

SILNOPROUDÁ ELEKTROTECHNIKA II.

Průmyslové instalace

(Motory, jejich konstrukce, spouštění, rozběhy a brždění pomocí stykačových kombinací)

Cílem tohoto kurzu je seznámení s konstrukcí, použitím elektromotorů a jejich provozem, s materiálem potřebným pro jejich montáž a provoz, s problematikou jejich spouštění, rozběhu, brždění a regulací otáček. Dále získání znalostí o základních měřeních na elektromotorech a elektrických zařízeních a diagnostika a odstraňování závad vzniklých na těchto zařízeních.

Stručný obsah

1 Všeobecně.....	3
2 Rozdělení elektromotorů.....	4
3 Dimenzování elektromateriálu.....	13
4 Použitý elektromateriál.....	16
5 Bezpečnost při práci.....	35
6 Využití v konkrétních zapojení.....	38
7 Měření.....	78
8 Diagnostika závad.....	86

Podrobný obsah

1. Všeobecně	
2. Rozdělení elektromotorů	
2.1. Z hlediska konstrukce.....	4
2.2. Z hlediska napájení a vnitřního zapojení.....	9
3. Dimenzování a výběr elektromateriálu potřebného pro montáž a bezpečný a ekonomický provoz	
3.1. Dle štítkových údajů.....	13
3.2. Dle naměřených hodnot a výpočtem.....	15
4. Materiál a přístroje potřebné pro připojování a provoz elektromotorů a zařízení s elektromotory	
4.1. Vodiče.....	17
4.2. Jistící prvky.....	19
4.3. Tepelná relé.....	27
4.4. Stykače.....	29
4.5. Tlačítka.....	31
4.6. Proudové chrániče.....	32

5. Bezpečnost při práci	
5.1. Při montáži a manipulaci s nářadím.....	35
5.2. Při zkoušení a provozu.....	36
5.3. Při měření.....	37
6. Použití třífázového asynchronního motoru v souboru se stykačovou kombinací v konkrétním zapojení	
6.1. Seznámení se schématy a schématickými značkami.....	38
6.2. Ovládání motoru z jednoho místa.....	44
6.3. Ovládání motoru z více míst.....	46
6.4. Postupné spínání tří (nebo více) motorů.....	48
6.5. Vzájemné blokování chodu dvou motorů.....	50
6.6. Reverzace otáček motoru.....	52
6.7. Reverzace otáček motoru s omezením v koncových polohách.....	54
6.8. Reverzace ovládaná pomocí koncových spínačů.....	56
6.9. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným přitahem.....	58
6.10. Rozběh motoru Y/D pomocí časového relé se zpožděným odpadem.....	60
6.11. Rozběh motoru Y/D s dvojtlačítkem „ na výdrž“.....	62
6.12. Rozběh motoru Y/D pomocí kombinovaného trojtlačítka.....	64
6.13. Rozběh motoru Y/D v obou směrech (čas. Relé).....	66
6.14. Rozběh motoru Y/D v obou směrech (alnico).....	69
6.15. Skoková regulace otáček změnou počtu pólů.....	72
6.16. Brzdění motoru stejnosměrným proudem pomocí čas. relé.....	74
6.17. Postupné spínání tří motorů jedním dvojtlačítkem.....	76
7. Základní provozní měření na motorech	
7.1. Měření izolačního stavu motoru.....	78
7.2. Měření odporu vinutí.....	80
7.3. Měření napětí.....	82
7.4. Měření proudu.....	84
8. Diagnostika a odstraňování závad na el. zařízení	
8.1. Diagnostika závady motoru.....	86
8.2. Diagnostika závady na zařízení.....	88

1. Všeobecně

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. Proudů indukované ve vinutí rotoru mají 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° elektrických a jsou napájeny z rozvodné soustavy třífázovým napětím, takže jimi protéká soustava proudů , které jsou navzájem časově posunuty o 120°. 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 ($60 \times 50 = 3000$) Hz za minutu. Toto číslo vydělíme počtem pólových dvojic (tzv. pólpárů), 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 na krátko, 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

2. 1. Rozdělení elektromotorů z hlediska konstrukce



Řez třífázovým asynchronním motorem

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



Stator malého 3f. as. motoru



Výroba statoru as. stroje

Rotor 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.



Rotor komutátorového motoru

Po obvodu rotoru i statoru jsou drážky, ve kterých je uloženo vinutí, skládající se z cívek rozložených po obvodu a založených v drážkách a 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.

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 a navíjejí se buď strojně nebo ručně přímo do drážek a nebo se navíjejí mimo stroj a do drážek se nasypou 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 a nebo stranu dvou cívek (vinutí jednovrstvé nebo dvouvrstvé). Nejčastěji se používá vinutí dvouvrstvé s cívkami uloženými nad sebou.



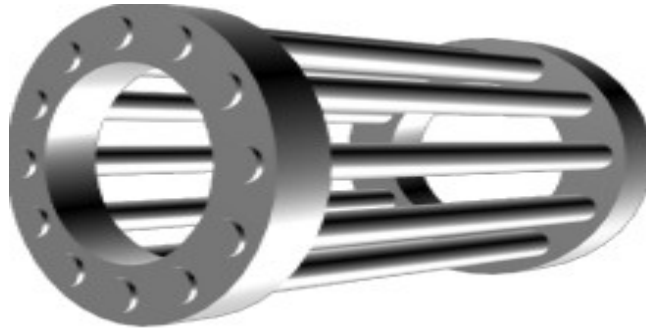
Barevně zvýrazněné cívky motorů (každá fáze má jinou barvu)

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 nebo mědi a 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 odlíje vinutí, které je na čelech spojeno vodivými kruhy z téhož materiálu a současně se na čelech odlíjí i nálitky, které slouží jako lopatky ventilátoru a další, na které se umisťují vyvažovací závaží.



Rotor asynchronního motoru s kotvou nakrátko (vinutí odlité z hliníku)

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.



Klecové vinutí asynchronního motoru

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.



Rotor kroužkového motoru

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. 1 desetinu 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. 2. 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 cívky 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 jednu stranu všech vinutí do společného uzlu a na zbývající vývody připojíme napájecí napětí, je satorové 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“.



Svorkovnice motoru s propojkami v zapojení do hvězdy



Svorkovnice motoru s propojkami v zapojení do trojúhelníka

Samotné propojení provádíme buď přímo na satorové 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° 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.

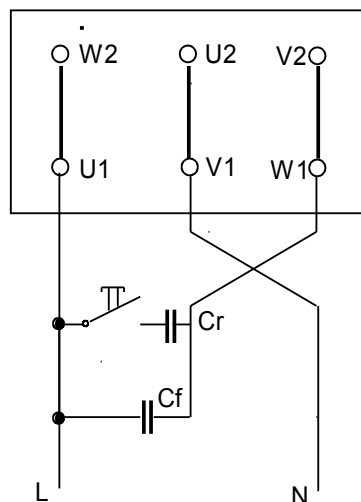
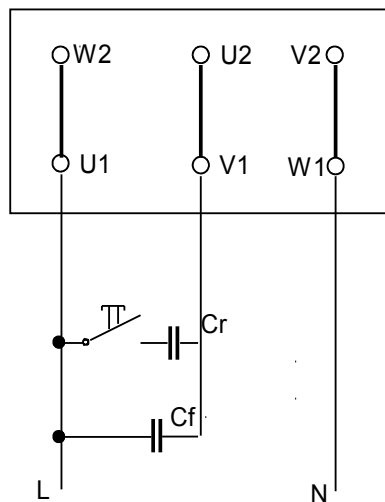
Další možností využití asynchronního motoru pro napájení z jednofázové soustavy je konstrukce s tzv. „stíněnými póly“. Stator těchto motorů má vyniklé póly, které mají na části průřezu každého pólu vytvořený tzv. „závit nakrátko“, který je vyrobený z neizolovaného měděného vodiče. Tento závit na krátko, 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 μF	
	Cf	Cr
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.

Nejčastěji používané jsou motory v provedení patkovém.



A v provedení přírubovém.



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

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 materiál 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 podle 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, dvojitá, 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 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 další údaje.



Štítek třífázového asynchronního motoru

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 zkratek 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.

I při výpočtu hodnot nás bude především zajímat proud, který bude protékat obvodem. Ten zjistíme výpočtem pomocí vzorce

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

z toho vyplývá, že

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

P – výkon motoru ve wattech (W)

I – proud protékající motorem (A)

U – napětí sítě (V)

$\cos\varphi$ – 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 být 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 a 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 a nebo např. možnosti kontaktu s mořskou vodou a další. Další variantou mohou být zařízení určená pro provoz ve vlhkém prostředí a nebo dokonce zařízení částečně nebo trvale zaplavovaná vodou a 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 dvojčíslím 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.

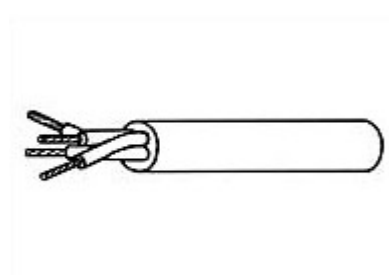
4. 1. Vodiče a kabely

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 a 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 a pod.). 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 nebo (u slané vodičů) šňůra.



Mnohožilový kabel s plnými Cu jádry



Šňůra se slanéými Cu jádry a PVC izolací

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^2 .

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 slané, musíme na ně před montáží do svorek nalisovat dutinky.



Lisovací dutinka s izolací



Lisovací vidlička s izolací



Lisovací oko s izolací



Lisovací plochý konektor s izolací

Slané vodiče můžeme také zakončovat lisovacími oky, konektory (fastony), vidličkami a dalšími koncovkami dle potřeby.



Kleště pro lisování dutinek

Pro nalisování koncovek je nutno používat patřičné lisovací kleště.

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 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.



*Krabicová svorka
Wago*



*Řadová svorka
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 jistícího 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_s – impedance vypínací smyčky

U_f – napětí fázového vodiče proti zemi (fázové napětí)

I_a – proud, který způsobí vypnutí předřazeného jistícího prvku v předepsané době

Hodnota I_a 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.

$$U_f = 230 \text{ V} \qquad Z_s \leq U_f / I_n = 230 / 50 = 4,6 \Omega$$
$$I_a = 5 \times I_n = 5 \times 10 = 50 \text{ A}$$
$$Z_s = ?$$

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 jisticí přístroj, který je blíže k místu poruchy musí vypnout dřív než jisticí prvek vzdálenější. Je tedy nutno odstupňovat jisticí prvky podle jmenovitých hodnot proudu. Při výběru je nutno porovnávat vypínací charakteristiky jisticích prvků (tyto charakteristiky uvádí výrobce).

Jisticí 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 jedнопólového 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 na pojistky:

1. Přístrojové skleněné o rozměrech 5 x 20 a 6.3 x 32
2. Závitové
3. Válcové vložky typ PV
4. Válcové pro jištění polovodičů
5. Pro jištění polovodičů typ P5
6. Výkonové nožové typ PN a PHN



*válcová vložka
typ PV*



*válcová vložka
pro jištění
polovodičů*



*pojistka pro jištění polovodičů
typ P5*

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 boku kovového kontaktu, spolu



Přístrojová pojistka



*Držák přístrojové
pojistky k montáži
do panelu*

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, z pojistkové hlavice, pojistkové vložky (patrony) a vymešovacího 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 drátka (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

a 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 klínku. Pojistkové spodky se vyrábějí se závity o třech velikostech, které se značí E16, E27 a E33 a také jako otřesuvzdorné E27 a E 33.

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.



Spodek nožové pojistky



Nožová pojistka

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 určené typové řadě a podle jmenovitého proudu se liší také velikostí (typ PN a PHN). Nožové pojistky se většinou používají k jistění 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 návěstním kontaktem.



Návěstí nožové pojistky



*Pojistkové držadlo
(žehlička)*

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, vestavenými 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.



*Pojistkový odpínač
pro nožové pojistky*



*Pojistkový odpínač
pro válcové pojistky
(jednofázový)*



*Pojistkový odpínač
pro válcové pojistky
(třífázový)*

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.

Jističe se vyrábějí pro jednofázový rozvod a pro třífázový rozvod a to v provedení jednopólovém a dvoupólovém nebo v provedení trojpólovém a čtyřpólovém.



Jednopólový jistič



Troj­pólový jistič

U dvoj a čtyř pólového provedení se kromě fázových vodičů vypíná i nulový vodič.



Dvoupólový jistič



Čtyřpólový jistič

Uvnitř jističe je tzv. kataraktová spoušť. Ta se skládá z indukční a z tepelné části.

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.



*Digitální spoušť
výkonového jističe*



*Spínací blok výkonového
jističe 1000 A*

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 proudu 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 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 proudu 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 proudu 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 zhasení 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.



Výkonový jistič 250 A



Spínací blok výkonového jističe 1600 A



Vzduchový jistič 6300 A

U zařízení s velkými výkony se používají jisticí a spínací prvky, které ke zhasení oblouku používají například vyfukování oblouku stlačeným vzduchem nebo jsou uzavřeny v nádobě naplněné nehořlavým izolačním olejem nebo plynem (SF₆).

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 jisticí relé

V obvodech používaných k provozu motorů musíme kromě pojistek a jističů používat i nadproudá (tepelná) jisticí 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.

Jisticí 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 měřící transformátory proudu. Tyto transformátory nám vhodným převodem sníží hodnotu proudu na použitelnou úroveň.

V případě, že u motoru při rozběhu přepínáme satorové 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.

Tepelná relé je možné montovat přímo pod svorky stykačů a nebo je osazujeme samostatně do speciálních patič, které jsou se stykači propojeny vodiči.



Nadproudé relé určené k montáži pod svorky stykače



Adaptér pro externí montáž nadproudého relé na panel

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 rozepne ovládací obvod stykačů. Tyto stykače odpadnou a tím rozepnou přetížený silový obvod.



Nadproudé relé pro montáž přímo pod svorky stykače



Měřící transformátor proudu (MTP)

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

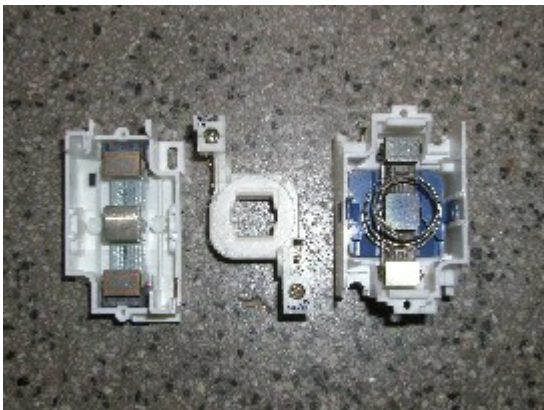
nadproudem. Tento výpadek je signalizován výstražným praporkem na těle relé nebo signálkou připojenou přes spínací (v klidu rozepnutý) kontakt tepelného relé. Tato kontrolka může být umístěna například na krytu rozvaděče na ovládacím pultu stroje a dalších místech, kde snadno upoutá pozornost obsluhy. 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

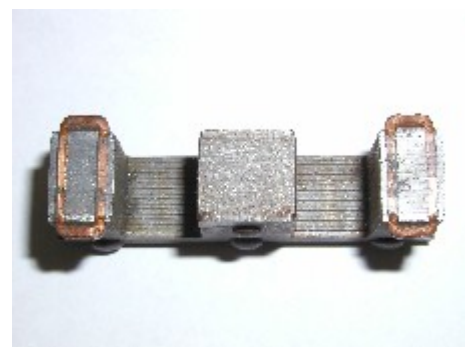
Ke spínání elektrické energie používáme mimo jiné elektromagnetické stykače. Jsou to v podstatě dálkově ovládané elektromagnetické spínače, které nám umožňují spínat pomocí malých proudů a napětí velké proudy a napětí.

