné straně projevit negativně jako odpad, na druhé straně může mít negativní aspekty již samotná jeho výroba. V současné době na prvním místě v negativním dopadu plastů na životní prostředí stojí:

### **- Polyvinylchlorid**

Potenciálně velmi silný negativní dopad PVC je v možné expozici karcinogenních polychlorovaných dibenzodioxinů (PCDD) a dibenzofuranů (PCDF) v životním prostředí při jeho výrobě nebo likvidaci PVC.

Dioxiny se vyznačují širokou škálou toxických účinků. Mezi tyto účinky se řadí kožní onemocnění, poruchy imunitního a reprodukčního systému, teratogenita, karcinogenita a poruchy hormonální činnosti.

Při spalování odpadu s obsahem PVC se vedle dioxinů uvolňuje chlorovodík a těžké kovy, které jsou dále emitovány do atmosféry nebo kontaminují strusku a popílek.

### **- Polystyren**



Obrázek 75

V porovnání s PVC vykazuje polystyren v životním cyklu lepší výsledky. Také u něho se ale objevují problémy se znečištěním životního prostředí. Výroba PS vyžaduje více energie. Některé typické produkty z PS mají sekundární negativní vliv na životní prostředí, neboť jsou např. expandovány freony.

### **- Polyuretan**

Při výrobě, polymeraci, zpracování i nehodách (požárech) patří PUR k vysoce toxickým izokyanátům. Materiály s PUR bývají expandovány pomocí freonů a občas obsahují i halogenované retardéry hoření. Z těchto důvodů není PUR doporučován jako alternativní

materiál k PVC. Obdobný závěr platí pro syntetický kaučuk (chloroprén) a kopolymer (styren-butadien), které uvolňují karcinogenní substance do pracovního prostředí. Při spalování chloroprénu se také může uvolňovat chlorovodík a dioxiny.

Z dalších materiálů, které jsou problematické z ekologického hlediska a které velmi hojně elektrotechnika používala, lze jako příklad uvést například:

#### **- Formaldehyd**

Formaldehyd je součástí vrstvených izolačních materiálů, dřevotřískových desek a podobných hmot. Vyskytuje se jako bezbarvý plyn s charakteristickým štiplavým zápachem, nebo jako kapalina. Hlavní cestou vstupu formaldehydu do organismu je inhalace, ingesce, nebo dermální cesta. Protože formaldehyd je vysoce rozpustný ve vodě, více než 90 % je zachycováno v horních cestách dýchacích při inhalaci, jen 6 - 10 % se do organismu dostává kůží. Dráždění sliznice horních cest dýchacích a spojivek a obtěžování zápachem jsou první projevy diskomfortu v prostředí způsobené vyššími koncentracemi formaldehydu (působícím často v kombinaci s nízkou vlhkostí a vysokou teplotou vzduchu). Bolesti hlavy, nevolnost, únava a žízeň nastupují při déle trvající expozici v konstantně vysokých koncentracích. Dráždivým účinkem zvyšuje reaktivitu respiračního traktu a může vyvolat vznik astmatického záchvatu.

Experimentální studie prokázaly, že formaldehyd způsobuje rakovinu nosní sliznice u kryš. Dosud však nebyl prokázán jeho karcinogenní působení na člověka. Formaldehyd v nízkých koncentracích je považován za akutní iritant dýchacích, cest zejména u sensitivních jedinců. Chronické působení velmi vysokých koncentrací je považováno za neprokázané karcinogenní riziko.

#### **- Azbest**

Používání azbestu bylo velmi široké. Obecně se azbest aplikoval hlavně v těch případech, kdy se vyžadovala odolnost proti vysokým teplotám a vysoká hořlavost. Z lékařských výzkumů postupně vyplynulo, že dlouhodobým účinkem vláken azbestu na organismus vzniká nejen plicní, ale i vazivovité až kalcifikované útvary na pohrudnici a zhoubné bujny (rakovina plic, mezoteliom pohrudnice a pobřišnice, případně novotvary jiných orgánů). Ačkoliv souvislost mezoteliomů s expozicí azbestu je zřejmá, přesný mechanismus kancerogenních účinků není znám. Azbestová fibróza se vyvíjí sice pomalu, ale pokračuje i po skončení expozice.

## **Plynné a kapalnÉ izolanty**

Často používanou látkou v elektrotechnické technologii jsou různá rozpouštědla a odmašťovadla. Pro látky tohoto typu se používá souhrnné označení VOC (Volatile Organic Compounds). Jejich toxikologické vlastnosti a mechanismus působení na člověka se navzájem liší. Akutní následky expozice těkavými sloučeninami se projevují zejména jako otravy. Hlavním zdrojem VOC jsou barvy, nátěry, rozpouštědla a lepidla. Účinky některých představitelů VOC jsou následující:

### **- *Toluen, Xylen, Styren a Etylbenzen***

mají neurotoxické účinky a způsobují bolesti hlavy, poruchy koncentrace, poruchy motoriky, závrať, nauzeu a zvracení. Po expozici ve vysokých koncentracích těchto látek mohou příznaky přetrvávat i několik dní a jen pomalu ustupovat. Chronické působení nižších koncentrací těchto aromatických sloučenin po dlouhodobé nebo opakovaně nízké expozici může být následováno velmi subtilními neurologickými změnami drobných svalů končetin. Další změny se mohou projevovat nenápadnými změnami v chování.

### **- *Chloroform, Tetrachloretylen, Methylen chlorid, Trichloretan***

a další čisticí a odmašťovací prostředky mohou způsobovat hypersenzitivní reakce plic, mohou vyvolávat alergii nebo hyperreaktivitu dýchacích cest.

**Další velkou skupinu látek, kterou v minulosti elektrotechnika pro výhodné vlastnosti využívala, byly:**

**- Chlorované bifenyly (PCB)**

Z počátku se PCB v elektrotechnice používaly jako náplň kondenzátorů. Později se začaly využívat i jako izolační kapalina do výkonových transformátorů, tlumivek, přístrojových transformátorů a dalších vysokonapěťových elektrických zařízení. PCB s vysokým obsahem chlóru se používaly jako náhražka parafinových vosků při výrobě kabelů, nebo jako těsnící hmota elektroinstalací. Na počátku šedesátých let byla u polychlorovaných bifenyly prokázána toxicita. Do lidského organismu se PCB dostávají z potravního řetězce (rybí maso, kravské mléko, hovězí a vepřové maso).



Obrázek 76

Přestože výroba PCB byla celosvětově ukončena, problémy s polychlorovanými bifenyly nezmizely. Vzhledem k jejich velké chemické stálosti vznikl problém likvidace PCB. S ohledem na všeobecné rozšíření PCB jsou složité i způsoby jejich evidence. V elektrotechnice se tento problém dotýká zejména transformátorových olejů.

**- Freony**

Freony je obchodní název pro upravené uhlovodíky. V průběhu let našly freony široké uplatnění jak v domácnostech, tak v průmyslu. Poprvé se použily jako hnací náplně sprejů na rozprašování DDT. Později začaly být využívány jako nosiče parfémů v podobě laků na vlasy, pěn na holení, dezodorantů apod. Asi čtvrtina světové produkce freonů se používá na výrobu čisticích prostředků a pěnových materiálů (nadouvadla). Kolem 20 % freonů se spotřebuje při klimatizaci domácností, kanceláří a dopravních prostředků. Pro své vlastnosti (nejsou hořlavé a jedovaté) se freony používají i jako náplň hasicích systémů.



Obrázek 77

Elektrotechnika využívala vlastností freonů pro čištění desek plošných spojů při pájení.

Když byla na počátku osmdesátých let prokázána existence ozónové díry a podíl freonů na jejím vzniku, byl v roce 1987 na půdě OSN podepsán dokument o postupném snižování používání chemických látek, které narušují ochranný ozónový obal ve vrchních vrstvách atmosféry (Montrealský protokol). Ekologicky musí být likvidovány nejenom použité freony, ale i freonové odpady, odpadní oleje a odpadní pěnové materiály obsahující CFC.

### **Příklady ekologicky závadných technologií**

#### **Povrchové ochrany**

Téměř v každém elektrotechnickém zařízení jsou různé kovové kryty nebo šroubová spojení, od kterých se požadují vedle mechanických, někdy i specifické elektrické vlastnosti (např. kontaktní odpor, snadná pájitelnost apod.). Je-li k tomu zároveň vznesen požadavek, že zařízení bude vystaveno korozně agresivnímu prostředí, nabízí se použít na povrchovou úpravu kovových částí galvanicky vyloučené povlaky.

Pro své výjimečné vlastnosti, zejména v protikorozní ochraně, našlo v minulosti v tomto směru uplatnění kadmium. U galvanicky vyloučených kadmiových povlaků se oceňuje hlavně dobrá ochranná účinnost proti korozi a stříbřitě bílý vzhled i po delší době expozice v agresivním prostředí, dobrá pájitelnost, snadná demontovatelnost šroubových spojů a další vlastnosti. Vlastní kadmiování je jednoduché. Vážné problémy jsou se zneškodňováním kadmia v odpadních vodách. Složitá je i otázka kalového hospodářství.

## **Izolační systémy**

Jako příklad ekologicky závadné technologie v oblasti výroby izolačních systémů může posloužit výroba budicích vinutí elektrických strojů. Na budící vinutí jsou kladeny speciální technologické a konstrukční požadavky. Jedním z nich je, aby izolace byla odolná vůči vysoké teplotě a snášela mechanické namáhání. Tyto požadavky splňuje izolace na bázi azbestu. Prokázaná závadnost azbestu byla příčinou ukončení výroby azbestových papírů. Náhradní materiály byly a jsou vyvíjeny podle technologických možností výrobce, zkušeností a tradice, dostupných surovin a požadavků zákazníka. Obvykle jsou na bázi keramických nebo skleněných vláken, polypropylenu apod.

## **Pájení**

Velice rozšířenou technologií v elektrotechnice je pájení. Při pájení se ale uvolňuje do ovzduší velké množství škodlivin, které mohou být inhalovány člověkem ve formě jemných aerosolů. Exhaláty mohou pocházet ze základního materiálu, přídavného materiálu (pájky, tavidla) nebo technologického procesu. Zvláštní pozornost je třeba věnovat aerosolům toxických látek kovové povahy (Mn, Cr, Be, Cu, Zn) a uvolňujícím se fluoridům a chloridům (z čistících přípravků). Kromě aerosolů se uvolňují do pracovního prostoru i některé plyny, které nejsou nebezpečné z hygienického hlediska (nitrozní plyny, CO, CO<sub>2</sub>), které ale patří mezi ekologické škodliviny. Ekologickým problémem je čištění desek plošných spojů před vlastním pájecím procesem.



## 11.2 Trvale udržitelný vývoj v ochraně životního prostředí

Trvale udržitelný vývoj v ochraně životního prostředí znamená šetrné zacházení s přírodními zdroji. Již při vývoji výrobku a návrhu nákladů procesu je nutné prověřit možná následná zatížení životního prostředí.

Je důležité, aby naším cílem bylo zabránit ničení životního prostředí nebo v rámci platných předpisů snížit zatížení životního prostředí na minimum.



Obrázek 78

## Při elektrotechnické výrobě je nutné:

- Pracovat stále tak, aby byly dodržovány předpisy snižující rizika a dopady na životní prostředí a byla snižována spotřeba energií a jiných zdrojů.
- Přijímat opatření nutná k omezení poškození životního prostředí
- Možné negativní působení na životní prostředí musí být posuzována a zohledňována již při vývoji výrobku a výrobních postupů.
- Vhodným řízením zajistit, aby politika ochrany životního prostředí byla účinně prosazována. Je nutné k tomuto účelu rozpracovávat a stanovovat cíle, sledovat a hodnotit jejich realizaci, a pokud je to možné, měřit pomocí vhodného systému ukazatelů. K tomu nezbytné zajistit, aby technické a organizační postupy byly pravidelně prověřovány a nepřetržitě vyvíjeny.
- Ekologicky uvědomělé jednání musí patřit k úkolům každého zaměstnance.
- Vybudování a podporování vědomí odpovědnosti na všech úrovních musí být stálým úkolem vedení společnosti.
- Je nutné působit na naše obchodní partnery, aby postupovali dle stejných směrnic.
- Kooperativně spolupracovat příslušnými úřady.
- Informovat zainteresovanou veřejnost o aktivitách v oblasti ochrany životního prostředí.
- Zákazníkům podávat informace, potřebné k nezávadné manipulaci s výrobky vzhledem k životnímu prostředí.



Obrázek 79

## **12. Praktické úlohy**

Praktické úlohy jsou zadávány formou slovních úloh a jejich řešením je návrh schéma, jeho praktické zapojení a odzkoušení.

## 12. 1. Ovládání motoru z jednoho místa se signalizací chodu motoru

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

*Popis funkce:*

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1. Tento stykač sepne a svými silovými kontakty přivede napájecí napětí na svorky motoru a ten se roztočí. Současně se silovými kontakty sepne i pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, jenž uzavírá obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka SB2. Sepne také spínací kontakt 3KM1, který přivede napětí na signálku HL1 a ta signalizuje chod stroje.

Pokud chceme zařízení vypnout, stiskneme tlačítko SB1. Tím se přeruší napájecí obvod cívky stykače, který rozezne napájecí obvod motoru a ten se zastaví.

V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

Spínací kontakt 1KM1 je připojen paralelně ke spínacímu tlačítku a s jeho pomocí drží stykač sepnutý i po uvolnění spínacího tlačítka, které bychom jinak museli držet po celou dobu běhu stroje. Proto se těmto kontaktům říká **samodržné**.

## 12. 2. Ovládání motoru ze tří (a více) míst

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

***Schéma zapojení:***

***Popis funkce:***

Stisknutím libovolného tlačítka SB4 – 6 přivedeme napětí na cívku stykače KM1, který sepne a svými silovými kontakty přivede napájecí napětí na svorky motoru a ten se roztočí. Současně se silovými kontakty sepne i pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který uzavírá obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka SB2. Sepne také spínací kontakt 3KM1. Tím přivedeme napětí na signálku HL1, která signalizuje chod stroje.

Pokud chceme zařízení vypnout, stiskneme kterékoli z tlačítek SB1 - 3, které přeruší napájecí obvod cívky stykače, a tím rozepne napájecí obvod motoru a ten se zastaví. V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

Spínacích i vypínacích tlačítek můžeme u zařízení osadit libovolné množství (dle našich konkrétních potřeb).

### 12. 3. Postupné spínání tří (a více) motorů

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

*Popis funkce:*

Důvodem pro použití tohoto zapojení je potřeba spínání motorů v určitém pořadí. V tomto případě jsou motory spínány v pořadí 1, 2, 3. Princip tohoto zapojení je stejný jako u ovládní jednoho motoru, pouze s tím rozdílem, že přívod na spínací tlačítko dalšího stykače (motoru) je vyveden z části obvodu předchozího stykače, která je pod napětím až v případě, že je tento stykač zapnutý. Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1. Tento stykač sepne a svými silovými kontakty připojí první motor k síti. V sepnutém stavu je držen spínacím kontaktem 1KM1. Při jeho zapnutém stavu je možné stejným způsobem ovládat stykač následujícího motoru. Vzhledem k tomu, že nadproudé relé FA a vypínací tlačítka jsou zařazena do přívodu, vypínají vždy nejen svoji ovládací část, ale i všechny ovládací části stykačů, které jsou závislé na jejich zapnutí. Signalizaci zapnutého stavu obvodů jednotlivých motorů zajišťují spínací kontakty příslušných stykačů.

- Další možností je zapojení všech rozpínacích kontaktů tepelných relé FA1-FA3 a tlačítek STOP do série na přívod do obvodu, a tím fungují STOP tlačítka jako CENTRÁL STOP a tepelná relé v případě poruchy vypnou celé zařízení.

## 12. 4. Vzájemné blokování chodu dvou motorů

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

### *Popis funkce:*

V tomto zapojení máme dva motory ovládané stykači, ale tyto motory nesmí být současně oba v chodu.

