

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh a realizace laboratorního přípravku
s programovatelným relé Eaton EASY

Jiří Franc

Bakalářská práce

2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Franc**
Osobní číslo: **D16857**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Návrh a realizace laboratorního přípravku s programovatelným relé Eaton EASY**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s programovatelným relé Eaton EASY 512-DC-TC
2. Navrhněte mechanické a elektrické provedení laboratorního přípravku s tímto programovatelným relé
3. Ve spolupráci s dílnami TSL navržený přípravek zrealizujte a oživte
4. Pomocí vytvořeného přípravku zrealizujte a zdokumentujte jednu automatizační úlohu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Firemní literatura fy. Eaton

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Sýkora

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací
techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **24. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.



Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. dubna 2017

Prohlášení autora

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č.9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Petru Sýkorovi za jeho ochotu, čas, rady a trpělivost při řešení úkolů spojených s vytvořením přípravku. Děkuji také firmě Kostecká strojírna, spol. s.r.o. za svaření konstrukce a také mému zaměstnavateli panu Vladimíru Červinkovi za poskytnutí času a prostoru pro realizaci mé práce.

Anotace

Tato práce se zabývá návrhem a realizací laboratorního přípravku s řídicím relé EATON EASY 512-DC-TC. Práce je rozdělena do čtyř kapitol. V první kapitole jsou stručně popsány základy automatizace, PLC a bezpečnosti. Druhá kapitola se zabývá návrhem a konstrukcí celého přípravku. Pak jsou zde popsány parametry jednotlivých prvků a způsoby jejich zapojení. Třetí kapitola je věnována programovému vybavení EASY a práce s ním. Poslední čtvrtá část je věnována ukázce jedné automatizační úlohy a její realizaci na vyrobeném přípravku.

Klíčová Slova

řídicí relé, EATON EASY, automatizace, řízení

Annotation

This bachelor thesis is focused on project and realisation of laboratory equipment with control relay EATON EASY 512-DC-TC. It is divided into four chapters. In the first part there are described basics of automation, PLC and safety. The second chapter is focused on the project and construction of the whole laboratory equipment. Next to, there are described parameters of each components and its wiring. The third chapter describes the program equipment of the relay EASY and the way, how to work with it. The last chapter presents one chosen automation example and its realisation on done laboratory equipment.

Keyword

control relay, EATON EASY, automation, control

Obsah

Úvod.....	10
1 Automatizace	10
1.1 Relé a stykače.....	10
1.1.1 Historie.....	10
1.1.2 Využití	10
1.1.3 Typy.....	11
1.1.4 Polovodičová spínací relé	11
1.2 Logické řízení.....	11
1.2.1 Logické obvody	12
1.2.2 Kontaktní a bezkontaktní logické řízení	12
1.3 Ostatní programovatelná relé	14
1.3.1 Řídící relé ostatních výrobců	14
1.4 PLC	16
1.4.1 Historie.....	17
1.5 PLC v dnešní době	17
1.6 Komunikace PLC	18
1.6.1 PROFIBUS	18
1.6.2 MODBUS	18
1.6.3 CAN.....	18
1.7 SCADA/HMI	19
1.8 Bezpečnost zařízení a strojů.....	20
1.8.1 Základní seznámení s bezpečností strojů.....	20
1.8.2 Kategorie bezpečnostních ovládacích částí	21
1.8.3 Bezpečnostní relé a PLC.....	22
2 Návrh přípravku.....	24
2.1 Parametry pro návrh.....	24

2.2	Rozvaděč	24
2.3	Návrh zapojení	25
2.3.1	Elektromagnetická relé	26
2.4	Zapojení EASY	27
2.5	Popis EASY	28
2.5.1	Struktura EASY	28
2.5.2	Připojení digitálních vstupů	30
2.5.3	Připojení výstupů	31
2.6	Fotky přípravku	32
3	Programování EASY	34
3.1	První zapnutí	34
3.2	Základy programování	34
3.2.1	Programování přímo na EASY	34
3.2.2	Programování pomocí softwaru easySoft	36
4	Naprogramování úlohy – rozběh hvězda/trojúhelník	39
4.1	Zapojení s relé	43
5	Závěr	45
	Seznam tabulek	52
	Seznam obrázků	53
	Seznam příloh	54
	Přílohy	55

Úvod

Výsledkem této práce bude navrhnout výukový přípravek pro realizaci různých laboratorních úloh s programovatelným relé EASY EATON 512-TC-DC. Mým úkolem je se podrobně seznámit s tímto relé, navrhnout vhodné zapojení a umístění potřebných komponentů v přípravku a následně jejich sestavení a uvedení do provozu. Při realizaci a návrhu budu muset vzít v potaz, že se má jednat o univerzální zařízení pro širokou škálu výukových úloh, kde jsou kladeny požadavky na bezpečnost a názornost jednotlivých funkcí přípravku. Výsledkem bude univerzální výukový přípravek pro studenty, na kterém si budou moci vyzkoušet jednoduché automatizační úlohy.

Kvůli rostoucímu počtu velkých reléových skříní a kontrolků bylo stále těžší udržet v bezporuchovosti řízení procesů v průmyslu. Náročnost na obsluhu a její koncentraci se také zvětšoval. Tento problém vyřešil až nástup volně programovatelných automatů, tedy počítače s CPU se speciálním programovacím jazykem pro řešení úloh v reálném čase, kterým se začalo říkat PLC. V dnešní době se PLC díky levnějším, rychlejším a menším součástkám vyvíjí neustále kupředu a zároveň jsou na ně kladeny větší nároky. Dnes je možné pořídit malé a levné zařízení tzn. kompaktní PLC, které má i přes své menší rozměry spoustu funkcí a možnosti zpracovávat jak digitální, tak i analogové signály. Na druhou stranu jsou zde i velká modulární PLC, kde není problém je rozšířit o libovolný počet modulů pro různé specifické aplikace a možnost komunikovat s jinými systémy, přenášet a archivovat data, provádět vlastní diagnostiku a zajišťovat bezpečnost zařízení i obsluhy, na kterou jsou v dnešní době kladeny velké nároky.

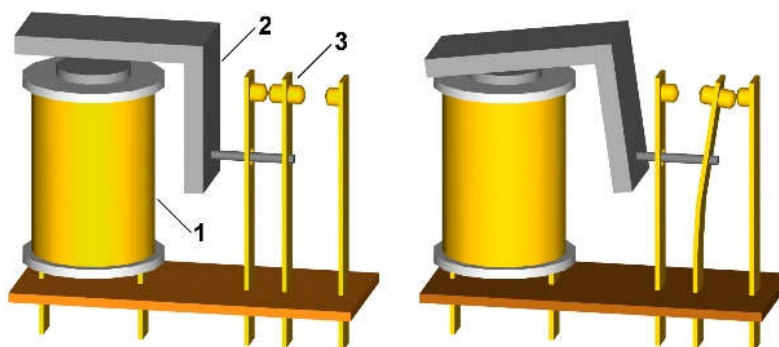
Moje programovatelné relé patří mezi kompaktní PLC nebo lépe do skupiny mikroPLC, která jsou dnes využívána pro jednodušší řídicí aplikace v průmyslu nebo v domácnostech, kde není potřeba rozměrného a drahého modulárního PLC automatu a zároveň kde by množství klasických relé a stykačů přesáhlo velikost, cenu a hlavně variabilitu programovatelných relé.

Závěrem mojí bakalářské práce je naprogramovat a realizovat jednoduchou úlohu. Bude se jednat o realizaci automatizovaného rozběhu hvězda/trojúhelník třífázového motoru s využitím časových relé a zobrazení hlášení o stavu řízení na displeji.

1 Automatizace

1.1 Relé a stykače

Základem mechanických relé je elektromagneticky ovládaný spínač. Jedná se o cívku s železným jádrem (1) a pohyblivou kotvou z magneticky měkkého materiálu se zpětnou pružinou (2), k níž je přidělán pohyblivý kontakt (3) (viz obr.1a). Kotva přepíná kontakty mezi jednou a druhou sadou kontaktů (viz obr.1b). Princip funkce je takový že pokud cívkou teče proud, vytvoří se magnetické pole a přitáhne pohyblivou kotvu a ta přepne kontakty do druhé polohy. Rozlišujeme dva druhy kontaktů, a to buď spínací neboli pracovní kontakt s označením NO z anglického *normaly open* nebo rozpínací či klidový kontakt s označením NC z anglického *normaly close*. Velmi důležitým parametrem je ovládací napětí. Je to napětí, na které je konstrukčně uzpůsobená ovládací cívka. Cívky se konstruují jak stejnosměrné, tak i na střídavé napětí, nejběžnější hodnoty ovládacích cívek jsou 12 V, 24 V, 48 V, 230 V. Důležitý je i odpor cívky potažmo proud, aby daný spínací prvek měl dostatečně dimenzovaný výstup pro spínání ovládací cívky. Tento parametr je důležitý hlavně u větších relé a stykačů.



Obr. 1 - Relé v klidovém stavu [41]

Obr. 1b - Relé ve vybuzeném stavu [41]

1.1.1 Historie

Relé vynalezl v roce 1835 Američan Joseph Henry. Praktické využití pro logické vazby a podmínky mezi stavovými signály našlo, i když v omezené formě, koncem 19. století. Ve 20. století se pak objevily nové druhy relé (paměťové, bezpečnostní, ochranné, časové a další). S využitím těchto typů relé bylo možné realizovat reléovou automatizaci.

1.1.2 Využití

Relé se použije tam, kde potřebujeme buď galvanické oddělení, nebo tam kde je potřebný větší proud pro sepnutí zátěže než má výstup řídicího prvku, popřípadě kombinace obojího. Jedná se o ovládání přístrojů číslicové techniky nebo oddělení výstupů pro PLC automaty.

Stykače slouží pro spínání velkých výkonů. Ty rozdělujeme podle určení na pomocné a výkonové stykače. Pomocné stykače slouží pro spínání malých výkonů.

1.1.3 Typy

V dnešní době je díky pokroku v elektrotechnice k dispozici nepřehledné množství součástek pro různé specializované obory. Relé můžeme zařadit podle jejich vlastností do různých kategorií. Podle proudu na stejnosměrné a střídavé. Podle funkce na nadproudové relé (sepne se po dosažení určité hodnoty proudu), podproudové relé (sepne, pokud proud klesne pod určitou mez), podpětňové relé (sepne, pokud napětí poklesne pod určitou mez) a časové relé (spíná a rozpíná s různým časovým zpožděním a podle nastaveného programu). Bezpečnostní relé, která jsou připojena k bezpečnostním prvkům, hlídají jejich stav a podle toho spínají nebo rozpínají své klidové a pracovní kontakty. Tato relé mají speciální vnitřní uspořádání komponentů tak, aby v poruchovém stavu byla bezpečná. Kromě elektromagneticky ovládaných relé existují i relé pneumatická, hydraulická, polovodičová (SSR).



Obr. 2 - Časové relé [43] Obr.2b SSR - relé [42]

1.1.4 Polovodičová spínací relé

Solid State relay (SSR), z angličtiny přeloženo jako polovodičové spínací relé, je součástka, která nemá žádné pohyblivé části. Pro jejich spínání slouží světlo, respektive dioda emitující světlo, které působí na fotosoučástku. Polovodičová relé galvanicky oddělují řídicí obvod a hlavní obvod. Vyznačují se nízkým elektrickým rušením a vysokou rychlostí spínání a vypínání. Nedochozí zde k jiskření při vypínání díky absenci mechanických kontaktů a z toho vyplývá i tichý provoz, odolnost proti nárazům, vibracím a možnost montáže v jakékoli poloze. Z těchto vlastností vyplývá, že jsou určena pro časté spínání s dlouhou životností. Nevýhodou je vysoká provozní teplota, nutnost použití chladiče, snadné poškození vstupu přepětím a výstupu překročením jmenovitých hodnot proudu. [20,21]

1.2 Logické řízení

Řízení je provádění předem stanovených zásahů řídicí soustavou do soustavy řízené za účelem dosažení požadovaného cíle. Logické řízení je založeno jen na dvoustavových signálech v řídicí smyčce. Algoritmus řídicí soustavy lze popsat logickými funkcemi. Argumenty logické

funkce jsou logické proměnné, které mohou nabývat hodnot logické „0“ a logické „1“. Soustava pravidel pro popis vztahu mezi logickými proměnnými se nazývá Booleovská algebra. Logické funkce se pak realizují pomocí logických členů tzv. hradel. Propojením hradel získáváme logický obvod, ten pak rozdělujeme podle způsobů zpracování vstupních proměnných na výstupní proměnné, tedy na kombinační a sekvenční logický obvod.

1.2.1 Logické obvody




Kombinační logický obvod je takový obvod, který má výstupní hodnoty jednoznačně určené okamžitými hodnotami vstupních signálů. Kombinační obvody nemají žádnou paměť. Jedné kombinaci vstupních hodnot odpovídá jedna výstupní kombinace. Základem kombinačních obvodů jsou logická hradla NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR. Z nich pak vycházejí základní logické obvody - sčítačky, kodéry a dekodéry, multiplexery a demultiplexery.

Základem sekvenčního logického obvodu je kombinační obvod a paměť. Výstupní hodnota sekvenčního logického obvodu nezáleží jen na vstupních hodnotách, ale i na jeho vnitřní hodnotě (paměti). Existence vnitřní hodnoty způsobuje, že přivedení stejných vstupních hodnot nevyvolá vždy stejný výsledek na výstupních hodnotách. Nejjednodušší sekvenční logický obvod je klopný obvod. Ty dělíme do tří skupin:

1. **Monostabilní klopný obvod** - má pouze jeden ustálený stav, přivedení vstupního impulzu je po určité době výstup v opačném, než v ustáleném stavu. Používá se například pro časovače.
2. **Bistabilní klopný obvod** - má dva možné ustálené stavy. To znamená, že může po libovolně dlouhou dobu (pokud je napájen) uchovávat jednobitovou informaci. Bistabilní klopný obvod se používá k sestavování registrů, čítačů a jako zpoždovací mezistupně logických obvodů. Nejčastěji se setkáme s typy RS, D, JK.
3. **Astabilní klopný obvod** - nemá ustálený stav, jeho výstup se periodicky překlápí mezi logickou jedničkou a nulou. Používá se například jako generátor obdélníkového signálu.

1.2.2 Kontaktní a bezkontaktní logické řízení

Kontaktní logické řízení je založeno na mechanicky se pohybujících kontaktech, a to jak ovládaných ručně (různé tlačítkové spínače), tak i automaticky (relé, stykače, časová relé). Schémata obvodů pro logické řízení se řídí určitým uspořádáním a použitím jednotných způsobů kreslení a označování prvků podle daných mezinárodních norem. Ukázka nejčastějších schematických značek a označení prvků je zobrazena na obrázku 3.

	SB..	Tlačítkový spínač se zapínacím kontaktem a samočinným návratem
	SA..	Otočný spínač se zapínacím kontaktem a bez samočinného návratu.
	SB.	Tlačítkový spínač s vypínacím kontaktem a samočinným návratem
	SQ..	Polohový spínač, zapínací kontakt, vypínací kontakt
	KA .. KM ..	Ovládací ústrojí (cívka), všeobecná značka, - cívka pomocného relé - cívka stykače
	KT ..	- cívka časového relé se zpožděným odpadem
	KT ..	- cívka časového relé se zpožděným přitahem
	FU ..	Pojistka
	FA ..	Nadproudové tepelné relé (tepelná spoušť)
	HL..	Světelné návěští (signální svítidlo na pultech, velínech ...)

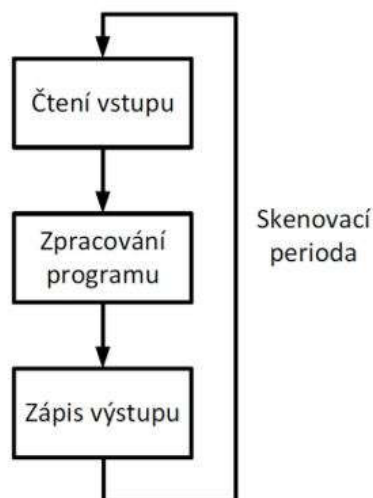
Obr. 3 - Schématické značky [19]

Obvody logického řízení zpravidla dělíme na hlavní (silovou nebo výkonovou) část (zapojení motorů, silových kontaktů stykačů, silových přívodů měničů atd.) a ovládací (řídící) část (cívky relé, snímače, tlačítka, pomocné kontakty stykačů apod.).

K realizaci bezkontaktního logického řízení jsou použity polovodičové prvky, integrované obvody, moduly a podobně. Bezkontaktní logické řízení můžeme rozdělit na pevně programovatelné, které vykonávají požadovanou logickou funkci realizovanou pomocí polovodičových prvků (diody, tranzistory, tyristory a apod.), kterou již nelze změnit bez fyzické změny zapojení. Volně programovatelné bezkontaktní řízení se provádí pomocí programovatelného logického automatu nebo průmyslového řídicího počítače (PC doplněné o vstupní a výstupní obvody). Tato zařízení provádějí logické řízení pomocí naprogramovaného programu. Program lze měnit a tím upravovat řídicí funkci PLC nebo PC. Program se vytváří pomocí programovacího softwaru, který provádí matematické a logické operace a vytváří vazbu mezi vstupy a výstupy v jakékoli požadované posloupnosti.

Program se vykonává cyklicky (periodicky) v tzv. *scanu*. Na začátku každého cyklu se načtou obrazy vstupů a výstupů do paměti (program nepracuje s aktuálními hodnotami vstupů a výstupů). Program postupně vyhodnocuje jednotlivé podmínky na základně stavu vstupních, výstupních a vnitřních proměnných. Nové hodnoty výstupních proměnných zapíše do paměti. Na konci cyklu se zapíší z paměti obrazy výstupních hodnot do fyzických výstupů. Fyzické výstupy mohou být kontaktní (reléové), ale většinou mají PLC bezkontaktní (např.

tranzistorové) výstupy, ke kterým je nutno pro ovládání silových obvodů (stykače) připojit relé a to teprve ovládá stykač a zároveň se tím oddělí silová část od ovládací. [15,17,18,26]



Obr. 4 - Cyklické blokové schéma funkce programu [48]

1.3 Ostatní programovatelná relé

EATON, kromě řady řídicích relé 500, nabízí i řadu 700 s větším počtem vstupů a výstupů, a navíc je tento modul už rozšiřitelný o další vstupy a výstupy a o sběrnicové systémy. Tím nejlepším je řada 800, která má navíc ještě analogové výstupy. Pro bezpečnostní funkce slouží řídicí relé „EasySafety“, které je také možné rozšířit o další moduly. Podrobnější přehled o produktech nalezneme [34,35]

1.3.1 Řídicí relé ostatních výrobců

V dnešní době programovatelná relé vyrábí mnoho firem. Nebudu zde jmenovat všechny, ale skoro každá větší společnost zabývající se automatizací má svůj produkt spadající do kategorie mikro PLC.