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).



Základní části stykače



Detail jádra stykače s cu závitom nakrátko

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 umístěné přímo na těle stykače



Nástavba stykače s pomocnými kontakty

Pomocné kontakty mohou být osazené přímo na těle stykače nebo v odnímatelné nástavbě, kterou můžeme dodatečně na stykač nasunout.

Tyto pomocné kontakty slouží k ovládní, signalizaci a blokování. Pomocné kontakty mají většinou spínací schopnost 10 – 16 ampér a není možné je použít na spínání výkonů.



Malé vzduchové stykače různých proudových hodnot

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.



Stykač pro těžký provoz (300 A) se zhášecími komůrkami



Stykač pro těžký provoz 630 A

Podle způsobu zhášení elektrického oblouku se stykače dělí na:

- vzduchové – oblouk se zháší proudem vzduchu
- olejové – oblouk se zháší zaplavením olejem (starší konstrukce, používá se pro VN)
- vakuové – ve zhášecí 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

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.



Dvojtlačítkový ovladač ve skříni



Trojtlačítkový ovladač ve skříni



Tlačítko stop ve skříni

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



Ovládací hlavice ve tvaru hříbku



Uzamykatelná ovládací hlavice ve tvaru hříbku



Podsvětlená ovládací hlavice ve tvaru hříbku

Pod ovládací hlavicí 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.



Spínací jednotka se šroubovými svorkami



Spínací jednotka pro čelní montáž

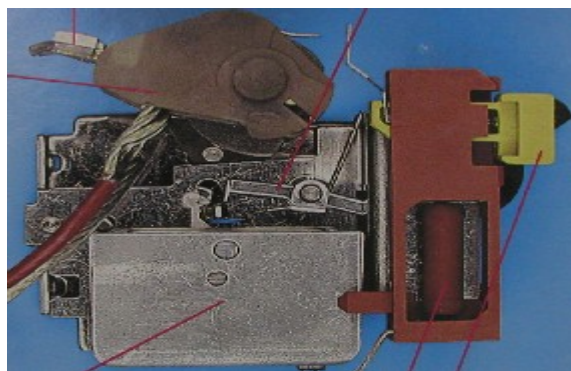


Signalizační prvek LED

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.

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 Φ .



Vnitřní ústrojí proudového chrániče

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.

V okamžiku, kdy se obvod rozváží 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.



Diferenciální relé proudového chrániče

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



*Dvoupólový
(jednofázový)
proudový chránič*



*Čtyřpólový (třífázový)
proudový chránič*

Pro ověření funkce je proudový chránič vybaven testovacím tlačítkem.

Proudové chrániče můžeme rozdělit :

- a) podle počtu pólů na 2 – pólové
4 – pólové

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

- b) podle proudového rozsahu - 16 A
- 25 A
- 40 A
- 63 A

Proudová zatížitelnost silových kontaktů.

- c) podle velikosti reziduálního proudu - 10 mA
- 30 mA
- 100 mA
- 300 mA
- 500 mA

Proud potřebný k vybavení proudového chrániče.

- d) podle zpoždění
- | | |
|---|--|
| — | - bez zpoždění - pro všeobecné použití |
| G | - se zpožděním min. 10 ms (bouřka) |
| S | - se zpožděním min. 40 ms (selektivní) |

Doba po které proudový chránič zareaguje.

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

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 odholování 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 drátu. Tím může být zraněna i přihlízející nebo spolupracující osoba. Další riziko vzniká při manipulaci s el. zařízeními (např. motory, rozvaděče, konstrukce a další). Tato zařízení jsou mnohdy objemná a mající 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 měřícím 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 měřících přístrojů) a další. Takovou práci může běžně provádět obsluha stroje.

Dalším termínem označujeme například montáž nových zařízení, rozšiřování a rekonstrukci stávajících zařízení, úpravy, opravy, rozebírání zařízení, výměna součástí, oprava zařízení fyzickým zásahem do zařízení, rozpojování, odečítání údajů z přenosných měřících přístrojů, které se připojují na měřenou část například při odstraněném krytu stroje a další. Všechny tyto činnosti označujeme termínem **práce** na elektrickém zařízení a 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 ! Všechny 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 a 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. Použití třífázového asynchronního motoru v souboru se stykačovou kombinací v konkrétních zapojeních.

6. 1. Seznámení se schémata 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.

Všechny elektrotechnické značky 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

QF jistič motorový

FS jistič vedení


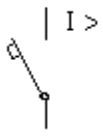
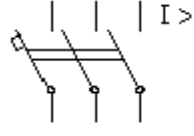
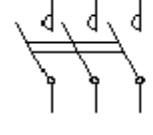
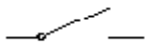
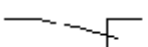
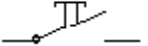
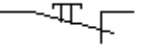

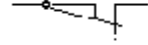






SQ hlídač polohy (koncový spínač)

KM stykač

HL optická signální zařízení (žárovky)

XT spojovací prvky rozebíratelné nástrojem (svorky, svorkovnice apod.)

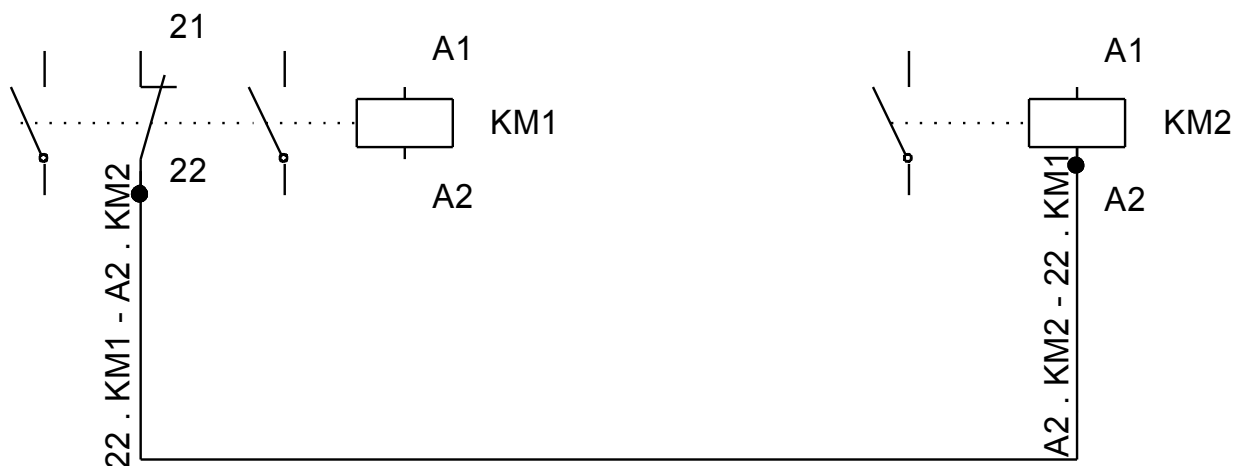
Příklad používaných symbolů (značek)

	pojistka, po průrazu živá strana vyznačena tlustou čarou
	jednopolový jistič
	trojpólový jistič
	trojpólový stykač
	kontakt zapínací stykače
	kontakt vypínací stykače
	kontakt zapínací tlačítkový
	kontakt vypínací tlačítkový
	kontakt zapínací mezního spínače
	kontakt vypínací mezního spínače
	spínací kontakt tepelného relé
	vypínací kontakt tepelného relé
	cívka relé (stykače)
	relé / cívka přístroje se zpožděním při odpadu
	relé / cívka přístroje se zpožděním při přitahu
	tepelný popudový článek tepelného relé

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 schématických 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



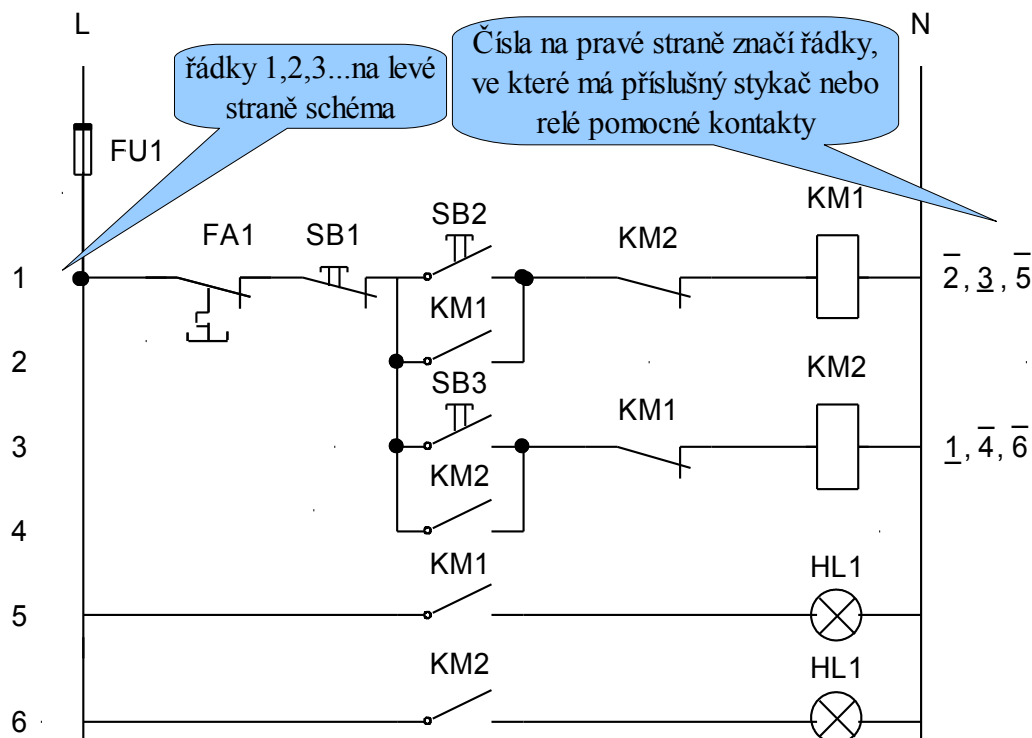
Směrové schéma určuje jen z které svorky na kterou svorku je veden vodič a popřípadě jaký vodič máme použít a je vhodné více pro výrobu a montáž.

Příklad směrového značení propojení dvou svorkovnic

1 . XT1 - 3 . XT2	Svorkovnice XT1
2 . XT1 - 2 . XT2	
3 . XT1 - 1 . XT2	
Svorkovnice XT2	1 . XT2 - 3 . XT1
	2 . XT2 - 2 . XT1
	3 . XT2 - 1 . XT1

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.

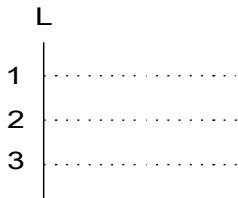
Řádkové schéma ovládací části stykačové reverzace



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.

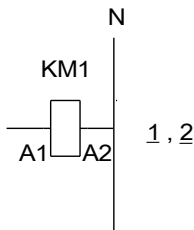
Čísla 1,2,3, na levé straně schématu značí čísla řádek.

Na pravé straně schéma jsou umístěna čísla, která značí řádky, ve kterých má příslušný stykač levá strana



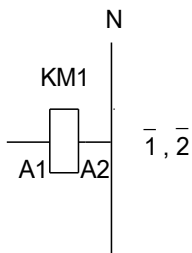
nebo relé své pomocné kontakty.

pravá strana schématu



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

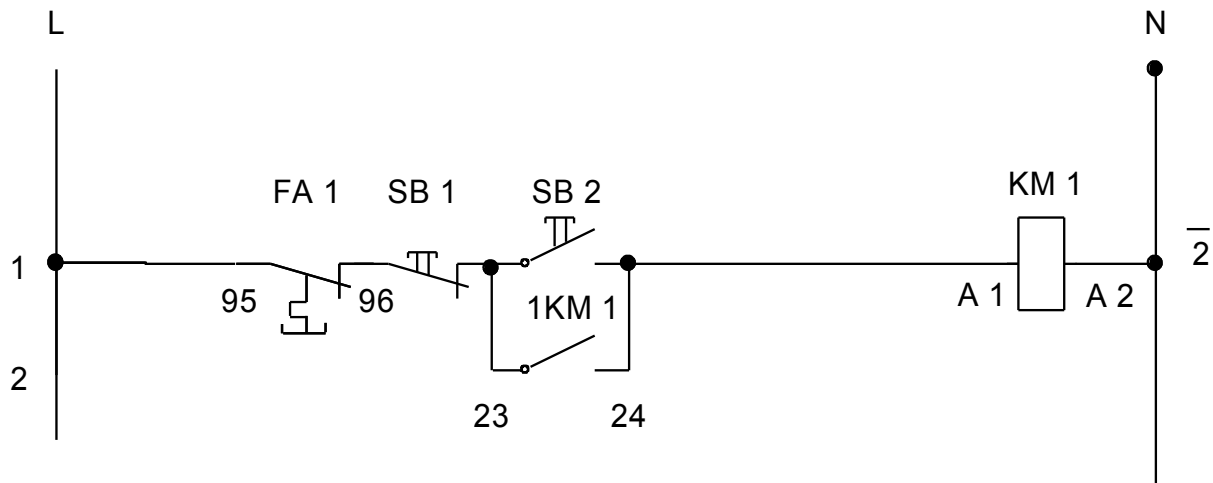
pravá strana schématu



Čárka nad číslem znamená, že v řádce příslušející 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 příslušející danému stykači nebo relé.

Pokud je schéma navržené pro konkrétní přístroje (stykače, relé, jističe, atd.), můžeme do schématu zakreslit i konkrétní čísla kontaktů.