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky stykače KM1, který svými silovými kontakty přivede napětí na svorky prvního motoru, a ten se roztočí. Před cívkou stykače KM1 je zařazen do obvodu rozpínací kontakt 2KM2 stykače KM2, který slouží jako blokovací. V ovládacím obvodu stykače KM2 je stejným způsobem zařazen rozpínací kontakt 2KM1, plnící stejnou funkci. Pokud sepne stykač KM1, rozepne se kontakt 2KM1 a ten přeruší obvod cívky stykače KM2, čímž je elektricky blokováno jeho zapnutí. Stiskem tlačítka SB1 motor vypneme. Tlačítkem SB4 sepne stykač KM2 a ten zapne druhý motor a kontaktem 2KM2 zablokuje chod prvního motoru. Druhý motor vypneme tlačítkem SB3.

Rozpínací kontakty 2KM1 a 2KM2 plní v tomto obvodu funkci elektrického blokování a zabraňují zapnutí obou stykačů. Z toho důvodu se těmito kontaktům říká **blokovací**.

- Do schématu je možné zařadit kontakty a signálky pro kontrolu stavu zařízení.

## **12.5. Reverzace (změna směru otáčení) motoru pomocí stykačové kombinace**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt stykače 2KM2 napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Tím připojí svými silovými kontakty napájecí napětí na svorky motoru. Motor se roztočí jedním směrem. Současně sepne také pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který obchází spínací tlačítko SB2, a tím je uzavřený obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka a stykač zůstává sepnutý. Dále spíná kontakt 3KM1, kterým přivedeme napětí na signálku HL1, a ta oznamuje směr otáčení motoru. Pokud chceme motor vypnout, musíme stisknout tlačítko SB1, tím přerušíme napájení ovládací části a stykač odpadne, přeruší se napájení a motor se zastaví. Chceme-li roztočit motor obráceně, stiskneme tlačítko SB3. Tím přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt 2KM1 napětí na cívku stykače KM2. Na silových kontaktech tohoto stykače jsou zapojeny přívodní fáze pro motor v jiném sledu a motor se točí obráceně. Současně sepne i spínací (samodržný) kontakt 1KM2, který drží stykač KM2 v zapnutém stavu a kontakt 3KM2 a z něho je napájena signálka HL2 pro opačný chod motoru. Zařízení opět vypneme tlačítkem SB1.



Rozpínací kontakty 2KM1 a 2KM2 plní v tomto obvodu funkci elektrického blokování a zabraňují nechtěnému zapnutí obou stykačů. Sepnutí obou stykačů naráz by mělo za následek mezifázový zkrat. Z toho důvodu se těmto kontaktům říká **blokovací**.

Spínací kontakty 1KM1 a 1KM2 jsou připojeny paralelně ke spínacím tlačítkům a s jejich pomocí drží příslušný stykač sepnutý i po uvolnění příslušného spínacího tlačítka, které bychom jinak museli držet po celou dobu běhu stroje. Proto se těmto kontaktům říká **samodržné**.

**POZOR** - Při přepínání směru otáček je důležité, aby se motor zcela zastavil. V opačném případě by došlo v silovém obvodu k velkému nárůstu proudu a následně k možnému výpadku pojistek nebo jističe nebo k poškození stroje.

## 12.6. Reverzace otáček motoru pomocí stykačové kombinace s omezením v koncových polohách

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

*Popis funkce:*

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt stykače 2KM2 a rozpínací kontakt koncového spínače SQ1 napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Tím připojí svými silovými kontakty napájecí napětí na svorky motoru. Motor se roztočí jedním směrem a uvede do pohybu tu část stroje, u níž hlídáme polohu. Současně sepne také pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který obchází spínací tlačítko SB2, a tím je uzavřený obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka a stykač zůstává sepnutý. Po dojetí pohyblivé části stroje do koncové polohy dojde k rozepnutí koncového spínače SQ1. Ten přeruší ovládací obvod stykače KM1, a tím zařízení vypne. Pokud chceme motor vypnout ještě před dojetím do koncové polohy, musíme stisknout tlačítko SB1. Toto tlačítko přeruší obvod ovládací části a stykač odpadne, přeruší se napájení a motor se zastaví. Chceme-li roztočit motor obráceně, stiskneme tlačítko SB3. Tím přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt 2KM1 a rozpínací kontakt koncového spínače SQ2 napětí na cívku stykače KM2. Na silových kontaktech tohoto stykače jsou zapojeny přívodní fáze pro motor v jiném sledu a motor se roztočí obráceně a uvede do pohybu tu část stroje, u které hlídáme

polohu. Současně sepne i spínací (samodržný) kontakt 1KM2, který drží stykač KM2 v zapnutém stavu. Po dojetí pohyblivé části stroje do koncové polohy dojde k rozepnutí koncového spínače SQ2 a následnému přerušení ovládacího obvodu stykače KM2, a tím k vypnutí zařízení. Zařízení opět vypneme tlačítkem SB1.

- Do schématu je možné zařadit kontakty a signálky pro kontrolu stavu zařízení.

## 12.7. Reverzace otáček motoru, ovládaná pomocí koncových spínačů

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení:*

*Popis funkce:*

Zařízení uvedeme do provozu stisknutím tlačítka SB2. Tím přivedeme přes kontakt 2KM2 a kontakt 1SQ1 napětí na cívku stykače KM1 a ten svými silovými kontakty přivede napětí sítě na svorky motoru, ten se roztočí jedním směrem a poháněné zařízení se začne pohybovat. Tento pohyb trvá, dokud zařízení nestiskne koncový spínač. V tom okamžiku rozepte kontakt koncového spínače 1SQ1 obvod cívky KM1, a tím zařízení vypne. S nepatrným zpožděním ale spíná kontakt 2SQ1. Tento kontakt je přiřazen paralelně k tlačítku SB3, které spíná stykač KM2. Kontakt koncového spínače 2SQ1 však toto tlačítko obchází a uzavře obvod cívky stykače KM2. Silové kontakty tohoto stykače přivedou na svorky motoru napětí se změněným sledem fází a motor se roztočí obráceným směrem. Zařízení se začne pohybovat opačným směrem, dokud nestlačí koncový spínač SQ2. Stisknutím tohoto koncového spínače rozepte kontakt 1SQ2. Tím se rozepte obvod cívky stykače KM2 a motor se zastaví. S nepatrným

zpožděním však sepne kontakt koncového spínače 2SQ2 a ten uzavře se obvod cívky stykače KM1, který sepne a motor se opět roztočí opačně.

Tyto cykly se opakují, dokud nestiskneme tlačítko SB1 (STOP), které přeruší napájení ovládací části a zařízení vypne

Stiskem tlačítka SB3 uvedeme zařízení do provozu pouze s tím rozdílem, že první cyklus je spuštěn stykačem KM2 a motor se tak otáčí se změněným sledem fází, a tudíž opačně než v prvním případě.

## 12.8. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným přitahem

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

**Schéma zapojení:**

**Popis funkce:**

Stisknutí tlačítka SB2 uzavře obvod cívky stykače KM3 a ten sepne. Silové kontakty tohoto stykače spojí vinutí motoru do hvězdy. Současně přivedeme napětí na cívku časového relé KT1 , které začne časovat. Stykač KM3 spínacím kontaktem 1KM3 ještě v době, kdy je stisknuto tlačítko SB2, uzavře obvod cívky hlavního stykače KM1. Tento stykač přivede svými silovými kontakty napětí sítě na svorky motoru a ten se začne rozbíhat v zapojení do hvězdy. Dále svým pomocným kontaktem 1KM1 překlene tlačítko SB2 a ten funguje jako samodržný kontakt. Relé KT1 odpočítává nastavený čas. Po uplynutí nastaveného času relé přitáhne a svým rozpínacím kontaktem odpojí cívku stykače KM3. Tento stykač odpadne a tím se rozpojí vinutí motoru zapojené do hvězdy. Rozpínací kontakt 2KM3 přivede napětí na cívku stykače KM2, který sepne. Silové kontakty stykače KM2 spojí vinutí motoru do trojúhelníka a motor se rozběhne na plný výkon. Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

## 12.9. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným odpadem

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

**Schéma zapojení:**

### **Popis funkce:**

Stisknutím zapínacího tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky časového relé KT1, a to sepne svůj spínací kontakt, a tím sepne stykač KM3. Silové kontakty KM3 spojí vinutí motoru do hvězdy a ovládací kontakt 1KM3 téhož stykače uzavře ještě v době, kdy je stisknuté tlačítko SB2, ovládací obvod cívky stykače KM1 a ten sepne. Silové kontakty stykače KM1 připojí na svorky motoru napájecí napětí a motor se rozbíhá v zapojení do hvězdy. Současně sepne také pomocný kontakt 1KM1, který slouží jako samodržný a kontakt 2KM1, jenž rozpojí napájecí obvod časového relé. Motor se rozbíhá a relé KT1 odměřuje nastavený čas. Po uplynutí nastaveného času relé KT1 odpadne, a tím rozepne svůj spínací kontakt, který přeruší obvod cívky stykače KM3. V tom okamžiku sepne pomocný kontakt 2KM3 a přivede napětí na cívku stykače KM2. Tento stykač sepne a jeho silové kontakty spojí vinutí motoru do trojúhelníku. Motor běží na plný výkon.

Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

## **12.10. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s dvojtlačítkem „na výdrž“**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

***Schéma zapojení:***

***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací kontakt 2KM2 napětí na cívku stykače KM3, který sepne a svými silovými kontakty spojí vinutí motoru do hvězdy. Stykač KM3 svým spínacím kontaktem 1KM3 uzavře obvod cívky stykače KM1 a ten sepne svůj pomocný (samodržný) kontakt 1KM1, pomocný spínací kontakt 3KM1 a silovými kontakty připojí svorky motoru k síti. Po dobu, po kterou držíme stisknuté tlačítko SB1, se motor rozbíhá v zapojení do hvězdy. Uvolněním tlačítka SB1 rozpojíme obvod cívky stykače KM3 a ten svým rozpínacím kontaktem 2KM3 přivede napětí na cívku stykače KM2. Ten rozezne pomocný kontakt 2KM2, který slouží jako blokování nechtěného opakovaného sepnutí do hvězdy a silovými kontakty spojí vinutí motoru do trojúhelníka. Motor běží na plný výkon. Motor vypneme stisknutím tlačítka SB1, které odpojí ovládací část od napětí.

- V tomto případě určuje dobu rozběhu obsluha.



## 12.11. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s kombinovaným trojtlačítkem

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

**Schéma zapojení:**

**Popis funkce:**

Stisknutím spínacího tlačítka SB2 (START) se uzavře obvod cívky stykače KM1. Ten sepne a svými silovými kontakty přivede napětí na svorky motoru. Současně se silovými kontakty spíná i pomocný spínací kontakt 1KM1, který slouží jako samodržný a přes rozpínací kontakt tlačítka SB3 a pomocný rozpínací kontakt 2KM2 přivedeme napětí na cívku stykače KM3. Stykač KM3 spojí vinutí motoru do hvězdy a ten se začne rozbíhat. Po dosažení jmenovitých otáček do hvězdy stiskneme tlačítko SB3, jehož rozpínací kontakt odpojí cívku stykače KM3, a ten odpadne. Jeho spínací kontakt sepne obvod stykače KM2. Silové kontakty stykače KM2 spojí vinutí motoru do trojúhelníku a motor se rozběhne na plný výkon. Současně sepne pomocný kontakt 1KM2. Tento kontakt drží stykač KM2 v zapnutém stavu.

Celé zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- U tohoto zapojení určuje dobu rozběhu obsluha, ale je zde zamezeno nechtěnému přepnutí před dokončením rozběhu (například sklouznutím prstu) nebo při velmi dlouhém rozběhu nemusíme držet stisknuté tlačítko.

## **12.12. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (s časovým relé se zpožděným odpadem)**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení silové části:*

*Schéma zapojení ovládací části:*

### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 sepne jeho spínací kontakt, který přivede přes rozpínací kontakty 4KM1 a 2KM2 napětí na cívku časového relé KT a současně jeho rozpínací kontakt zablokuje obvod stykače KM1. Časové relé sepne a ještě v době, kdy je sepnuté tlačítko SB2, svým spínacím kontaktem uzavře obvod cívky stykače KM4, ten spojí silovými kontakty vinutí motoru do hvězdy a svým pomocným kontaktem 1KM4 připojí napětí na ovládací část stykačů KM1, KM2 a KM3. Rozpínací kontakt tlačítka SB3 přivede napětí na cívku stykače KM2, ten sepne a svými silovými kontakty připojí motor k síti. Pomocný rozpínací kontakt 2KM2 současně zablokuje obvod cívky stykače KM1, který slouží pro obrácený chod. Pomocné kontakty 3KM1 a 3KM2 drží stykač KM4 v zapnutém stavu. Časové relé časuje, motor se rozbíhá v zapojení do hvězdy. Po uplynutí doby určené pro rozběh motoru časové relé odpadne a odpojí stykač KM4. Stykač KM4 svým pomocným kontaktem 1KM4 uzavře obvod cívky stykače KM3 a silové kontakty tohoto stykače spojí vinutí motoru do trojúhelníku a motor se rozbíhá na plný výkon.

Celé zapojení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- Po stisknutí tlačítka SB3 proběhne celý cyklus shodně, pouze s tím rozdílem, že sepne stykač KM2, který připojí svorky motoru k přívodu se změněným sledem fází, a tím se motor bude otáčet opačným směrem.

## **12. 13. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (pomocí ALNICA)**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

*Schéma zapojení silové části:*

*Schéma zapojení ovládací části:*

### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky stykače KM1. Ten sepne a jeho silové kontakty připojí na svorky motoru síťové napětí s určitým sledem fází. Současně sepne pomocný spínací kontakt 1KM1, který funguje jako samodržný a rozepne pomocný rozpínací kontakt 2KM1. Tento kontakt blokuje stykač KM2. Zároveň s těmito kontakty sepne i kontakt 3KM1. Přes něj je přiváděno napětí na kontakty ALNICA a do obvodů cívek stykačů KM3, KM4 a KM5 .

Pomocný kontakt 3KM1 uzavře přes v klidu sepnutý kontakt 2KM3 a 2KM5 obvod cívky stykače KM4 a ten svými silovými kontakty spojí vinutí motoru do hvězdy. Motor se začne rozbíhat.

Po dosažení jmenovitých otáček do hvězdy vačka v ALNICU překoná odpor pružin a sepne kontakt mikrospínače, který uzavře obvod cívky stykače KM5. Obvod cívky stykače KM3 je v té době blokován kontaktem 2KM4. V tom okamžiku pomocný rozpínací kontakt 2KM5 rozepne obvod cívky stykače KM4 a ten vypne. Jeho silová část rozpojí vinutí motoru a pomocný kontakt 2KM4 uzavře obvod cívky stykače KM3. Ten svým pomocným kontaktem 2KM3 zablokuje stykač KM4 a svojí silovou částí spojí vinutí motoru do trojúhelníka. Motor se rozběhne na plný výkon.

Zařízení vypneme stisknutím tlačítka SB1 (STOP).

Pokud stiskneme tlačítko SB3, bude celé zařízení pracovat shodně, pouze místo KM1 sepne stykač KM2 a k němu příslušející kontakty, a tím bude na svorky motoru přivedeno síťové napětí s jiným sledem fází a motor se bude točit obráceným směrem.

- V tomto zapojení je použitý magnetický snímač otáček (spínač) ALNICO. V tomto spínači je malý rotor s permanentními magnety, který je vsunut do kovového pouzdra a jeho hřídel je spojená přes pružnou spojku s hřídelí motoru. Když se motor roztočí, začne magnetismus permanentních magnetů strhávat otočně uložené kovové pouzdro, které se pootočí. K tomuto pouzdru je připevněna vačka. Tato vačka při záběru doléhá na mikrospínače (pro každý směr jeden), které svými kontakty spínají obvody cívek stykačů. Přítlačná síla vačky, a tím i velikost otáček se reguluje nastavením vratných pružin, které určují, při jakých otáčkách mikrospínač přepne. Na nastavení těchto pružin závisí správná funkce celého zařízení a je nutné toto nastavení provést velice pečlivě.