Siemens

Asi nejnámější je LOGO! od firmy Siemens, která je vyrábí od roku 1996 a přišla s tímto typem PLC jako první. Siemens momentálně nabízí LOGO! ve třech variantách „6 a 7“, které už Siemens pomalu stahuje z prodeje a přechází se na novou generaci LOGO! 8. Ve všech modelech je stejný počet osmi vstupů a čtyř výstupů, k dispozici jsou tranzistorové výstupy s maximálním proudem 0,3 A nebo reléové s maximálním proudem 10 A. Nechybí ani analogové vstupy a rychlé čítače. Všechny moduly LOGO! 8 jsou rozšiřitelné o další moduly. Pro vytváření spínacího schématu slouží software „LOGO! Soft Comfort“. [13,14]



Obr. 5 - Siemens LOGO!8 [13]

Schneider-Electric

Schneider-Electric přispěl do skupiny řídicích relé svým produktem Zelio Logic. Ten se dělá buď jako kompaktní bez rozšíření nebo jako modulární, ke kterému můžeme připojit různé rozšiřující moduly. Zelio Logic má nejmenší počet vstupů, a to šest. K dispozici jsou i analogové vstupy. Výstupy jsou k dispozici jak tranzistorové s jmenovitým proudem 0,5 A, tak i reléové s maximálním proudem 8 A. Software „Zelio Soft 2“ slouží pro připojení a programování řídicích relé Zelio Logic.[36]

Ostatní výrobci

Další typy od různých výrobců jsou velmi podobné. Za zmínku stojí ještě programovatelné relé „xLogic“, řada chytrých relé „ZEN-10C“ od Omronu a chytrá relé Tecu „SG2“. Většina výrobců dodává, alespoň částečně, manuály v češtině. U programů už je to trochu horší. Plnou podporu českého jazyka mají řídicí relé od Eatonu, Siemensu a xLogic. V tabulce 1 nalezneme porovnání cen jednotlivých programovatelných relé s obdobnými parametry jako naše EASY. To znamená jmenovité napájení 24 V DC, čtyři tranzistorové výstupy a liší se jen v počtu vstupů. Krom EASY mohou být všechny rozšířeny o další vstupy a výstupy. Důvod rozdílu cen bychom museli hledat ve vnitřních funkcích jednotlivých řídicích relé, programovacím softwaru a přehlednosti a zpracování jednotlivých manuálů. Do tabulky 1 jsem napsal nejnižší nalezenou cenu na českém trhu u prodejců, kde byla relé aktuálně dostupná. [28,29,34,36,37]

Tabulka 1 - Porovnání řídicích relé různých výrobců

	Vstupy/analogové vstupy	Cena	Rozšiřující moduly
EATON EASY 512-TC-DC	8/2	4 390 Kč	NE
SIEMENS 6ED1052-1CC08-0BA0	8/4	3 892 Kč	ANO
SCHNEIDER SR2B122BD	8/4	5472 Kč	ANO
Teco SG2-12HT-D	6/2	2 517 Kč	ANO
OMRON ZEN-10C1DT-D-V2	6/2	5 359 Kč	ANO

1.4 PLC

Programmable Logical Controller neboli česky programovatelné automaty jsou číslicové počítače, které jsou uživatelsky programovatelné a slouží jako nástroj k řešení řídicích systémů a technologických procesů. PLC musí být odolné proti vlivům prostředí, aby bylo možné ho využít všude tam, kde je potřeba. Musí být snadno modifikovatelné podle požadovaného počtu vstupů, výstupů a analogových signálů pro danou aplikaci.



Obr. 6 - PLC SIEMENS S7 1200 [45]

1.4.1 Historie

Vynálezem relé a jeho masivního nasazení začátkem 20. století došlo k velkému rozmachu využití reléové logiky v řízení složitějších technologických procesů. Řízení z pohledu dnešní doby bylo jednoduché, ale přesto dostatečně pokrylo potřeby řízení a regulace. Pokud řízení vyžadovalo určitý stupeň inteligence, muselo řízení probíhat z centrální místnosti, kde na základě lidského úsudku nebo předem známých technologických postupů byly předávány pokyny k úpravě polohy akčních prvků. Ačkoliv s použitím dostatečného množství prvků a kombinačních vazeb bylo možné řídit i složitá zařízení, stále chyběla adaptabilita, pružnost a nízká doba odezvy. Následovaly elektronkové počítače, jež umožňovaly provádět složitější operace podle daného algoritmu nebo již jako programovatelná zařízení. S příchodem tranzistorových počítačů došlo ke zvýšení spolehlivosti, rychlosti a zmenšení energetické náročnosti a rozměrů. Další generace počítačů s integrovanými obvody měla zase ty samé výhody oproti předchozím generacím. Dnešní provedení počítačů s mikroprocesory rychle předčilo předchozí generace ve všech aspektech, ale navíc přidalo možnost volného programování, téměř neomezenou paměť, ještě větší zmenšení rozměrů a snížení příkonu. Zdokonalením výrobních technologií došlo i ke snížení ceny součástek, takže počítače pronikly velmi rychle do všech možných odvětví včetně řízení průmyslové automatizace. [23,24]

1.5 PLC v dnešní době

V současnosti je PLC nejrozšířenějším typem řídicích systémů v průmyslu, dopravě nebo v automatizaci budov. Moderní PLC ušly velký krok od prvních přístrojů toho druhu. Z konstrukčního hlediska rozlišujeme PLC do dvou skupin. Na skupinu kompaktních PLC, které obsahují veškeré komponenty v jednom celku. Patří sem CPU, digitální a analogové vstupy a výstupy, komunikační porty a nejčastější vyžadované základní funkce jako rychlé čítání, měření frekvence, polohování a PID regulace. Nevýhodou těchto kompaktních systémů je prakticky nulová rozšiřitelnost modulů, což je i programovatelné relé EATON EASY 512-DC-TC používané na Katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice. Druhou skupinu tvoří modulární PLC. Jedná se o několik modulů nebo tzv. „karet“ zapojených dohromady v jeden celek. Takové zařízení můžeme kdykoliv rozšířit o další moduly nebo naopak je z PLC odebrat. Modulární PLC jsou rozměrnější než kompaktní. Mají ale více karet a více funkcí. U modulárních PLC odpadá při poruše nějaké dílčí části výměna celého PLC jako je tomu u kompaktních. U modulárního PLC lze vyměnit pouze poškozenou kartu, kdy se nejprve odpojí svorkovnice s připojenými vodiči, poté se vyjme poškozená karta, kterou vyměníme za novou a na tu se

vrátí původní svorkovnice. Výhodou je, že výměna trvá pouze několik minut a nemusí se odpojovat všechny připojené vodiče, při jejichž znovu zapojování by mohlo dojít k chybě.

Napsat program pro průmyslovou automatizaci, kdy daný systém bude dělat to, co má, není jednoduché. S tím souvisí nároky na kvalitní diagnostiku. Jedná se například o kontrolu bezchybného HW samotného PLC nebo periférií, rychlou a přesnou dohledatelnost chyby v programu atp. [16]

1.6 Komunikace PLC

Komunikace mezi několika PLC, PLC a PC nebo mezi PLC a ostatními zařízeními jsou nejčastěji realizovány sériovými přenosy. K dispozici je velké množství průmyslových sběrnic např. MODBUS, PROFIBUS-DP a PROFIBUS-PA, CAN apod. V neposlední řadě se využívá i rozhraní Ethernetu.

1.6.1 PROFIBUS

Průmyslová sběrnice PROFIBUS je používána pro automatizaci výrobních linek a řízení výroby. PROFIBUS DP nalezneme ve většině průmyslových zařízení zajišťující automatizaci, výrobních linkách a CNC strojích, kde jsou pomocí této sběrnice propojeny frekvenční měniče, servopohony, vzdálené periférie, ovládací panely apod. PROFIBUS je založený na komunikačním standardu RS-485 s asynchronním kódováním. Kabel se skládá ze dvou vodičů, který zajišťuje přenos dat o různých rychlostech od 9,6 kbit/s až po 12000 kbit/s v závislosti na maximální délce kabelu. PROFIBUS-DA je téměř totožný s PROFIBUS-DP, liší se pouze ve fyzické vrstvě. Přenosová technologie je podle normy IEC 61158 (dříve IEC 1158-2). Jedná se o synchronní kódování Manchester a umožňuje napájet zařízení přímo ze sběrnice s možností jiskrové bezpečnosti. Maximální délka mezi dvěma stanicemi je 1 900 metrů s jednou konstantní přenosovou rychlostí 31,25 kb/s. Používá se v procesní automatizaci a nejčastěji v petrochemických provozech s výbušným prostředím. [1,2,3]

1.6.2 MODBUS

MODBUS je otevřený komunikační protokol na úrovni aplikační vrstvy umožňující fungovat na principu klient/server (*master/slave*), slouží pro vzájemnou komunikaci různých zařízení (PLC, I/O periférie, dotykové displeje apod.). Data mohou být přenášena po různých sítích a sběrnicích (např. asynchronní sériové linky RS-232, RS-422, RS-485 nebo optické a rádiové sítě, Ethernet s protokolem TCP/IP nebo MODBUS+ atd). [4,5]

1.6.3 CAN

CAN je sériová datová sběrnice s vyšší rychlostí a spolehlivostí. Přenosová rychlost je 1 Mbit/s při maximální délce 40 m mezi řídicím automatem a jednotlivými zařízeními. Původně

tuto datovou sběrnici vyvinula společnost Bosch pro využití v automobilovém průmyslu. Díky vlastnostem, jako je relativně vysoká rychlost přenosu, vysoká provozní spolehlivost, nízká cena komunikačních obvodů, odolnost při extrémních podmínkách, a snadné implementaci se velmi rychle rozšířila i do jiných průmyslových aplikací. Protokol CAN původně používala upravené rozhraní RS 485, později byl definován normou ISO 11898. Pro přenos mezi jednotlivými komunikačními uzly slouží sběrnice tvořená dvou vodičovým vedením a zakončovacím rezistorem. Data na sběrnici CAN jsou přijímána a vysílána prostřednictvím zpráv. Sběrnici může za určitých okolností využívat každý uzel pro vysílání svých zpráv. Vysílané zprávy jsou přijímány všemi ostatními uzly připojenými ke sběrnici. Proto zprávy obsahují identifikátor, který obsahuje význam přenášené zprávy a její prioritu. Zpráva s vyšší prioritou v případě kolize dvou zpráv je doručena přednostně. Komunikace probíhá na protokolu typu multi-master, kde každý uzel sběrnice může být master (více nadřazených uzlů). [6,7,8]

1.7 SCADA/HMI

SCADA je zkratka pro *Supervisor Control And Data Acquisition* tedy systém pro dohled, řízení a sběr dat. Nejedná se tedy o plnohodnotný řídicí systém, ale zaměřuje se spíše na úroveň dispečera, tzn. dohled, monitoring a případná úprava parametrů. SCADA je software provozovaný na vyšší úrovni nad skutečným řídicím systémem (založeným např. na PLC, senzory, měřiče a jiná zařízení), který zprostředkovává jejich konektivitu a sběr dat ze sledovaných technologických systémů. Rozmách v průmyslu zaznamenaly systémy SCADA v 60. letech 20. století, nicméně v té době nebyly zavedeny žádné standardy, vysoké nároky na obsluhu a náklady. Postupem času došlo k možnosti většího propojení stanic a s rozmachem počítačových sítí k použití otevřených a standardizovaných protokolů. Příchod internetu umožnil propojení téměř všeho. Vizualní rozhraní HMI (*Human Machine Interface*) představuje rozhraní mezi člověkem a strojem. Vývoj nových zobrazovacích jednotek umožnil přejít z jednoduché grafiky složené ze symbolů ASCII až ke grafickému 2D a 3D znázornění. Systémy SCADA mohou komunikovat prostřednictvím průmyslových sběrnic (PROFIBUS, RS-232, RS-485 atd.), dnes jsou stále častěji využívány počítačové sítě Ethernet. SCADA může zpracovávat stovky tisíc vstupních proměnných, v závislosti na složitosti a rozsahu sledované technologie. Tato data je možné ukládat do textových souborů nebo do SQL databázových systémů pro ukládání velkého množství dat. Systém SCADA je v současnosti implementován pro webové prohlížeče, což umožňuje vzdálený přístup k monitorovaným technologiím a dohled přes internet z domu nebo pomocí tabletu a chytrých telefonů. SCADA má využití ve

všech sektorech průmyslu i mimo něj, kde je potřeba sbírat a kontrolovat data a dohlížet na správný průběh procesů v různých zařízeních energetiky (elektrárny, rozvodny, teplárny atd.), výroby (hutě, chemické provozy, skladové systémy apod.), technologie monitorování budov (filtrační stanice, zabezpečení, docházkové systémy atd.) a v posledních letech i do systému domovní automatizace (ovládání osvětlení, hudby, topení spotřebičů a dalších). [9,10]

1.8 Bezpečnost zařízení a strojů

Téma bezpečnosti není hlavním předmětem této práce, nicméně je velmi aktuální a je důležité se o něm zmínit. Některé firmy v posledních letech přechází z bezpečnostních relé na různé typy modulárních programovatelných bezpečnostních automatů. Většina bezpečnostních prvků a zařízení má žlutou nebo červenou barvu, v rozvaděčích nebo na stroji jsou proto poměrně dobře viditelné. Bezpečnostní zařízení se nesmí za žádných okolností opravovat, na to jsou určena speciální centra jednotlivých výrobců, kteří se na to specializují. Je potřeba se o tomto tématu alespoň trochu zmínit.



Obr. 7a - EATON EasySafety [47]



obr.7b - Flexi Soft, bezpečnostní PLC [46]

1.8.1 Základní seznámení s bezpečností strojů

Bezpečnost strojů a zařízení je v dnešní vyspělé společnosti nejdůležitější bod při navrhování a konstrukci nových zařízení. Stroje vykonávající nějaký mechanický pohyb musí mít opatření pro zamezení kontaktu nebo kolizi během jejich pohybu s jakoukoli částí lidského těla. Problematika bezpečnosti strojů a zařízení není jednoduchá. Při jejím návrhu je potřeba se řídit mnoha normami a úkony. Pro snížení nebezpečí úrazu na stroji se postupuje v jednotlivých krocích:

1. Zamezit nebezpečí při vyvíjení stroje
2. Zavedení nezbytných ochranných opatření

3. Informovat o zbývajícím nebezpečí

Pokud nelze nebezpečí vyloučit nebo ho dostatečně omezit stavební konstrukcí, měla by podle kroku dva být volena vhodná ochranná zařízení s bezpečnostní prvky. Tyto prvky musí mít takové vlastnosti, aby byla minimalizována pravděpodobnost funkčních poruch nebo aby eventuelní závada nezpůsobila ztrátu bezpečnostní funkce. Řetězec bezpečnostní funkce se dělí do tří skupin: vstup, bezpečnostní logická obvod, výstup.

Do vstupu se zahrnují prvky, které detekují nebezpečí (STOP tlačítka, polohové spínače, optické závory atd.). Bezpečnostní logický obvod zpracovává signály ze vstupů a na základě její bezpečnostní funkce ho vyhodnotí - to zajišťují bezpečnostní relé nebo bezpečnostní PLC. Výstupy (jako například stykače, relé, ventily atd.) jsou ovládány právě bezpečnostními logickými obvody.

1.8.2 Kategorie bezpečnostních ovládacích částí

Kategorie bezpečnostních ovládacích částí určují jejich požadované chování vůči odolnosti proti závadám a jejich chování během závady. To je dosaženo konstrukčním uspořádáním jednotlivých prvků, detekcí závady a jejich spolehlivostí. Bezpečnostní prvky ovládacích částí musí být realizovány podle jedné z pěti kategorií.

Základní kategorie B je určena jen pro relativně bezpečné stroje, kde výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Dodržení základních bezpečnostních pravidel pro navrhování řídicích obvodů a použitím vhodného přístroje pro dané prostředí stačí ke splnění požadavku základní kategorie B.

Kategorie B1 musí splňovat stejné požadavky jako kategorie B a používá se u relativně málo nebezpečných strojů. Vyšší odolnosti proti závadám lze dosáhnout použitím osvědčených součástí a bezpečnostních zásad (uložení vedení do ochranné konstrukce nebo předimenzováním stykače, tím snížení pravděpodobnosti svaření kontaktů). I zde může závada vést ke ztrátě bezpečnostní funkce obvodu.

Kategorie B2 musí splňovat stejné požadavky jako kategorie B a musí být použity osvědčené součástky a zásady z kategorie B1. Navíc se vyžaduje pravidelná kontrola bezpečnostní funkce ovládacím systémem stroje ve vhodných intervalech v závislosti na druhu a použití stroje. Výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce obvodu mezi kontrolami, ale pravidelnou kontrolou musí být závada detekována. Pokud je zjištěna závada, nesmí dojít k opětovnému spuštění stroje a musí dojít k zobrazení výstrahy. Zde je nutné použití speciální vyhodnocovací jednotky.

Pro kategorii B3 musí platit stejné požadavky jako pro kategorii B a zároveň musí být dodrženy osvědčené bezpečnostní zásady kategorie B1. Při výskytu jakékoli jednoduché závady bezpečnostní části musí být zajištěna bezpečnostní funkce. Většina závad by měla být detekována. Nahromadění nedetekovatelných závad může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Splnění požadavků kategorie B3 zajišťuje použití speciální vyhodnocovací jednotky a použití principů redundance - zdvojení řídicích spínačů a jejich ovládání (např. dva sériově zapojené stykače na ovládání jednoho motoru). U bezpečnostních spínačů pro kontrolu bezpečnostních ochranných zařízení je nutné zdvojení kanálů. Řídicí systém není schopen detekovat zkrat mezi oběma vstupními kanály. Pokud k tomu dojde, obvod není schopen plnit bezpečnostní funkci.

Stroje v Kategorii B4 mají nejvyšší požadavky na bezpečnostní funkci. Všechny závady musí být detekovány dostatečně včas, aby nedošlo ke ztrátě bezpečnostní funkce. Při nahromaděných poruchách musí být bezpečnostní funkce vždy zachována. Vstupní signály mají různou polaritu, aby bylo možné detekovat zkrat.