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

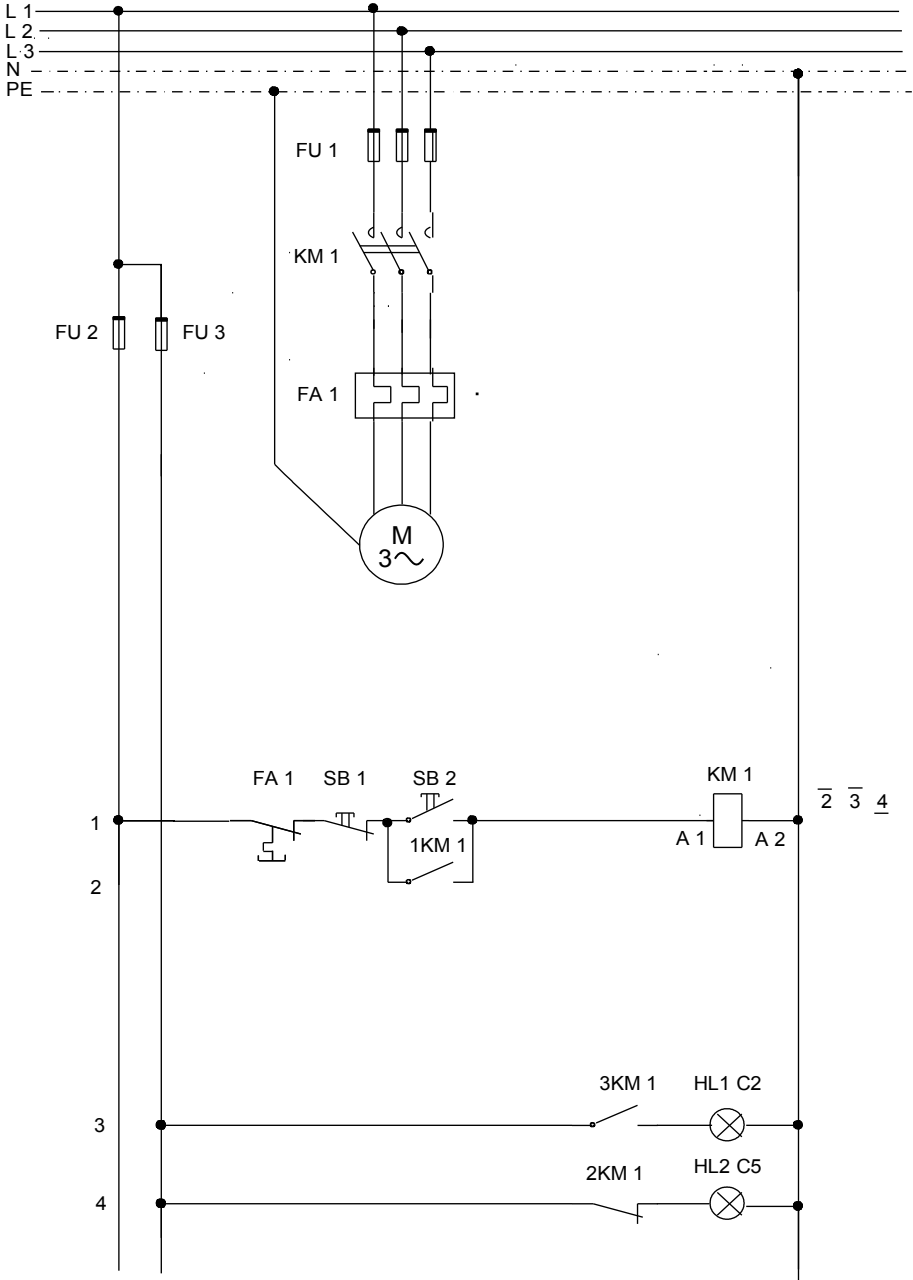
Ovládání třífázového asynchronního motoru pomocí stykačů a jejich kombinací v konkrétních příkladech

V této kapitole se budeme věnovat konkrétním příkladům praktického využití stykačových kombinací ve společném zapojení s třífázovými asynchronními motory.

U všech ovládacích částí je nutné zapojit přívod do ovládací části přes rozpínací kontakt nadprouděho tepelného relé. Tím zajistíme odpojení zařízení od sítě v případě jeho přetížení, nebo jiné závady. Tento kontakt je zapojen do série s tlačítkem SB1 (STOP).

6. 2. 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.

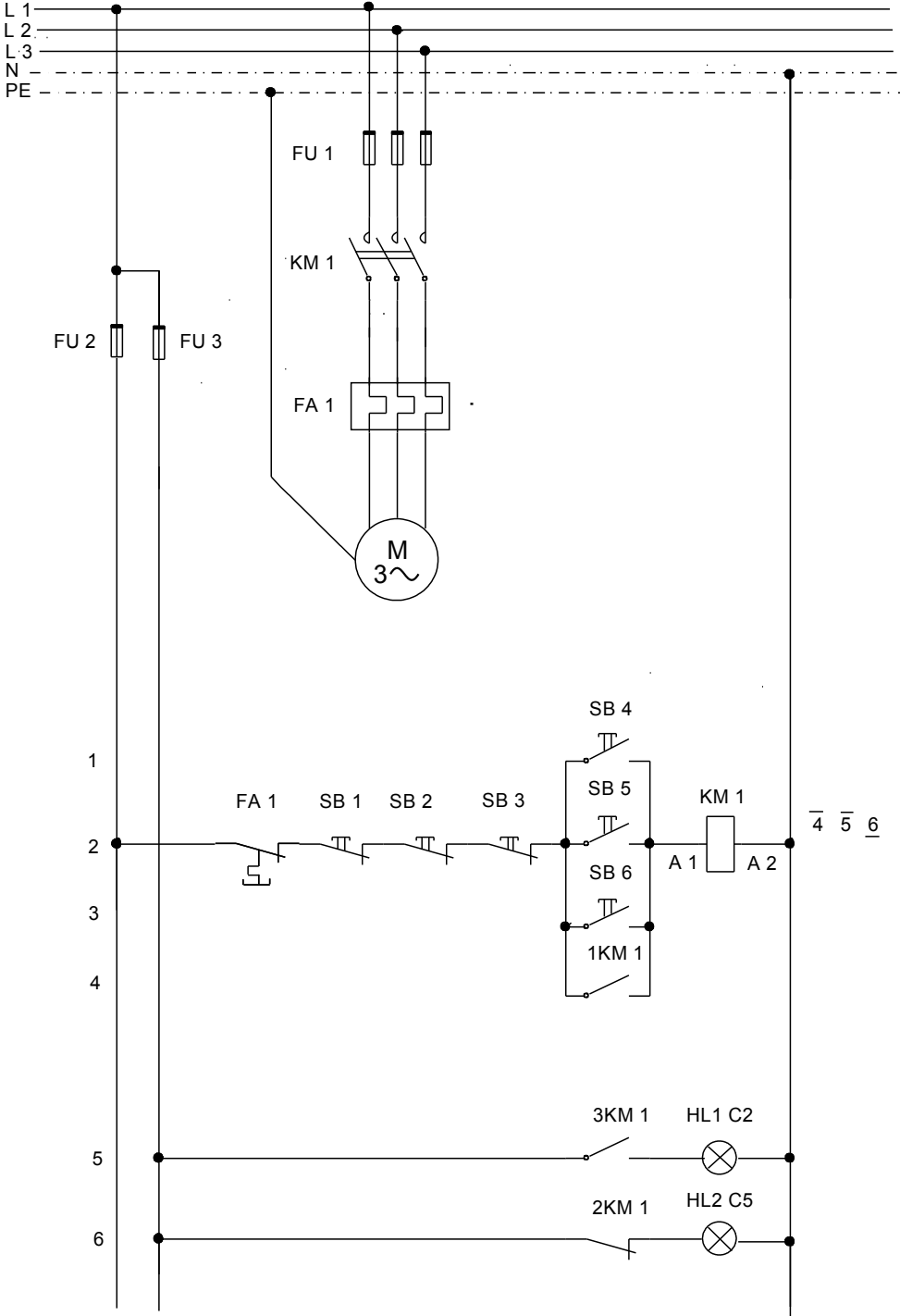
V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

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 :

6. 3. 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.

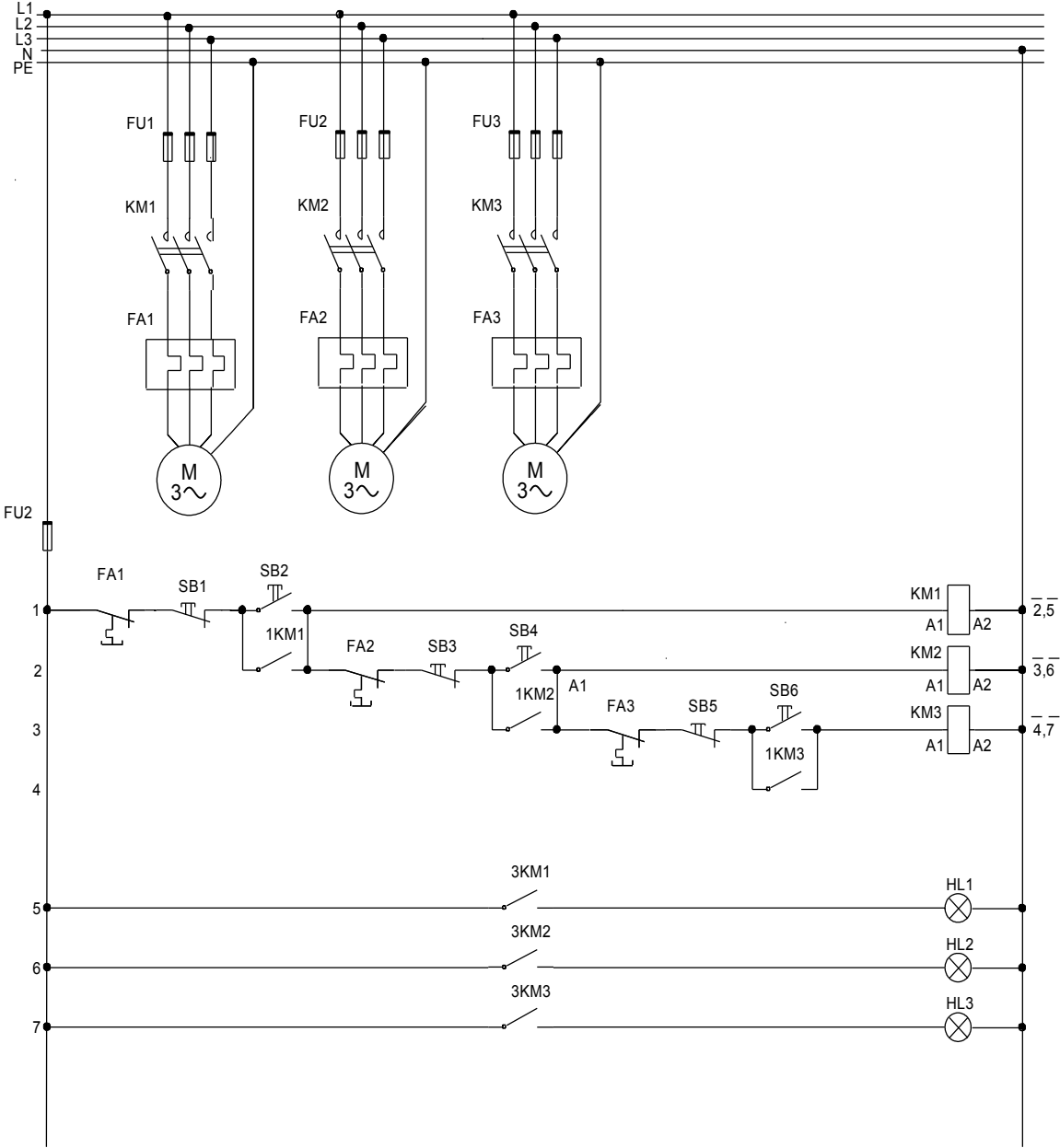
V tom okamžiku spíná v klidu sepnutý (rozpínací) kontakt 2KM1. Tento kontakt přivede napětí na signálku HL2, která signalizuje klidový stav motoru.

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

Poznámky :

6. 4. 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 ovládání 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.

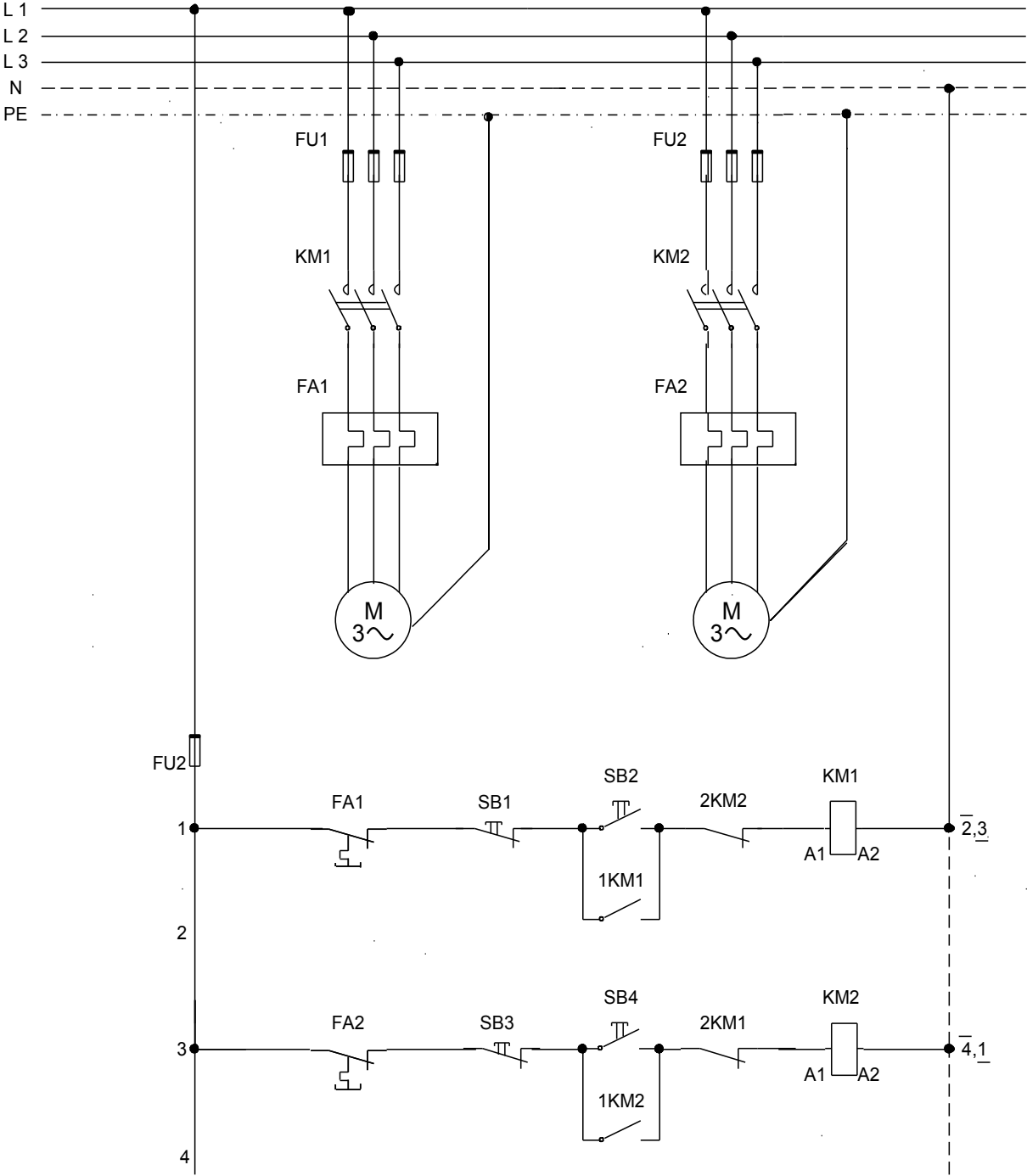
Signalizaci zapnutého stavu obvodů jednotlivých motorů zajišťují spínací kontakty příslušných stykačů.