## **12.14. Skoková regulace otáček změnou počtu pólů pomocí stykačové kombinace (8-4 nebo 4-2 póly)**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

***Schéma zapojení:***

### ***Popis funkce:***

Tato kombinace přepíná 8-4 póly nebo 4-2 póly.

Do obou přívodů ke svorkovnici motoru jsou vřazena tepelná relé FA1 a FA2.

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme přes pomocné rozpínací kontakty 2KM3 a 2KM2 obvod cívky stykače KM1 a ten přípne svými silovými kontakty svorkovnici motoru k síti. Stykač KM1 drží v zapnutém stavu spínací (samodržný) kontakt 1KM1 a svým rozpínacím kontaktem 2KM1 blokuje vypnutý stav stykače KM2. Motor se točí ve vícepólovém zapojení (nižší otáčky). Při stisknutí tlačítka SB3 rozpojíme jeho rozpínacím kontaktem obvod cívky stykače KM1 a ten vypne. Zároveň spínací kontakt tlačítka SB3 uzavře obvod cívky stykače KM2, který sepne, svým pomocným spínacím kontaktem 1KM2 přivede napětí na cívku stykače KM3 a silovými kontakty spojí vinutí motoru na zapojení s nižším počtem pólů (motor se otáčí rychleji). Oba stykače jsou aretovány v zapnutém stavu spínacím kontaktem tlačítka SB2 přes pomocné kontakty 1KM3 a 1KM2.

Celé zařízení vypneme stisknutím tlačítka SB1 (STOP).

- Toto zapojení umožňuje přepínání počtu pólů (otáček) za chodu stroje.

## **12.15. Brzdění motoru stejnosměrným proudem pomocí stykačové kombinace s časovým relé (v obou směrech)**

(navrhni, nakresli a dle schématu zapoj)

***Schéma zapojení:***

### ***Popis funkce:***

První část tohoto zapojení je ve své podstatě reverzace, což znamená, že stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Jeho silové kontakty přivedou napětí na svorky motoru a ten se roztočí jedním směrem. Stykač KM1 je držený v zapnutém stavu pomocným spínacím kontaktem 1KM1 a sepnutí stykače KM2 je blokováno pomocným rozpínacím kontaktem 2KM1. Na rozdíl od běžné reverzace je v tomto zapojení zařazeno ještě časové relé KT a stykač KM3. Napětí na cívku časového relé je přiváděno přes pomocný spínací kontakt 3KM1 nebo 3KM2 (záleží na směru otáčení). Toto časové relé ovládá spínání brzdícího stykače KM3. Pokud je sepnutý stykač KM1 nebo KM2, je na cívku časového relé

přivedeno napětí a kontakt 1KT je rozepnutý. Stykač KM3 je blokován ještě rozpínacími kontakty 4KM1 a 4KM2. V okamžiku, kdy chceme motor vypnout, stiskneme tlačítko SB1 (STOP). Tím odpojíme od napětí cívku stykače KM1 a ten vypne. Spínací kontakt 3KM1 rozepne a odpojí od napětí cívku časového relé KT. Časové relé sepne, jeho pomocný kontakt 1KT uzavře obvod cívky stykače KM3 a ten svými silovými kontakty připojí na svorky motoru stejnosměrné napětí z výstupu usměrňovače. Vinutím motoru začne protékat stejnosměrný proud, který ve statoru vybudí statické (netočivé) magnetické pole. Toto pole působí proti síle, kterou působí vinutí v otáčejícím se rotoru, a tím rotor brzdí. Časové relé odměřuje nastavený čas. Tento čas musí být dostatečně dlouhý, aby se motor zastavil. Po uplynutí nastaveného času relé KT odpadne, jeho kontakt 1KT přeruší obvod cívky stykače KM3 a ten odpojí usměrňovač od svorek motoru.

Pro opačný směr otáčení funguje zařízení shodně, jen stykač KM2 přivádí na svorky motoru napětí s jiným sledem fází.

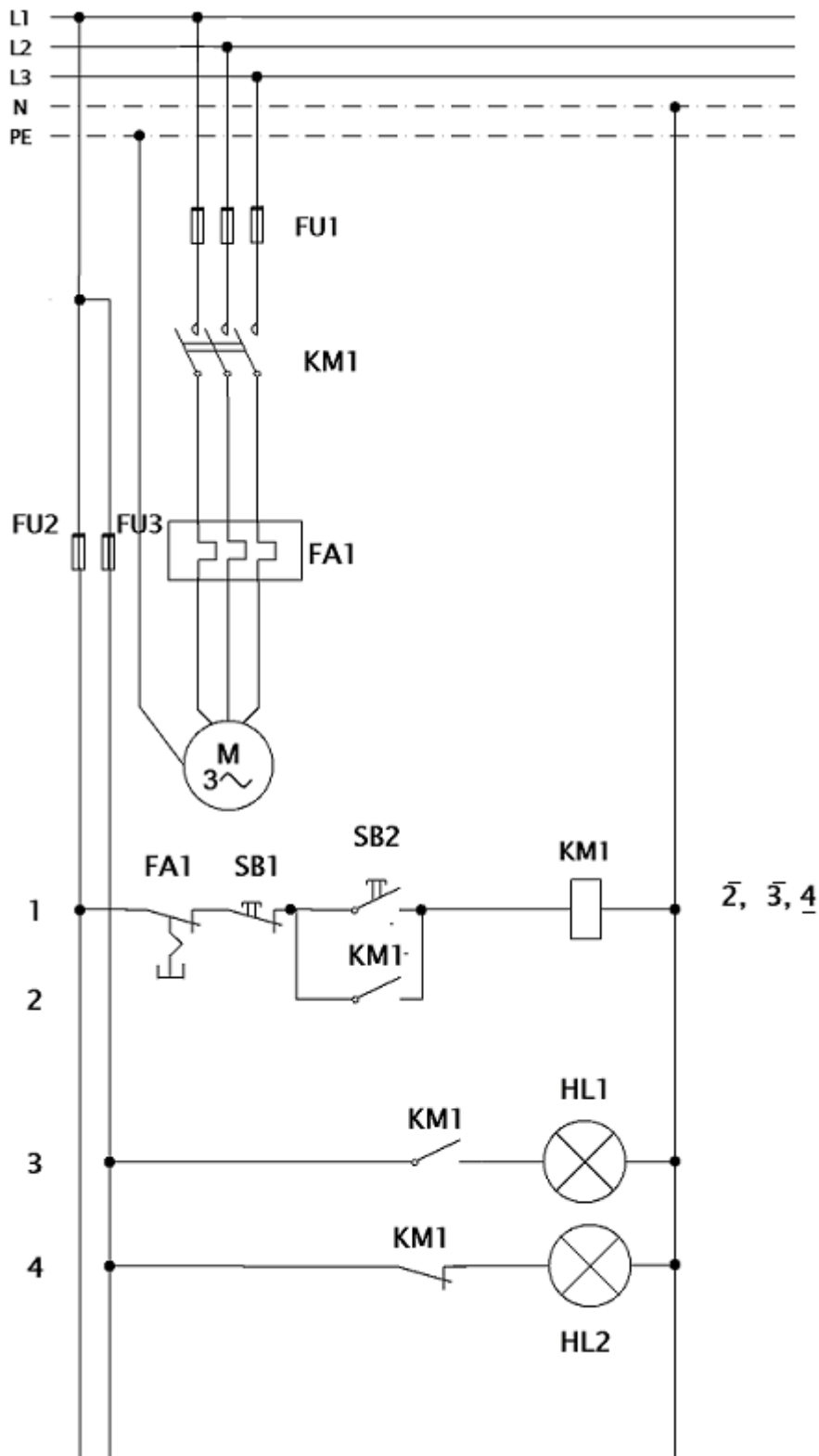


## **Řešení praktických úloh**

Tato část by se měla používat pouze ke kontrole a ověření vašeho řešení praktických úloh. V případě, že se nebudete snažit vypracovat a pochopit tyto úlohy samostatně, postrádá celá tato práce smysl.

# 1. Ovládání motoru z jednoho místa se signalizací chodu motoru

Schéma zapojení:



***Popis funkce:***

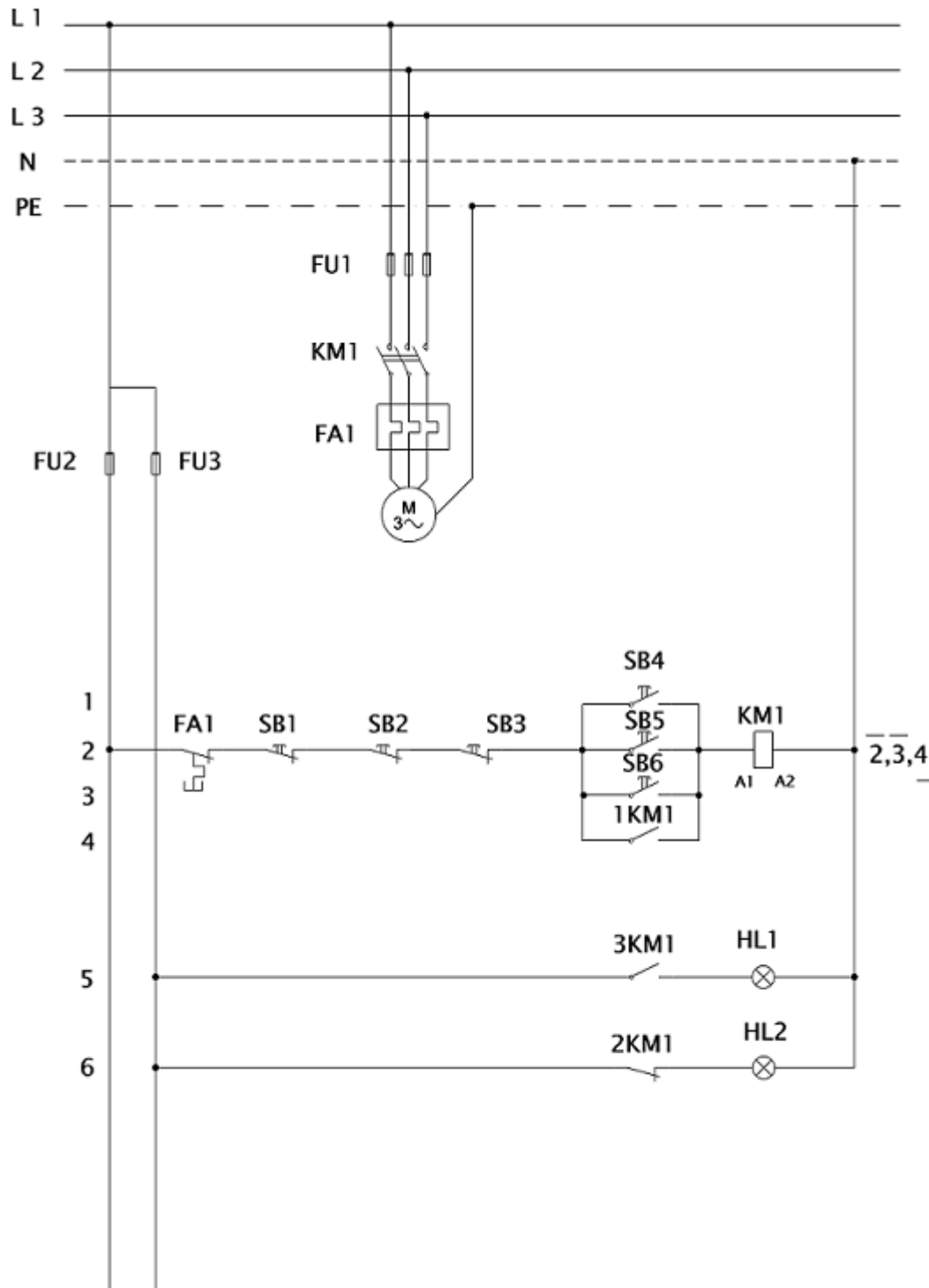
Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1. Tento stykač sepne a svými silovými kontakty přivede napájecí napětí na svorky motoru a ten se roztočí. Současně se silovými kontakty sepne i pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, jenž uzavírá obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka SB2. Sepne také spínací kontakt 3KM1, který přivede napětí na signálku HL1 a ta signalizuje chod stroje. Pokud chceme zařízení vypnout, stiskneme tlačítko SB1. Tím se přeruší napájecí obvod cívky stykače, který rozepne napájecí obvod motoru a ten se zastaví. V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

- Spínací kontakt 1KM1 je připojen paralelně ke spínacímu tlačítku a s jeho pomocí drží stykač sepnutý i po uvolnění spínacího tlačítka, které bychom jinak museli držet po celou dobu běhu stroje. Proto se těmto kontaktům říká **samodržné**.

***Poznámky:***

## 2. Ovládání motoru ze tří (a více) míst

*Schéma zapojení:*



***Popis funkce:***

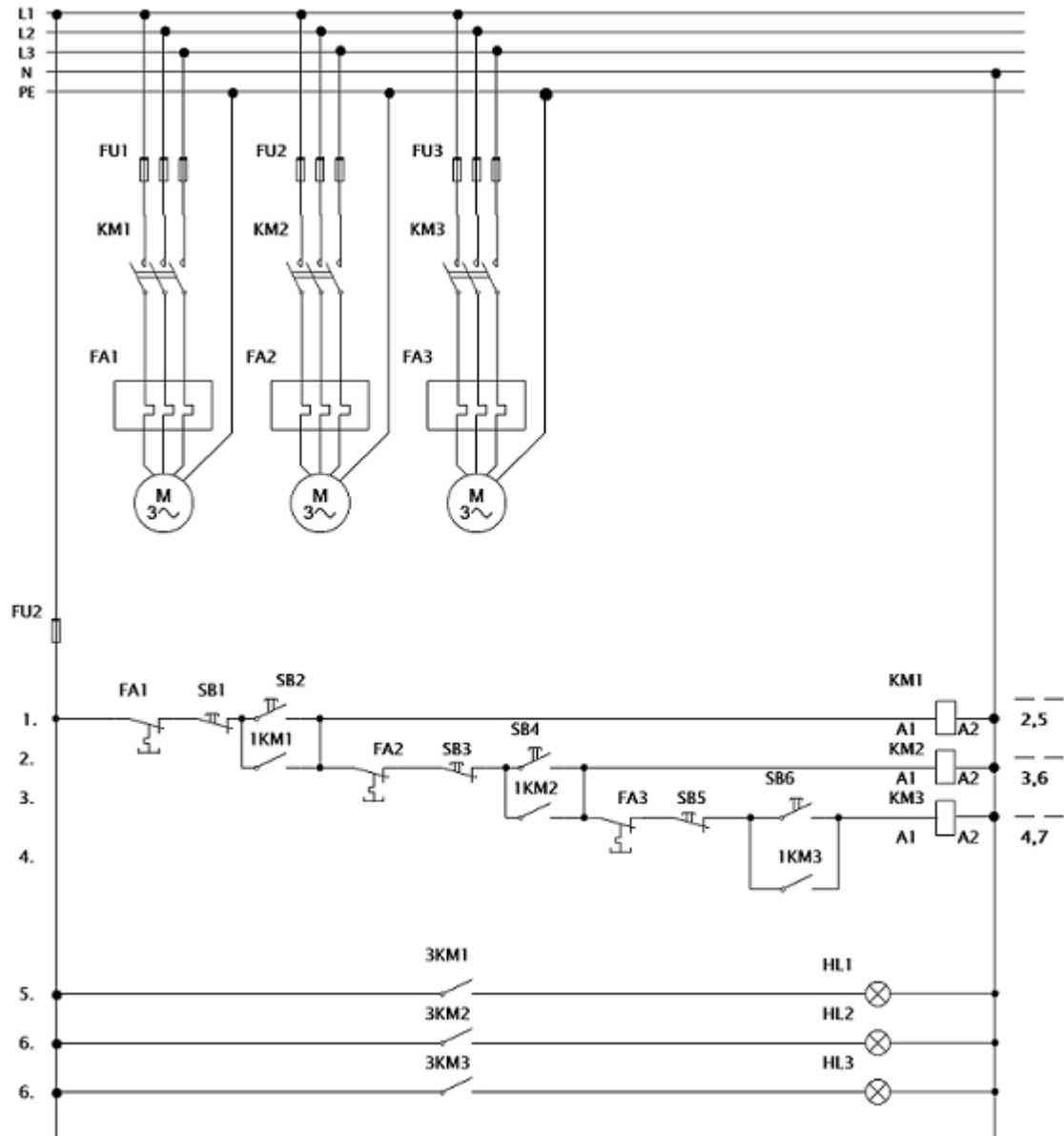
Stisknutím libovolného tlačítka SB4 – 6 přivedeme napětí na cívku stykače KM1, který sepne a svými silovými kontakty přivede napájecí napětí na svorky motoru a ten se roztočí. Současně se silovými kontakty sepne i pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který uzavírá obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka SB2. Sepne také spínací kontakt 3KM1. Tím přivedeme napětí na signálku HL1, která signalizuje chod stroje. Pokud chceme zařízení vypnout, stiskneme kterékoli z tlačítek SB1 - 3, které přeruší napájecí obvod cívky stykače, a tím rozepne napájecí obvod motoru a ten se zastaví. V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

- Spínacích i vypínacích tlačítek můžeme u zařízení osadit libovolné množství (dle našich konkrétních potřeb).

