

# Skrátená príručka na opis, návrh a inštaláciu automatizačných riadiacich systémov (3)

V druhej časti seriálu, ktorá bola uverejnená v AT&P journali č. 5/06, sme opisali, ako špecifikovať rôzne druhy zariadení určených na pripojenie a riadenie elektrických zariadení v automatizačnom riadiacom systéme. V tretej časti budú uvedené kroky návrhu automatizačného riadiaceho systému. Problematika návrhu je rozdelená do niekoľkých častí, a to návrh definovaním sekvencií riadenia, vytvorenie nákresu s načrtnutím vysokonapäťových a nízkonapäťových zariadení, návrh prepojenia vstupov a výstupov, prístrojový panel, káblové prepojenia, zoznam materiálu, softvérové nástroje dokumentujúce náš návrh, voľbu použitia pevne prepojených relé alebo PLC s programovaním a pod.

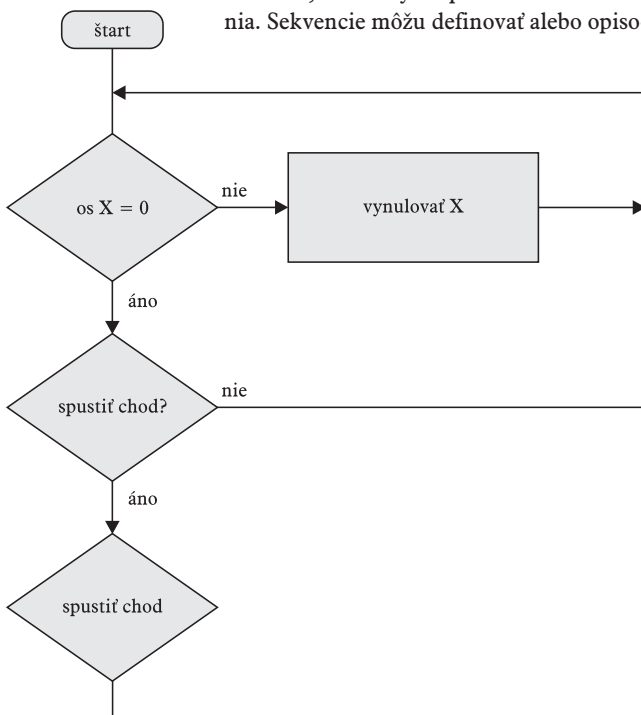
Ako sme už viackrát v seriáli spomenuli, na návrh, káblovanie, inštaláciu a prevádzku automatizačného riadiaceho systému sa vo všeobecnosti vyžadujú odborné znalosti. Osoby bez týchto znalostí alebo poučenia by sa nemali pokúšať navrhovať riadiace systémy, ale mali by zvážiť možnosť využiť služby kvalifikovaného systémového integrátora. Riadiace systémy môžu zlyhať a zapríčiniť vážne zranenia obsluhujúceho personálu alebo zničenie zariadenia. Informácie uverejnené v tejto sérii článkov sú publikované bez akejkoľvek záruky.

## Návrh

Návrh riadiaceho systému tu bude prezentovaný v tvare zdokumentovania jednotlivých úloh. Jednou z nich bude zostaviť návrh na papieri alebo v počítači, čím sa stane zrozumiteľným a prehľadným. Je dôležité, aby každý oprávnený človek mohol v budúcnosti do tejto dokumentácie nahliadnuť a správne interpretovať uvedené informácie. Pomôckou pre nás môžu byť v tejto fáze všetky poznámky a zoznamy, ktoré boli vytvorené vo fázach identifikácie a špecifikácie automatizačného riadiaceho systému (tieto fázy boli bližšie opísané v prvej a druhej časti seriálu).

## Sekvencie riadenia

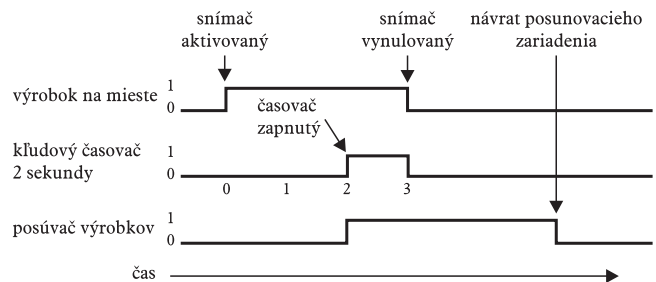
Prvým krokom pri návrhu riadiaceho systému býva vo väčšine prípadov zadefinovanie postupov alebo akcií, ktoré sa majú uskutočňovať, teda akýsi opis sekvencií riadenia. Sekvencie môžu definovať alebo opiso-



Obr.4

vať každý krok riadenia v našom procese. Niektoré aplikácie možno lepšie opísať vývojovým diagramom, ktorý naznačuje sekvencie riadenia pomocou rozhodovacích krokov, ktoré treba uskutočniť. Na obr. 4 je ukázaný neúplný vývojový diagram.

Vývojový diagram možno nakresliť perom na papier alebo ho vytvoriť prostredníctvom aplikačného softvéru, napr. Microsoft Visio alebo Microsoft Word, kde sú v rámci kresliacich nástrojov k dispozícii aj grafické symboly vývojového diagramu. V inom prípade je lepšie opísať aplikáciu pomocou časového grafu (tabuľky), v ktorom sú každá podmienka a udalosť zaznačené s časovou súseďnosťou vzhľadom na všetky ostatné udalosti a podmienky (obr. 5).