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 :

6. 5. 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, rozezne 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.

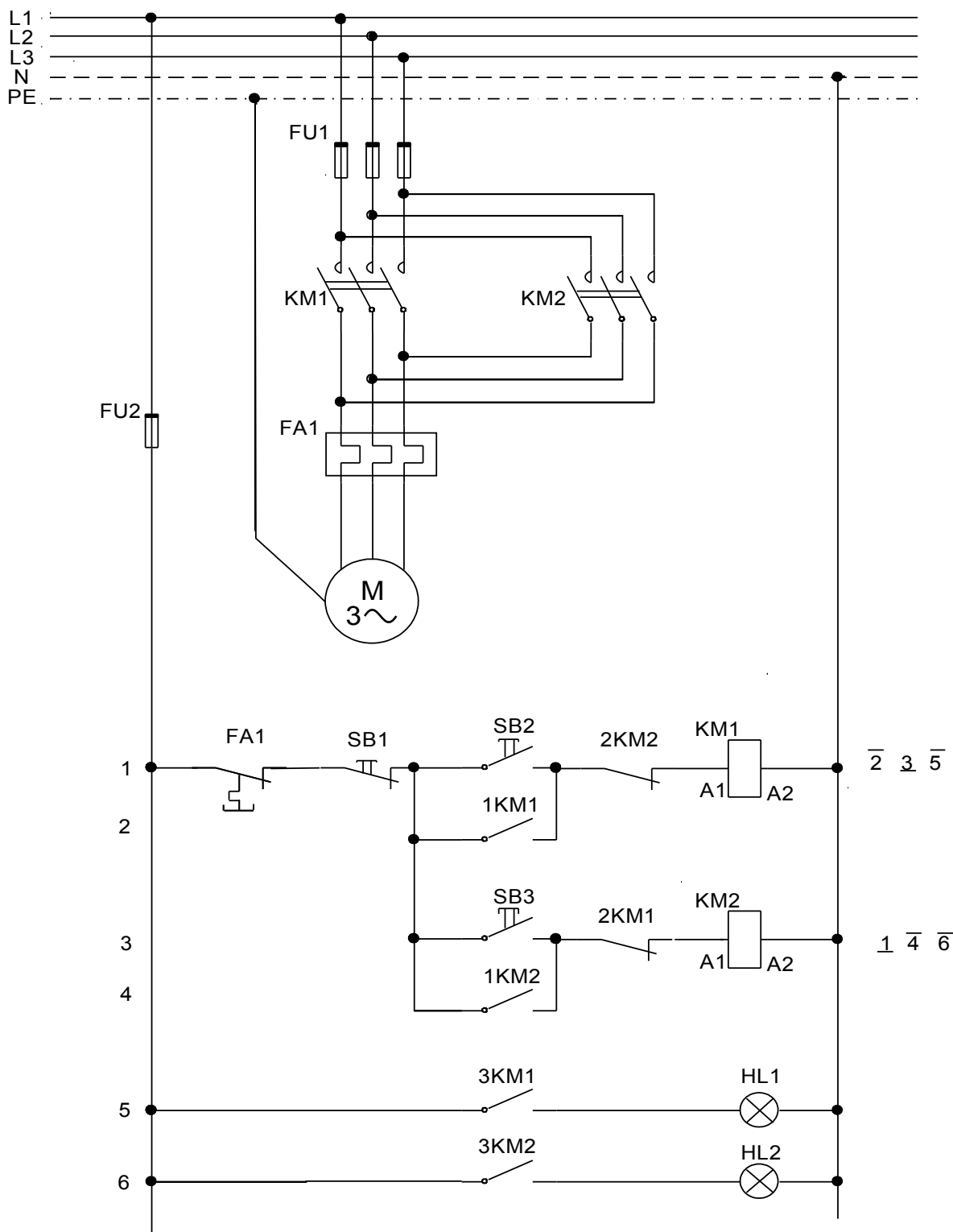
Rozpínací kontakty 2KM1 a 2KM2 plní v tomto obvodu funkci elektrického blokování a zabraňují zapnutí obou stykačů. Z toho důvodu se těmto kontaktům říká **blokovací**.

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

Poznámky :

6. 6. 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 zabráňují nechtěnému zapnutí obou stykačů. Sepnutí obou stykačů naráz by mělo za následek mezifázový zkrat. Z toho důvodu se těmto kontaktům říká **blokovací**.

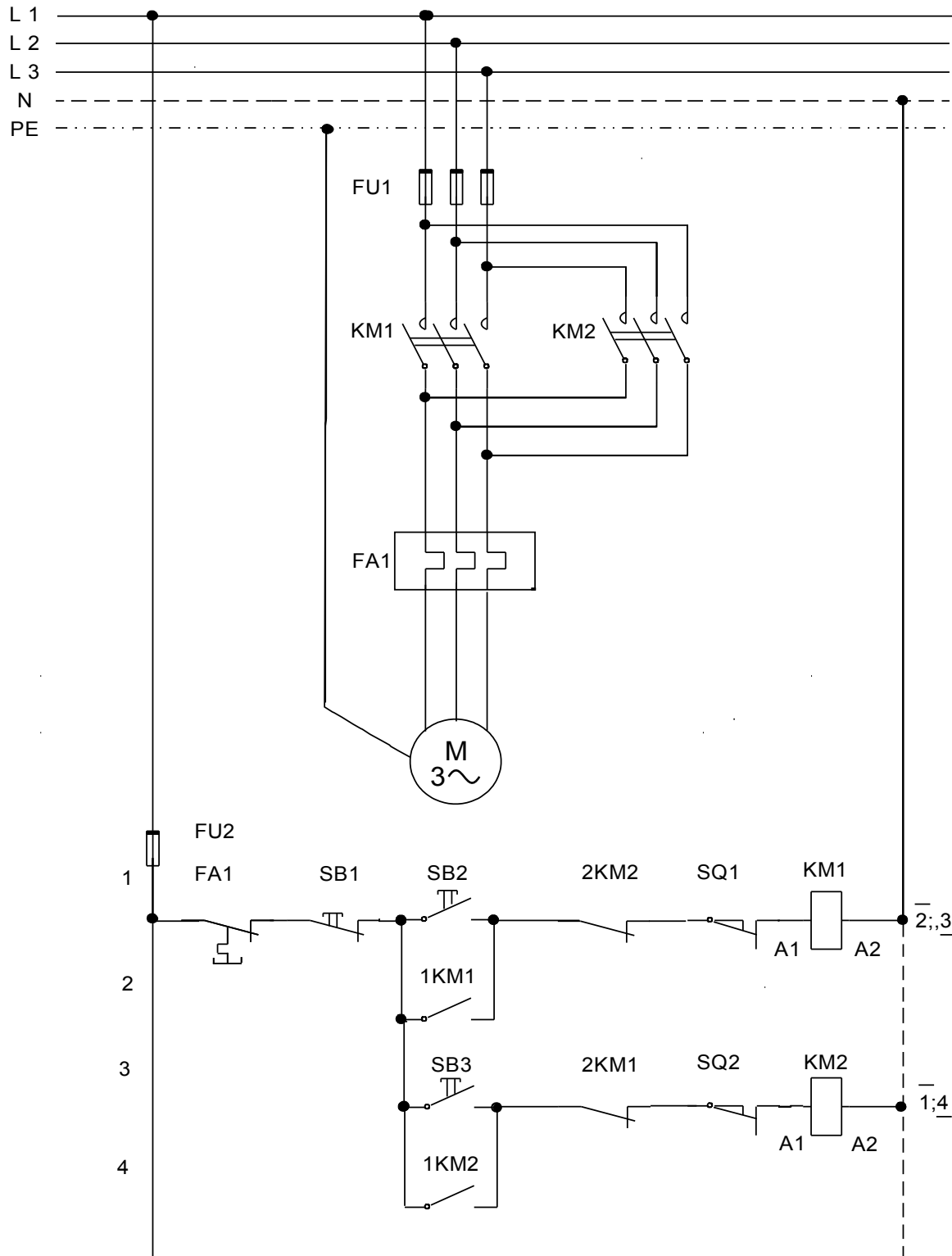
Spínací kontakty 1KM1 a 1KM2 jsou připojeny paralelně ke spínacím tlačítkům a s jejich pomocí drží příslušný stykač sepnutý i po uvolnění příslušného spínacího tlačítka, které bychom jinak museli držet po celou dobu běhu stroje. Proto se těmto kontaktům říká **samodržné**.

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 a nebo k poškození stroje.

Poznámky :

6. 7. 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.

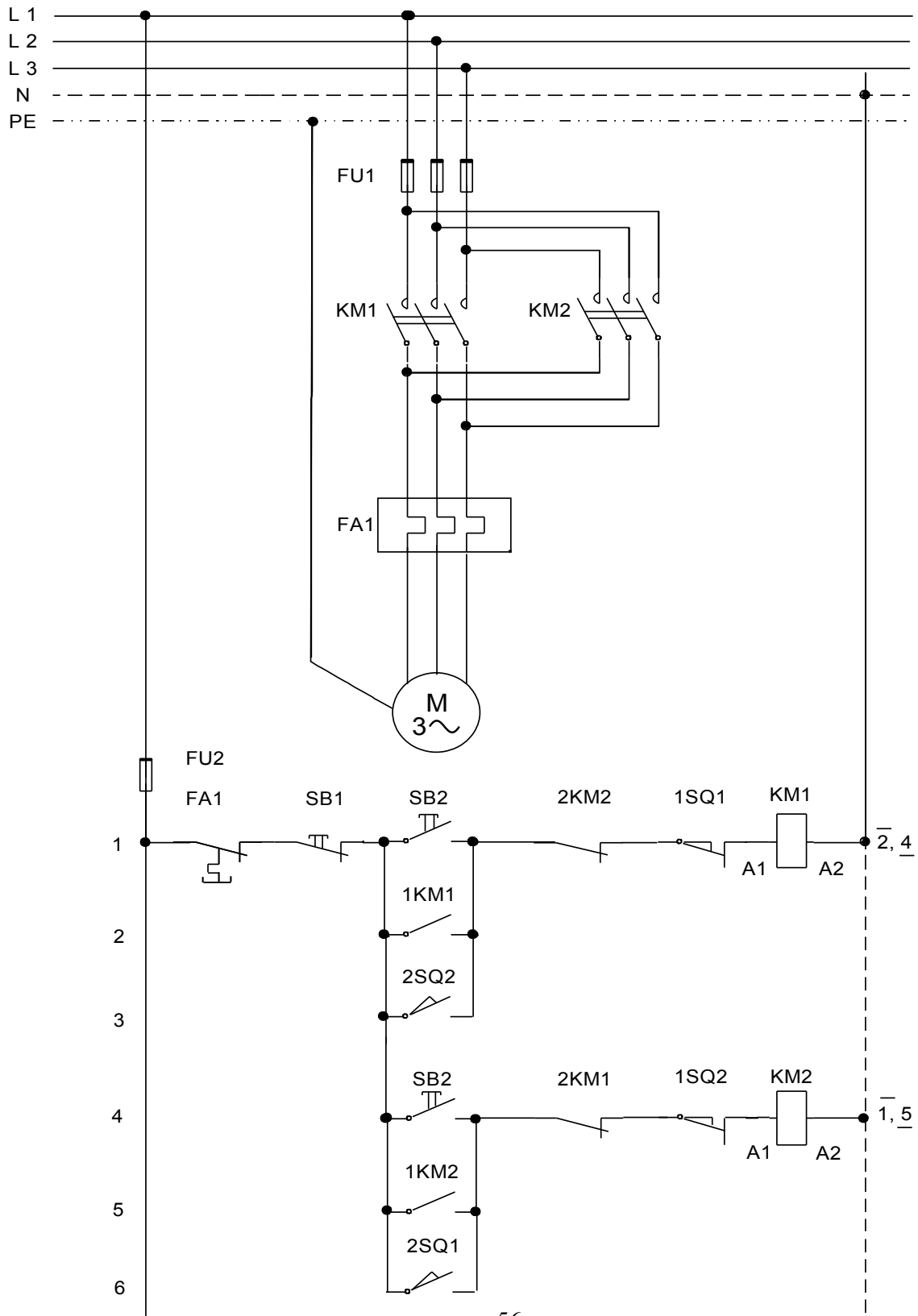
Chceme-li roztočit motor obráceně, stiskneme tlačítko SB3. Tím přivedeme přes rozpínací (blokovací) kontakt 2KM1 a rozpínací kontakt koncového spínače SQ2 napětí na cívku stykače KM2. Na silových kontaktech tohoto stykače jsou zapojeny přívodní fáze pro motor v jiném sledu a motor se roztočí obráceně 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 schéma je možné zařadit kontakty a signálky pro kontrolu stavu zařízení.

Poznámky :

6. 8. 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 rozezne 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 rozezne kontakt 1SQ2. Tím se rozezne 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.

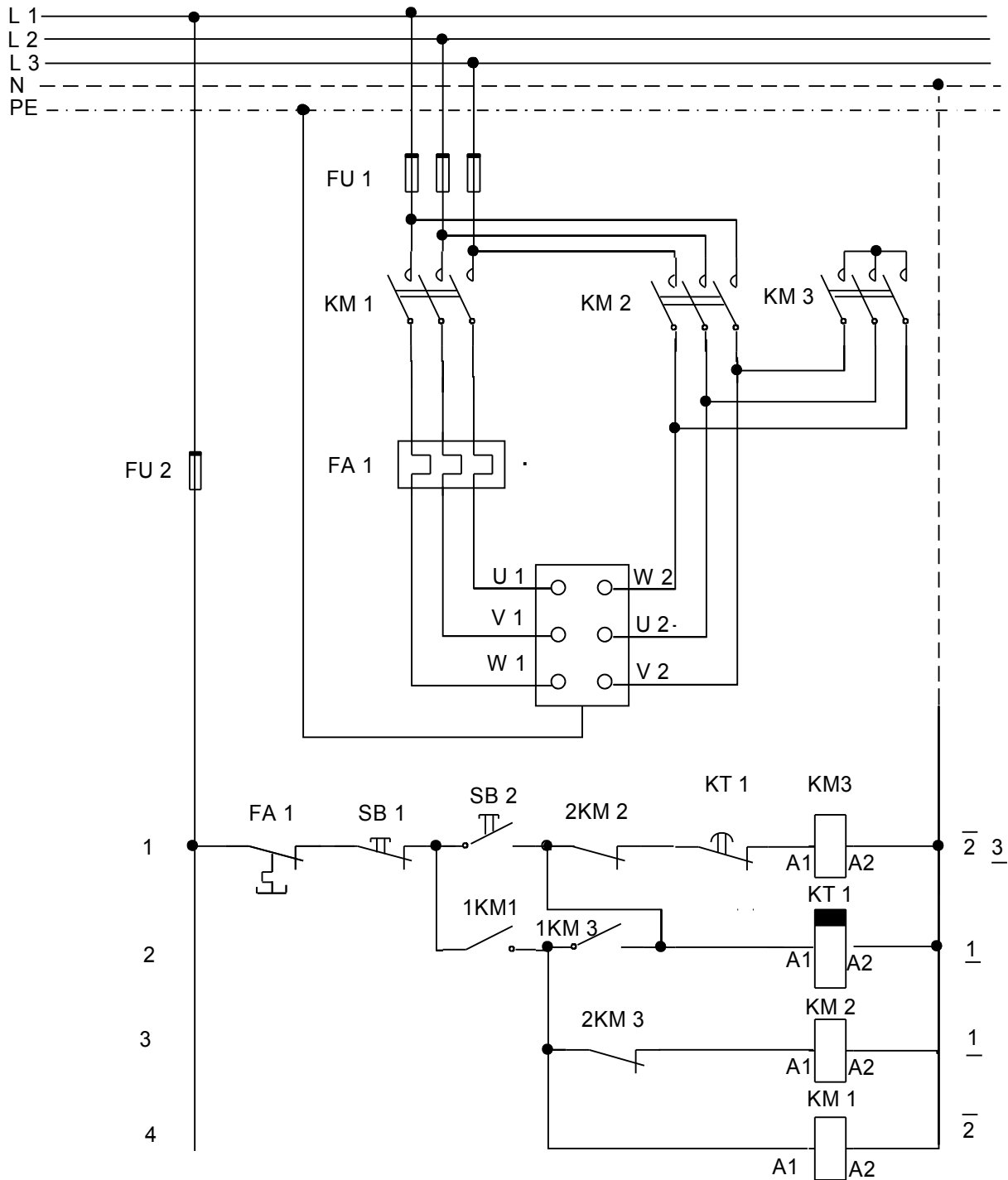
Tyto cykly se opakují, dokud nestiskneme tlačítko SB1 (STOP), které přeruší napájení ovládací části a zařízení vypne.