1.8.3 Bezpečnostní relé a PLC

Pro kontaktní přístroje řídicích ovládacích systémů je požadována pozitivní vypínací funkce kontaktu, v podstatě se jedná o rozpínací kontakt, dále tu je nucené vedení kontaktů u spínacích přístrojů. Jedná se o speciální mechanickou konstrukci, kdy je zaručeno, že nedojde k současnému spojení pracovních a klidových kontaktů.

Bezpečnostní relé a stykače nemají přepínací kontakty, výhradně se u nich používají samostatné kontaktní páry pro pracovní a klidové kontakty. Mají nucené vedení kontaktů a jednotlivé kontaktní páry jsou umístěny v oddělených komorách relé, aby bylo dosaženo dobrého izolačního oddělení jednodílných kontaktů.

Bezpečnostní moduly jsou logické jednotky určené pro použití v bezpečnostních logických obvodech. Slouží k zajišťování konkrétních bezpečnostních funkcí. Závada uvnitř samotného bezpečnostního modulu musí být detekována automatickou kontrolou a nesmí být příčinou ztráty bezpečnostní funkce. Do odstranění závady musí být znemožněno uvedení stroje do provozu. Mohou být v různých provedeních:

- **elektromechanické** (obsahuje několik speciálních relé s nuceným vedením kontaktů a využitím principů redundance)
- **elektronické** (obsahují procesorové systémy a bezkontaktní výstupy)
- **sdrúžené** (mají bezkontaktní řídicí systém a kontaktní výstupy)
- **integrovane v PLC**

Standartní PLC nelze použít z pohledu bezpečnostní techniky v bezpečnostních úlohách. Pro bezpečnostní logické obvody musí být použité bezpečnostní PLC, které spojuje bezpečnostní funkce a klasické řídicí funkce do jednoho zařízení. Bezpečnostní PLC je rozšířeno o různé ochranné mechanismy. Díky rozsáhlým možnostem diagnostiky je odhalování poruch mnohem jednodušší. [11,12]

2 Návrh přípravku

Cílem této bakalářské práce je návrh a kompletní sestavení výukového přípravku s využitím programovatelného logického automatu EATON EASY 512-DC-TC při výuce odborných elektrotechnických předmětů. Kompletní výkresová dokumentace všech dílů a schémata se nachází v příloze.

2.1 Parametry pro návrh

Základním prvkem přípravku je řídicí relé EASY 512-TC-DC od firmy EATON, dále uváděno jen jako „EASY“. To bude umístěno spolu s dalšími prvky do hliníkové konstrukce tvořené ze svařených L a U hliníkových profilů. Celkové rozměry této konstrukce, dále jen jako „rozvaděč“, byly zvoleny s ohledem na bezpečnost obsluhy, prostředí a praktičnost. Kromě relé EASY bude rozvaděč obsahovat bezpečnostní napájecí zdroj OEZ NZR-10T, patice pro relé, relé a indikační diody s ochrannými diodami od firmy FINDER. Dalším požadavkem bylo, aby EASY šlo z přední strany ovládat, ale aby svorkovnice zůstaly zakrytované a elektromechanická relé FINDER byla dostatečně viditelná kvůli názorné ukázce jejich funkce, proto zůstanou všechny stěny kromě přední a zadní nezakryty. Z toho důvodu bude přední strana zakrytována průhledným plexisklem a na zadní stěně je umístěn plechový panel s osazenými konektory, na které jsou vyvedeny jednotlivé svorky z komponentů rozvaděče.

2.2 Rozvaděč

Základní konstrukci rozvaděče tvoří svařené L a U hliníkové profily o tloušťce 3 mm. Konstrukce z těchto profilů je už ověřena na dvou výukových přípravcích (Laboratorní přípravek s frekvenčním měničem Siemens Micromaster, výukové přípravy se softstartery). Hliník jako konstrukční materiál je dnes velmi oblíbený díky své nízké hmotnosti a odolnosti proti korozi. Největší nevýhodou je pravděpodobně jeho svařování. Tloušťka profilů byla vybrána s ohledem na dostatečnou tuhost a dobrou svařitelnost. Svařování proběhlo v ochranné atmosféře. Následné sváry byly vybroušeny, aby byl povrch hladký, vypadal dobře a nedošlo k poranění o otřepy. Pro umístění komponentů do rozvaděče je uprostřed navařený držák pro DIN lištu, který je složen ze tří U profilů. Na držák by se dal použít i klasický rovný profil, ale při špatné manipulaci by mohlo dojít k jeho poškození a při svařování by se mohl zkroutit. Použitím U profilu dosáhneme větší pevnosti a lepší svařitelnosti za téměř stejnou cenu.

Na trhu už jsou k dispozici plastové a kovové rozvaděčové skříně. Plastový rozvaděč se vyznačuje levnou cenou, ale jeho odolnost vůči mechanickému poškození je v našem případě nedostatečná. Při splnění podmínek na viditelnost komponentů uvnitř rozvaděče by se musely jednotlivé stěny vyřezat a plastový rozvaděč by přišel o svoji pevnost. Kovový rozvaděč by byl

lepší volbou než plastový, ale jejich cena je příliš vysoká. Dají se pořídit kovové rozvaděče s průhlednými předními dvířky. Právě dvířka jsou v našem případě problém, protože aby se dalo EASY pohodlně ovládat muselo by být přimontováno na přední dvířka, to znamená, že vodiče k němu přivedené by byly pohyblivé a při otvírání by mohly být poškozeny. Stejně jako u plastového rozvaděče by i zde musely být vyřezány otvory pro dostatečnou viditelnost. Kovový rozvaděč by nepřišel tolik o svoji pevnost, ale pořád je sestavený ze slabých plechů bez žádných vzpěr, což by mohlo způsobit jeho zkroucení. Ve výsledku je vytvoření vlastního rozvaděče z hliníkových L profilů méně časově a cenově náročnější než kupovat hotový a ten pak následně upravovat. Jedinou komplikací je špatná svařitelnost hliníku.

Celkové rozměry byly navrženy nejdříve podle komponentů osazených na DIN lištu a následně pak přizpůsobeny zadnímu panelu s ohledem na bezpečnost. Na konektorech některých částí se může vyskytovat napětí až 250 V, proto byla zvolena izolační vzdálenost mezi jednotlivými konektory 15 mm.

Přední panel je tvořen průhledným plexisklem s vyříznutými otvory pro ovládání EASY a případnou možností výměny mechanických relé FINDER. Zadní panel je z 1,5mm silného plechu ustřiženého na hydraulických nůžkách. Hrany byly následně strženy, aby nemohlo dojít k úrazu. Zadní panel je polepen popisky pro jednotlivé konektory. Pro připevnění na rozvaděč obou panelů bylo celkem použito 12 podložek, 12 šroubů a 12 matek se závitem M4.

2.3 Návrh zapojení

Veškeré vstupy a výstupy jednotlivých komponentů jsou vyvedeny na konektory zadního panelu. Konektory byly zvoleny tak, aby splňovaly izolační pevnost do 1 000 V s maximálním proudem 32 A a mohli jsme je použít pro zařízení na 250 V. Pro snadnější zapojení mají konektory připojení „faston“ není tedy nutné je šroubovat nebo pájet. Připojované vodiče jsou opatřeny „faston“ konektory s izolací, aby nemohlo dojít k dotyku. Konektory mají různou barvu a jsou rozděleny do skupin, aby byla zachována přehlednost při zapojování. Pro připojení napájecího kabelu je na zadním panelu umístěna zásuvka s vnitřní pojistkou typu T velikosti 1 A jako ochranný prvek pro napájení bezpečnostního napájecího zdroje. Za ní je zapojen v sérii hlavní vypínač. Jednotlivé svorky mechanických relé jsou na zadní stranu vyvedeny do trojúhelníkového uspořádání, které tvoří vždy jedna kontaktní sada elektromechanického relé FINDER. Jednotlivé kontaktní sady od stejného relé jsou řazeny pod sebe do sloupce. Vedle těchto čtyř sloupců je umístěn sloupec pro zapojení osmi vstupů do EASY a osm výstupů pro nulové svorky ze zdroje pro připojení externích čidel s cizím napájením. Nad konektorem pro síťový kabel a hlavním vypínačem jsou umístěny dvě pouzdra

na pojistky. Jedno pouzdro je určeno pro vyvedení napájecího výstupu 24 V a druhé pouzdro je připojeno před napájením EASY. Nad nimi jsou ještě umístěny čtyři napájecí konektory, dva jsou připojené na kladný pól zdroje 24 V a dva konektory na záporný pól zdroje 0 V.

2.3.1 Elektromagnetická relé



Obr. 8 - Relé Finder 55.34

Přípravek má sloužit pro názornou ukázkou různých laboratorních úloh včetně rozběhu malých motorů. EASY má tranzistorové výstupy s maximální zatížitelností 0,5 A, abychom tyto výstupy zbytečně nenamáhali nebo mohli použít i pro větší indukční zátěže jako například motory. Rozvaděč byl osazen čtyřmi paticemi pro relé na DIN lištu FINDER 94.74. Patice se umístí na společnou DIN lištu vedle EASY a napájecího zdroje. Z tohoto důvodu byly vybrány patice s nižším výškovým profilem 27 mm, aby tolik nepřechňovaly ven z rozvaděče. Maximální zatížitelnost kontaktů patice je 10 A a 250 V. Průřez jednoho vodiče pod šroubovou svorkou může být maximálně 2,5 mm² nebo dvou vodičů pod jednou svorkou 1,5 mm². Utahovací moment svorek je 0,5 Nm. Patice je osazena miniaturním průmyslovým relé FINDER 55.34.9.024.0040 (obr.8) s cívkou na 24 V stejnosměrných. Relé má čtyři kontaktní sady. Ta má jeden kontakt společný a dva přepínací NC a NO. Maximální trvalý proud je 7 A, jmenovité napětí je 250 V. Jmenovitý příkon cívky je 1 W a spíná již při 12 V. Kontakty jsou vyrobeny z AgNi. Pro různé typy zátěže se maximální spínaný výkon může lišit (viz tabulka 2).

Aby nedošlo k poškození výstupů EASY, je patice relé osazena modulem, který má zelenou indikační LED diodu s paralelně zapojenou ochranou diodou. Ten je uvnitř patice paralelně spojen s kontakty ovládací cívky relé. Ochranný modul se používá proti přepětí vyvolaného cívkou při vypínání cívky. Napěťová špička v obvodu je při rozepnutí 6 -10krát větší než je napájecí napětí. Proti tomuto přepětí je nutné výstupy PLC a hlavně polovodičové spínače chránit, proto se k cívce připojuje paralelně dioda v závěrném směru vůči směru proudu obvodu při sepnutém stavu. V sepnutém stavu má dioda velký odpor, aby na ní nevznikaly ztráty. Při vypínání má cívka opačné napětí, ale proud teče pořád stejným směrem. Dioda je

pak vůči cívce zapojena v propustném směru, indukovanému proudu klade malý odpor a obvod se přes ní uzavírá. [32]

Tabulka 2 - parametry relé Finder 55.34 [32]

Kontakty	
Max. trvalý proud/max. spínaný proud	7/15 A
Jmenovité napětí/max. spínané napětí	250 V
AC1 max. spínaný výkon	1 750 VA
AC15 max. spínaný výkon (230 V AC)	350 VA
AC3 zátěž, 1 fázový motor (230 V AC)	0,125 kW
AC3 zátěž, 3 fázový motor (400 V AC)	0,25 kW
DC1 max. spínaný proud: 30/ 110/ 220 V	7/ 0,25/ 0,12 A
Min spínaný výkon	300 mW (5/5 V/mA)
Cívka	
Jmenovité napětí	24 V DC
Jmenovitý proud	1 W
Pracovní rozsah	19,2 – 26,4 V
Přídržné napětí	12 V
Napětí návratu	2,4 V

2.4 Zapojení EASY

Jako napájecí zdroj bude sloužit bezpečnostní napájecí zdroj OEZ NZR-10T (obr.9), který bezpečně oddělí napájecí obvod o příkonu maximálně 10VA. Sekundární strana bezpečnostního zdroje je vybavena PTC odporem, který zajistí omezení nadproudu v sekundárním vinutí při přetížení a toto přetížení bude signalizováno červenou LED diodou. Při 24 V stejnosměrných je jmenovitý proud zdroje 0,3 A. Zdroj bude upevněn na DIN lištu a připojen vodičem o průřezu 0,75 mm².



Obr. 9 - Bezpečnostní zdroj OEZ NZR-10T

EASY je možné umístit buď na DIN lištu nebo na montážní desku, která je součástí volitelného příslušenství. Využijí zajišťovací mechanismus pro upevnění na DIN lištu. Napájecí napětí má jmenovitou hodnotu 24 V stejnosměrných v rozsahu 20,4 až 28,8 V a jmenovitý proud je 80 mA. Tento vstup by měl být chráněn 1 A pojistkou. Vstupní a výstupní svorky jsou připojeny ke konektorům na zadním panelu tmavě modrým vodičem o průřezu 0,75 mm². Pro správnou funkci tranzistorových výstupů je ještě nutné zapojit jejich napájení s jmenovitým napětím 24 V stejnosměrných v rozsahu 20,4 V – 28,8 V s předřazenou pojistkou 2,5 A. [37]

2.5 Popis EASY

EASY je programovatelný spínací a řídicí přístroj, který se používá jako náhrada za reléová a stykačová řízení. Někteří výrobci používají označení „mikro PLC“ nebo „programovatelné relé“. Tato zařízení nesmí sloužit jako náhrada za bezpečnostní prvky, pokud k tomu nejsou výslovně určeny. Firma EATON tato bezpečnostní řídicí relé označuje jako „EasySafety“ a většinou mají žlutou barvu krytu.

EASY obsahuje spínací a časové relé, komparátory, čítače a další speciální funkce. Díky tomu se nejen zjednodušuje návrh automatizačních řešení, ale i úspora nákladů a času na jejich provedení. Vhodnou kombinací všech funkcí lze získat mnoho řešení pro různé úlohy v různých odvětvích průmyslu a automatizace budov.

Funkce přístroje je možné kdykoliv přizpůsobit dané problematice dle požadavku, protože je relativně snadné upravit program přímo v jednotce. Odpadá tím složité drátování a zvětšuje se flexibilita a využitelnost. Spínací schéma si lze předem připravit v softwaru dodávaném k EASY. Je zde i možnost simulace tak, že jde program odzkoušet bez přítomnosti EASY. Pak už stačí jen pomocí propojovacího kabelu program nahrát do EASY.

2.5.1 Struktura EASY

EASY se skládá z několika částí. Vrchní panel je tvořen LCD displejem bez podsvícení. Ten slouží pro komunikaci s obsluhou, zobrazování libovolných textů s proměnnými, zadání hodnot na displeji nebo pro zobrazení stavu EASY, monitorování programu a programování funkcí. K ovládání těchto funkcí je samozřejmě nutná i klávesnice, která je umístěná vpravo vedle displeje. Ta se skládá z pěti tlačítek. Středové kruhové tlačítko slouží jako čtyři kurzorová tlačítka pro pohyb (nahoru, dolů, doleva, doprava), listování v menu a nastavení čísel operandů, kontaktů a hodnot. Kolem tohoto tlačítka jsou umístěna zbylá čtyři tlačítka, „DEL“ pro mazání, „ALT“ na speciální funkce v kontaktním schématu a stavovém displeji, „OK“ pro volbu položek v menu a potvrzování vložených údajů a poslední „ESC“ pro návrat zpět v menu nebo

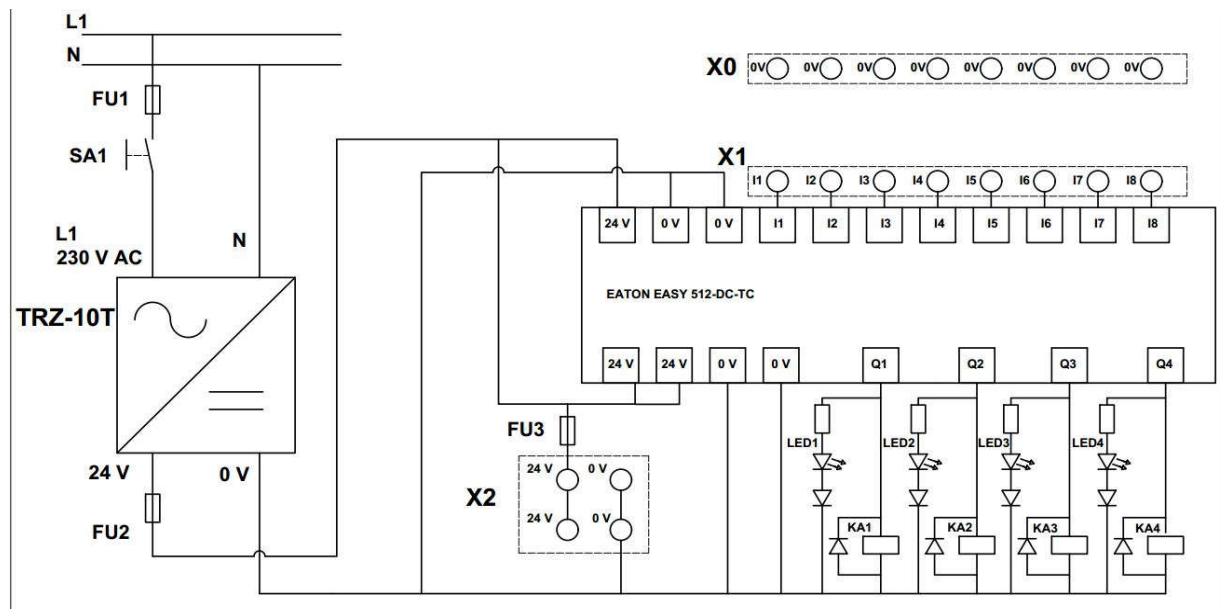
zrušení. Rozhraní pro připojení k PC je schováno pod odnímatelnou krytkou a pomocí speciálního komunikačního kabelu, na jehož konci je USB konektor, propojíme EASY



Obr. 10 - EATON EASY 512-DC-TC

s počítačem. V horní části EASY jsou umístěné tři šroubové svorky pro připojení napájecího napětí a osm šroubových svorek pro digitální a analogové vstupy.