***Poznámky:***

### 3. Postupné spínání tří (a více) motorů

Schéma zapojení:



***Popis funkce:***

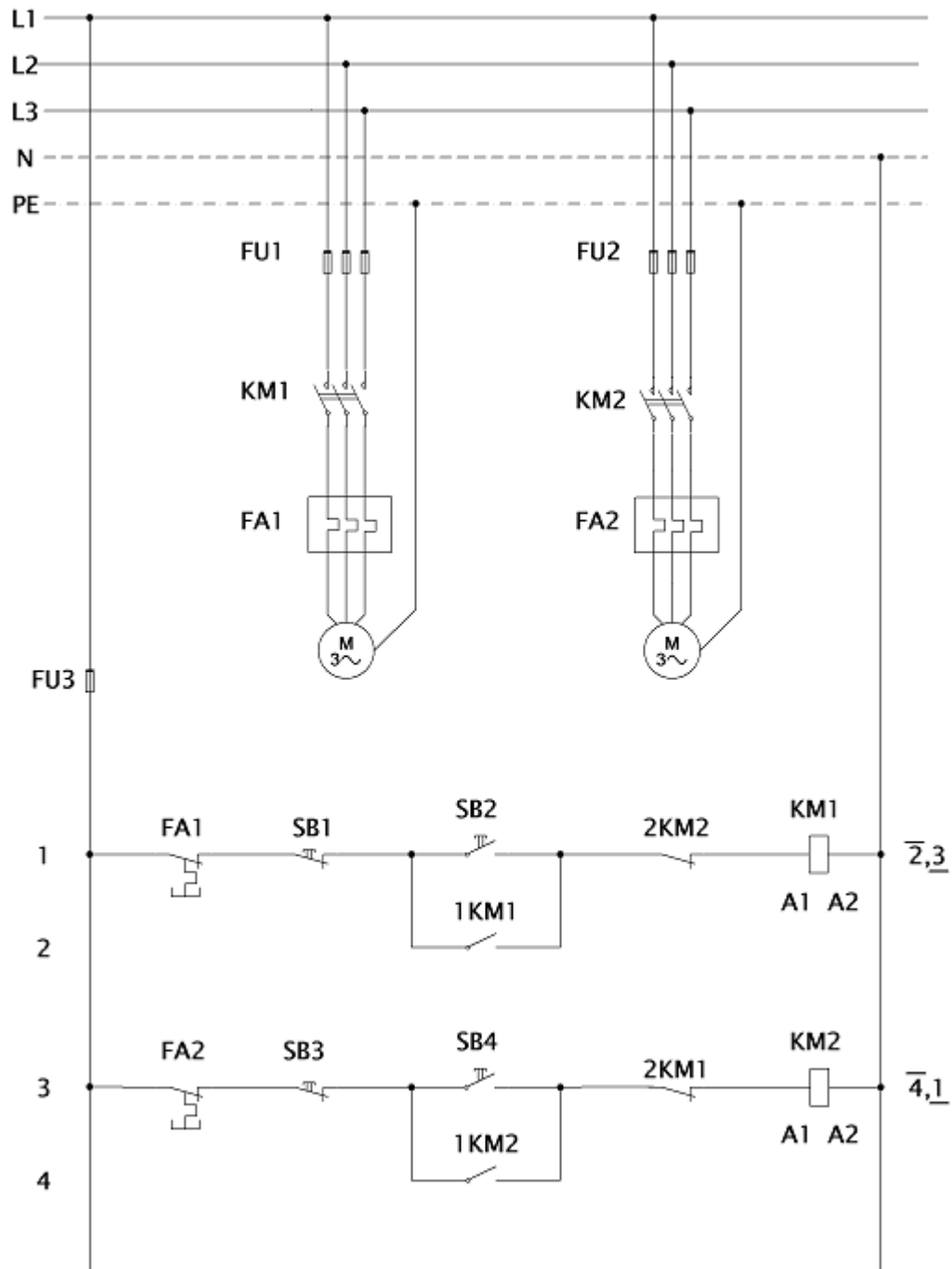
Důvodem pro použití tohoto zapojení je potřeba spínání motorů v určitém pořadí. V tomto případě jsou motory spínány v pořadí 1, 2, 3. Princip tohoto zapojení je stejný jako u ovládní jednoho motoru, pouze s tím rozdílem, že přívod na spínací tlačítko dalšího stykače (motoru) je vyveden z části obvodu předchozího stykače, která je pod napětím až v případě, že je tento stykač zapnutý. Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1. Tento stykač sepne a svými silovými kontakty připojí první motor k síti. V sepnutém stavu je držen spínacím kontaktem 1KM1. Při jeho zapnutém stavu je možné stejným způsobem ovládat stykač následujícího motoru. Vzhledem k tomu, že nadproudé relé FA a vypínací tlačítka jsou zařazena do přívodu, vypínají vždy nejen svoji ovládací část, ale i všechny ovládací části stykačů, které jsou závislé na jejich zapnutí. Signalizaci zapnutého stavu obvodů jednotlivých motorů zajišťují spínací kontakty příslušných stykačů.

- Další možností je zapojení všech rozpínacích kontaktů tepelných relé FA1-FA3 a tlačítek STOP do série na přívod do obvodu a tím fungují STOP tlačítka jako CENTRÁL STOP a tepelná relé v případě poruchy vypnou celé zařízení.

***Poznámky:***

## 4. Vzájemné blokování chodu dvou motorů

*Schéma zapojení:*





***Popis funkce:***

V tomto zapojení máme dva motory ovládané stykači, ale tyto motory nesmí být současně oba v chodu.

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky stykače KM1, který svými silovými kontakty přivede napětí na svorky prvního motoru, a ten se roztočí. Před cívkou stykače KM1 je zařazen do obvodu rozpínací kontakt 2KM2 stykače KM2, který slouží jako blokovací.

V ovládacím obvodu stykače KM2 je stejným způsobem zařazen rozpínací kontakt 2KM1, plnící stejnou funkci. Pokud sepne stykač KM1, rozepne se kontakt 2KM1 a ten přeruší obvod cívky stykače KM2, čímž je elektricky blokováno jeho zapnutí. Stiskem tlačítka SB1 motor vypneme. Tlačítkem SB4 sepneme stykač KM2 a ten zapne druhý motor a kontaktem 2KM2 zablokuje chod prvního motoru. Druhý motor vypneme tlačítkem SB3.

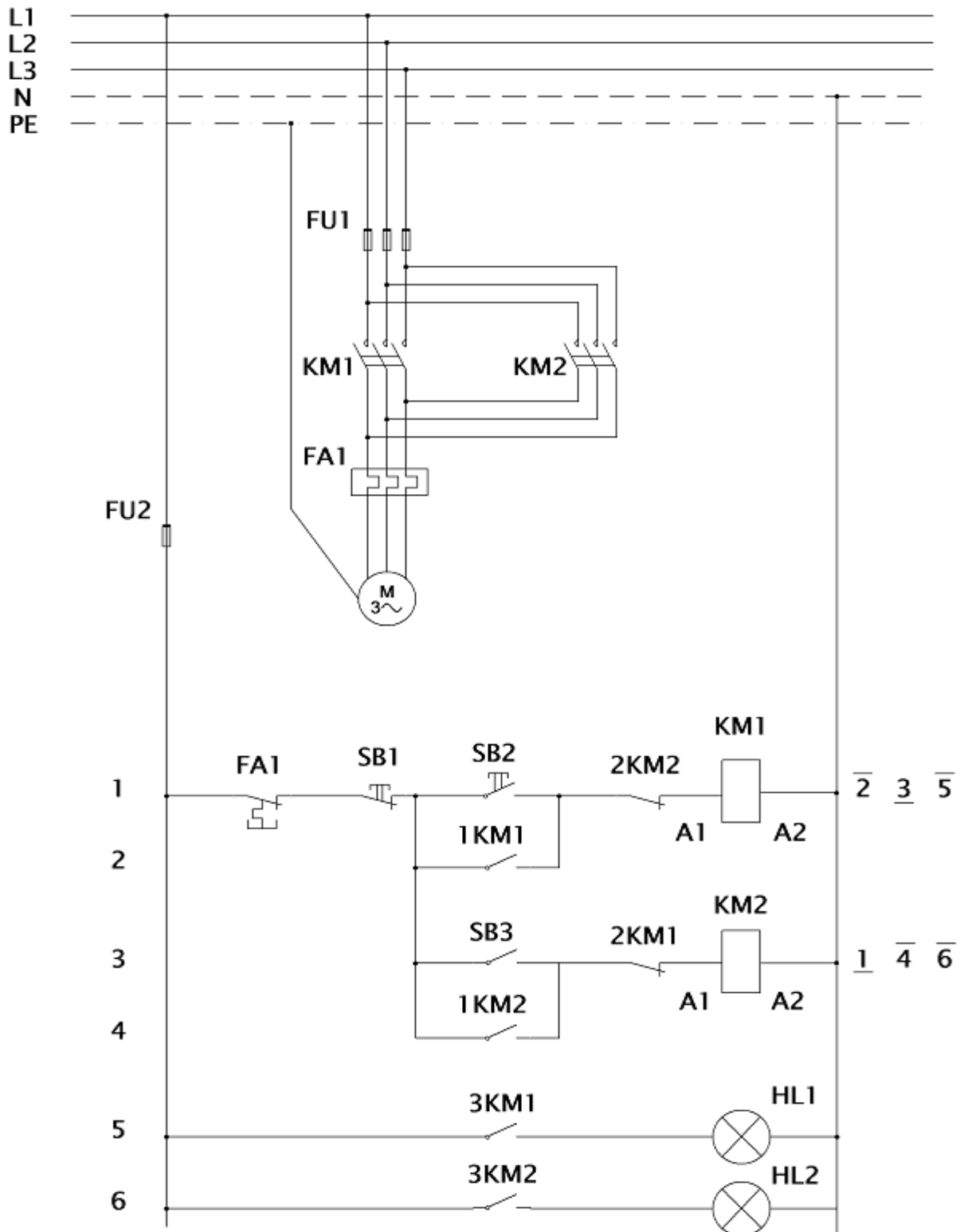
Rozpínací kontakty 2KM1 a 2KM2 plní v tomto obvodu funkci elektrického blokování a zabraňují zapnutí obou stykačů. Z toho důvodu se těmto kontaktům říká **blokovací**.

- Do schématu je možné zařadit kontakty a signálky pro kontrolu stavu zařízení.

***Poznámky:***

## 5. Reverzace (změna směru otáčení) motoru pomocí stykačové kombinace

Schéma zapojení:



### **Popis funkce:**

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt stykače 2KM2 napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Tím připojí svými silovými kontakty napájecí napětí na svorky motoru. Motor se roztočí jedním směrem. Současně sepne také pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který obchází spínací tlačítko SB2, a tím je uzavřený obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka a stykač zůstává sepnutý. Dále spíná kontakt 3KM1, kterým přivedeme napětí na signálku HL1, a ta oznamuje směr otáčení motoru. Pokud chceme motor vypnout, musíme stisknout tlačítko SB1, tím přerušíme napájení ovládací části a stykač odpadne, přeruší se napájení a motor se zastaví.

Chceme-li roztočit motor obráceně, stiskneme tlačítko SB3. Tím přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt 2KM1 napětí na cívku stykače KM2. Na silových kontaktech tohoto stykače jsou zapojeny přívodní fáze pro motor v jiném sledu a motor se točí obráceně. Současně sepne i spínací (samodržný) kontakt 1KM2, který drží stykač KM2 v zapnutém stavu a kontakt 3KM2 a z něho je napájena signálka HL2 pro opačný chod motoru. Zařízení opět vypneme tlačítkem SB1.

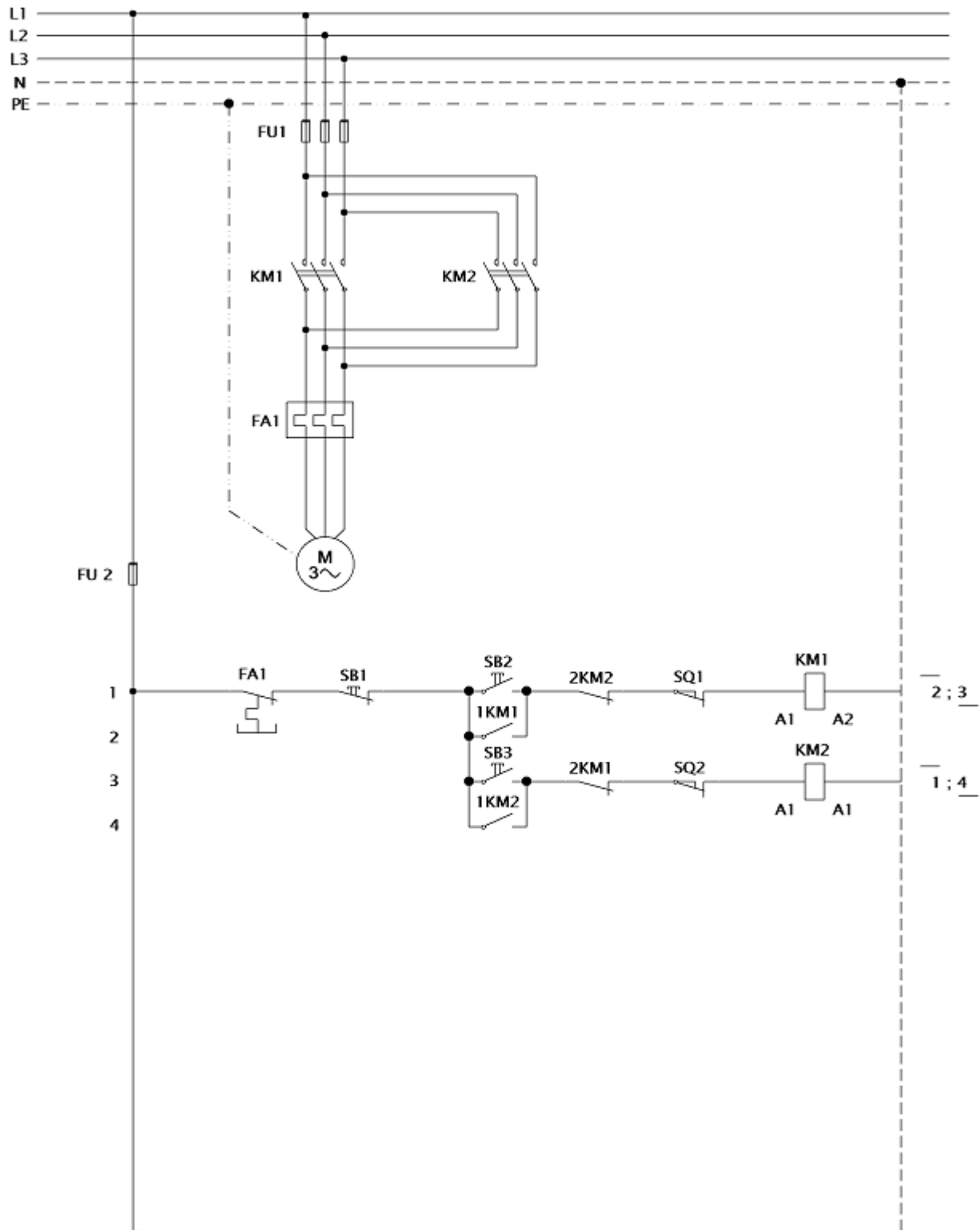
- Rozpínací kontakty 2KM1 a 2KM2 plní v tomto obvodu funkci elektrického blokování a zabraňují nechtěnému zapnutí obou stykačů. Sepnutí obou stykačů naráz by mělo za následek mezifázový zkrat. Z toho důvodu se těmto kontaktům říká **blokovací**.
- Spínací kontakty 1KM1 a 1KM2 jsou připojeny paralelně ke spínacím tlačítkům a s jejich pomocí drží příslušný stykač sepnutý i po uvolnění příslušného spínacího tlačítka, které bychom jinak museli držet po celou dobu běhu stroje. Proto se těmto kontaktům říká **samodržné**.