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 :

6. 9. 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.

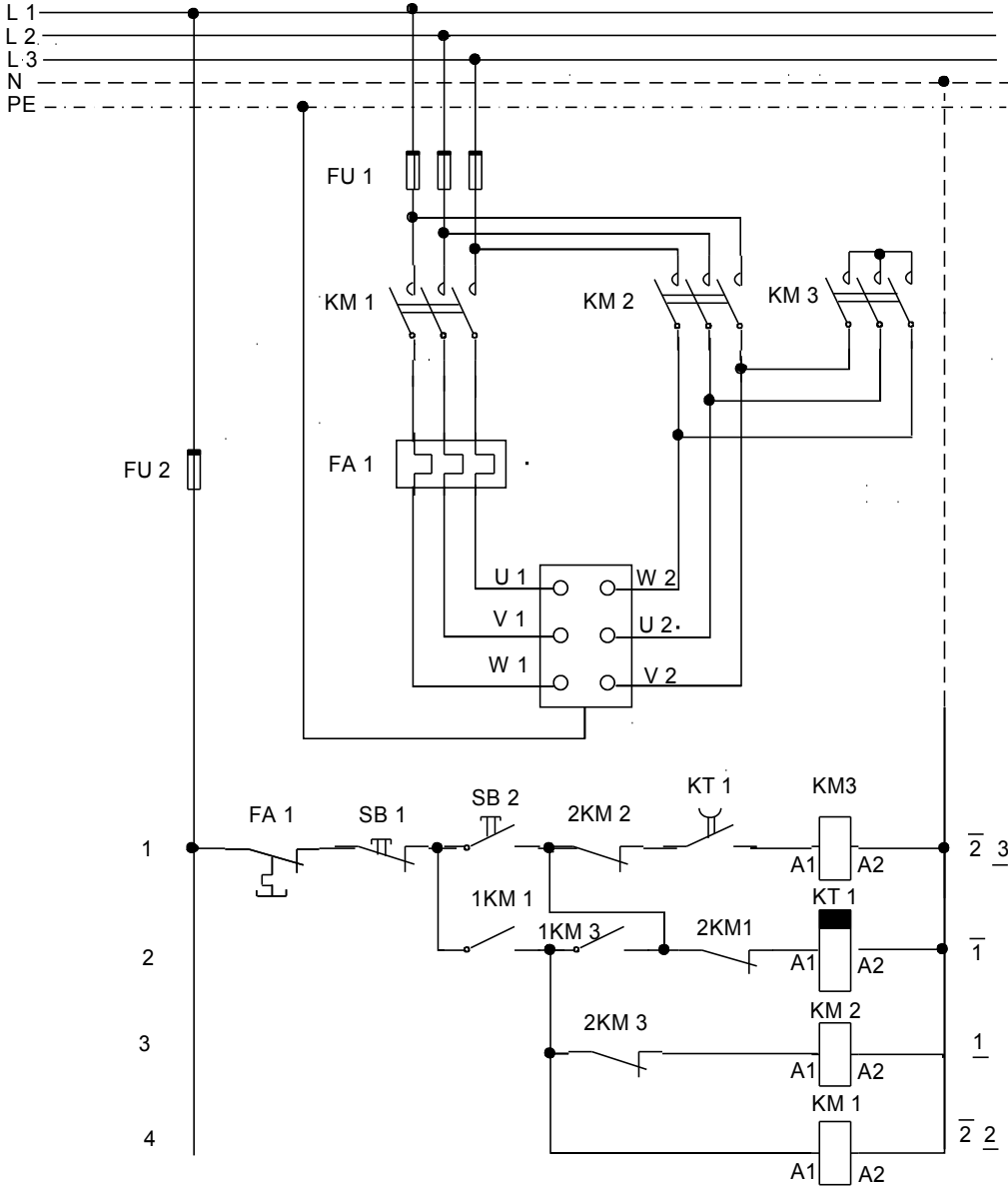
Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

Poznámky :

6. 10. 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 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.

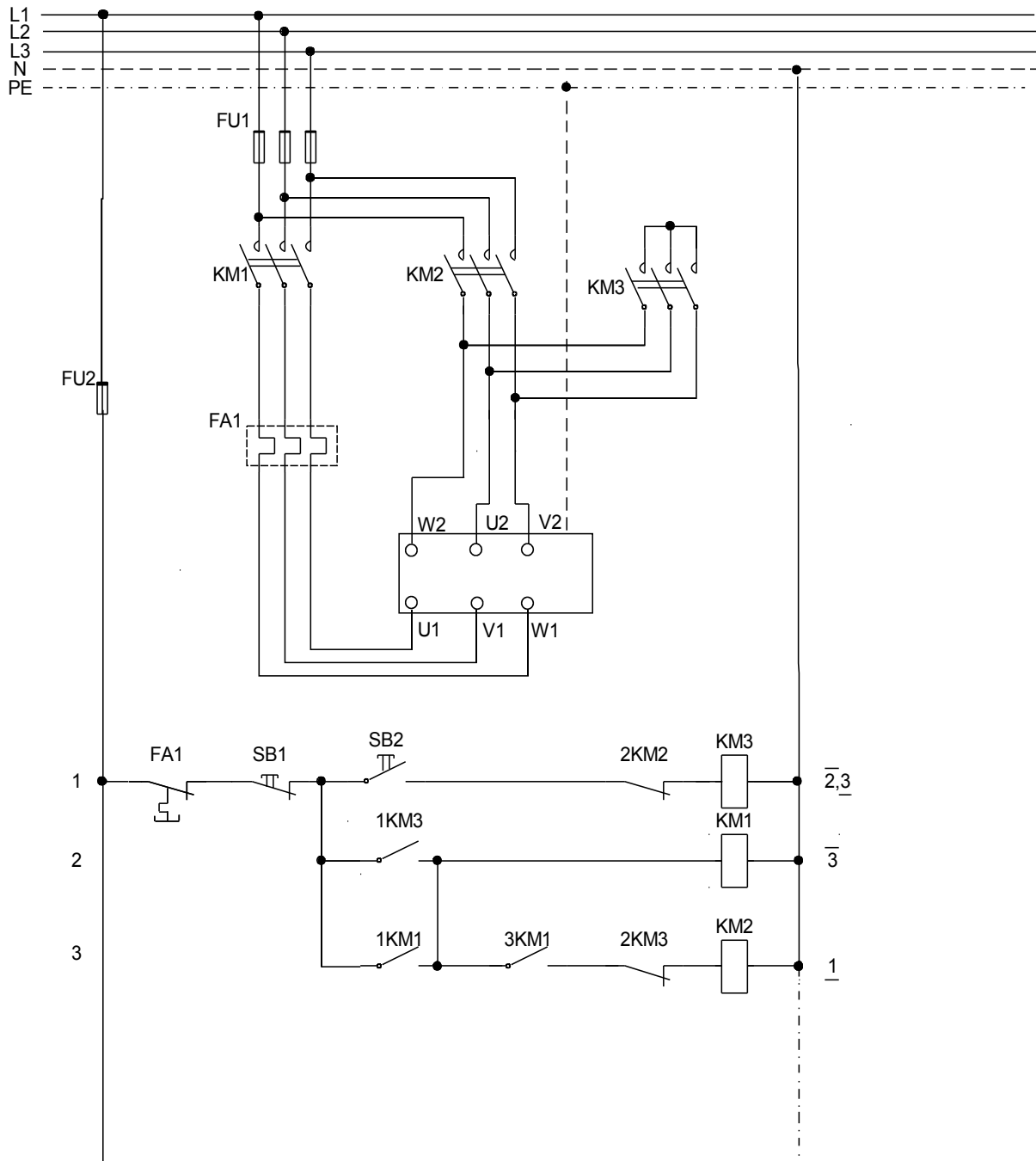
Zařízení vypneme tlačítkem SB1 (STOP).

Doba rozběhu je určena nastavením časového relé.

Poznámky :

6. 11. Rozběh motoru Y/D pomocí stykačové kombinace s dvojtláčítkem „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 1KM2, který slouží jako blokování nechtěného opakovaného sepnutí do hvězdy a silovými kontakty spojí vinutí motoru do trojúhelníka. Motor běží na plný výkon.

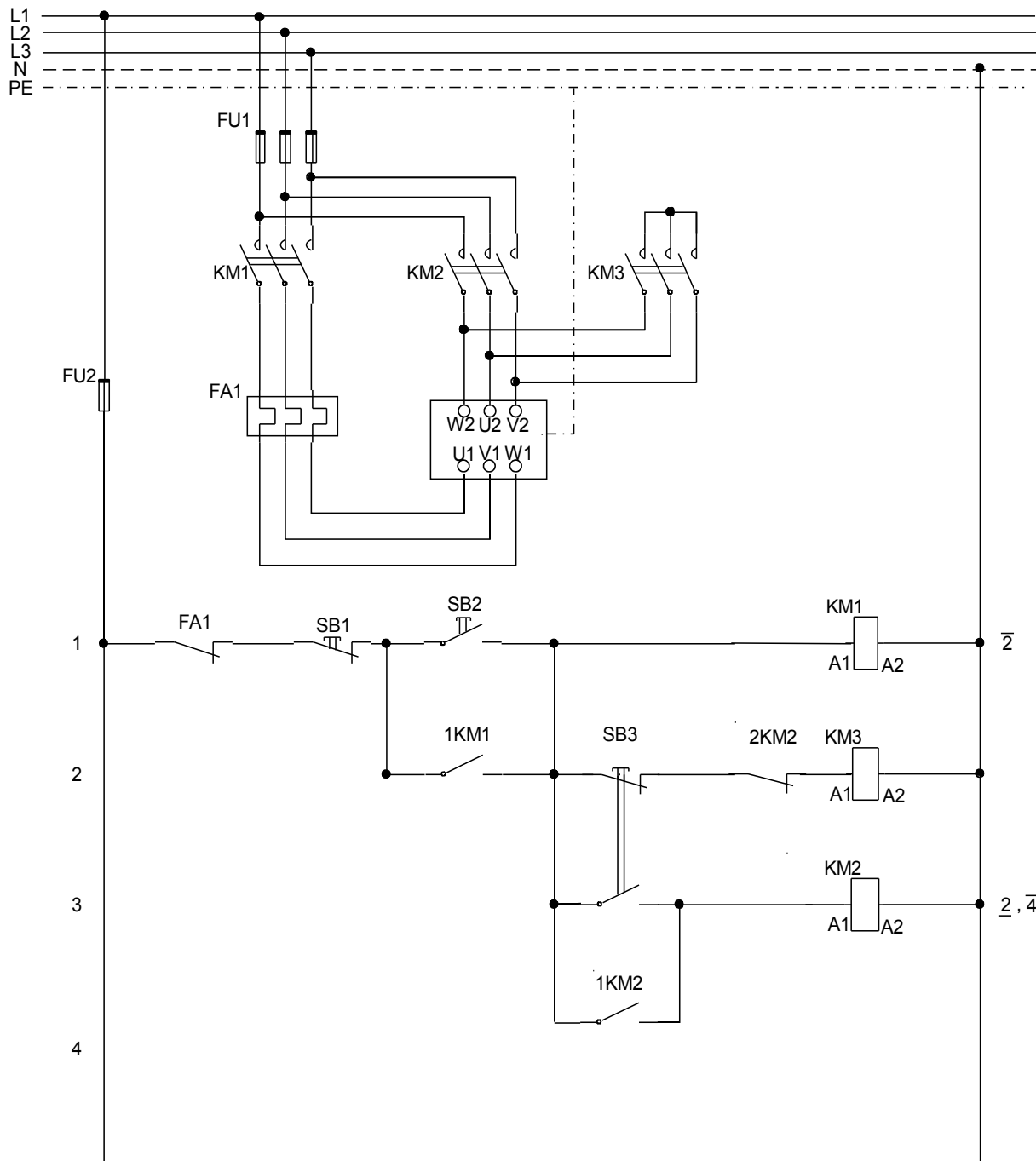
Motor vypneme stisknutím tlačítka SB1, které odpojí ovládací část od napětí.

V tomto případě určuje dobu rozběhu obsluha.