V dolní části je umístěno osm šroubových svorek. Čtyři pro napájení tranzistorových výstupů a čtyři pro samostatné tranzistorové výstupy. Utahovací moment těchto svorek je 0,5 Nm až 0,7 Nm za použití šroubováku s čepelí 3,5 mm. Průřez vodičů musí být u tvrdého vodiče od 0,2 až do 4 mm² a u lankového s dutinkou od 0,2 až po 2,5 mm².

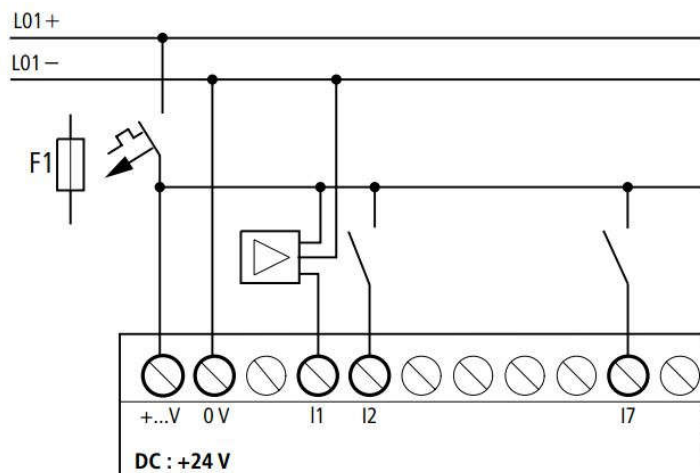


Obr. 11 - Schéma zapojení rozvaděče

EATON EASY řady 500 není rozšiřitelné o další vstupy, výstupy a podobně. Lze připojit pouze vzdálený textový displej, který slouží k zobrazování a ovládání až do vzdálenosti 5 m od EASY např. pro umístění na rozvaděč nebo na ovládací panel. Popřípadě pokud by

nestačil tento jednoduchý displej, je možnost připojit i dotykový panel XV. Poslední možností je připojení ethernetové brány. [38]

2.5.2 Připojení digitálních vstupů



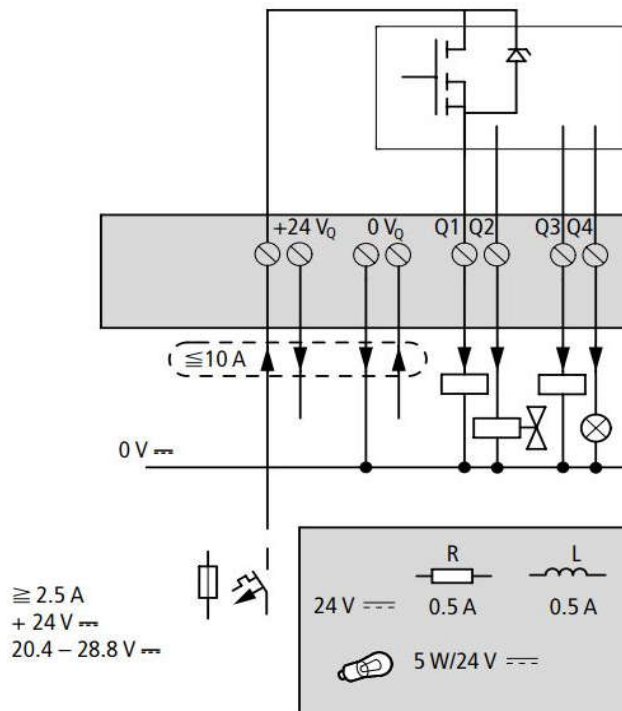
Obr. 12 - Napájení a připojení digitálních vstupů EASY [38]

Digitální vstupy slouží k přivedení dvoustavového signálu z připojených tlačítek, spínačů, tří nebo čtyř vodičových přibližovacích snímačů na vstupní svorky I1 až I8. Z důvodu vysokého zbytkového proudu by se neměly používat dvou vodičové přibližovací snímače. Přesné hodnoty napětí pro dvoustavové signály jsou uvedeny v tabulce 3. Digitální vstupy I1 až I4 mohou být využity pro připojení rychlých čítačů a frekvenčních snímačů. Tyto vstupy jsou s čítači trvale propojeny. Vstupy I1 a I2 jsou připojeny na rychlý čítač vpřed a vzad a I3 a I4 jsou napojeny na měřič kmitočtu. EASY zpracovává pravoúhlé signály. Doporučený poměr impulsu a mezery by měl být 1:1, popřípadě minimální doba mezery je 0,5 ms. Maximální čítací kmitočet je 1 kHz. Poslední dva digitální vstupy, tj. I7 a I8, jsou schopny vyhodnocovat analogový signál v rozsahu 0 až 10 V. Pomocí jednoduchého doplňkového obvodu lze analogově vyhodnocovat také proudy 0 až 20 mA. Tento analogový vstupní signál se převádí na desetibitové digitální signály. Kde 0 V stejnosměrného napětí odpovídá číselně nule, 5 V odpovídá dekadické hodnotě 512 a 10 V dává dekadickou hodnotu 1 023. [38]

Tabulka 3 - hodnoty logické 0 a 1 [38]

Vstupy	Signál VYP	Signál ZAP	Vstupní proud
I1 až I6	0 až 5 V	15 až 28,8 V	3,3 mA při 24 V DC
I7, 8	0 až 5 V	Větší než 8 V DC	2,2 mA při 24 V

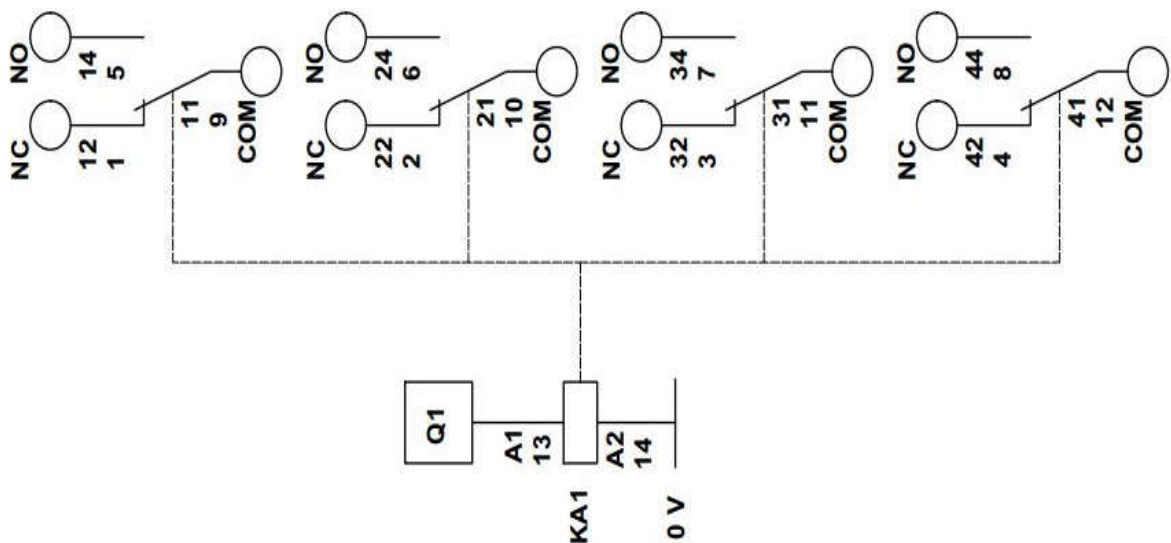
2.5.3 Připojení výstupů



Obr. 13 - Napájení a zapojení tranzistorových výstup [38]

Řídicí relé od firmy EATON jsou vyráběna se dvěma typy výstupu - reléové a tranzistorové. EATON EASY 512-DC-TC používaný na Katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě je vybaven pouze tranzistorovými výstupy bez galvanického oddělení.

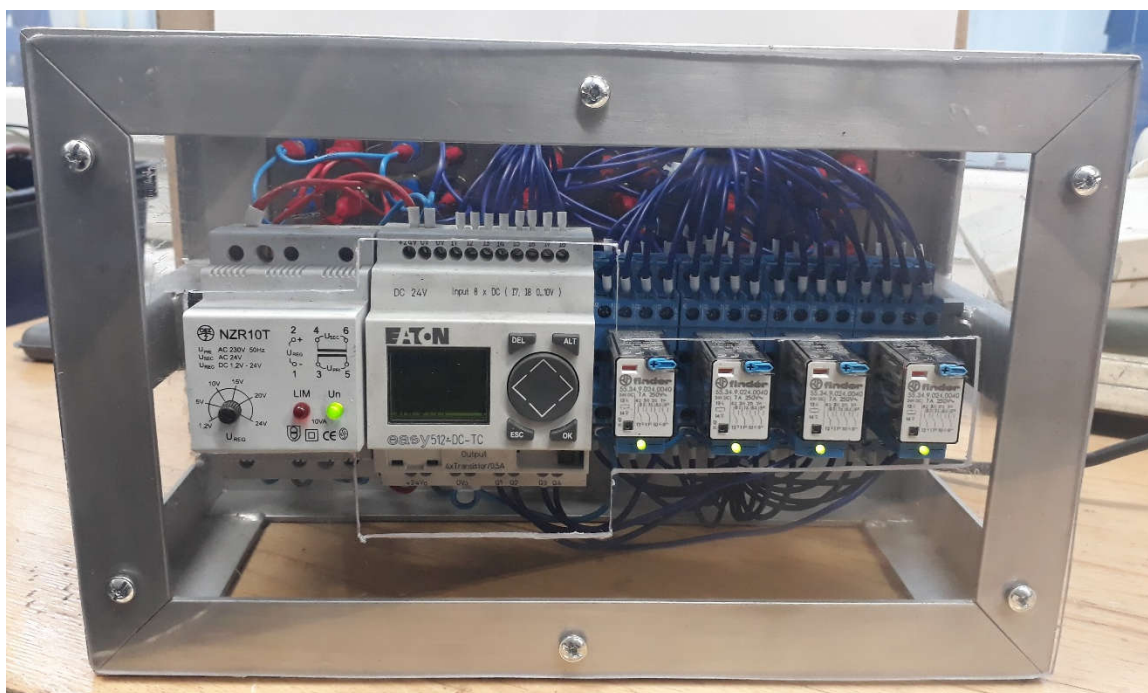
Pro napájení výstupů jsou na EASY připraveny napájecí svorky vedle těchto výstupů. K dispozici jsou čtyři výstupy - Q1 až Q4 s maximální proudovou zatížitelností 0,5 A. Pro zvýšení výkonu lze zapojit maximálně čtyři výstupy paralelně, přitom se výstupní proud počítá



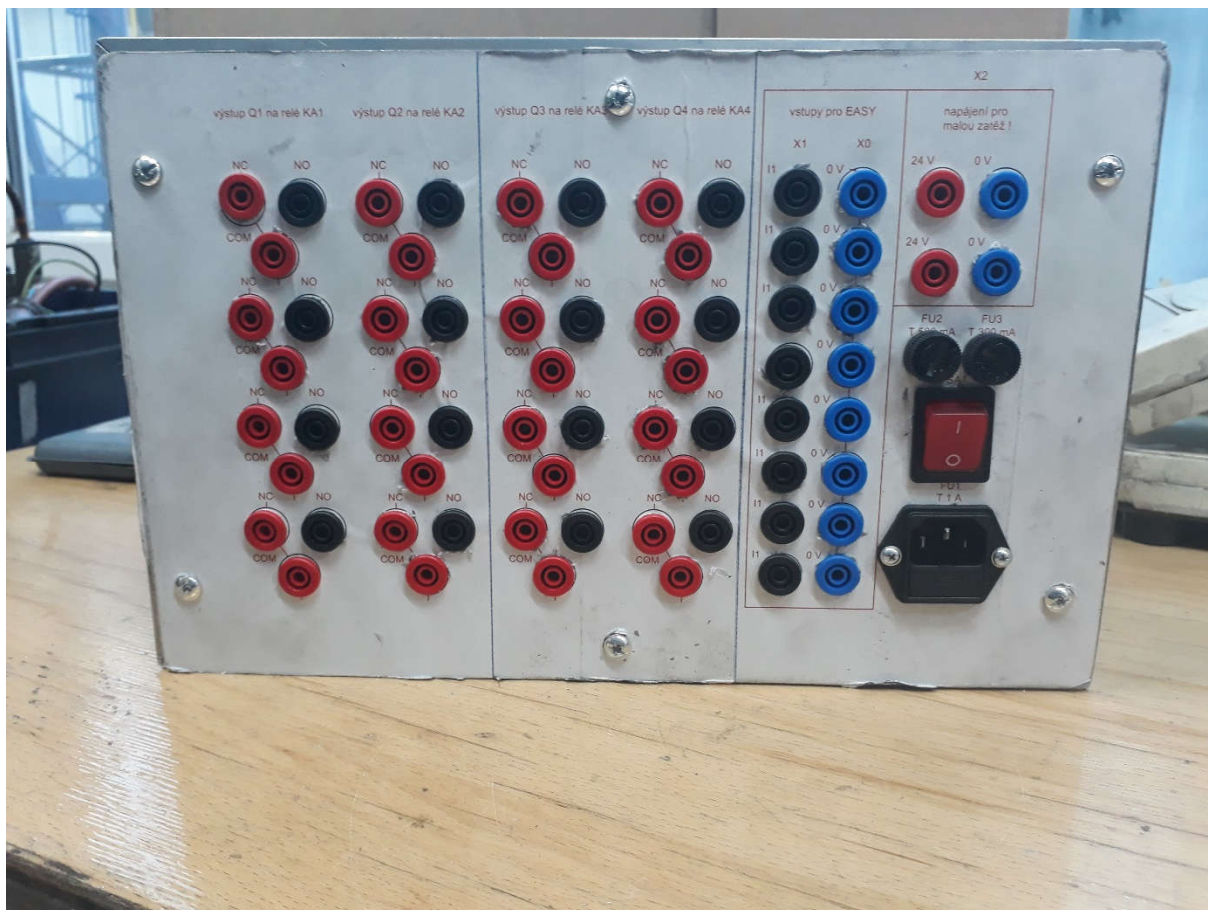
Obr. 14 - Schéma zapojení jednoho relé na zadním panelu

až na maximální hodnotu 2 A. Takto zapojené výstupy musí být řízeny současně. Indukční zátěž by měla být vybavena ochranným obvodem. V našem případě to zajišťuje ochranný modul s diodou na patici relé. Pokud by došlo na některém tranzistorovém výstupu ke zkratu nebo přetížení, tak se tento výstup vypne. Po ochlazení se výstup znovu zapne až do maximální teploty. Dokud tento zkrat nebo přetížení nebude opraveno, bude se tento výstup neustále zapínat a vypínat. Každý výstup je zapojen k jedné patici s relé FINDER. Každý výstup ovládá jedno relé. Výstup EASY je pomocí vodiče připojen na svorku A1 na patici a ta je propojena na pin relé 13. Každé relé pak má čtyři kontaktní sady. Jedna kontaktní sada je složená z jednoho společného kontaktu, který se připojuje mezi zbylé dva (jak je vidět na obrázku 14 výše - schéma je kresleno v nevybuzeném stavu relé KA1). Popisky jednotlivých kontaktů umístěné nahoře, respektive vlevo, označují značení svorek na patici (např. společný kontakt 11, rozpínací kontakt 12 a spínací 14) a druhé číslo je označení pinů na relé (společný kontakt 9, rozpínací kontakt 1 a spínací 5). [38]

2.6 Fotky přípravku



Obr. 15 - Pohlední z přední strany



Obr. 16 - Pohled na zadní panel

3 Programování EASY

Před samotným zapnutím EASY je potřeba zkontrolovat, jestli je na zdroji správně nastavené napětí a není přepólováno. Je nutné se ujistit, že všechny šroubové svorky jsou řádně dotaženy a všechny konektory správně zastrčeny. EASY nemá svůj vlastní vypínač, ale v našem případě je toto vyřešeno kolébkovým vypínačem vřazeným hned za hlavní napájecí konektor na 230 V.

3.1 První zapnutí

Při prvotním zapnutí se nejdříve zobrazí výběr uživatelského jazyka a pomocí kurzorového tlačítka si vybereme vhodný jazyk a potvrdíme tlačítkem „OK“ a klávesou „ESC“ opustíme menu. EASY má českou podporu, takže kompletní menu je v českém jazyce. Jazyk jde dodatečně přes nastavení změnit. EASY má dva provozní režimy „RUN“ a „STOP“. V provozním režimu „RUN“ provádí funkci uloženého spínacího schéma nepřetržitě, dokud ne zvolíte režim „STOP“ nebo neodpojíte napájecí napětí. Pokud dojde k výpadku proudu, spínací schéma, parametry a nastavení zůstávají zachovány. Jakmile dojde k obnově napájecího napětí, EASY začne provádět uložené spínací schéma v režimu „RUN“. Je možné zapnout funkci, aby po obnovení napájecího napětí naběhl režim „STOP“. Zadání spínacího schématu je možné pouze v provozním režimu „STOP“.

3.2 Základy programování

Programování v našem případě znamená vytváření obvodu za pomoci kontaktů a relé. Jde vlastně o elektrické schéma ovládacího obvodu překreslené do trochu jiné podoby. Program jde do EASY dostat dvojím způsobem. První možností je vytvoření programu přímo na EASY pomocí klávesnice a displeje. Není to zrovna efektivní způsob, ale pro drobné úpravy nebo jednoduchý program postačí. Pro pohodlnější, přehlednější a snadnější programování je tu druhý způsob, a to vytvoření programu pomocí speciálního softwaru a následné nahrání programu pomocí propojovacího kabelu do EASY.

3.2.1 Programování přímo na EASY

Po zapnutí EASY se zobrazí stavový displej (obr. 17). Ten informuje o základním stavu zařízení a jeho režimu. Stavový displej EASY má 4 řádky. Na prvním se nám zobrazují vstupy, druhý řádek je pro rozšířené funkce (remanence/zpoždění vstupů) a moduly. Třetí řádek zobrazuje den v týdnu a čas nebo datum a chování při startu. Na posledním řádku se zobrazují sepnuté výstupy a režim „RUN“ nebo „STOP“.