**POZOR** - Při přepínání směru otáček je důležité, aby se motor zcela zastavil. V opačném případě by došlo v silovém obvodu k velkému nárůstu proudu a následně k možnému výpadku pojistek nebo jističe nebo k poškození stroje.

### **Poznámky:**

## 6. Reverzace otáček motoru pomocí stykačové kombinace s omezením v koncových polohách

*Schéma zapojení:*



### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt stykače 2KM2 a rozpínací kontakt koncového spínače SQ1 napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Tím připojí svými silovými kontakty napájecí napětí na svorky motoru. Motor se roztočí jedním směrem a uvede do pohybu tu část stroje, u níž hlídáme polohu. Současně sepne také pomocný spínací (samodržný) kontakt 1KM1, který obchází spínací tlačítko SB2, a tím je uzavřený obvod cívky stykače i po uvolnění tlačítka a stykač zůstává sepnutý. Po dojetí pohyblivé části stroje do koncové polohy dojde k rozepnutí koncového spínače SQ1.

Ten přeruší ovládací obvod stykače KM1 a tím zařízení vypne. Pokud chceme motor vypnout ještě před dojetím do koncové polohy, musíme stisknout tlačítko SB1. Toto tlačítko přeruší obvod ovládací části a stykač odpadne, přeruší se napájení a motor se zastaví.

Chceme-li roztočit motor obráceně, stiskneme tlačítko SB3. Tím přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt 2KM1 a rozpínací kontakt koncového spínače SQ2 napětí na cívku stykače KM2. Na silových kontaktech tohoto stykače jsou zapojeny přírodní fáze pro motor v jiném sledu a motor se roztočí obráceně a uvede do pohybu tu část stroje, u které hlídáme polohu.. Současně sepne i spínací (samodržný) kontakt 1KM2, který drží stykač KM2 v zapnutém stavu. Po dojetí pohyblivé části stroje do koncové polohy dojde k rozepnutí koncového spínače SQ2 a následnému přerušení ovládacího obvodu stykače KM2, a tím k vypnutí zařízení.

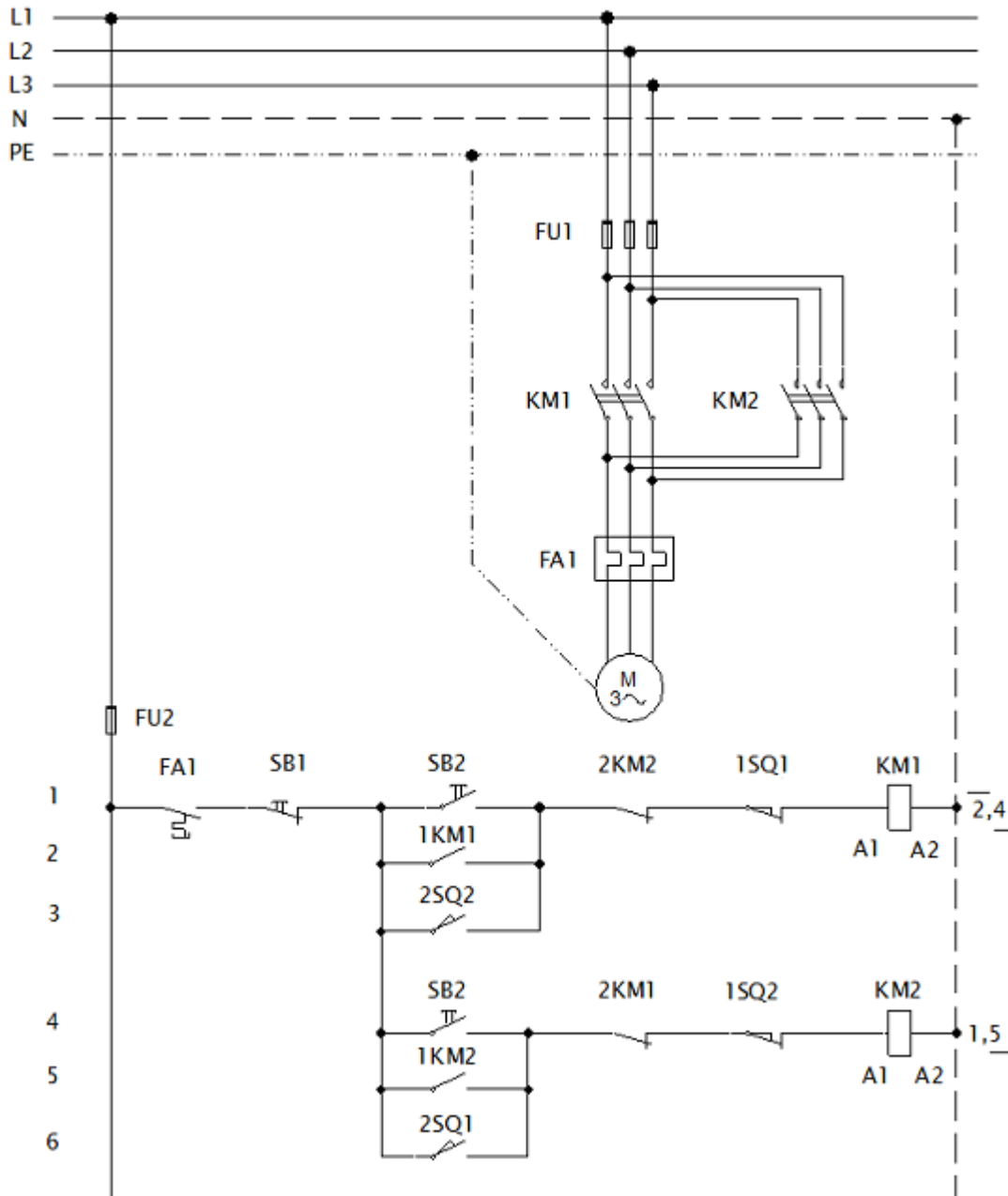
Zařízení opět vypneme tlačítkem SB1.

► Do schématu je možné zařadit kontakty a signálky pro kontrolu stavu zařízení.

### ***Poznámky:***

## 7. Reverzace otáček motoru, ovládaná pomocí koncových spínačů

Schéma zapojení:



### ***Popis funkce:***

Zařízení uvedeme do provozu stisknutím tlačítka SB2. Tím přivedeme přes kontakt 2KM2 a kontakt 1SQ1 napětí na cívku stykače KM1 a ten svými silovými kontakty přivede napětí sítě na svorky motoru, ten se roztočí jedním směrem a poháněné zařízení se začne pohybovat.

Tento pohyb trvá, dokud zařízení nestiskne koncový spínač. V tom okamžiku rozepne kontakt koncového spínače 1SQ1 obvod cívky KM1 a tím zařízení vypne. S nepatrným zpožděním ale spíná kontakt 2SQ1. Tento kontakt je přiřazen paralelně k tlačítku SB3, které spíná stykač KM2. Kontakt koncového spínače 2SQ1 však toto tlačítko obchází a uzavře obvod cívky stykače KM2. Silové kontakty tohoto stykače přivedou na svorky motoru napětí se změněným sledem fází a motor se roztočí obráceným směrem. Zařízení se začne pohybovat opačným směrem, dokud nestlačí koncový spínač SQ2. Stisknutím tohoto koncového spínače rozepne kontakt 1SQ2. Tím se rozepne obvod cívky stykače KM2 a motor se zastaví. S nepatrným zpožděním však sepne kontakt koncového spínače 2SQ2 a ten uzavře se obvod cívky stykače KM1, který sepne a motor se opět roztočí opačně.

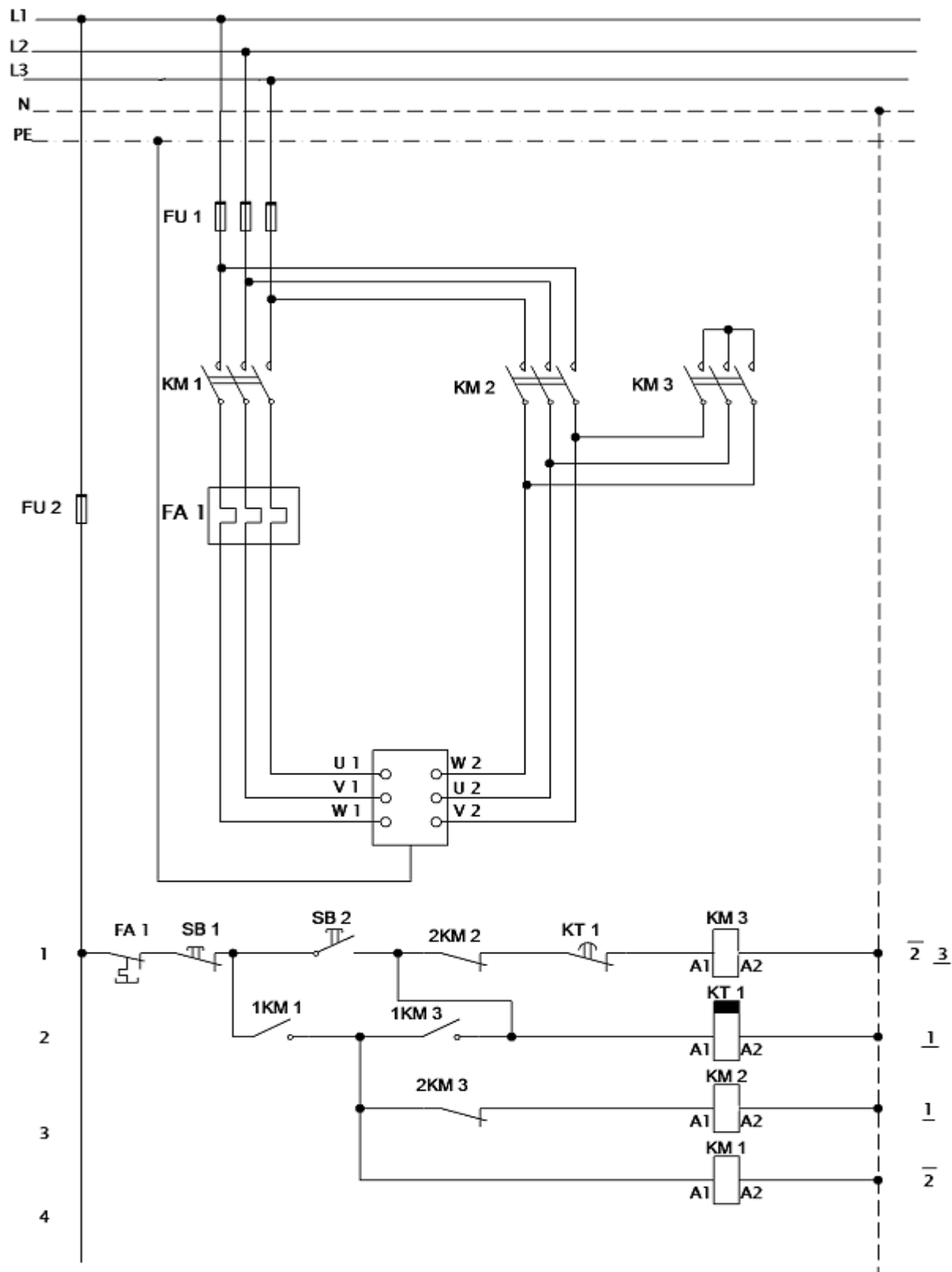
Tyto cykly se opakují, dokud nestiskneme tlačítko SB1 (STOP), které přeruší napájení ovládací části a zařízení vypne.

Stiskem tlačítka SB3 uvedeme zařízení do provozu pouze s tím rozdílem, že první cyklus je spuštěn stykačem KM2 a motor se tak otáčí se změněným sledem fází a tudíž opačně, než v prvním případě.

### ***Poznámky:***

## 8. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným přítahem

Schéma zapojení:





### ***Popis funkce:***

Stisknutí tlačítka SB2 uzavře obvod cívky stykače KM3 a ten sepne. Silové kontakty tohoto stykače spojí vinutí motoru do hvězdy. Současně přivedeme napětí na cívku časového relé KT1 , které začne časovat. Stykač KM3 spínacím kontaktem 1KM3 ještě v době, kdy je stisknuto tlačítko SB2, uzavře obvod cívky hlavního stykače KM1. Tento stykač přivede svými silovými kontakty napětí sítě na svorky motoru a ten se začne rozbíhat v zapojení do hvězdy. Dále svým pomocným kontaktem 1KM1 překlene tlačítko SB2 a ten funguje jako samodržný kontakt.

Relé KT1 odpočítává nastavený čas.

Po uplynutí nastaveného času relé přitáhne a svým rozpínacím kontaktem odpojí cívku stykače KM3. Tento stykač odpadne, a tím se rozpojí vinutí motoru zapojené do hvězdy.

Rozpínací kontakt 2KM3 přivede napětí na cívku stykače KM2, který sepne. Silové kontakty stykače KM2 spojí vinutí motoru do trojúhelníka a motor se rozběhne na plný výkon.