Poznámky:

6. 12. 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:

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

Schéma zapojení silové části :

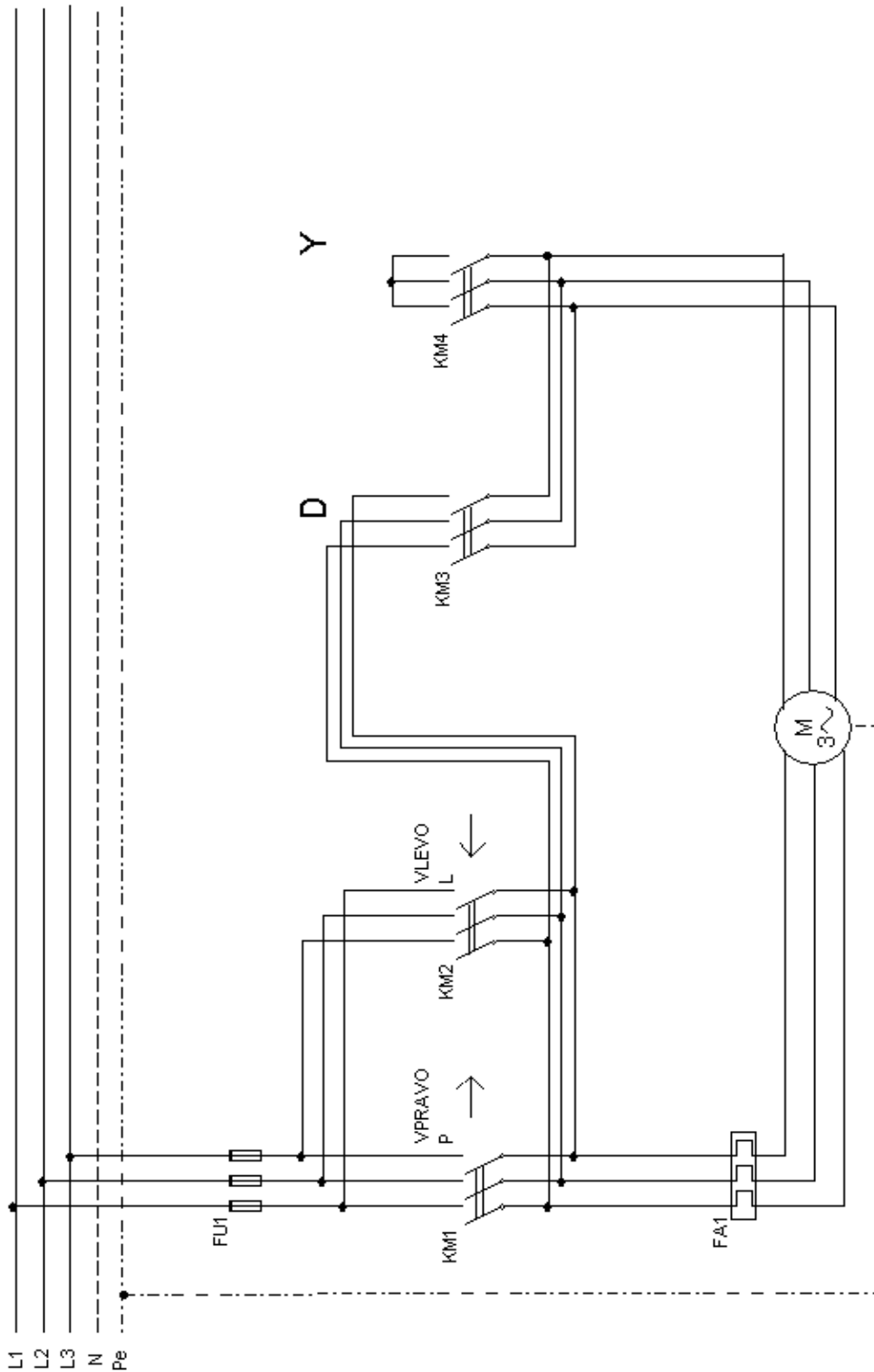
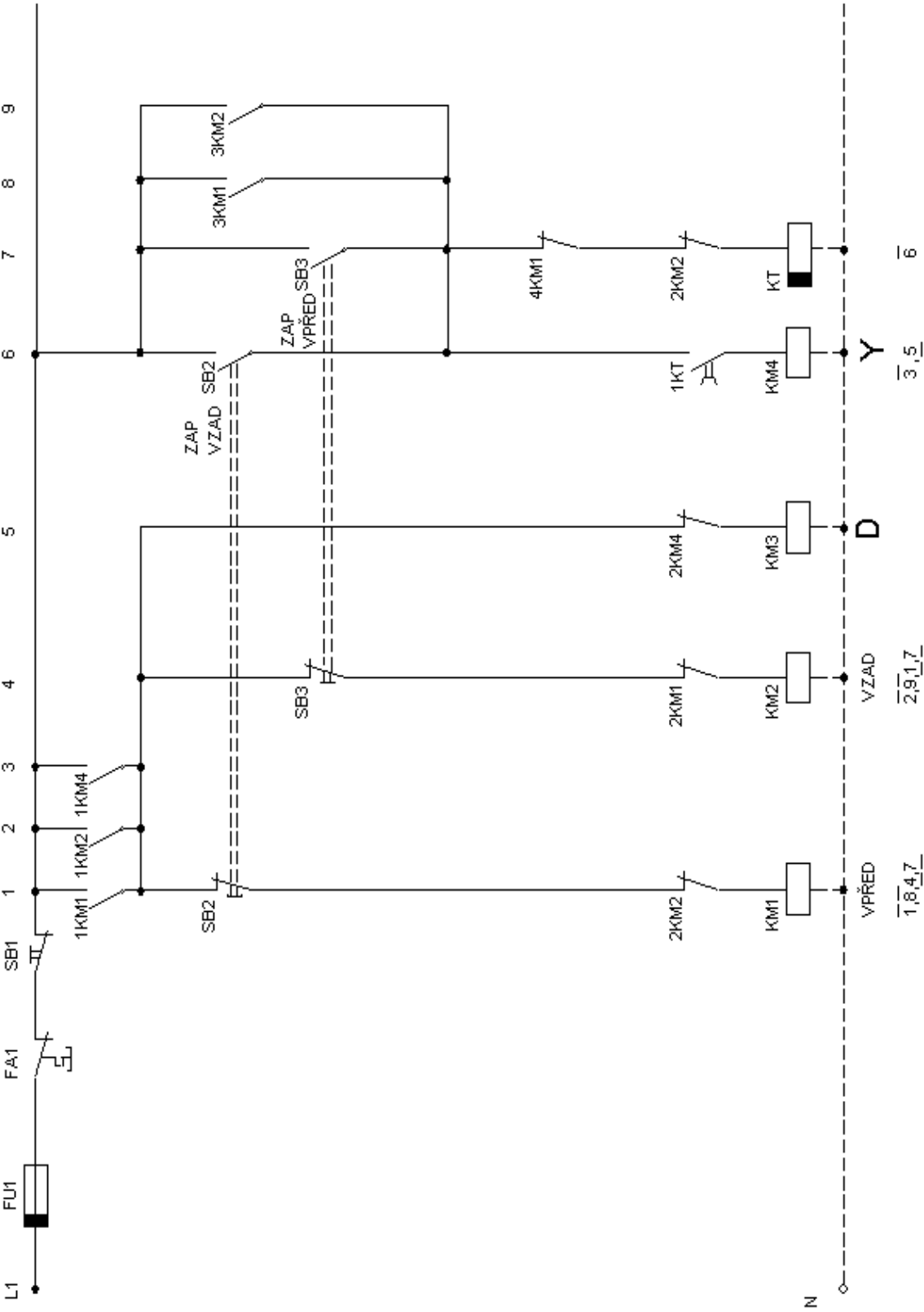


Schéma zapojení ovládací části :



Popis funkce :

Stisknutím tlačítka SB2 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.

Poznámky:

6. 14. Rozběh motoru Y/D v obou směrech otáčení (pomocí ALNICA)

Schéma zapojení silové části :

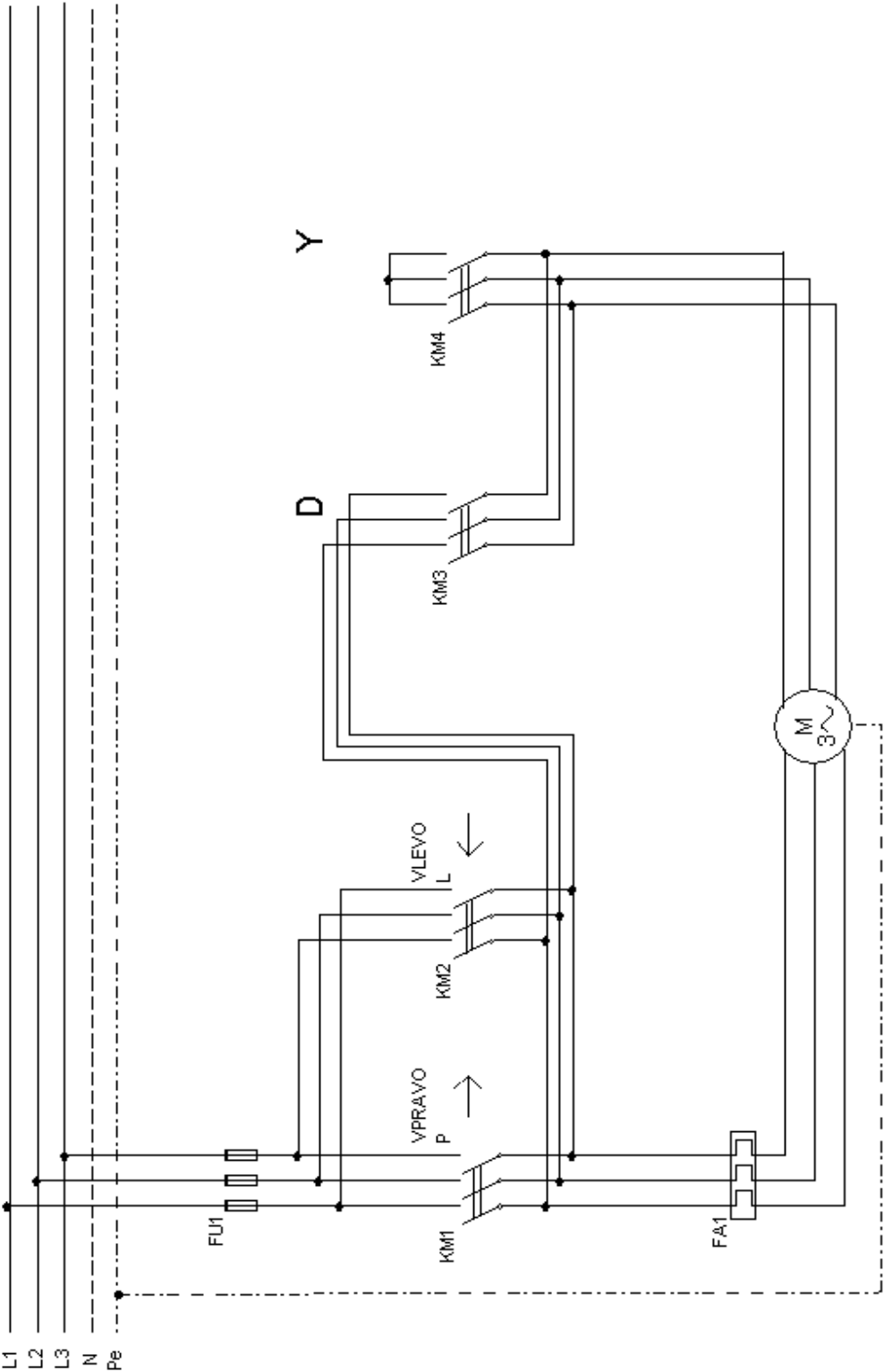
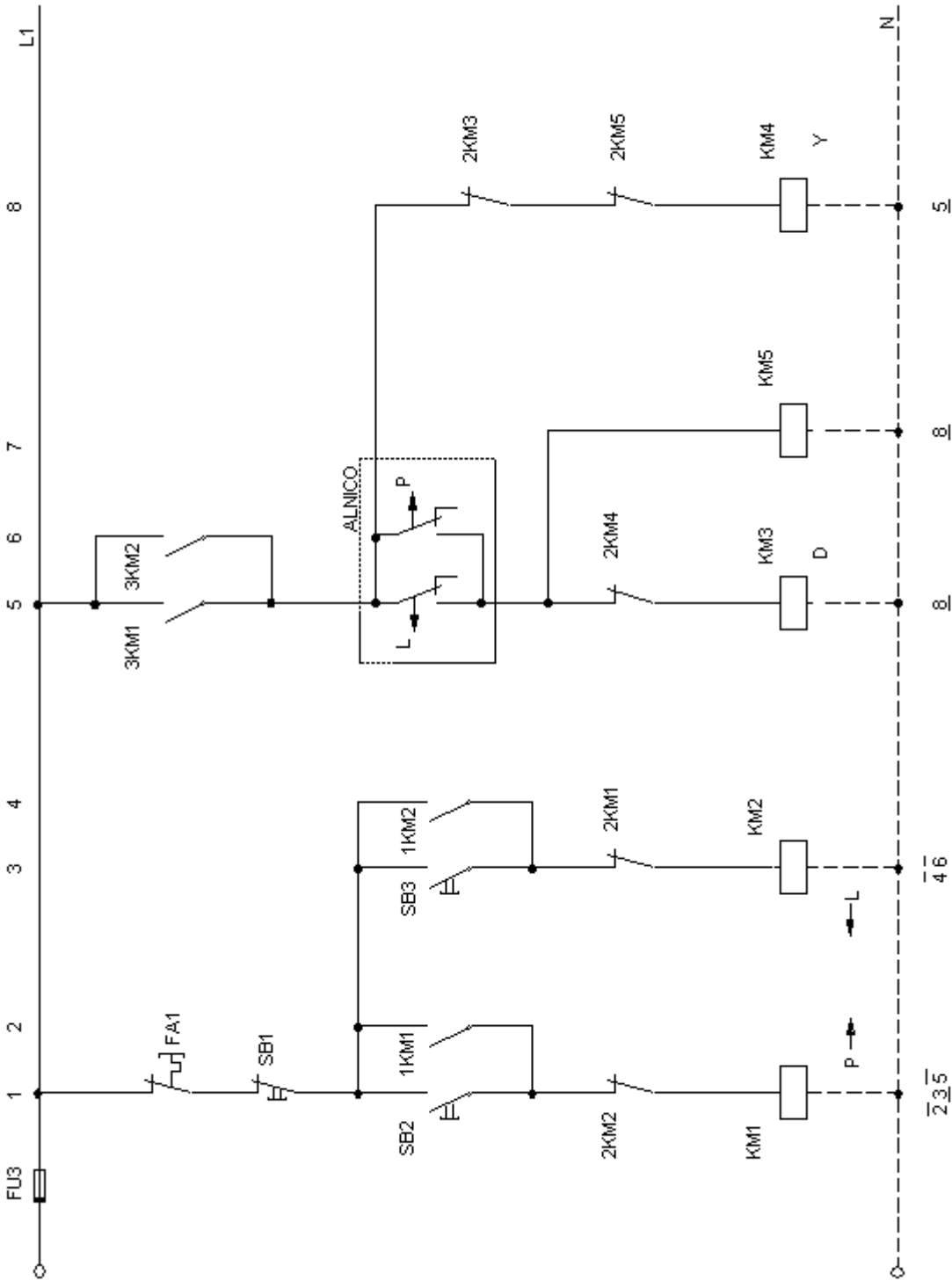


Schéma zapojení ovládací části :



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 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).