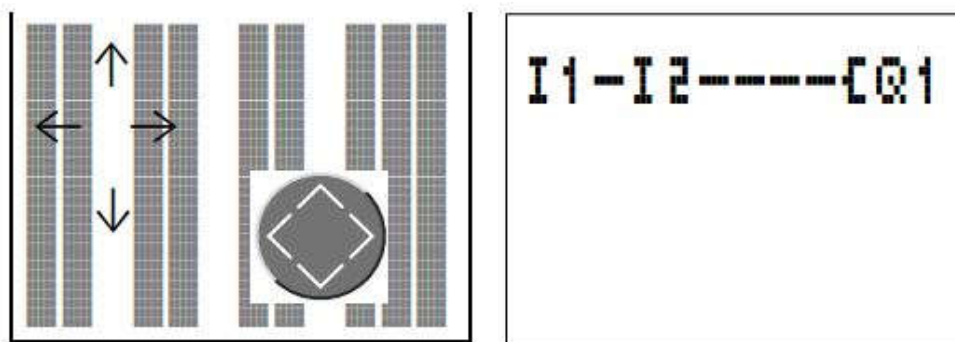
Pomocí klávesy „OK“ se dostaneme do hlavního menu. Zde vybereme za pomoci šipek položku menu „PROGRAM“ a potvrdíme klávesou „OK“, tím se dostaneme do nižší úrovně menu „PROGRAM“. Jsou zde dvě možnosti: „PROGRAM“ a „MAZANI PROG.“ Tyto dvě možnosti jsou k dispozici pouze pokud je EASY v režimu „STOP“. Výběrem první možnosti přejdeme do spínacího schématu, kde můžeme upravovat program a parametry. Druhá možnost „MAZANI PROG.“ slouží ke smazání programu. Při jejím výběru se nás EASY zeptá, jestli



Obr. 17 - Stavový displej EASY [38]

chceme program „VYMAZAT?“ a až následným stlačením klávesy „OK“ se program nenávratně smaže. Nehrozí tedy, že bychom si náhodně program smazali.

Po výběru „PROGRAM“ a stlačení klávesy „OK“ se zobrazí prázdné spínací schéma. Vlevo nahoře bliká kurzor, zde zahájíme naše propojování schématu. První tři dvojité sloupečky jsou pole kontaktů, úplně pravý sloupeček je pole cívek, respektive výstupů (obr.18a). Stisknutím klávesy „OK“ se do prvního sloupečku umístí první vstup I1. Písmeno I



Obr. 18a - Struktura spínacího schématu [38] 18b - Zapojení spínacího schématu [38]

bliká a pomocí kurzorových tlačítek nahoru a dolů ho může změnit na požadovaný spínací kontakt, viz dokumentace Easy Eaton [38] (strana 83-84). Stiskem klávesy „OK“ nebo šipkou vpravo se přesuneme na pozici s číslem, kde zase pomocí šipek nahoru a dolů zvolíme požadované číslo kontaktu. Následně, šipkou vpravo nebo tlačítkem „OK“, se posuneme do vedlejšího sloupečku. Tímto způsobem do prvních tří sloupečků zapíšeme veškeré kontakty obvodu. Pomocí tlačítka „DEL“ vymažeme kontakt nebo propojení na pozici kurzoru. Kurzorem přejdeme na poslední sloupeček cívek. Po stisknutí „OK“ se zobrazí výstupní

kontakt Q1. Zase pomocí šipek nahoru a dolů zvolím námi potřebnou funkci. Zbývá už jen vše propojit.

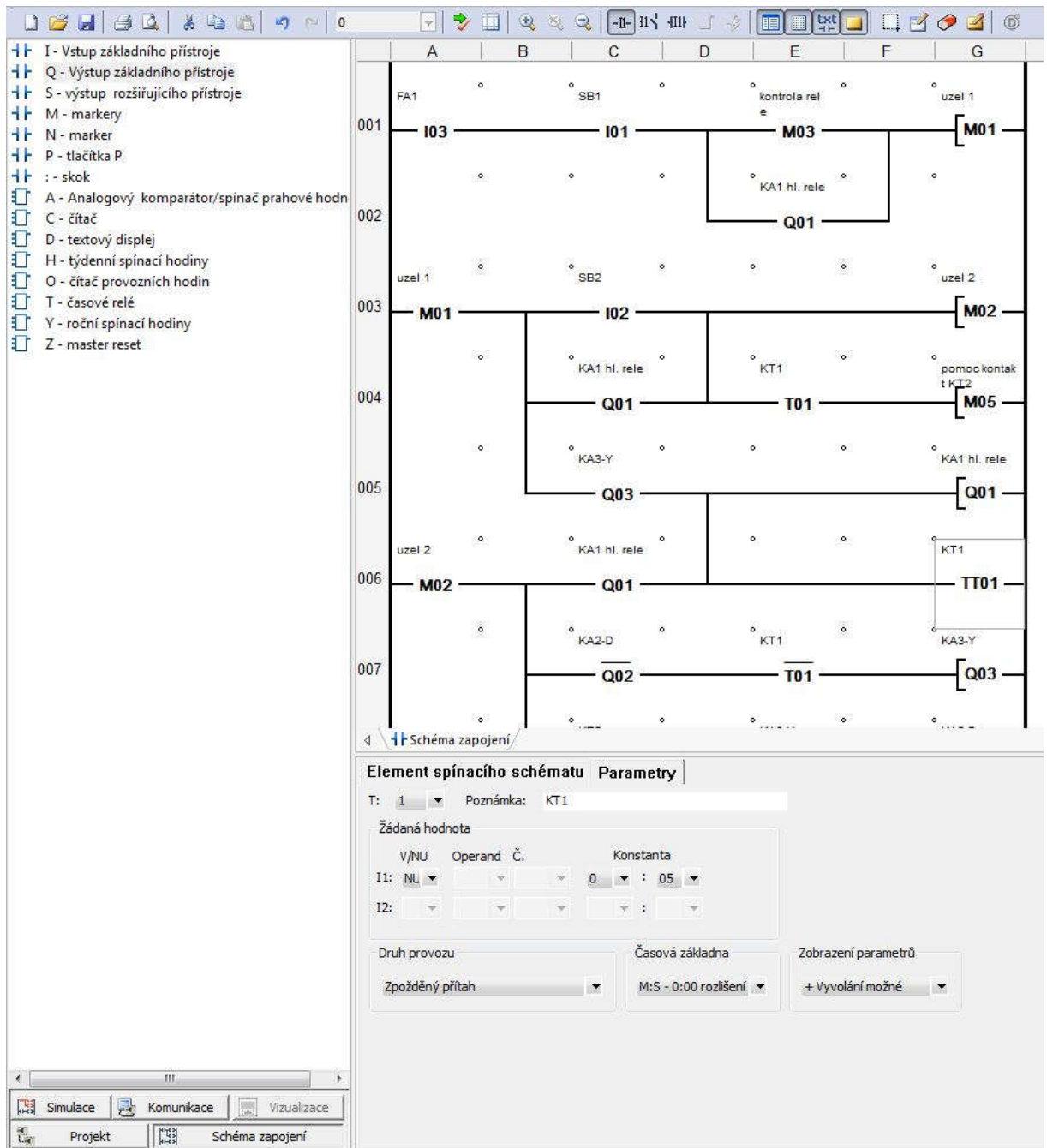
To se provádí za pomoci tlačítka „ALT“. To mimo jiné slouží k přepnutí kontaktu ze spínacích na rozpínací a k vložení nového řádku, pokud je kurzor umístěn úplně vlevo na začátku řádku. Po stisknutí „ALT“ se objeví šipka propojovacího pera. To funguje mezi kontakty a relé. Pokud jsou všechny čtyři sloupečky plné, celý řádek se propojí sám. Propojovat začínáme po přesunutí kurzoru na první volnou pozici za kontaktem stisknutím „ALT“ a pomocí kurzorových šipek se pohybujeme k cívce, kterou chceme tímto kontaktem ovládat. Dostane-li se pero na kontakt nebo cívku, pero se změní zpět na kurzor.

Po dokreslení schématu stisknutím „ESC“ opustíme tvorbu schématu. Zobrazí se menu s položkami „ULOZENI“ a „ZRUSENI“. „ULOZENI“ uloží schéma do paměti EASY a „ZRUSENI“ ponechá v paměti původní schéma před editací. Potvrdíme jednu z těchto možností tlačítkem „OK“. Teď stačí už jen program spustit. To se provede v hlavním menu vybráním položky „STOP √ RUN“ a stisknutím „OK“ se EASY přepne do „RUNu“. Pomocí „ESC“ přejdeme do stavového displeje. Na prvním řádku uvidíme aktivní vstupy a na spodním řádku aktivní výstupy. Zobrazení toku proudu provedeme přepnutím do hlavního menu pomocí „OK“ a přes „PROGRAM“. Pokud po dané cestě teče proud, čárkovaná propojovací čára se zdvojí. Takto je možné otestovat i nedokončené schéma. EASY ignoruje ještě nefunkční propojení a vykonává jen hotová spojení.

3.2.2 Programování pomocí softwaru easySoft

Aby programování relé bylo snazší, dodává Eaton ke své řadě produktů „Easy“ počítačový program easySoft-Pro, který je buď na přiloženém CD nebo je dostupný na webových stránkách www.eatonelektrotechnika.cz. Ten má českou lokalizaci tak, že i začátečník se velmi rychle naučí s programem pracovat. Pomocí programu můžeme vytvářet, ukládat, simulovat a dokumentovat spínací schémata pro řídicí relé. Použitím programovacího kabelu „easy-USB-CAB“ můžeme přenášet, ovládat a zobrazovat si provozní stav připojeného řídicího relé. Kromě vlastní instalace programu easySoft-Pro je nutné nainstalovat ovladačem pro programovací kabel „easy-USB-CAB“.

Při každém spuštění programu easySoft-Pro je potřeba si vybrat námi vlastněný typ přístroje a přetáhnout ho do pravého pole projektu. Software se nás zeptá ještě na verzi přístroje, tu nalezneme na boční straně řídicího relé. V levém dolním rohu přepneme na „spínací schéma“.



Obr. 19 - Návrh spínacího schématu v programu easySoft-Pro

V levém sloupci se objeví seznam všech funkcí, které řídicí relé podporuje. Zbytek okna se rozdělí na dvě části, kde do horní části vytváříme spínací schéma, a to tak že z levého sloupce přetahujeme jednotlivé kontakty do pole pro program. V dolní části okna je záložka se základními informacemi pro základní úpravu vlastního kontaktu. Některé kontakty, jako například časové relé, mají záložku „parametr“, kde se právě pro časová relé nastavuje jejich funkce a zpoždění (minimální hodnota, kterou lze nastavit, je 10 ms). Pro větší přehlednost ve schématu je dobré si u jednotlivých prvků psát poznámky. Na horním panelu máme k dispozici různé funkce, jako jsou výběr většího množství kontaktů najednou, kreslení proudových cest,

gumy, psaní poznámek. Mimo jiné se dá programovací pole přepnout z kreslení „zleva doprava“ na „ze shora dolů“. Program nabízí funkci „kontroly správnosti“, ta nás upozorní na neúplná schémata nebo různá nesmyslná zapojení. Tato funkce se automaticky zapne při přechodu do simulačního módu. Zde si můžeme vyzkoušet námi navrhnutý program. Zelenou šipkou na horním panelu se zapíná simulace. Levý sloupec se nám přepne na možnosti simulačního módu, kde si můžeme nastavit chování jednotlivých vstupů, jestli to jsou spínací, rozpínací kontakty nebo tlačítka. Pak je to jejich ovládání pomocí kurzoru myši, nastavení simulované hodnoty pro analogové vstupy, úprava simulačního cyklu, práce s *break pointem* a jako poslední je to možnost zobrazení jednotlivých funkcí, například odpočítávání času na časových relé. Včetně dění na stavovém displeji.

Poslední dostupnou funkcí programu pro naše EASY je „komunikace“. Pro navázání spojení si nejdříve vybereme správné rozhraní. V našem případě to je „COM4(EASY-USB-CAB)“ a klikneme na tlačítko „Online“. Zase v levém panelu máme zobrazeny možnosti „komunikace“. Komunikace s EASY probíhá v reálném čase. Může nahrát, stáhnout, vymazat nebo porovnat programy v PC vůči nahranému programu v EASY. V systémovém nastavení můžeme změnit jazyk, nastavit, jestli po výpadku napájení se má EASY zapnout do režimu „RUN“ atd. Předposlední položkou je nastavení hodin. Panel „zobrazení“ nám umožňuje sledovat veškeré funkce na EASY v reálném čase. Po výběru položky „Displej & tlačítka“ můžeme relé přímo ovládat, veškeré úkony provedené v programu easySoft-Pro se téměř okamžitě provedou i na samotném EASY, a naopak pokud bude fyzicky pracovat na EASY tak v programu easySoft-Pro uvidíme co se děje na displeji. Mimo jiné je zde i možnost vyfocení snímku obrazovky.

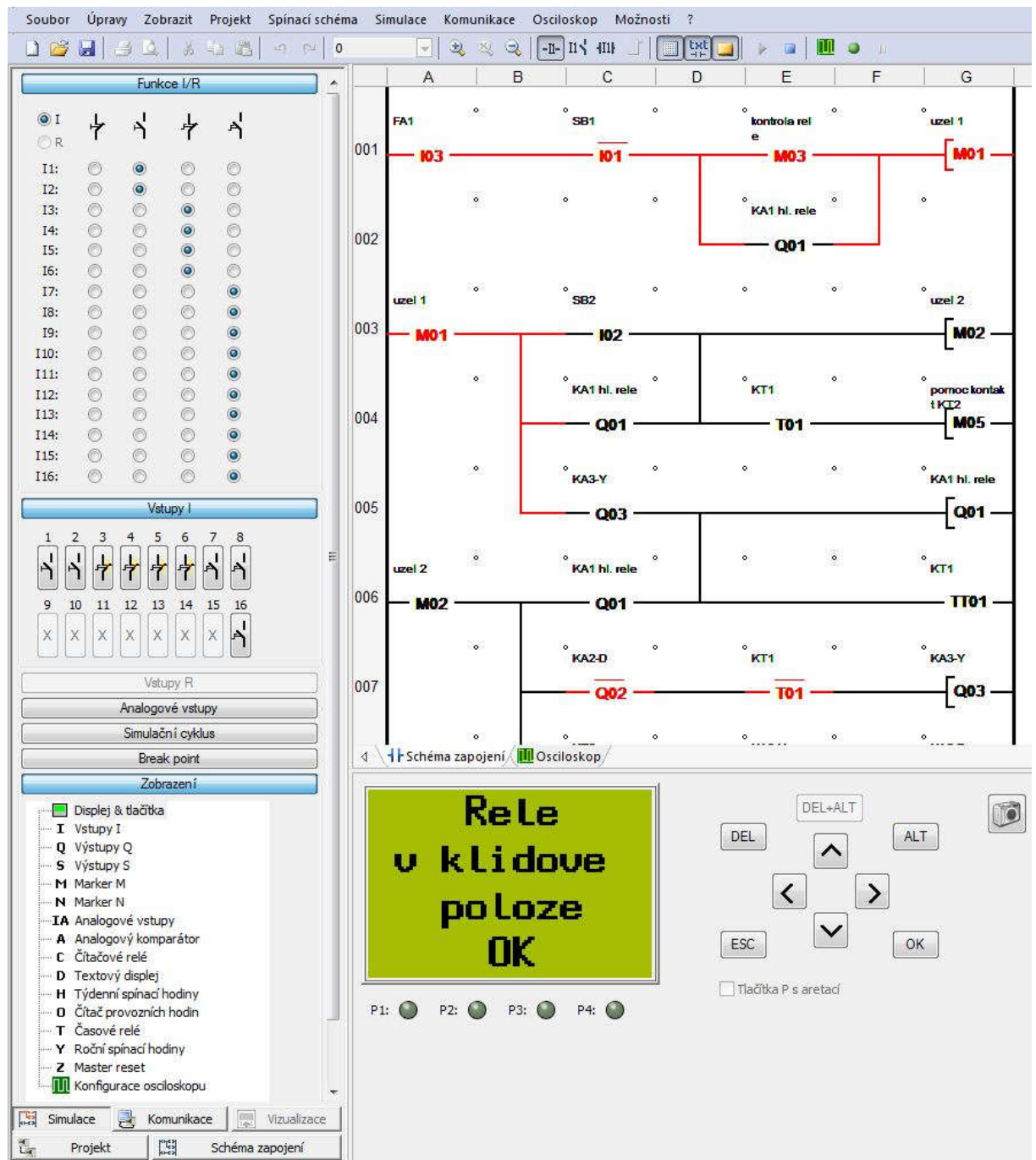
4 Naprogramování úlohy – rozběh hvězda/trojúhelník

Součástí bakalářské práce je naprogramování úlohy pro řídicí relé EATON EASY 512-DC-TC. Pro názornou ukázkou funkce EASY budu realizovat přepínač hvězda/trojúhelník třífázového motoru se dvěma časovými relé. Zapojení se bude skládat ze čtyř relé, dvou časových relé, dvou tlačítek se samočinným návratem, jednoho signalizačního světla a jednoho tepelného nadproudového relé. Na vstup EASY I1 přivedeme tlačítko SB1(rozpínací) pro vypnutí (zastavení) motoru, na vstup I2 připojíme tlačítko SB2(spínací) pro zapnutí (spuštění) motoru, na vstup I3 zapojíme pomocný rozpínací kontakt z tepelného nadproudového relé. Vstupy I4 - I6, před zapnutím motoru připojené ve spínacím schématu k pomocné cívce M03, použijeme pro kontrolu klidového stavu relé (KA1 – KA3). Pro realizaci řídicí funkce využijeme všechny čtyři výstupy EASY, respektive všechny čtyři připojené relé FINDER v rozvaděči. Tato relé mohou spínat třífázový motor o maximálním výkonu 0,25 kW. Při použití motoru s větším výkonem by bylo nutné motor řídit přes stykače připojené k relé v rozvaděči. Výstup Q1 bude sloužit jako hlavní relé KA1 pro připojení napětí k motoru, výstup Q2 bude ovládat relé KA2 pro zapojení trojúhelníku, výstup Q3 bude ovládat relé KA3 zapojené pro rozběh do hvězdy a výstup Q4 bude ovládat relé KA4 pro světelnou signalizaci (HL1) chodu motoru (pokud bude signalizace blikat s nastavenou periodou 0,5 s, je motor v zapojení hvězda, jestliže bude trvale svítit, motor běží v zapojení trojúhelník). Vnitřní časové relé KT1 bude určovat čas pro rozběh ve hvězdě (dobu rozběhu určujeme podle velikosti motoru, např. 5 s), po uplynutí nastaveného času se vypne výstup Q3 a tím relé KA3, současně s tím se sepne vnitřní časové relé KT2, které slouží jako ochrana proti zkratu, který by nastal při současném chodu relé KA2 a KA3. Časové relé KT2 nám zaručí, že obě relé KA2 a KA3 budou po krátkou dobu odpadlá (čas nastavujeme řádově v desítkách milisekund například 40 ms) a nedojde tak ke zkratu. Pro přehled o stavu řízení rozběhu motoru jsou na displeji zobrazovány provozní stavy automatického řízení. Celkem je k dispozici pět stavových hlášení. EASY neumí zobrazovat diakritiku. Tato hlášení jsou ve spínacím schématu značena jako DO1 - DO5. Zobrazovač DO1 zobrazuje hlášení „Relé v klidové poloze OK“ a kontroluje sepnutí vstupů I4 - I6, tyto vstupy jsou zapojeny přes klidové kontakty relé KA1 - KA3. Pokud je některé relé ve vybuzeném stavu, zobrazí se hláška „Rele nejsou v klidove poloze“ - to zajišťuje kontakt DO3 (zapojený jako negace kontroly vstupů I4 - I6). Kontakty DO1 a DO3 fungují pouze do doby, než se aktivuje výstup Q1 a zároveň pokud není aktivní kontakt zobrazení DO2 („výpadek ochrany FA1“) pro hlídání výpadku tepelné ochrany motoru FA1. Poslední dva zobrazovače

ukazují provozní stav přepnutí rozběhu, DO4 pro „rozběh hvězda“ a DO5 pro „provoz trojuhelník“.