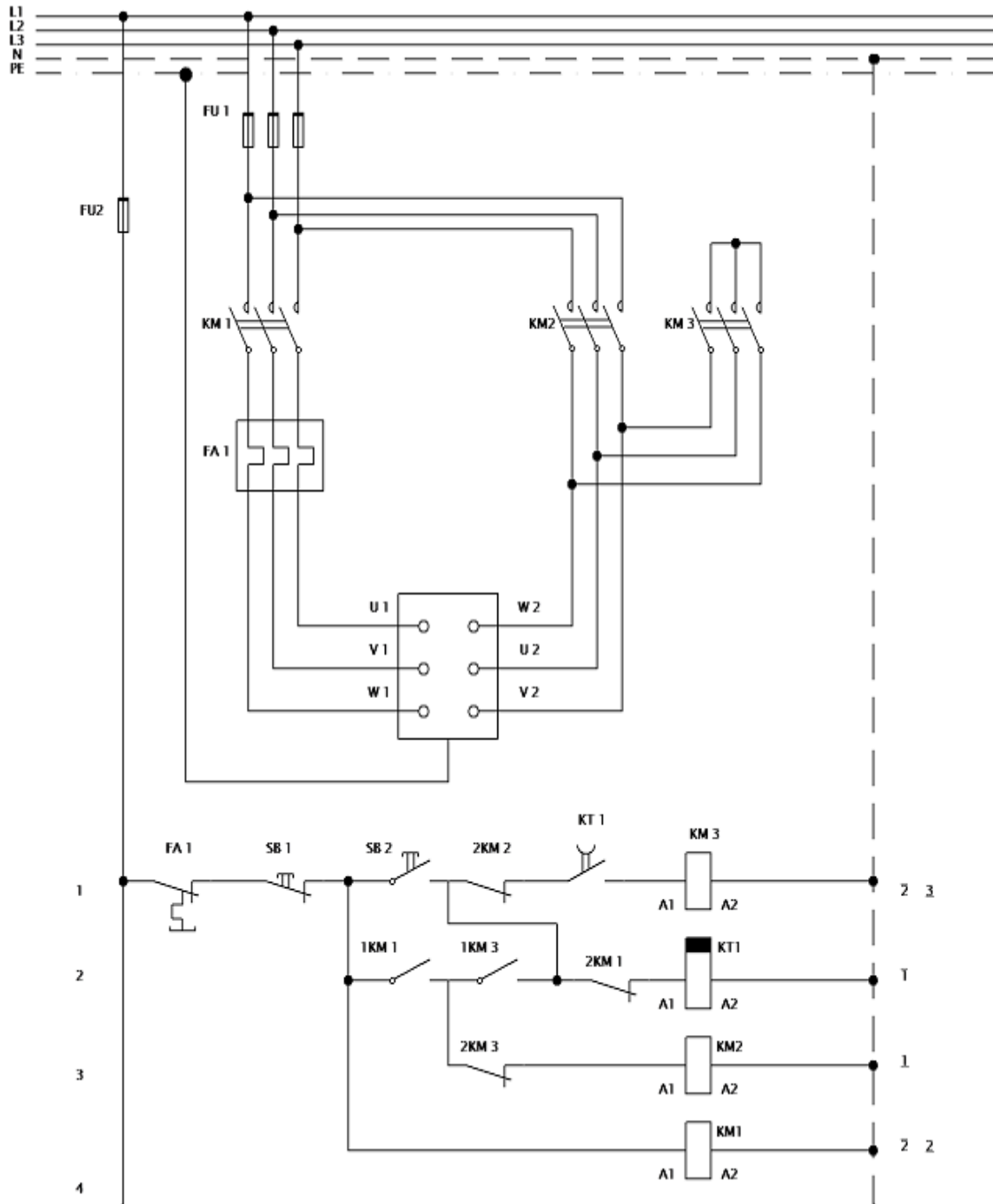
Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

### ***Poznámky:***

## 9. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným odpadem

*Schéma zapojení:*



***Popis funkce:***

Stisknutím zapínacího tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky časového relé KT1, a to sepne svůj spínací kontakt, a tím sepne stykač KM3. Silové kontakty KM3 spojí vinutí motoru do hvězdy a ovládací kontakt 1KM3 téhož stykače uzavře ještě v době, kdy je stisknuté tlačítko SB2, ovládací obvod cívky stykače KM1 a ten sepne. Silové kontakty stykače KM1 připojí na svorky motoru napájecí napětí a motor se rozbíhá v zapojení do hvězdy. Současně sepne také pomocný kontakt 1KM1, který slouží jako samodržný a kontakt 2KM1, jenž rozpojí napájecí obvod časového relé.

Motor se rozbíhá a relé KT1 odměřuje nastavený čas.

Po uplynutí nastaveného času relé KT1 odpadne, a tím rozepne svůj spínací kontakt, který přerušuje obvod cívky stykače KM3. V tom okamžiku sepne pomocný kontakt 2KM3 a přivede napětí na cívku stykače KM2. Tento stykač sepne a jeho silové kontakty spojí vinutí motoru do trojúhelníku. Motor běží na plný výkon.

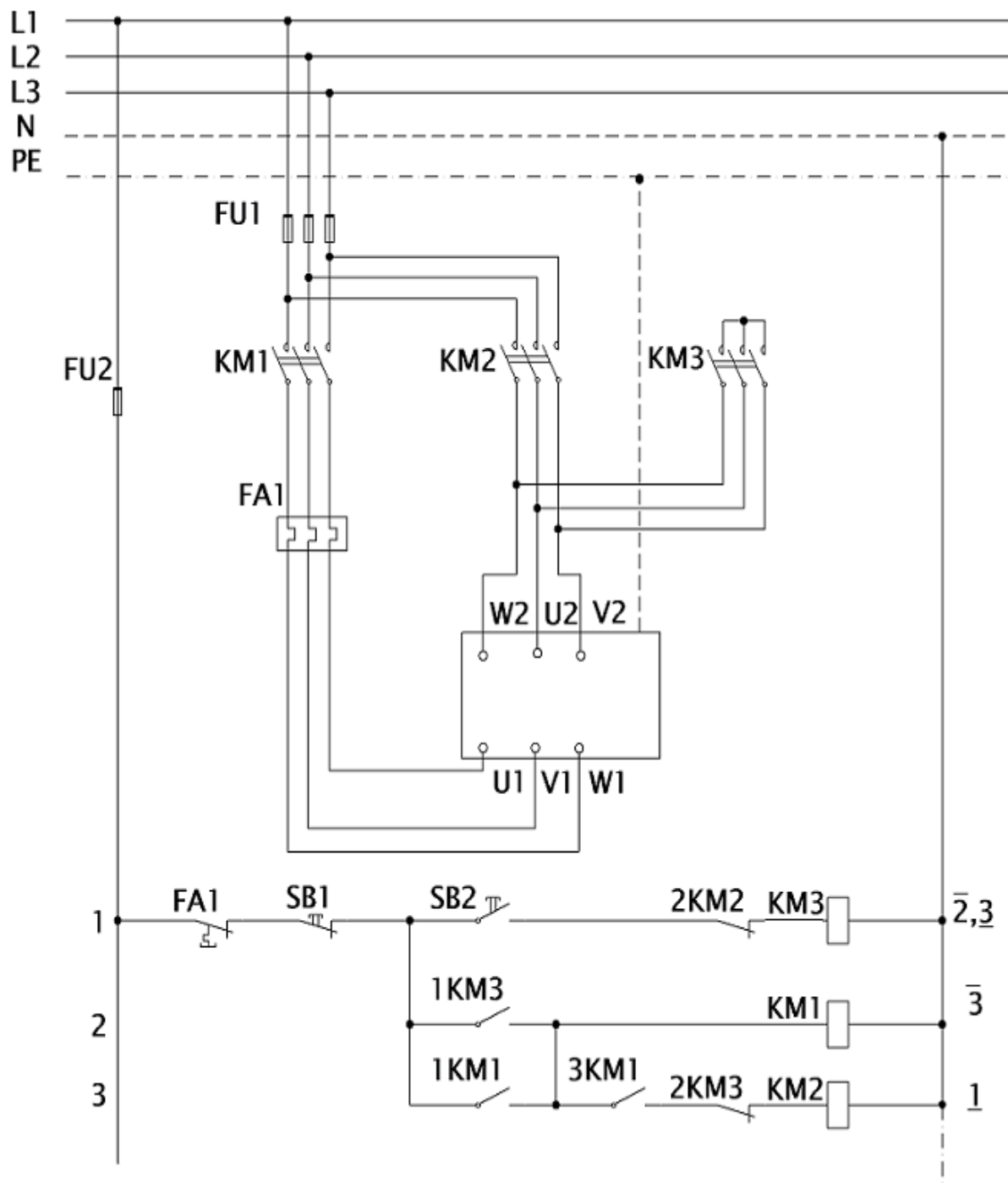
Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

***Poznámky:***

## 10. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s dvojtlačítkem „na výdrž“

Schéma zapojení:



***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 přivedeme přes rozpínací kontakt 2KM2 napětí na cívku stykače KM3, který sepne a svými silovými kontakty spojí vinutí motoru do hvězdy. Stykač KM3 svým spínacím kontaktem 1KM3 uzavře obvod cívky stykače KM1 a ten sepne svůj pomocný (samodržný) kontakt 1KM1, pomocný spínací kontakt 3KM1 a silovými kontakty připojí svorky motoru k síti. Po dobu, po kterou držíme stisknuté tlačítko SB1, se motor rozbíhá v zapojení do hvězdy.

Uvolněním tlačítka SB1 rozpojíme obvod cívky stykače KM3 a ten svým rozpínacím kontaktem 2KM3 přivede napětí na cívku stykače KM2. Ten rozepne pomocný kontakt 2KM2, který slouží jako blokování nechtěného opakovaného sepnutí do hvězdy a silovými kontakty spojí vinutí motoru do trojúhelníka. Motor běží na plný výkon.

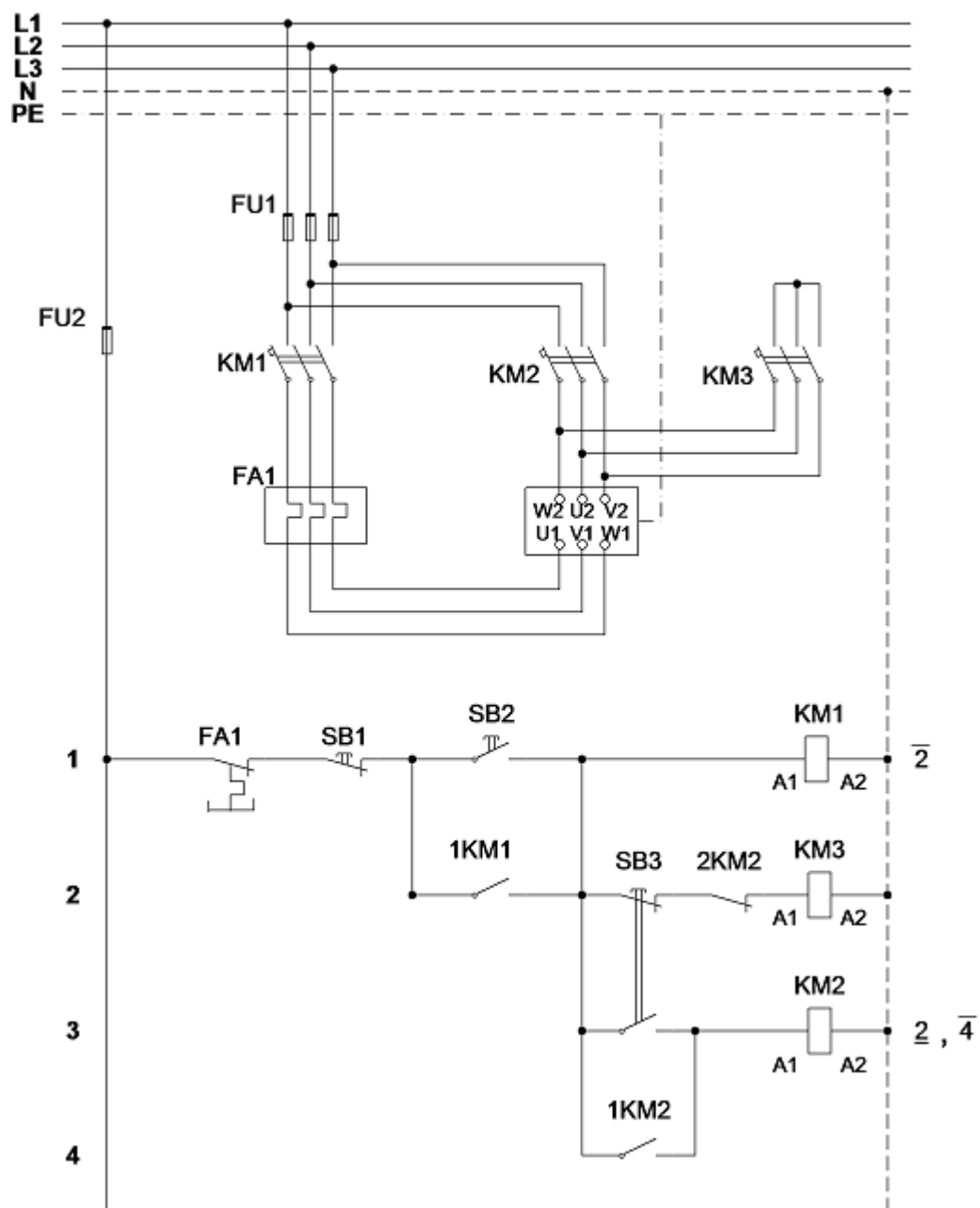
Motor vypneme stisknutím tlačítka SB1, které odpojí ovládací část od napětí.

- V tomto případě určuje dobu rozběhu obsluha.

***Poznámky:***

## 11. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s kombinovaným trojtlačítkem

*Schéma zapojení:*



### ***Popis funkce:***

Stisknutím spínacího tlačítka SB2 (START) se uzavře obvod cívky stykače KM1. Ten sepne a svými silovými kontakty přivede napětí na svorky motoru. Současně se silovými kontakty spíná i pomocný spínací kontakt 1KM1, který slouží jako samodržný a přes rozpínací kontakt tlačítka SB3 a pomocný rozpínací kontakt 2KM2 přivedeme napětí na cívku stykače KM3. Stykač KM3 spojí vinutí motoru do hvězdy a ten se začne rozbíhat.

Po dosažení jmenovitých otáček do hvězdy stiskneme tlačítko SB3, jehož rozpínací kontakt odpojí cívku stykače KM3, a ten odpadne. Jeho spínací kontakt sepne obvod stykače KM2. Silové kontakty stykače KM2 spojí vinutí motoru do trojúhelníku a motor se rozběhne na plný výkon. Současně sepne pomocný kontakt 1KM2. Tento kontakt drží stykač KM2 v zapnutém stavu.