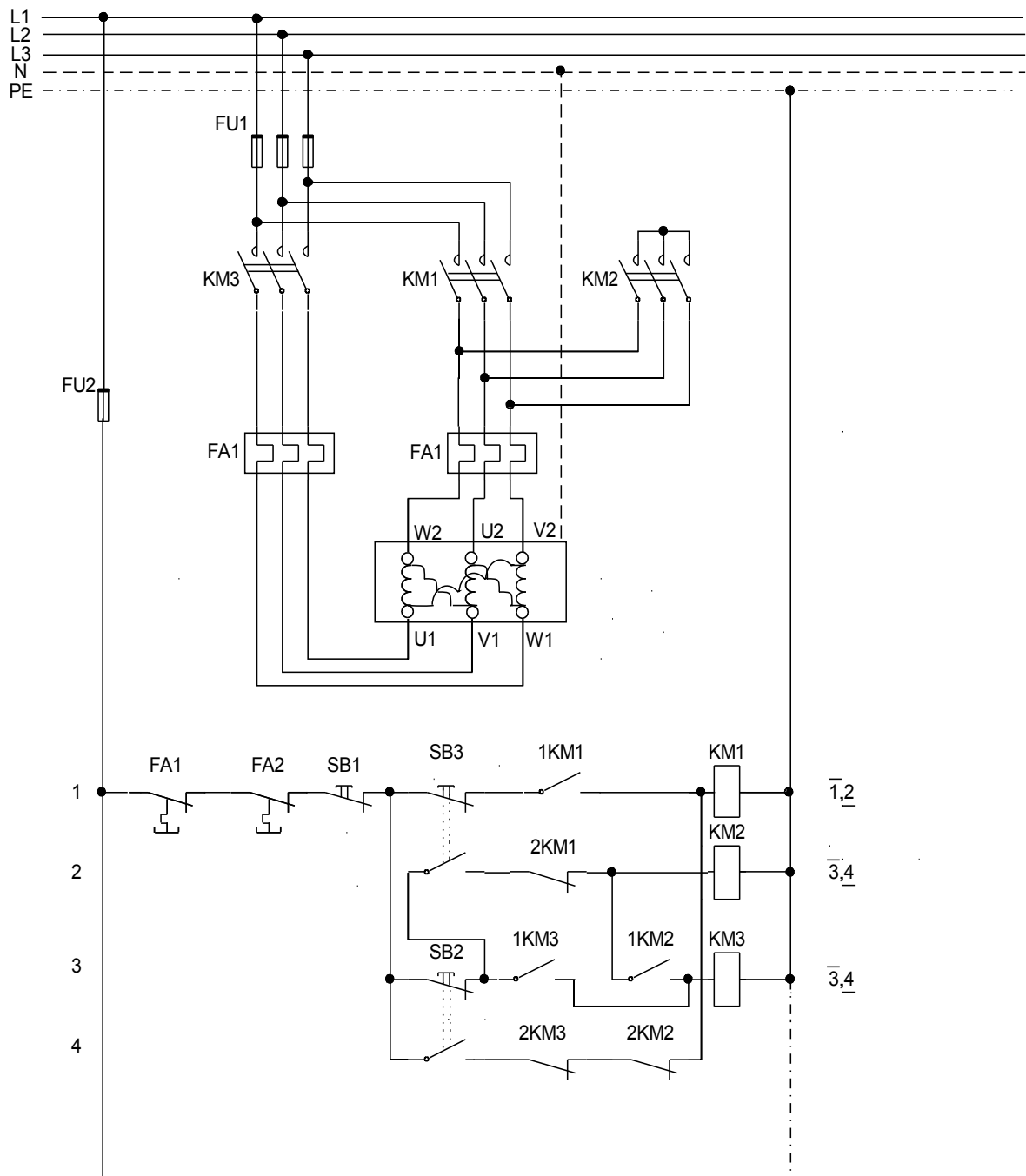
Pokud stiskneme tlačítko SB3, bude celé zařízení pracovat shodně, pouze místo KM1 sepne stykač KM2 a k němu příslušející kontakty a tím bude na svorky motoru přivedeno síťové napětí s jiným sledem fází a motor se bude točit obráceným směrem.

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.

Poznámky:

6. 15. 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.

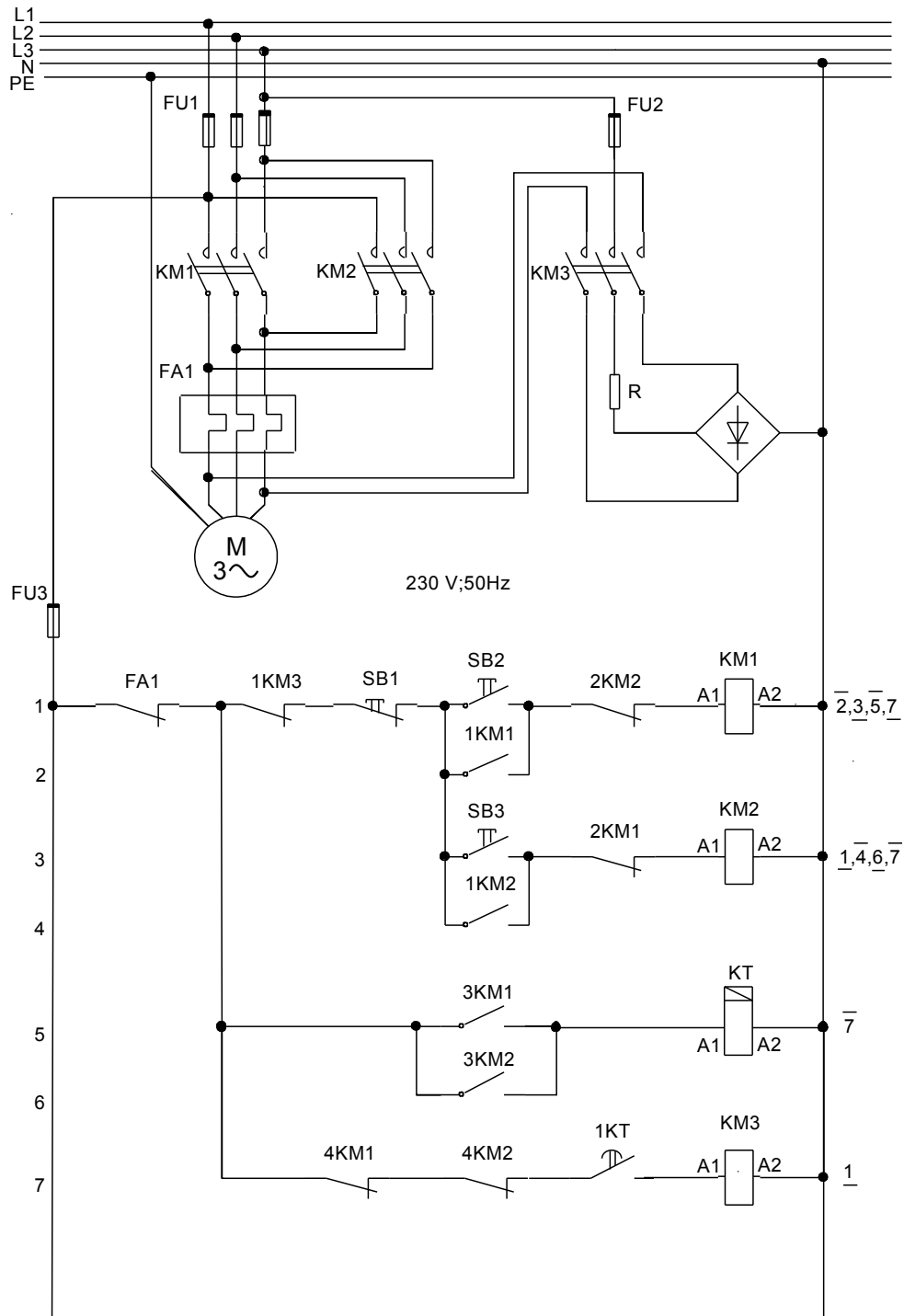
Celé zařízení vypneme stisknutím tlačítka SB1 (STOP).

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

Poznámky:

6. 16. 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 blokováno 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.

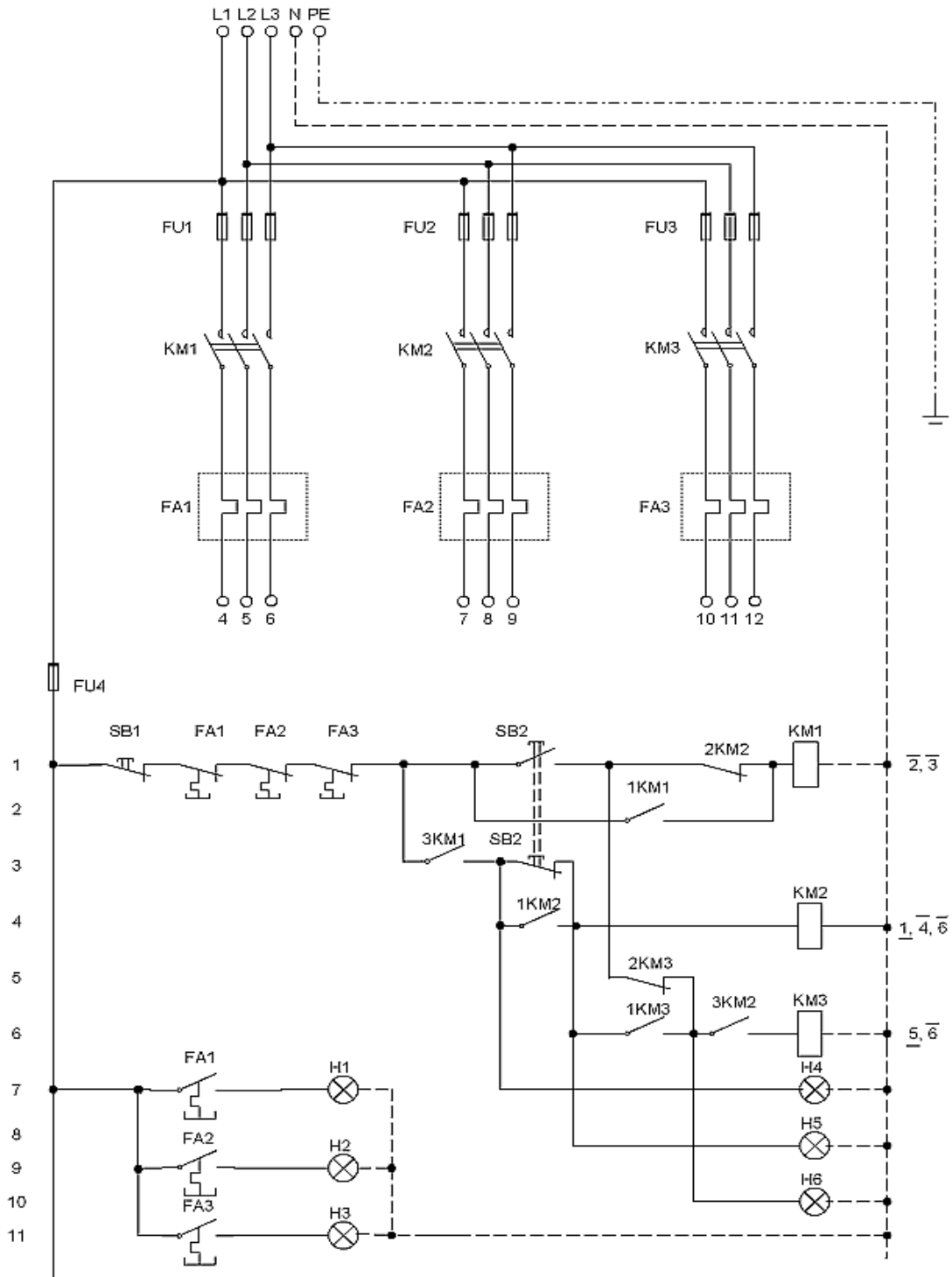
Po uplynutí nastaveného času relé KT odpadne, jeho kontakt 1KT přeruší obvod cívky stykače KM3 a ten odpojí usměrňovač od svorek motoru.

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

Poznámky :

6. 17. Postupné spínání tří motorů pomocí stykačové kombinace s jedním dvojtlačítkem

Schéma zapojení :



Popis funkce :

U tohoto zapojení jsou v klidu sepnuté kontakty tepelných relé FA1, FA2 a FA3 zapojeny do série za sebou, tudíž při poruše na kterémkoli motoru dojde k vypnutí celého zařízení a jejich spínací kontakty jsou použity k signalizaci poruchového stavu jednotlivých motorů.

Tlačítko SB1 je použito jako CENTRAL STOP (vypíná všechny motory najednou).

Stisknutím tlačítka SB2 dojde k sepnutí spínací části tohoto tlačítka a tím se uzavře obvod stykače KM1. Tento stykač přitáhne. Sepne jeho pomocný spínací kontakt 1KM1, který slouží jako samodržný. Jeho další pomocný spínací kontakt 3KM1 přivede napětí na rozpínací část tlačítka SB2, na pomocný spínací kontakt stykače KM2 a na signálku H4, která signalizuje zapnutý stav prvního motoru. Silové kontakty přivedou napětí na motor M1. Uvolněním tlačítka SB2 sepne jeho rozpínací kontakt. Ten uzavře obvod cívky stykače KM2, přivede napětí na pomocný spínací kontakt stykače KM3 a signálku H5, která signalizuje zapnutý stav druhého motoru. Stykač KM2 sepne, jeho silové kontakty přivedou napětí na motor M2, jeho pomocný kontakt 1KM2, který slouží jako samodržný, sepne. Rozpínací kontakt 2KM2 přeruší propojku mezi spínacím tlačítkem SB2 a cívkou stykače KM1, který drží v zapnutém stavu pomocí samodržného kontaktu 1KM1. Pomocný spínací kontakt 3KM2 sepne. Při opakovaném stisknutí tlačítka SB2 dojde k uzavření obvodu cívky stykače KM3, přes rozpínací kontakt 2KM3 a spínací pomocný kontakt 3KM2. Stykač KM3 sepne. Sepne jeho pomocný spínací kontakt 1KM3, který slouží jako samodržný, následně rozepne kontakt 2KM3 a stykač KM3 je držen v zapnutém stavu samodržným kontaktem 1KM3. Silové kontakty stykače KM3 přivedou napětí na svorky motoru M3. Kontrolka H6 signalizuje zapnutý stav třetího motoru.

Stisknutím tlačítka SB1 (CENTRAL STOP) celé zařízení vypneme.

Signálky H1, H2 a H3 slouží k signalizaci poruchového stavu jednotlivých motorů.

Poznámky :

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 MΩ

- do 500 V musí být izolační odpor minimálně 0,5 MΩ

Pro elektrické spotřebiče držené v ruce a pro elektrické ruční nářadí je předepsaný minimální izolační odpor 2 MΩ.

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

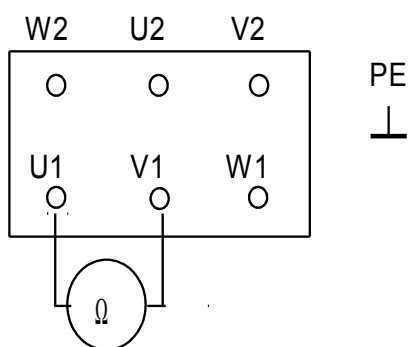
Pro měření izolačního stavu elektrických zařízení musíme použít měřicí přístroj, který pro toto měření používá dostatečné napětí. Nemůžeme tedy použít běžný multimetr, ale například MEGMET nebo PU 311 a další měřicí přístroje určené pro měření izolačního stavu.