Rozběh hvězda se používá z důvodu snížení proudového rázu, ale tím se sníží i jeho výkon, takže se může zapínat motor pouze s malou nebo žádnou zátěží. Po rozběhu na maximální otáčky se motor přepne do hvězdy.

Popis funkce spínacího schématu



Obr. 20 - Začátek simulace programu se zobrazeným displejem

Pro spuštění motoru je nutné, aby byly aktivní vstupy I1, I3 - I6, jinak se nedostane signál na kontakt tlačítka SB2 a přídržné kontakty cívek Q01 a Q03. Po aktivaci vstupu I2 (zmáčknutí SB2) se nejdřív sepne cívka Q3 a přes její pomocný kontakt se sepne i cívka Q1 a ta aktivuje časové relé TT01. Po uplynutí nastaveného času se odpojí cívka Q03 a po kontrole odpadu relé KA3 přes vstup I5 se následně sepne časové relé TT02, které po nastaveném čase aktivuje výstup Q02. Vstupy I1 a I3 jsou nadřazené celému spínacímu schématu. Pokud by na jejich svorkách byl signál logické „0“ došlo by k okamžitému vypnutí všech výstupů.

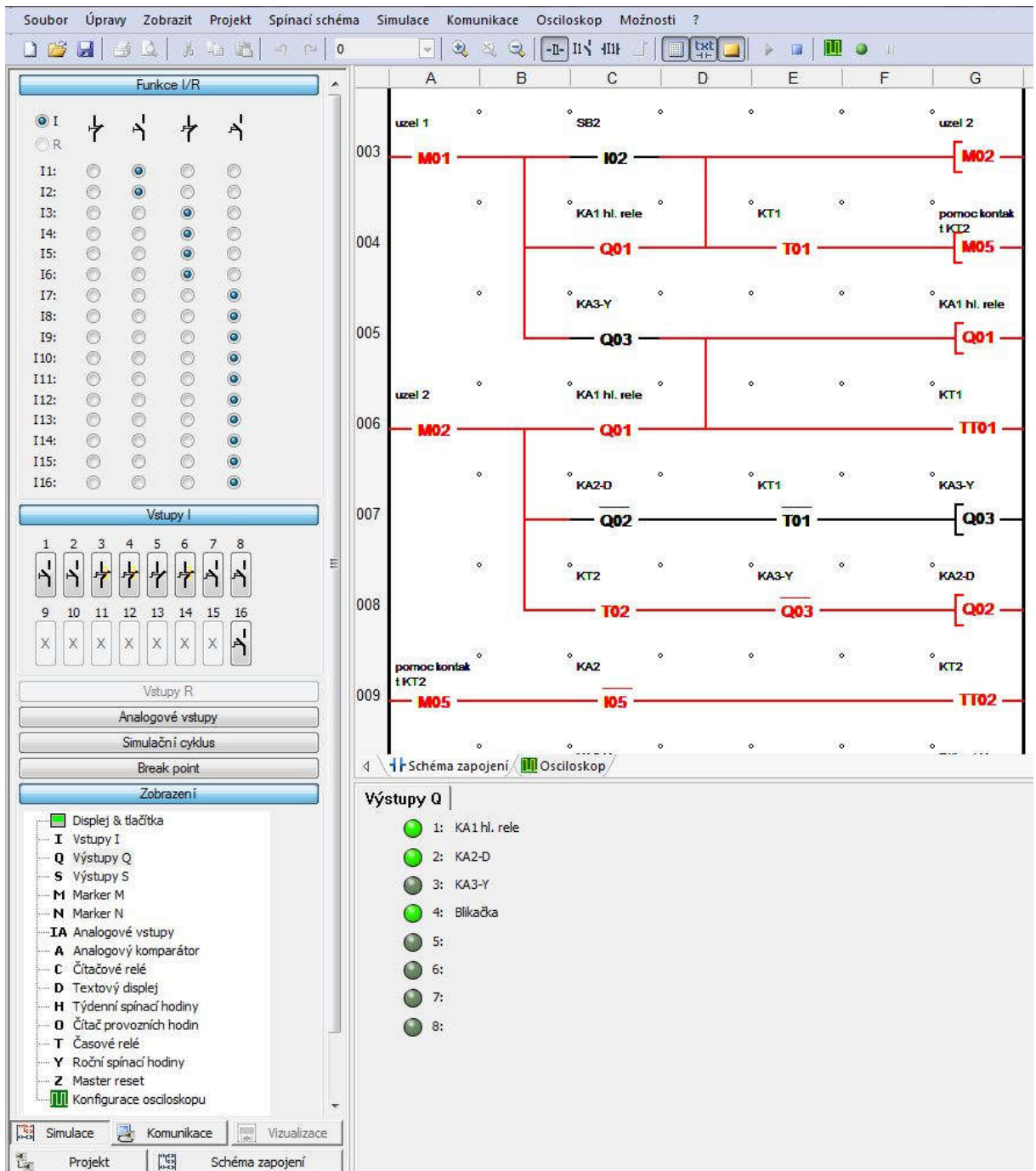
Tvorba samotného spínacího schématu není obtížná, ale je třeba si uvědomit, že lze kreslit pouze tři spínací kontakty za sebou, potom musíme umístit cívku nebo pomocnou cívku tzn. „marker“.

Tyto „markery“ jsou nedílnou součástí spínacího schématu, celkem jich můžeme mít až třicet dva. Používají se, pokud potřebujeme mít více jak tři spínací kontakty za sebou. Pokud budeme pracovat se stejnou kombinací kontaktů v různých částech schématu, zapojíme si je do cívky „markeru“ a pak libovolně umísťujeme jeho spínací kontakty do schématu. Pokud potřebujeme propojit více řádků mezi sebou, musíme vynechat první sloupec pro kontakty, protože tam je již spoj nakreslený, na který je přivedené „napětí“, takže máme k dispozici jen dva spínací kontakty místo tří a musíme použít další „marker“. Pokud máme spínací schéma předkreslené, je dobré si na něm vyznačit uzly, kde budeme nejspíše používat „markery“. K jednotlivým prvkům jdou napsat poznámky, ty se pak zobrazují na všech umístěních kontaktu daného prvku. Například pro Q01 máme poznámku „KA1“, všechny její kontakty budou mít tuto poznámku automaticky také a poznámka je zobrazena i u výběru čísla kontaktu, takže hned víme, jaký kontakt máme použít. Po kompletním zapojení spínacího schématu si lze jeho funkčnost ověřit v simulačním módu.

Než simulaci zapneme, je potřeba si nastavit funkci vstupů (I1 - I8), tzn. jestli se jedná o tlačítko (se samočinným návratem nebo přepínač) a pak o spínací nebo rozpínací kontakt. Bohužel v simulačním módu nelze mít zobrazeno více funkcí „Zobrazení“. Pro kontrolu jednotlivých funkcí musíme postupně přepínat jednotlivé možnosti „Zobrazení“.

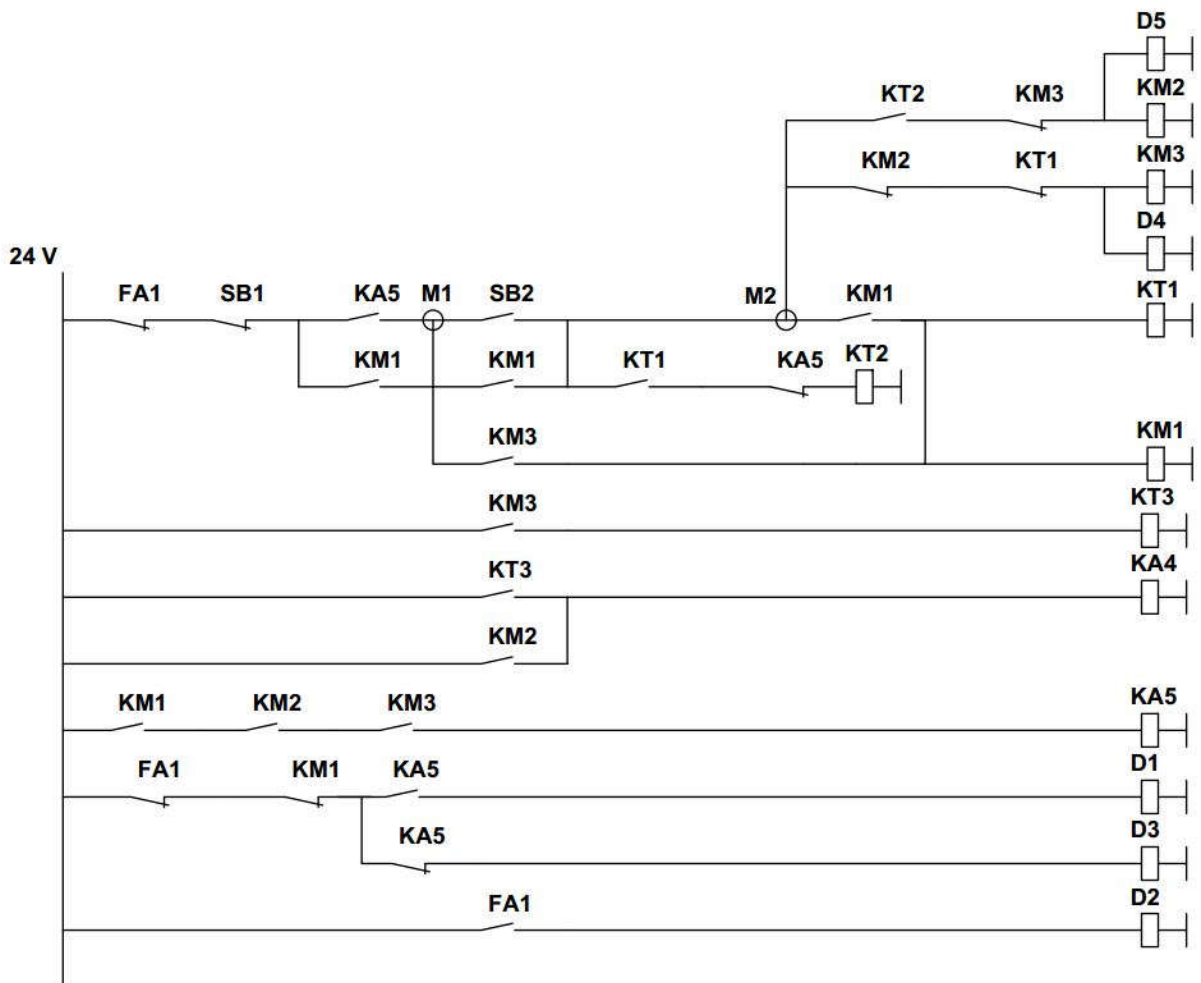
Simulace napoprvé neproběhly úspěšně, některé kontakty byly nevhodně umístěny a jiné zase byly špatně přepnuté (spínací/rozpínací). Po pár pokusech a úpravách základní řídicí funkce bylo dosaženo úspěšné simulace. Pak následovala zkoušení různých kombinací vstupních hodnot v různých fázích programu, abych se ujistil, že nedochází k chybám nebo špatným chybovým hlášením. Zde byly také drobné nedostatky, které jsem odstranil a program odhalil do úplné funkční podoby. Program není složitý, zabral ve spínacím schématu pouze 18 řádků v programu z možných 128. Jeho realizace pomocí tlačítek a displeje přímo na

EASY by byla obtížná a zdlouhavá. Pro odzkoušení by se nejdříve musela připojit jen tlačítka na vstup, aby simulovala veškeré funkce a relé by zůstala nezapojená, aby nedošlo k nějakému poškození. Jelikož jsem spínací schéma ověřil v simulaci, je možné vše hned zapojit a vyzkoušet. Doporučuji, aby se na první spuštění nezapojoval motor do sítě. Veškerá dokumentace k této úloze je uvedena v příloze.



Obr. 21 Simulace programu po přepnutí do hvězdy se zobrazením výstupů

4.1 Zapojení s relé



Obr. 22 - Reléové schéma zapojení

Na obrázku 22 je ukázka, jak by zapojení vypadalo při použití reléové logiky bez řídicího automatu. Většina stykačů má k dispozici v základní konfiguraci jeden až dva pomocné kontakty. V tomto zapojení každý stykač potřebuje tři nebo čtyři pomocné kontakty s rozdílnou funkcí. Ve schématu má KM1 tři spínací a jeden rozpínací kontakt, KM2 má jeden spínací a dva rozpínací a KM3 má dva spínací a dva rozpínací kontakty. Z toho vyplývá, že se stykače musí doplnit o pomocné kontakty nebo, pokud to výrobce dovoluje, pod jednu šroubovou svorku umístit dva vodiče. Dále pak budeme potřebovat tři časová relé, dvě pro funkci rozběhu a jedno pro signalizační světlo. Není zde potřeba relé KA4, přes které EASY ovládá světelnou signalizaci, tu můžeme připojit přímo na pomocné kontakty KT3 a KM2, ale stejně budeme potřebovat jedno relé KA5 navíc pro kontrolu klidové polohy stykačů. Cívky D1 - D5 jsou určeny pro signalizaci stavu řízení například do zobrazovací jednotky nebo PLC. Výhodou tohoto klasického zapojení je, že můžeme použít rovnou stykače pro velké motory narozdíl od EASY, které má omezený spínaný proud na 0,5 A, takže je nutné použít relé a přes něj spínat

stykač. Nevýhodou je samozřejmě propojení takového zapojení. Se zapojením EASY nám stačí pouze jeden pomocný kontakt na stykači a je jedno jestli spínací nebo rozpínací, v programu si můžeme invertovat vstupy. Dále nepotřebujeme ani jedno časové relé, to řeší přes program a dosahujeme větší přesnosti nastavených časů. Světelná signalizace by šla zapojit přímo na výstup EASY, teoreticky by nemuselo být použito relé KA4. Celkovou výhodou EASY je hlavně úspora vodičů a času při jejich zapojování. Při využití displeje pro diagnostiku můžeme zkrátit čas pro hledání a řešení závady.

5 Závěr

Prvním cílem práce bylo seznámení se s řídicím relé EATON EASY 512-DC-TC a základy automatizace. Pak na základě získaných informací navrhnout, zkonstruovat a zapojit laboratorní přípravek s tímto řídicím relé.

Navrhnout tento přípravek nebylo jednoduché, protože se jedná o univerzální zařízení a je od něj očekáváno široké využití. Bylo nutné brát ohled na stabilitu konstrukce a její odolnost a zároveň na názornost ukázky všech komponentů umístěných v laboratorním přípravku. Návrh konstrukce i komponenty byly několikrát změněny, než bylo dosaženo požadovaného výsledku. Některé komplikace se ukázaly až při jeho samotné konstrukci a již nebylo možné nic změnit, ale jelikož měl návrh jistou rozměrovou rezervu, bylo vše vyřešeno. V přílohách je umístěna tabulka s celkovými náklady na realizaci celého přípravku.

Výsledná zrealizovaná úloha názorně ukázala základní funkce řídicího relé EASY, využila časová relé, zobrazení informací na displeji a všechny výstupy. Dále na ní byla užitá funkce simulace, aby nedošlo při ostrém spuštění k poškození komponentů.

Tento přípravek je vhodný pro názornou a bezpečnou ukázkou funkce automatizačních úloh. Určitě najde i využití při různých měřeních a podobně. Většina cílů práce byla splněna i přes některé komplikace.