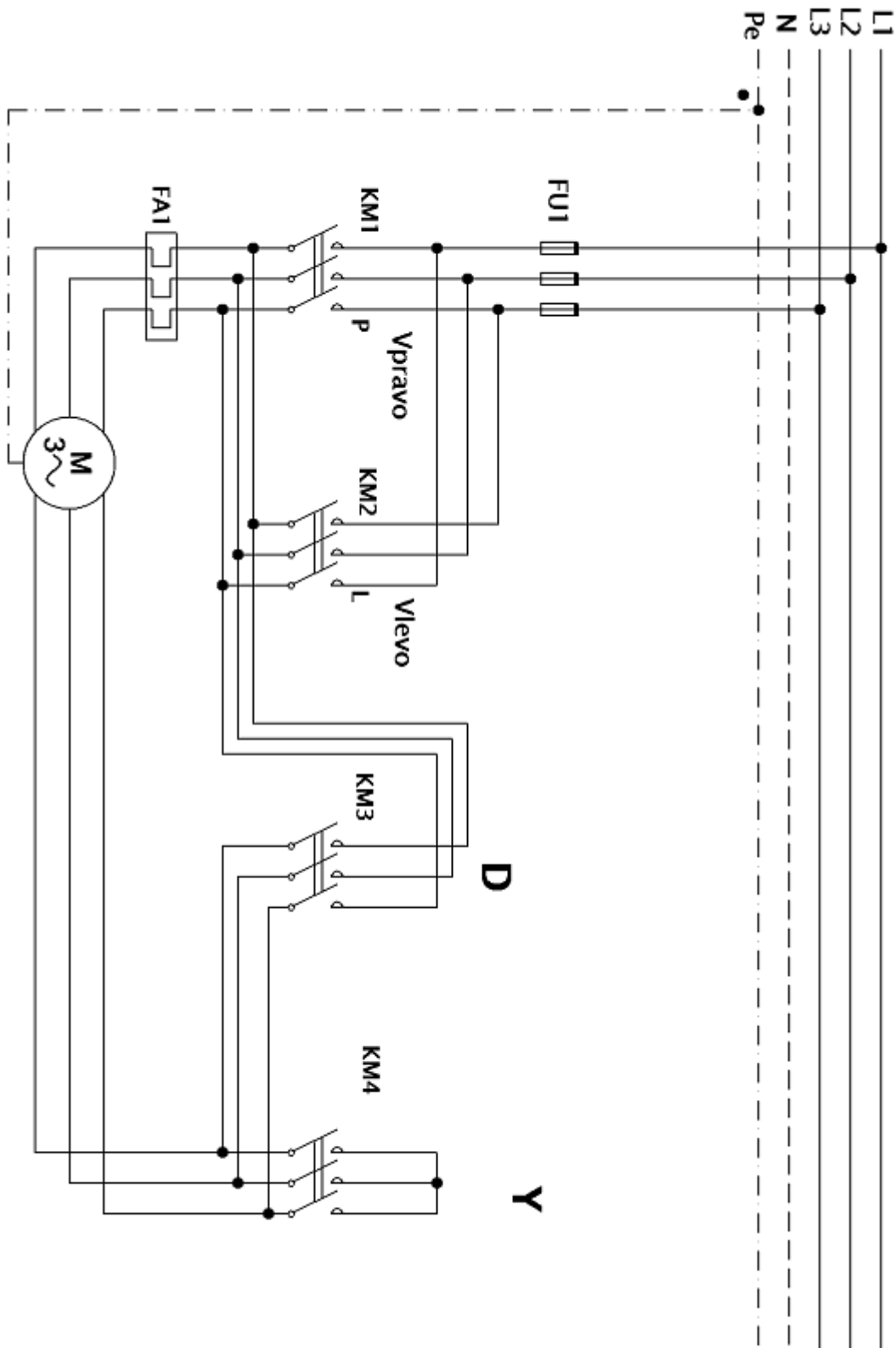
Celé zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

- U tohoto zapojení určuje dobu rozběhu obsluha, ale je zde zamezeno nechtěnému přepnutí před dokončením rozběhu (například sklouznutím prstu) nebo při velmi dlouhém rozběhu nemusíme držet stisknuté tlačítko.

### ***Poznámky:***

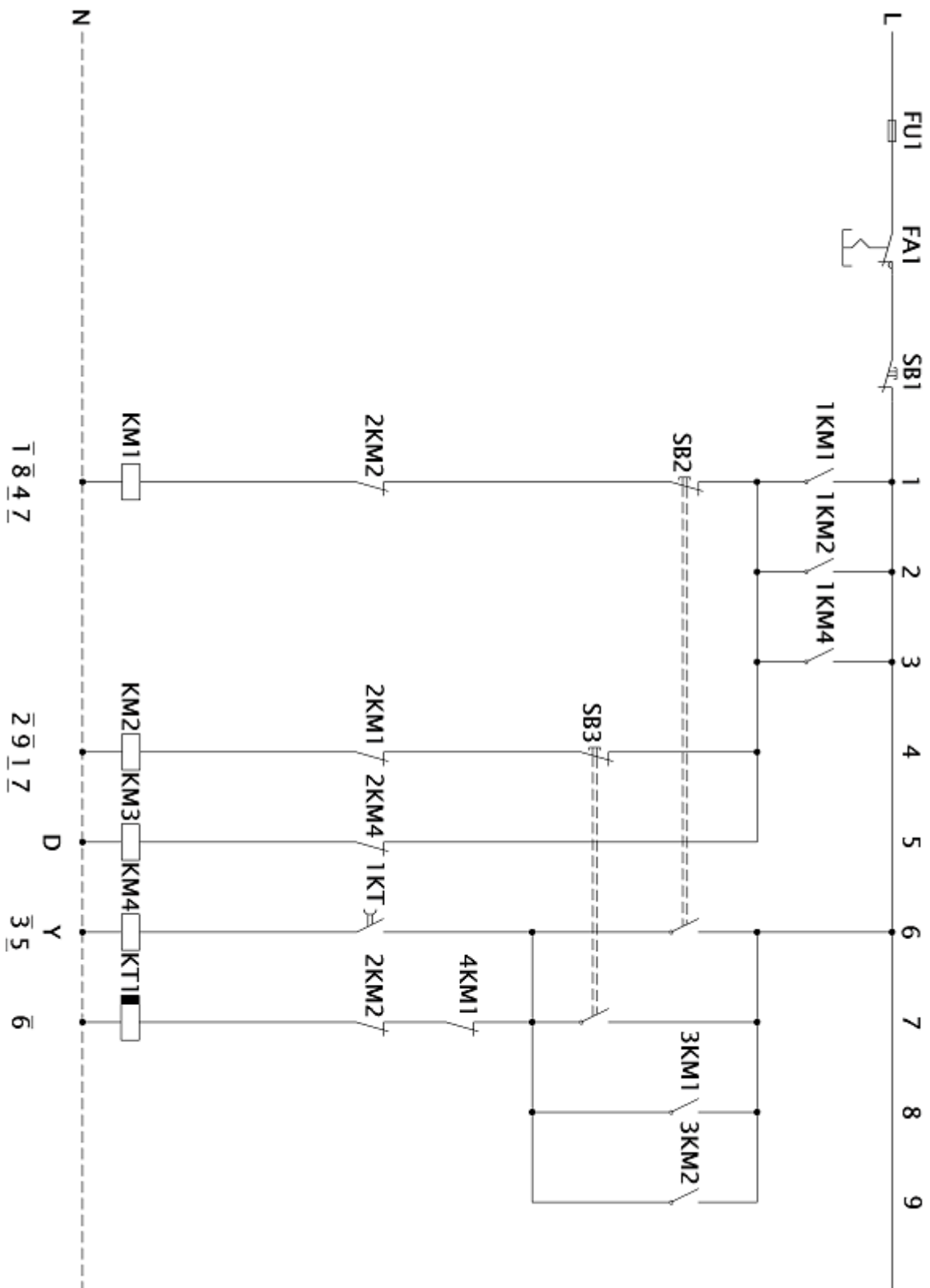
## 12. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (s časovým relé se zpožděným odpadem)

*Schéma zapojení silové části:*





*Schéma zapojení ovládací části:*



### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 sepneme jeho spínací kontakt, který přivede přes rozpínací kontakty 4KM1 a 2KM2 napětí na cívku časového relé KT a současně jeho rozpínací kontakt zablokuje obvod stykače KM1. Časové relé sepne a ještě v době, kdy je sepnuté tlačítko SB2, svým spínacím kontaktem uzavře obvod cívky stykače KM4, ten spojí silovými kontakty vinutí motoru do hvězdy a svým pomocným kontaktem 1KM4 připojí napětí na ovládací část stykačů KM1, KM2 a KM3. Rozpínací kontakt tlačítka SB3 přivede napětí na cívku stykače KM2, ten sepne a svými silovými kontakty připojí motor k síti. Pomocný rozpínací kontakt 2KM2 současně zablokuje obvod cívky stykače KM1, který slouží pro obrácený chod.

Pomocné kontakty 3KM1 a 3KM2 drží stykač KM4 v zapnutém stavu.

Časové relé časuje, motor se rozbíhá v zapojení do hvězdy.

Po uplynutí doby určené pro rozběh motoru časové relé odpadne a odpojí stykač KM4. Stykač KM4 svým pomocným kontaktem 1KM4 uzavře obvod cívky stykače KM3 a silové kontakty tohoto stykače spojí vinutí motoru do trojúhelníku a motor se rozbíhá na plný výkon.

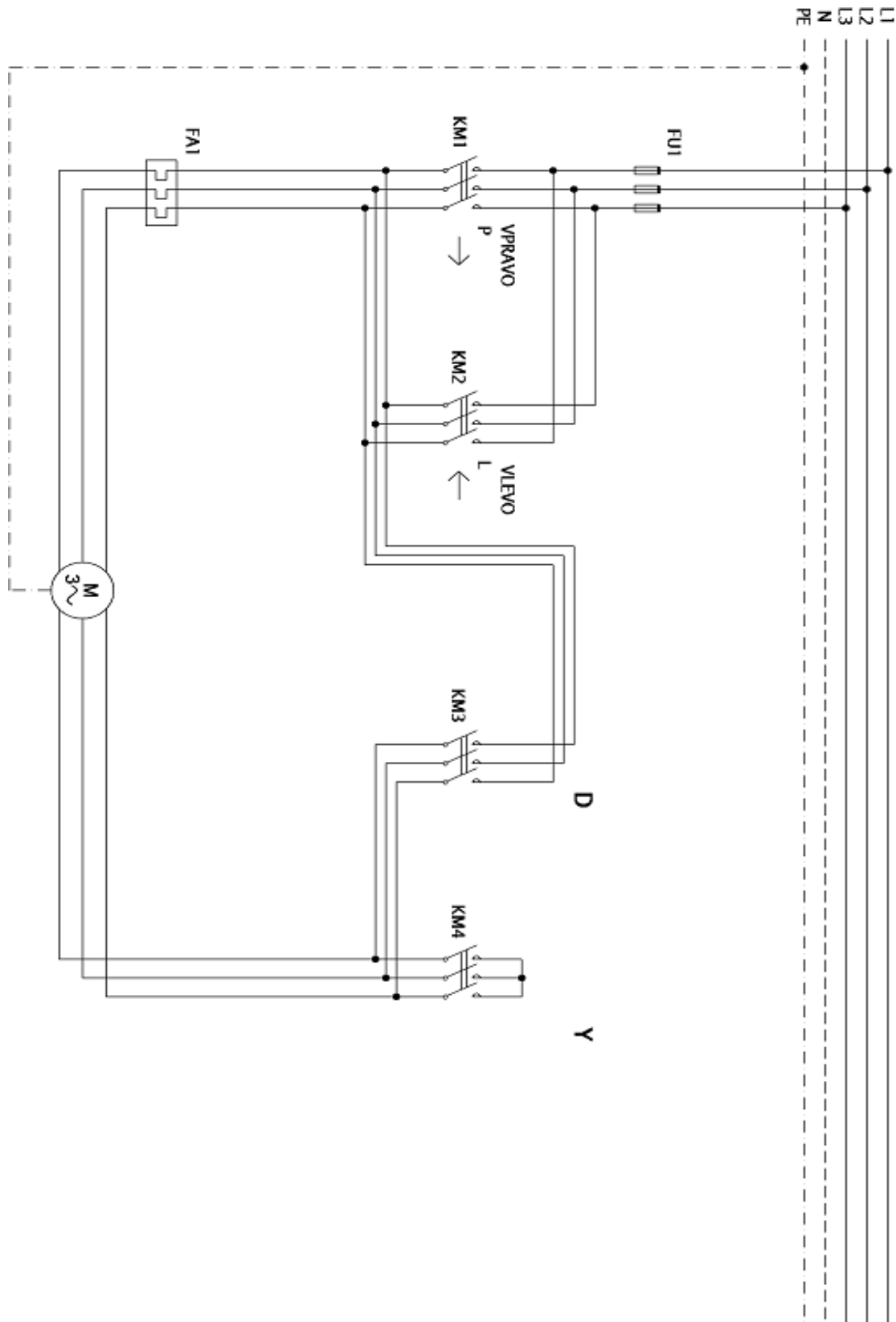
Celé zapojení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

Po stisknutí tlačítka SB3 proběhne celý cyklus shodně, pouze s tím rozdílem, že sepne stykač KM2, který připojí svorky motoru k přívodu se změněným sledem fází, a tím se motor bude otáčet opačným směrem.

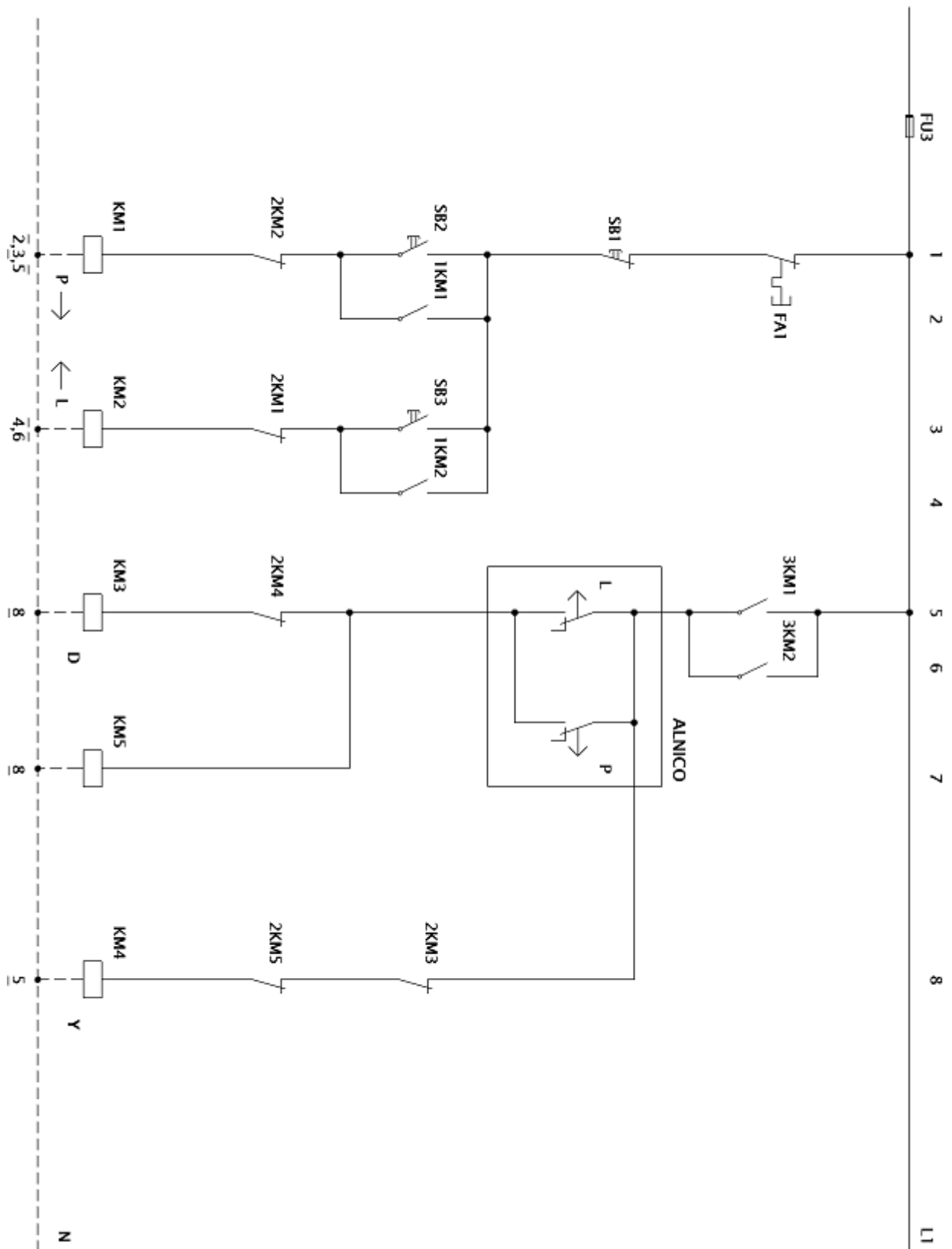
### ***Poznámky:***

### 13. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (pomocí ALNICA)

*Schéma zapojení silové části:*



*Schéma zapojení ovládací části:*



### ***Popis funkce:***

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme obvod cívky stykače KM1. Ten sepne a jeho silové kontakty připojí na svorky motoru síťové napětí s určitým sledem fází. Současně sepne pomocný spínací kontakt 1KM1, který funguje jako samodržný a rozezne pomocný rozpínací kontakt 2KM1. Tento kontakt blokuje stykač KM2. Zároveň s těmito kontakty sepne i kontakt 3KM1. Přes něj je přiváděno napětí na kontakty ALNICA a do obvodů cívek stykačů KM3, KM4 a KM5. Pomocný kontakt 3KM1 uzavře přes v klidu sepnutý kontakt 2KM3 a 2KM5 obvod cívky stykače KM4 a ten svými silovými kontakty spojí vinutí motoru do hvězdy. Motor se začne rozbíhat.