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

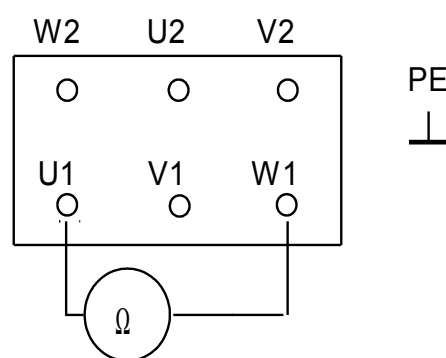
Samotné měření provedeme přiložením hrotů měřícího přístroje mezi svorky :

- | | | |
|------------|---|------------|
| 1: U1 – V1 | a | 4: U1 - PE |
| 2: U1 – W1 | | 5: V1 - PE |
| 3: V1 – W1 | | 6: W1 - PE |

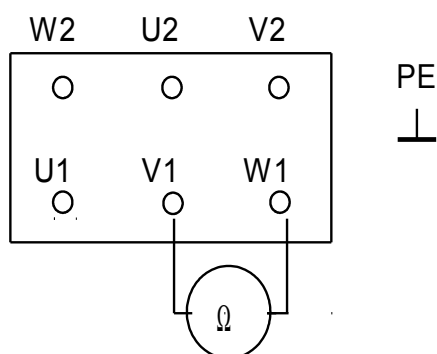
1:



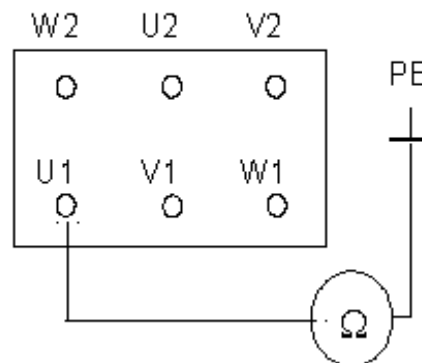
2:



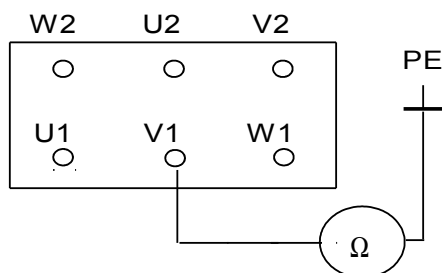
3:



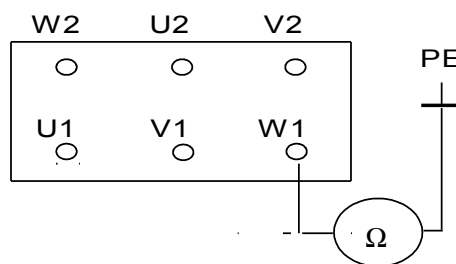
4:



5:



6:



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 5Ω , 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.

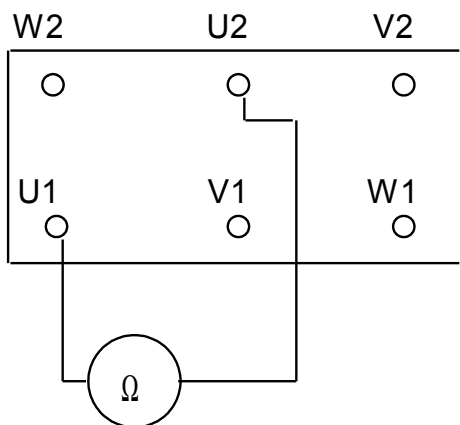
Pro měření odporu vinutí použijeme ohmmetr s dostatečnou citlivostí. K tomuto měření můžeme použít běžný multimetr. **POZOR** : pokud použitý měřicí přístroj nemá automatické nastavení měřicího rozsahu, je nutno nastavit vhodný měřicí rozsah.

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

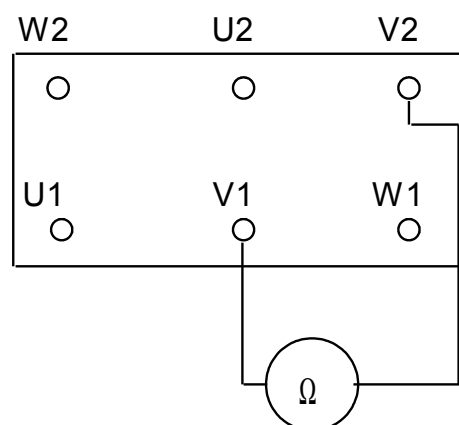
Samotné měření provedeme přiložením hrotů měřícího přístroje mezi svorky:

- 1 : U1 - U2
- 2 : V1 - V2
- 3 : W1 - W2

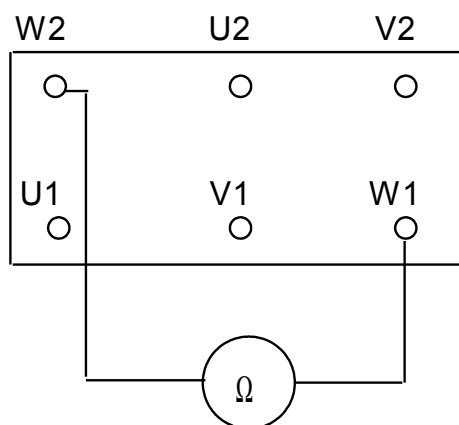
1:



2:



3:



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

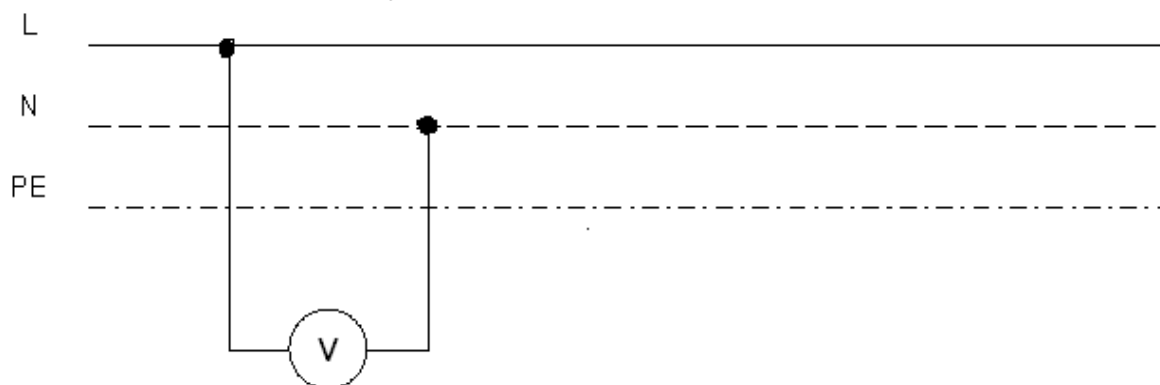
7. 3. Měření napětí na elektrickém zařízení

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 měřicího rozsahu, je nutno nastavit vhodný měřicí rozsah.

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



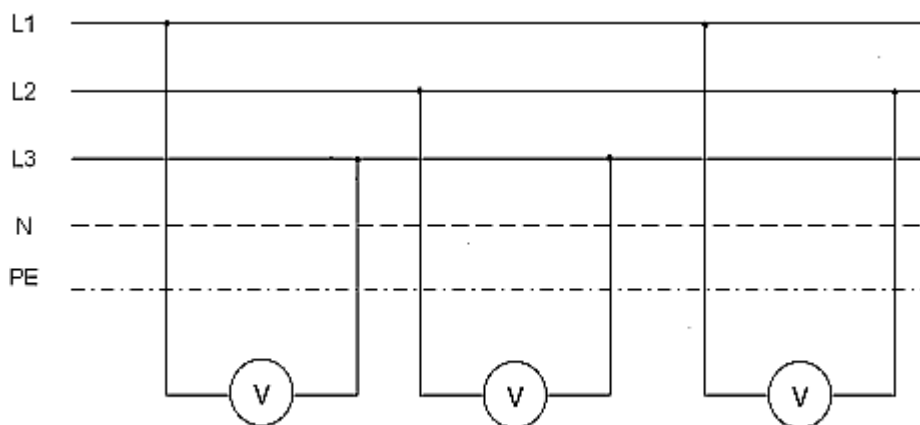
Pokud měříme napětí v třífázovém obvodu, je možné provést měření dvěma způsoby.

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.

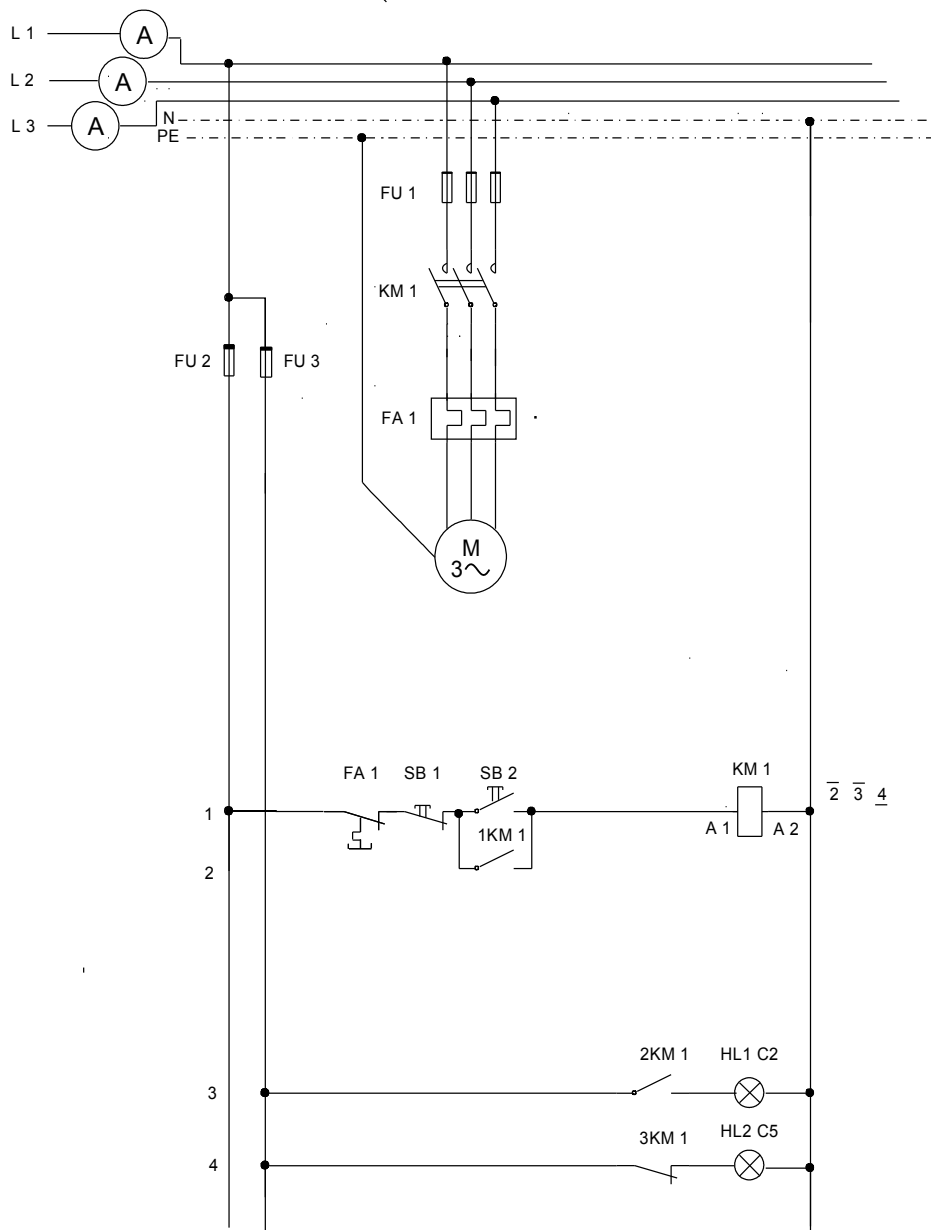
Při měření na motorech je nutno dávat pozor na napětí, které se může na svorky vracet přes cívky motoru. Na svorce je napětí, ale jeho hodnota je nižší.

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

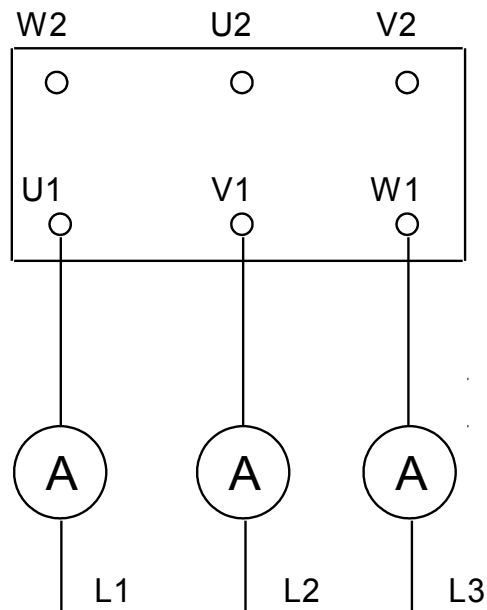
7.4. Měření proudu protékajícího zařízením a motorem

Pro ověření správné funkce zapojení a správné funkce motoru je potřeba změřit proud, který obvodem a motorem protéká a porovnat naměřené hodnoty s hodnotami získanými výpočtem. V případě, že by naměřené hodnoty byly vyšší, předřazené jistící prvky by nefungovaly (jistice, pojistky nebo tepelná relé by padaly).

Pokud měříme proud protékající zařízením, provádíme toto měření na přívodních fázích do zařízení. Tímto měřením zjistíme, jaký proud protéká jednotlivými fázemi měřeného obvodu.



Pokud měříme proud protékající motorem, zapojíme ampérmetr postupně na všechny přívody do motoru a tím zjistíme, jaký proud protéká jednotlivými cívkami.



Rozdíl mezi proudem protékajícím zařízením a proudem motoru je vlastní spotřeba zařízení (spotřeba cívek stykačů, časových relé, signalizace) a dalších případných vnitřních spotřebičů.

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

Další možnost (v běžném provozu praktičtější) je použití klešťového ampérmetru. Tento ampérmetr se nezapojuje přímo do obvodu, ale kleštiny tohoto přístroje pouze nasadíme okolo každého jednotlivého fázového vodiče a na přístroji odečteme proud protékající danou fází.

Pokud tento přístroj použijeme pro měření v jednofázovém obvodu, nasadíme kleštiny jednou na fázový vodič a podruhé na nulový vodič a na přístroji opět odečteme hodnotu proudu.

Při měření klešťovým ampérmetrem je nutné mít kabel zbavený vnějšího pláště (rozholený na jednotlivé žíly). Pokud by byl přístroj nasazený na všech vodičích najednou, byla by naměřená hodnota nesmyslná.

POZOR !!! Při měření proudu 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 prozváníme 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 riziko poškození zařízení a nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

8.1. Diagnostika závady motoru

Při používání zařízení elektromotorů dojde, dříve či později, k poruše motoru. 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 korozi (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
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 zabroušení dosedací plochy kontaktu
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 zabroušení dosedací plochy kontaktu
Zařízení trvale nefunguje, nereaguje na stisknutí spínacího tlačítka (vadné některé z použitých tlačítek)	Vizuálně, měřením	Výměna poškozeného tlačítka

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