Použitá literatura

- [1] ZÁKLADNÍ INFORMACE O PRŮMYSLOVÉ SBĚRNICI PROFIBUS - ČÁST I. FOXON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/cs/blogs/40-zakladni-informace-o-prumyslove-sbornici-profibus-cast-i.html>
- [2] ANZÁLEK, Zdeněk a Pavel BURGET. Průmyslová sběrnice Profibus. Vyvoj.hw.cz [online]. 2004 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/prumyslova-sbornice-profibus.html>
- [3] BURGET, Pavel. Profibus-PA – řešení pro automatizaci procesů. AUTOMA [online]. 2001(01) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/profibus-pa-reseni-pro-automatizaci-procesu-2001_01_33429_1592/
- [4] VOJÁČEK, Antonín. MODBUS. Automatizace.hw.cz [online]. 7. červenec 2004 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2004070701>
- [5] RONEŠOVÁ, Andrea. Přehled protokolu MODBUS [online]. 2005 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [6] POLÁK, Karel. Sběrnice CAN. Elektrorevue [online]. 16.6.2003, 2003(21) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>
- [7] Řízení pohonů pomocí PLC s využitím sběrnice CAN [online]. Brno, 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8973.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Radomil Matoušek Ph.D.
- [8] TARABA, Radek. Aplikování sběrnice CAN. Vyvoj.hw.cz [online]. 9. Listopad 2004 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/aplikovani-sbornice-can.html>
- [9] Co je to SCADA?. PROMOTIC SCADA visualization software [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>

[10] SLÁDEK, Oto. [Http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/43728.pdf](http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/43728.pdf). AUTOMA [online]. 2011(06), 1 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/43728.pdf

[11] ŠPAČEK, Karel. Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení. ELEKTRO [online]. 2010(08) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnostni-prvky-pro-strojni-zarizeni-10599>

[12] VRÁNA, Václav. Bezpečnostní logické obvody (BLO) strojů a strojních zařízení [online]. 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Bezpecnostni%20obvody_07.pdf

[13] Brochure_logo8_2017-2_cz. Siemens [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/logo/brochure_logo8_2017-2_cz.pdf

[14] Mikrosystémy. Siemens [online]. 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/cenik_micro_2018-02-01_cz.pdf

[15] Automatizace. ELUC [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/929>

[16] TŮMA, Jiří, Renata WAGNEROVÁ, Radim FARANA a Lenka LANDRYOVÁ. Základy automatizace. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/Zaut/Skripta_text.pdf

[17] Číslicová technika. ELUC [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/474>

- [18] KOLÁŘ, Václav. Logické řízení. ELUC [online]. 2006 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/05_logicke_rizeni.pdf
- [19] VRÁNA, Václav. Základy logického řízení [online]. 2007 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Zaklady%20logickeho%20rizeni%20_07.pdf
- [20] SSR neznamená jen "super spolehlivé relé". SOS electronic [online]. 2015 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.soselectronic.cz/articles/no-name/ssr-neznamena-jen-quot-super-spolehlive-rele-quot-1675>
- [21] Typy spínacích relé: mechanické, polovodičové (SSR), interní nebo externí. OMEGA [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.omegaeng.cz/technicke-clanky/typy-spinacich-rele-mechanicke-ssr-interni-externi.html>
- [22] Automatizační systémy [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=1d37de2332&ctxp=home>
- [23] CENDELÍN, Jiří. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. AUTOMA [online]. V Plzni, 2003(06) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/historie-programovatelnych-automatu-a-jejich-soucasne-efektivni-pouziti-2003_06_28831_523/
- [24] KOŠÍČEK, František. Využití programovatelného logického automatu Siemens LOGO! při výuce automatizace a elektroniky na SŠ [online]. V Českých Budějovicích, 2012 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://theses.cz/id/c72avm/Kosicek_DIPLOMOVA_PRACE.pdf. DIPLOMOVÁ PRÁCE. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph. D.
- [25] Řídící relé EASY a MFD titan. EATON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/cz/ridici-rele-easy-a-mfd-titan.html>

- [26] VRÁNA, Václav. 6. ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE (EPř) [online]. Ostrava, 1998 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/PRISTROJ.pdf>
- [27] BEŠTA, M. STYKAČE A RELÉ. Studijní materiály elektro [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.2-Styka%C4%8D-a-rel%C3%A9.pdf>
- [28] ZEN-10C. OMRON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://industrial.omron.cz/cs/products/zen-10c#specifications_ordering_info
- [29] Teco SG2 Programovatelné relé (PLC). PAPOUCH.com [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.papouch.com/cz/shop/product/teco-sg2-plr-programovatelne-rele/sg2-12ht-d/>
- [30] Technické vysvětlivky. Finder [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.findernet.com/sites/all/files/user_136/technicke_vysvetlivky.pdf
- [31] Dsh.811-152.1. GME [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.811-152.1.pdf>
- [32] Řada 55 - Relé průmyslové, 7 - 10 A. GME [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.839-052.1.pdf>
- [33] ELEKTRICKÉ ZDROJE. OEZ [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/3190-Z01-06_CZ_SK.pdf
- [34] Přehled průmyslových výrobků. EATON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/__files/upload/content/ca08103003z_cz.pdf
- [35] Řídicí relé EASY a modulární PLC. EATON [online]. 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/__files/upload/content/easy.pdf
- [36] Programovatelná relé Zelio Logic. Schneider-electric [online]. 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://download.schneider->

electric.com/files?p_Reference=S684&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=8862814838&p_File_Name=S684.pdf

[37] Uživatelský manuál xLogic. Xlogic-plc [online]. 2011 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.xlogic-plc.cz/downloads/navod-xlogic.pdf>

[38] Řídicí relé EASY500/700 Příručka uživatele. EATON [online]. Bonn, 2004 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: www.eatonelektrotechnika.cz/_files/upload/content/easy500_700-manual_cz.

[39] Řídicí relé EASY500/700 Aplikační brožura. EATON [online]. 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/_files/upload/content/easy500_700_aplikacni_brozura.pdf

[40] Stručný návod Řídicí relé EASY. EATON [online]. 2007 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/_files/upload/content/easy500-700_navod.pdf

[41] WIKIMEDIA COOMMONS [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relay_principle_horizontal.jpg

[42] Solid State Relays for Vdc & Vac Input/ Vac Output. In: OMEGA [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.omega.co.uk/temperature/images/SSR330_660_1.jpg

[43] Časová relé. In: EATON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/_images/upload/perex/max/70acea77-0de2-8ad4-a5c6-d456303daadb.jpg

[44] Princip činnosti PLC. In: ELUC [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/9815/content_UC2_6471_obr1.jpg

[45] SIEMENS S7 1200 PLC. In: WEIKU [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://img.weiku.com/waterpicture/2011/10/22/6/SIEMENS_S7_1200_PLC_634589505515683908_1.jpg

[46] Flexi Soft. In: PLANET [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.planet.co.th/upload/image/8f25ce26676a7d3f1ef3f41f46be4014.jpg>

[47] EasySafety. In: EATON [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/___images/upload/perex/max/813073fd-8a0e-a474-c1a9-98e86b534627.jpg

Seznam tabulek

TABULKA 1 - POROVNÁNÍ ŘÍDICÍCH RELÉ RŮZNÝCH VÝROBCŮ	16
TABULKA 2 - PARAMETRY RELÉ FINDER 55.34	27
TABULKA 3 - HODNOTY LOGICKÉ 0 A 1	30

Seznam obrázků

OBR. 1 - RELÉ V KLIDOVÉM STAVU	10
OBR. 1B - RELÉ VE VYBUZENÉM STAVU	10
OBR. 2 - ČASOVÉ RELÉ	11
OBR. 2B SSR - RELÉ	11
OBR. 3 - SCHÉMATICKÉ ZNAČKY	13
OBR. 4 - CYKlickÉ BLOKOVÉ SCHÉMA FUNKCE PROGRAMU	14
OBR. 5 - SIEMENS LOGO!8	15
OBR. 6 - PLC SIEMENS S7 1200	16
OBR. 7A - EATON EASYSAFETY	20
OBR. 7B - FLEXI SOFT, BEZPEČNOSTNÍ PLC	20
OBR. 8 - RELÉ FINDER 55.34.....	26
OBR. 9 - BEZPEČNOSTNÍ ZDROJ OEZ NZR-10T	27
OBR. 10 - EATON EASY 512-DC-TC.....	29
OBR. 11 - SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZVADĚČE	29
OBR. 12 - NAPÁJENÍ A PŘIPOJENÍ DIGITÁLNÍCH VSTUPŮ EASY	30
OBR. 13 - NAPÁJENÍ A ZAPOJENÍ TRANZISTOROVÝCH VÝSTUP	31
OBR. 14 - SCHÉMA ZAPOJENÍ JEDNOHO RELÉ NA ZADNÍM PANELU	31
OBR. 15 - POHLEDNÍ Z PŘEDNÍ STRANY	32
OBR. 16 - POHLED NA ZADNÍ PANEL.....	33
OBR. 17 - STAVOVÝ DISPLEJ EASY	35
OBR. 18A - STRUKTURA SPÍNACÍHO SCHÉMATU	35
OBR. 18B - ZAPOJENÍ SPÍNACÍHO SCHÉMATU	35
OBR. 19 - NÁVRH SPÍNACÍHO SCHÉMATU V PROGRAMU EASYSOFT-PRO.....	37
OBR. 20 - ZAČÁTEK SIMULACE PROGRAMU SE ZOBRAZENÝM DISPLEJEM.....	40
OBR. 21 SIMULACE PROGRAMU PO PŘEPNUTÍ DO HVĚZDY SE ZOBRAZENÍM VÝSTUPŮ	42
OBR. 22 - RELÉOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ	43

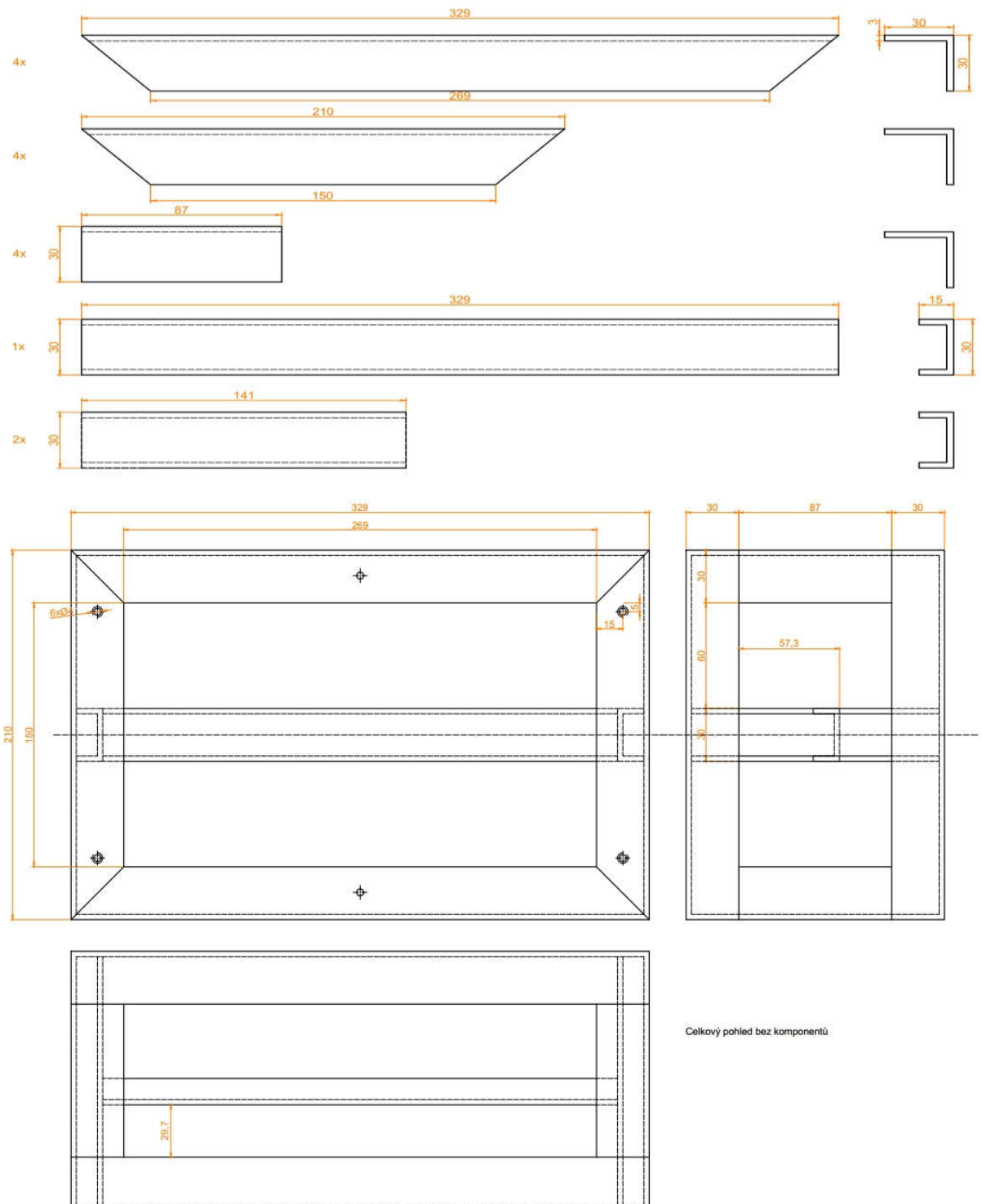
Seznam příloh

PŘÍLOHA A - DOKUMENTACE MECHANICKÉ ČÁSTI PŘÍPRAVKU	55
PŘÍLOHA B - ELEKTRICKÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ	59
PŘÍLOHA C - POLEP ZADNÍHO PANELU	60
PŘÍLOHA D - CELKOVÉ NÁKLADY NA PŘÍPRAVEK.....	60
PŘÍLOHA E – SPÍNACÍ SCHÉMA PROGRAMU ROZBĚH Y/D.....	61

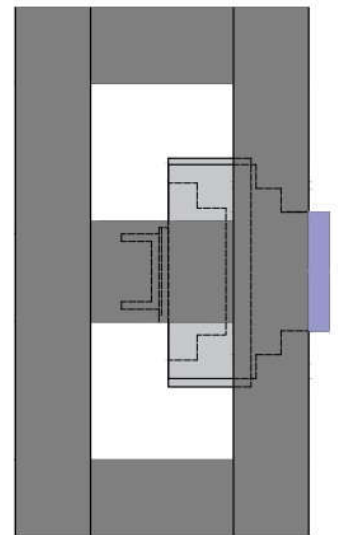
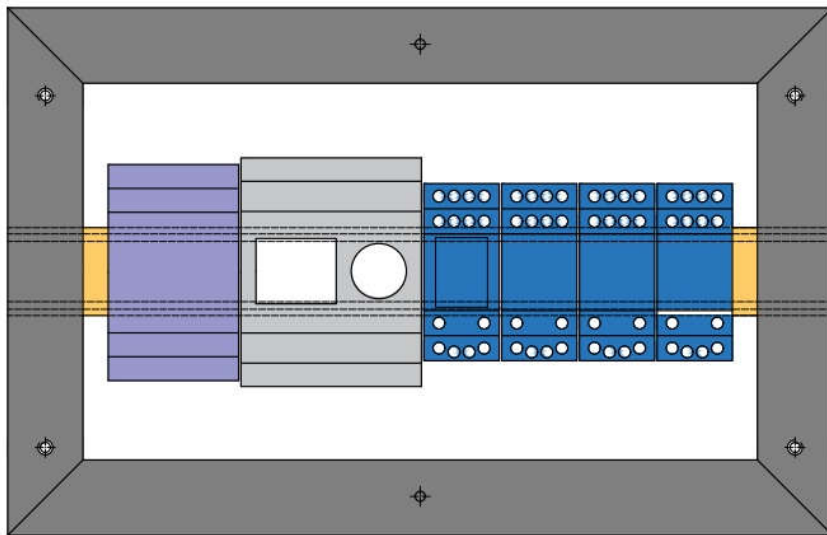
Přílohy

Příloha A – Dokumentace mechanické části přípravku

Základní materiál



Celkový pohled bez komponentů

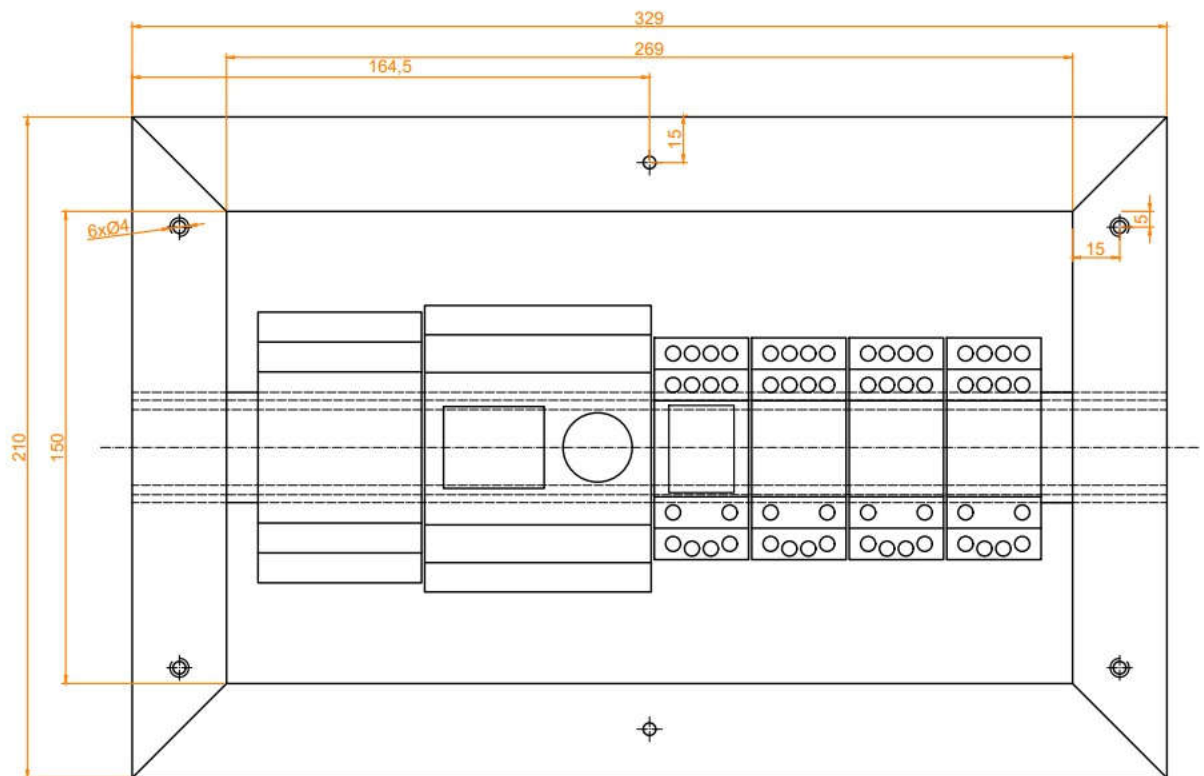


Celkový pohled barevný

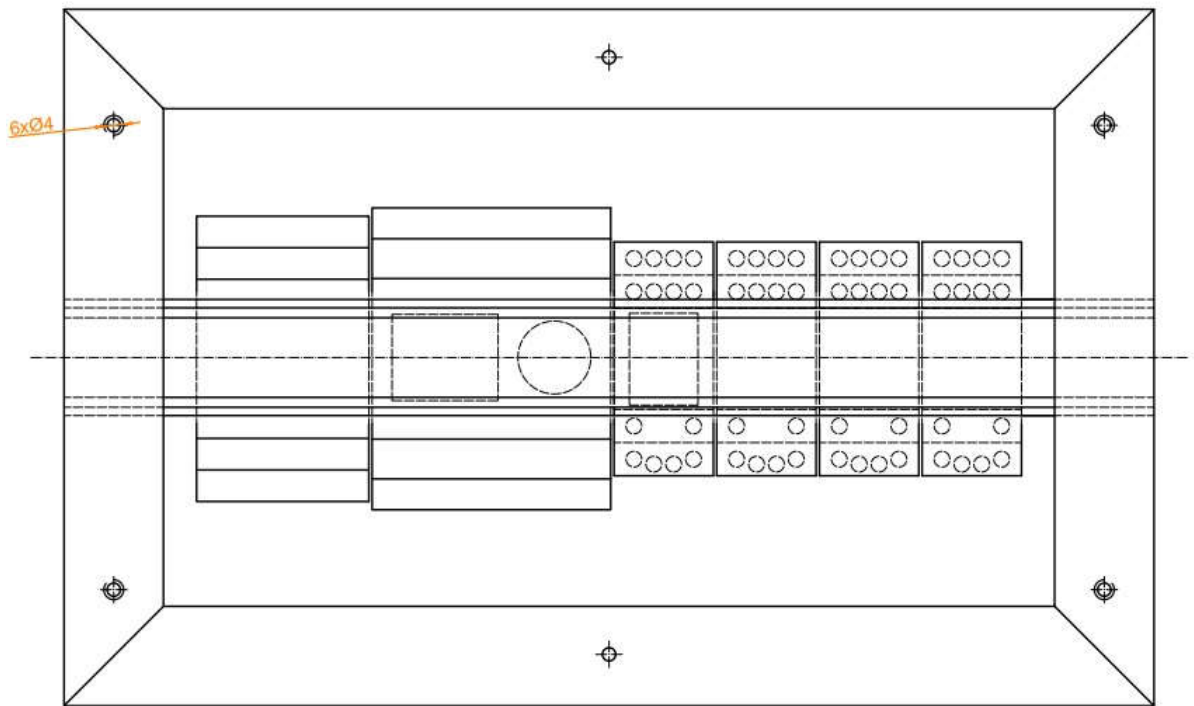
Legenda:

- Hliníkové profily
- Easy-Eaton
- Finder
- Zdroj 24V
- Din lista

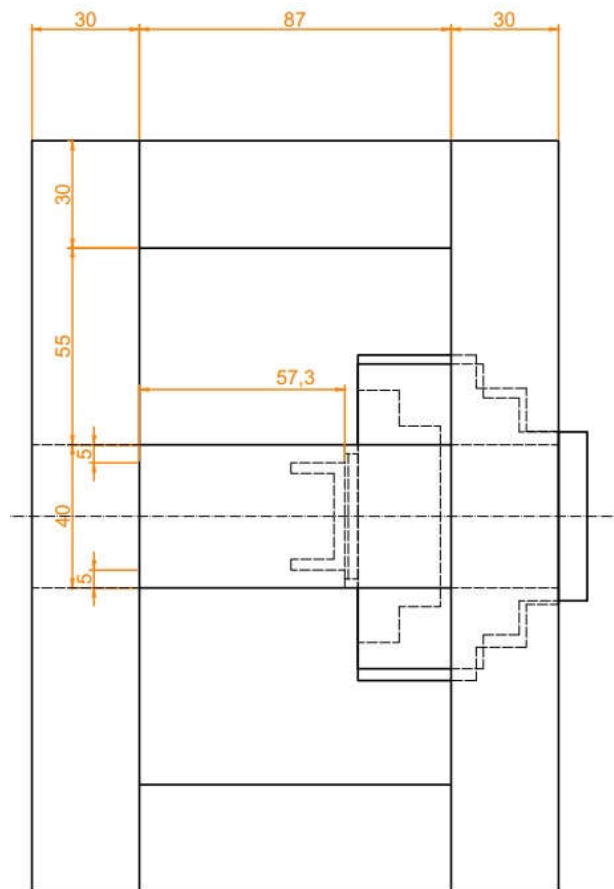
Pohled zepředu

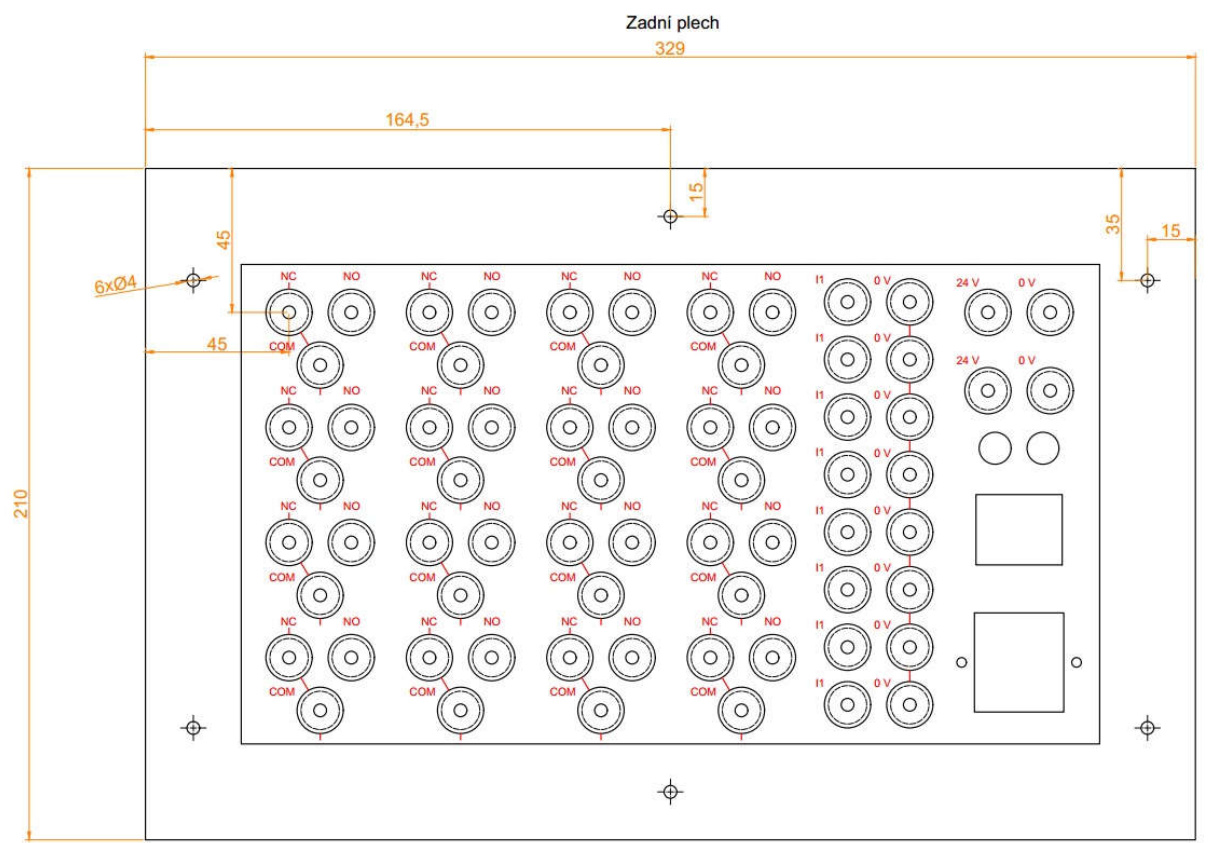
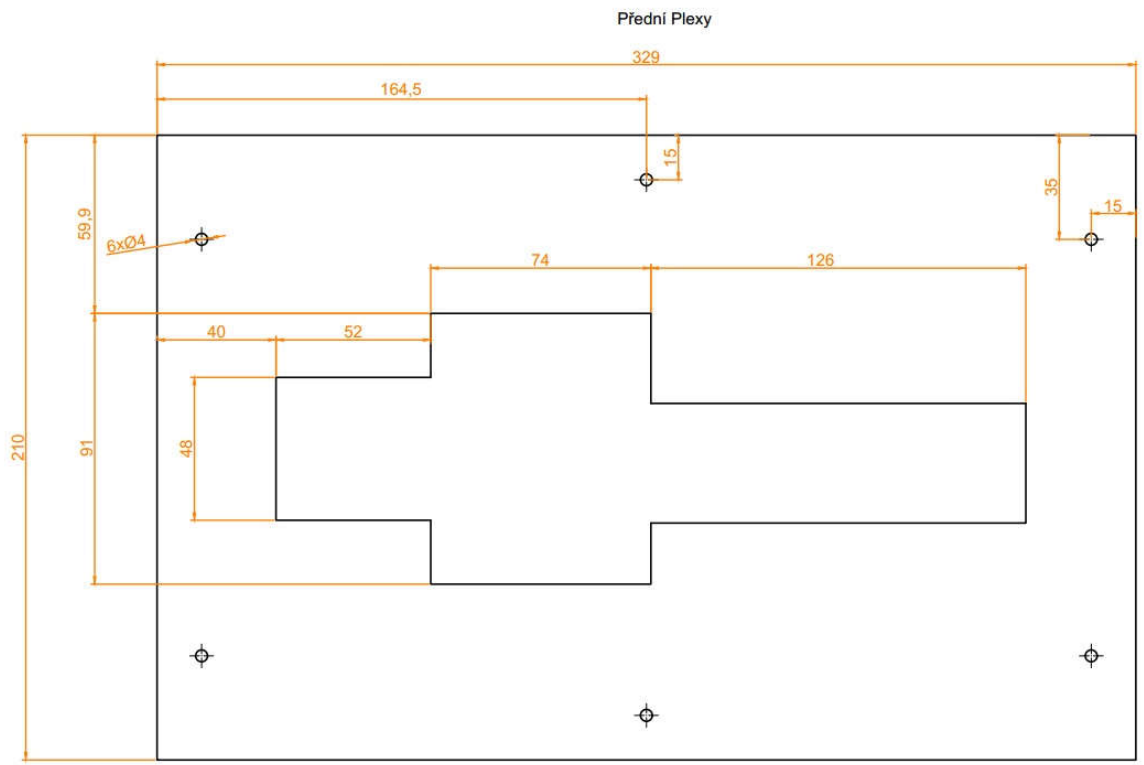


Pohled ze zadu

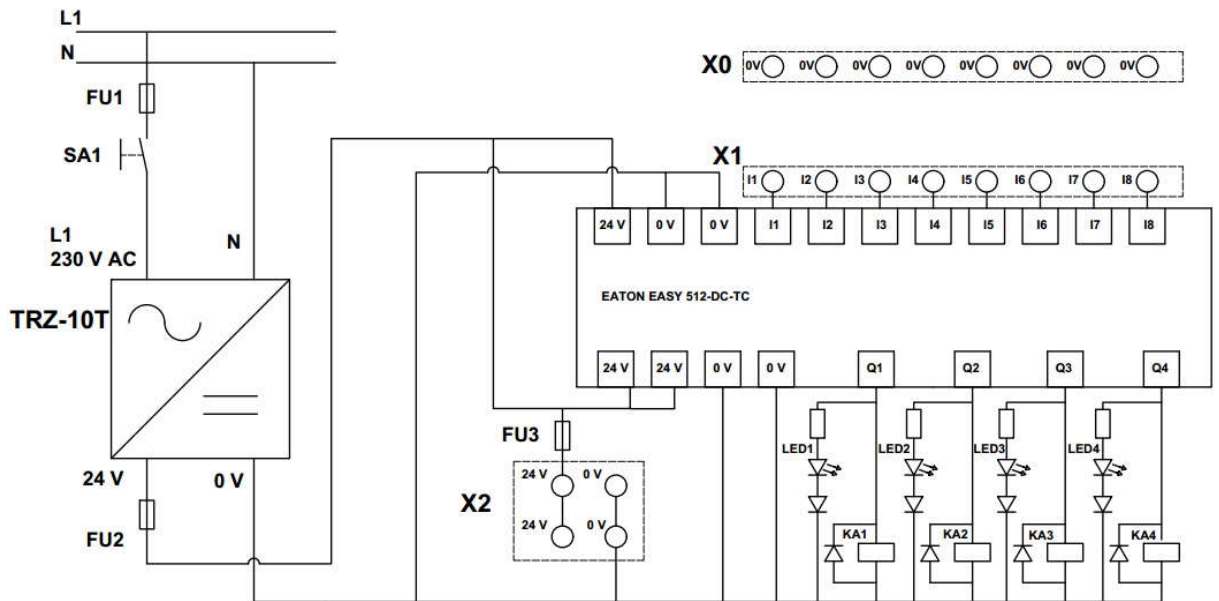


Pohled zleva

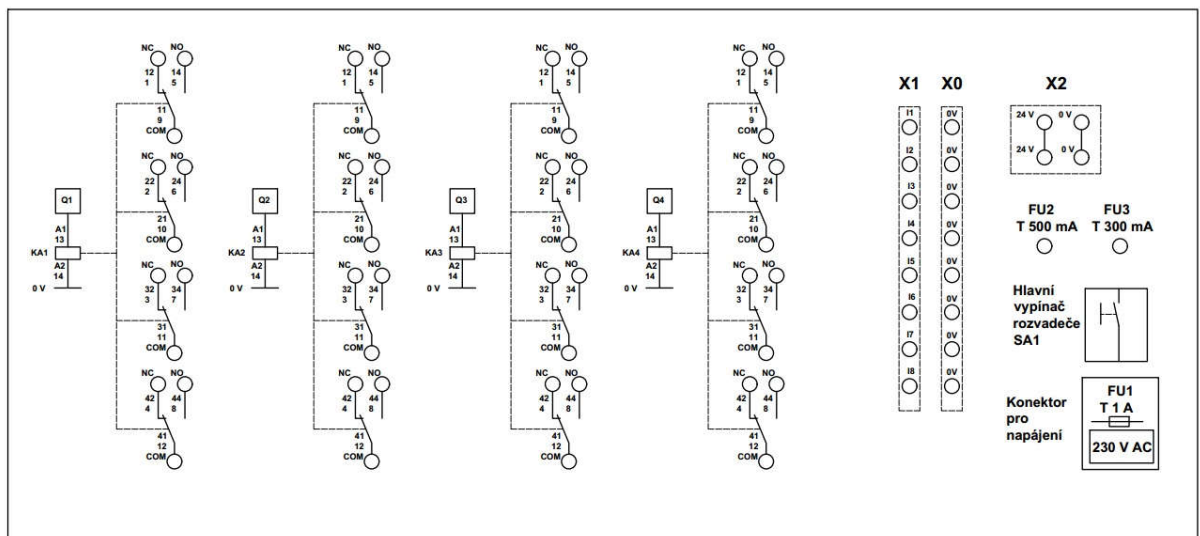




Příloha B – Elektrické schéma zapojení

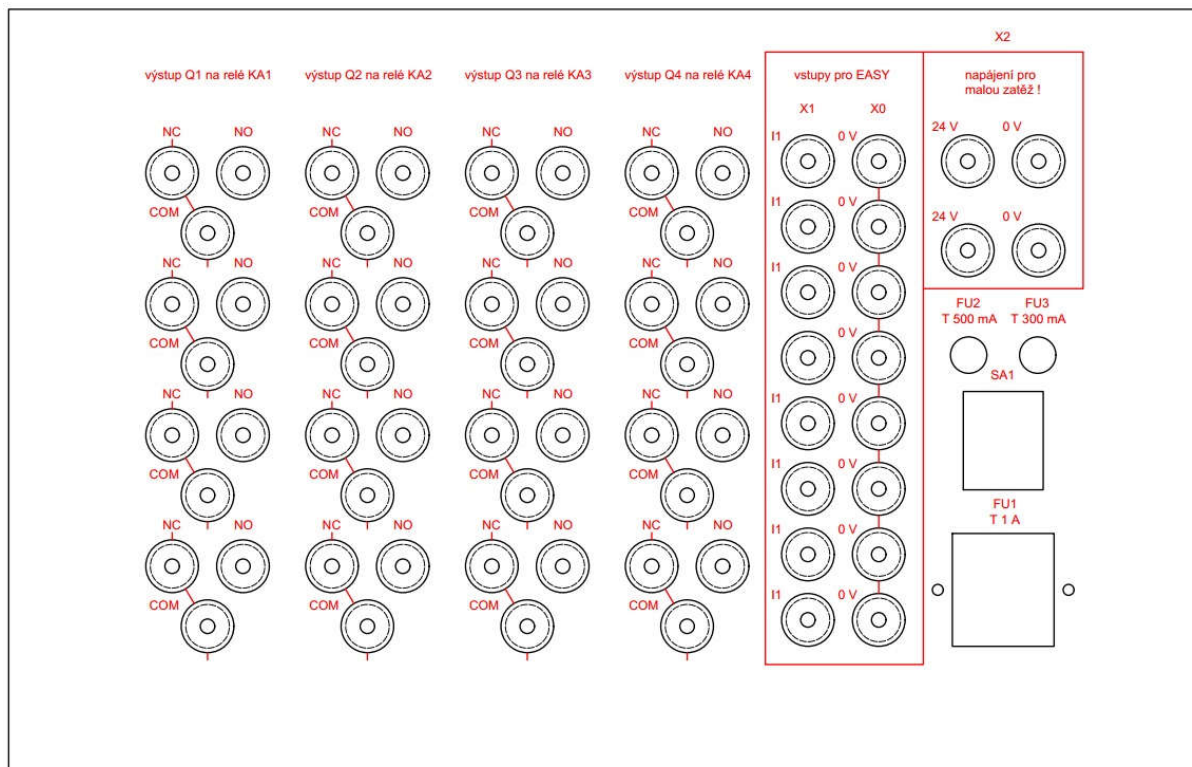


Zapojení zadního panelu



Značení kontaktů patice je prvním řádku
Značení kontaktu na cívky je na druhém řádku

Příloha C – Polep zadního panelu



Příloha D – Celkové Náklady na přípravku

Celkové náklady na přípravku

Název	počet kusů	Cena s DPH	Celková cena s DPH
Kolébkový spínač P-C6053ALBR	1	58,00 Kč	58,00 Kč
Zdířka panelová 4mm červená, 24.302.1	34	21,00 Kč	714,00 Kč
Zdířka panelová 4mm černá, 24.302.2	26	21,00 Kč	546,00 Kč
Zdířka panelová 4mm modrá, 24.302.5	10	21,00 Kč	210,00 Kč
Patice pro relé na DIN lištu FINDER 94.74	4	99,00 Kč	396,00 Kč
Relé s DC cívkou 24V FINDER 55.34	4	136,00 Kč	544,00 Kč
Spona pro patici FINDER 094.71	4	12,00 Kč	48,00 Kč
OEZ NZR10T (přibližná cena alternativy)	1		1 200,00 Kč
EATON EASY 512-DC-TC	1		4 390,00 Kč
Pojistkové pouzdro do panelu	2	46,00 Kč	92,00 Kč
Hliníkový profil L 30x30x3 (3 metry)	3	76,00 Kč	228,00 Kč
Hliníkový profil U 30x30x3 (1 metry)	1	118,00 Kč	118,00 Kč
Celková cena			8 544,00 Kč

Příloha E – Spínací schéma programu rozběh Y/D