Po dosažení jmenovitých otáček do hvězdy vačka v ALNICU překoná odpor pružin a sepne kontakt mikrospínače, který uzavře obvod cívky stykače KM5. Obvod cívky stykače KM3 je v té době blokován kontaktem 2KM4. V tom okamžiku pomocný rozpínací kontakt 2KM5 rozezne obvod cívky stykače KM4 a ten vypne. Jeho silová část rozpojí vinutí motoru a pomocný kontakt 2KM4 uzavře obvod cívky stykače KM3. Ten svým pomocným kontaktem 2KM3 zablokuje stykač KM4 a svojí silovou částí spojí vinutí motoru do trojúhelníka. Motor se rozběhne na plný výkon.

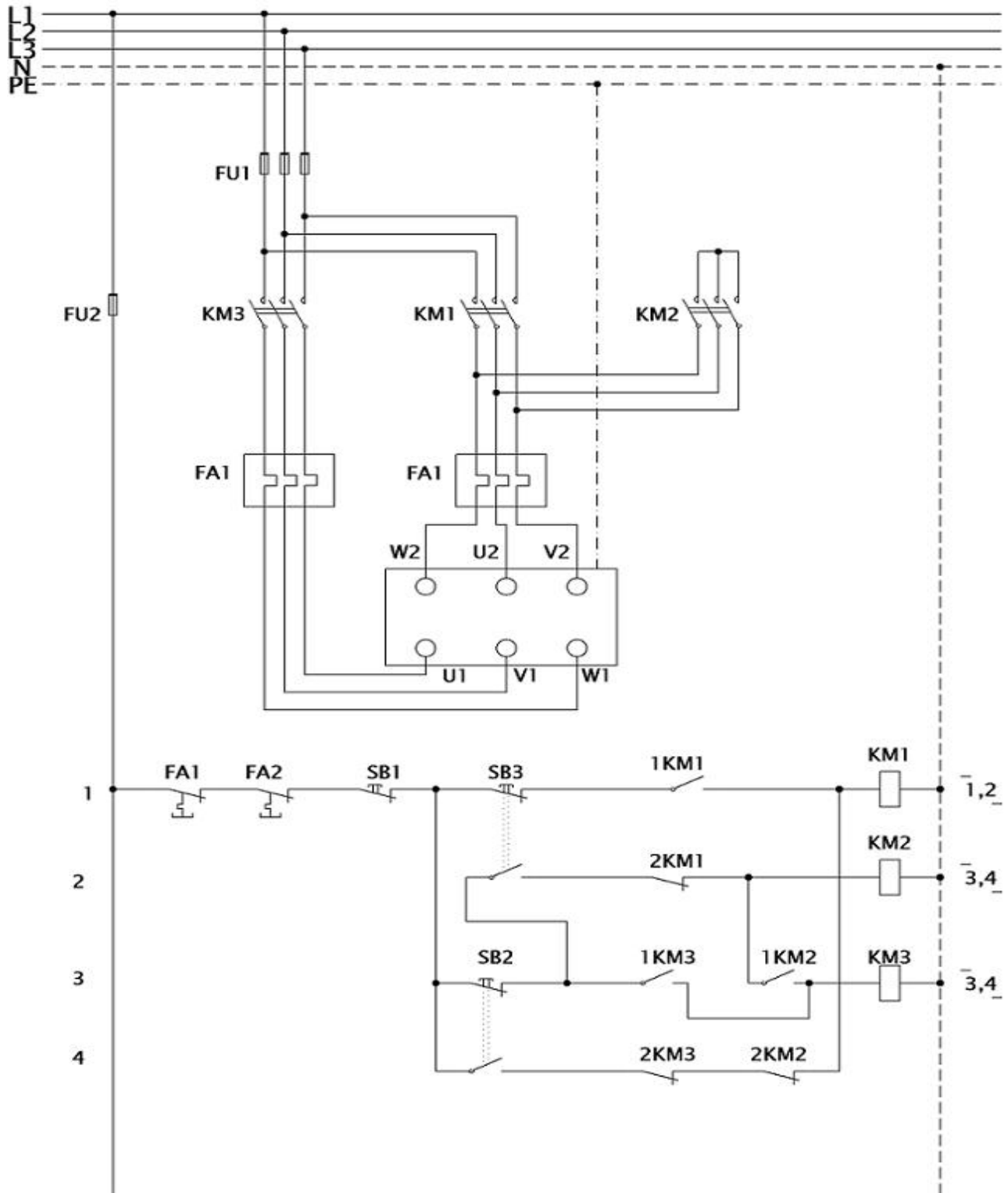
Zařízení vypneme stisknutím tlačítka SB1 (STOP).

Pokud stiskneme tlačítko SB3, bude celé zařízení pracovat shodně, pouze místo KM1 sepne stykač KM2 a k němu příslušející kontakty, a tím bude na svorky motoru přivedeno síťové napětí s jiným sledem fází a motor se bude točit obráceným směrem.

- V tomto zapojení je použitý magnetický snímač otáček (spínač) ALNICO. V tomto spínači je malý rotor s permanentními magnety, který je vsunut do kovového pouzdra a jeho hřídel je spojená přes pružnou spojku s hřídelí motoru. Když se motor roztočí, začne magnetismus permanentních magnetů strhávat otočně uložené kovové pouzdro, které se pootočí. K tomuto pouzdru je připevněna vačka. Tato vačka při záběru doléhá na mikrospínače (pro každý směr jeden), které svými kontakty spínají obvody cívek stykačů. Přítlačná síla vačky a tím i velikost otáček se reguluje nastavením vratných pružin, které určují, při jakých otáčkách mikrospínač přepne. Na nastavení těchto pružin závisí správná funkce celého zařízení a je nutné toto nastavení provést velice pečlivě.

## 14. Skoková regulace otáček změnou počtu pólů pomocí stykačové kombinace (8-4 nebo 4-2 póly)

*Schéma zapojení:*



**Popis funkce:**

Tato kombinace přepíná 8-4 póly nebo 4-2 póly.

Do obou přívodů ke svorkovnici motoru jsou vřazena tepelná relé FA1 a FA2.

Stisknutím tlačítka SB2 uzavřeme přes pomocné rozpínací kontakty 2KM3 a 2KM2 obvod cívky stykače KM1 a ten připne svými silovými kontakty svorkovnici motoru k síti. Stykač KM1 drží v zapnutém stavu spínací (samodržný) kontakt 1KM1 a svým rozpínacím kontaktem 2KM1 blokuje vypnutý stav stykače KM2.

Motor se točí ve vícepólovém zapojení (nižší otáčky).

Při stisknutí tlačítka SB3 rozpojíme jeho rozpínacím kontaktem obvod cívky stykače KM1 a ten vypne. Zároveň spínací kontakt tlačítka SB3 uzavře obvod cívky stykače KM2, který sepne, svým pomocným spínacím kontaktem 1KM2 přivede napětí na cívku stykače KM3 a silovými kontakty spojí vinutí motoru na zapojení s nižším počtem pólů (motor se otáčí rychleji). Oba stykače jsou aretovány v zapnutém stavu spínacím kontaktem tlačítka SB2 přes pomocné kontakty 1KM3 a 1KM2.

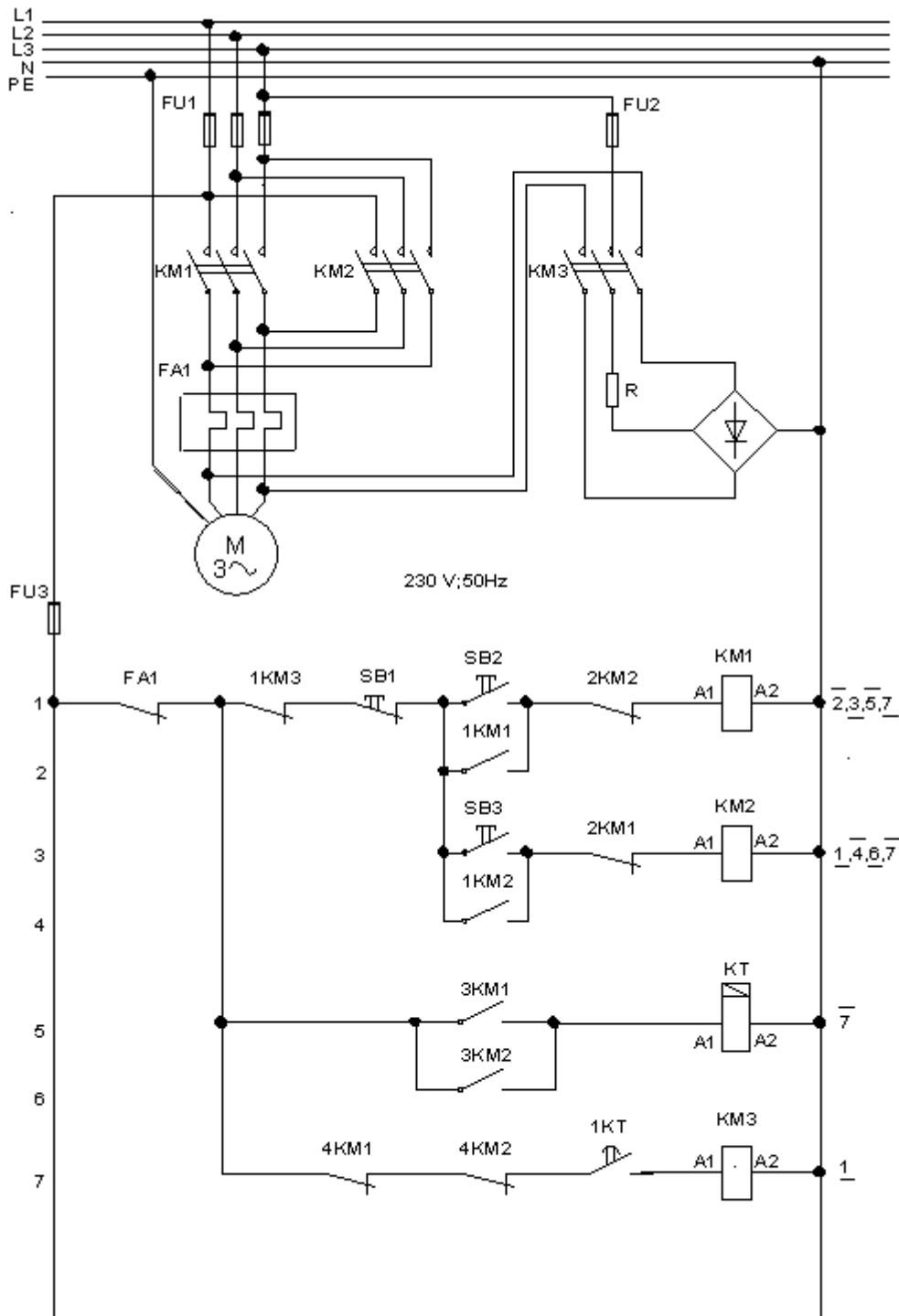
Celé zařízení vypneme stisknutím tlačítka SB1 (STOP).

- Toto zapojení umožňuje přepínání počtu pólů (otáček) za chodu stroje.

**Poznámky:**

## 15. Brzdění motoru stejnosměrným proudem pomocí stykačové kombinace s časovým relé (v obou směrech)

*Schéma zapojení:*





### ***Popis funkce:***

První část tohoto zapojení je ve své podstatě reverzace, což znamená, že stisknutím tlačítka SB2 přivedeme napětí na cívku stykače KM1 a ten sepne. Jeho silové kontakty přivedou napětí na svorky motoru a ten se roztočí jedním směrem. Stykač KM1 je držený v zapnutém stavu pomocným spínacím kontaktem 1KM1 a sepnutí stykače KM2 je blokováno pomocným rozpínacím kontaktem 2KM1.

Na rozdíl od běžné reverzace je v tomto zapojení zařazeno ještě časové relé KT a stykač KM3.

Napětí na cívku časového relé je přiváděno přes pomocný spínací kontakt 3KM1 nebo 3KM2 (záleží na směru otáčení). Toto časové relé ovládá spínání brzdícího stykače KM3. Pokud je sepnutý stykač KM1 nebo KM2, je na cívku časového relé přivedeno napětí a kontakt 1KT je rozepnutý. Stykač KM3 je blokován ještě rozpínacími kontakty 4KM1 a 4KM2.

V okamžiku, kdy chceme motor vypnout, stiskneme tlačítko SB1 (STOP). Tím odpojíme od napětí cívku stykače KM1 a ten vypne. Spínací kontakt 3KM1 rozepne a odpojí od napětí cívku časového relé KT. Časové relé sepne, jeho pomocný kontakt 1KT uzavře obvod cívky stykače KM3 a ten svými silovými kontakty připojí na svorky motoru stejnosměrné napětí z výstupu usměrňovače. Vinutím motoru začne protékat stejnosměrný proud, který ve statoru vybudí statické (netočivé) magnetické pole. Toto pole působí proti síle, kterou působí vinutí v otáčejícím se rotoru, a tím rotor brzdí.

Časové relé odměřuje nastavený čas. Tento čas musí být dostatečně dlouhý, aby se motor zastavil.

Po uplynutí nastaveného času relé KT odpadne, jeho kontakt 1KT přeruší obvod cívky stykače KM3 a ten odpojí usměrňovač od svorek motoru.

Pro opačný směr otáčení funguje zařízení shodně, jen stykač KM2 přivádí na svorky motoru napětí s jiným sledem fází.

### ***Poznámky:***

## 14. Zdroje a použitá literatura

### Použitá literatura:

- BOHDAL, J. a kolektiv autorů. *Dílenská příručka učebních oborů*. ISŠE – COP, Hluboká nad Vltavou, PBtisk 2003
- HAVELKA, J.: *Tvorba webových stránek: jednoduše, srozumitelně, názorně*. Brno: Computer Press, 2006, ISBN 80-251-0920-8
- KROTKÝ, Jan., KOCUR, Pavel. *Současné trendy v tvorbě multimediálních učebnic*. 2009
- ROUBAL, P. *Informatika a výpočetní technika pro střední školy: praktická učebnice 1*. Brno: CP Books, 1966, ISBN 80-251-0599-7 (brož.)
- ROUBÍČEK, O. *Elektrické motory a pohony*. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 1. vydání, ISBN 80-7300-092-X
- KUDLÁČEK, I. *Elektrotechnické materiály a technologie z pohledu ekologie*. Praha: Vydavatelství ČVUT 2000
- SKÁLA, J. *Základy programování LOGO!*. SOUE Plzeň

### Internetové zdroje:

*Elfetex s.r.o.*: [online]. Plzeň. Elektroinstalace - Elfetex spol.s.r.o., 2009 - [2011-08-02]. Dostupný z WWW: <http://www.elfetex.cz/sortiment/elektroinstalace/>

*Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 2001- [2011-02-23]  
Dostupný z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronní\\_motor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronní_motor)

*YouTube: komunita YouTube*. [online]. San Bruno, (California): YouTube-Animace výroby motoru. 2009 - [2011-08-22]  
Dostupný z WWW: <http://www.youtube.com>

*Ekolist.cz*: [online]. Občanské sdružení BEZK, 1992 ISSN 1802-9019  
Dostupný z WWW: <http://www.ekolist.cz>

*Eaton Elektrotechnika s.r.o.*: [online]. Praha Eaton Elektrotechnika s.r.o Průmyslové aplikace. 2010 - [2011.08.22]  
Dostupný z WWW: <http://www.eatonelektrotechnika.cz>

*Siemens s.r.o.*: [online]. Praha Siemens s.r.o. Průmyslová a veřejná infrastruktura 2011, [2011.08.22]  
Dostupný z WWW: <http://www.siemens.com>

**Poznámky:**

**Poznámky:**

**Poznámky:**