Obr.5

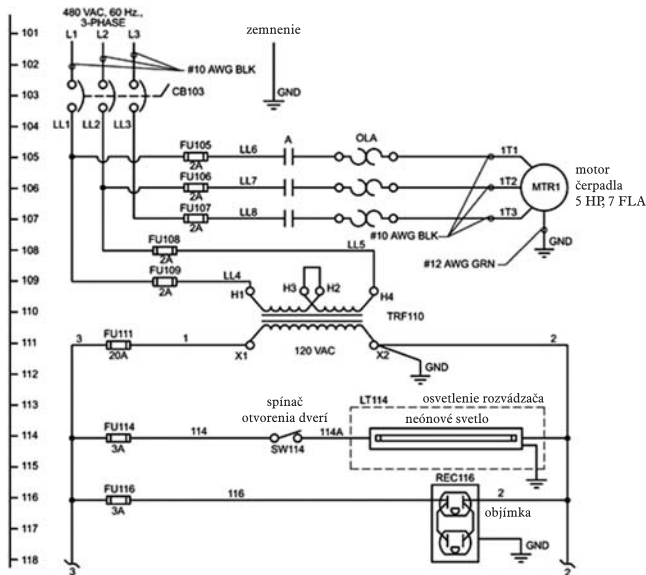
Keď už máme navrhnutú sekvenciu riadenia a zoznam našich vstupných/výstupných zariadení, môžeme sa následne rozhodnúť, či nami navrhnutý riadiaci systém bude výhodnejšie realizovať pomocou pevne zapojenej reléovej logiky alebo využiť výhody programovateľného logického automatu (PLC) [2]. PLC môže byť cenovo efektívne, keď ním možno nahradiť množstvo priemyselných relé a elektronických časovačov. Je to flexibilnejšie riešenie, ktoré umožní v budúcnosti zmenu sekvencií riadenia bez zložitých zmien káblovania.

## Schematický nákres

Ďalším krokom pri vývoji riadiaceho systému je nakreslenie schémy. Väčšina elektrotechnických inžinierov a vývojárov definuje schematický nákres ako spôsob zobrazenia logického zapojenia automatizačného riadiaceho systému.

Bežnou praxou je (obr. 6) zobrazit vstupné zariadenia na ľavej strane a výstupné zariadenia na pravej strane schémy. Napr. značky pre ochranné zariadenia (poistky), relé proti preťaženiu sú naznačené na ľavej strane, zatiaľ čo značky motora sú nakreslené na pravej strane.

Nákres by sa mohol začínať prívodom energie na vstupe vrátane ochranných zariadení, ako sú prerušovače a/alebo poistky. Návrh by mohol naznačovať tok striedavého prúdu a zahŕňať celé usporiadanie obvodov a požadovaných zariadení v súlade s National Electrical Code (NEC), IEC, EN a ďalšími lokálnymi normami.

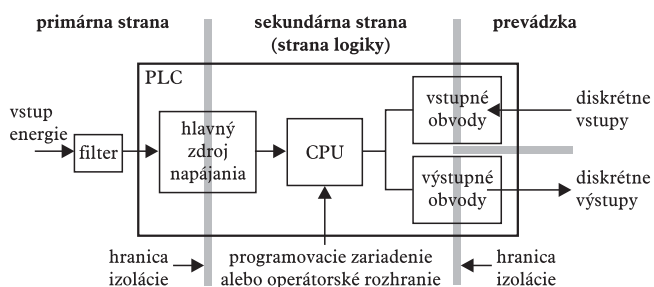


Obr.6

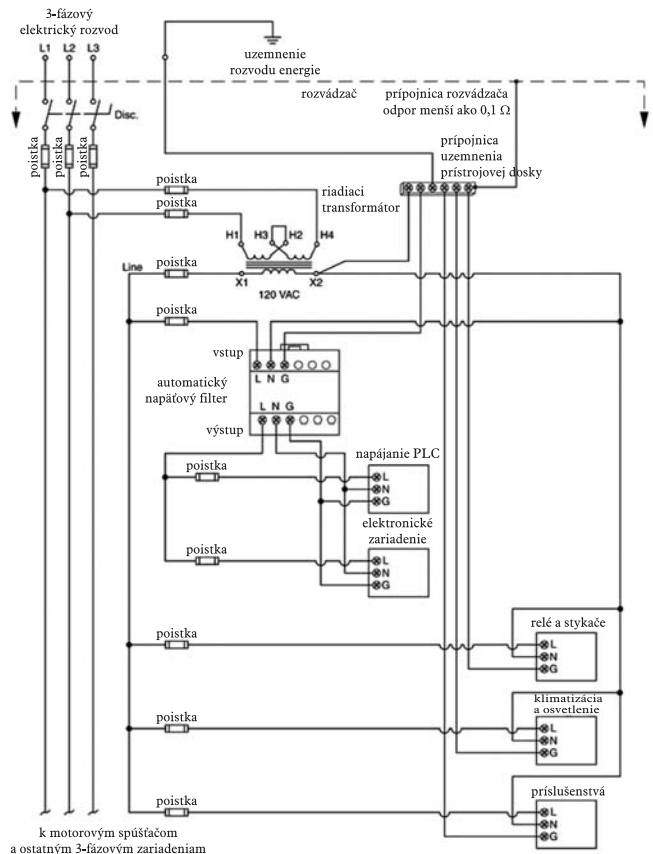
Bežnou praxou je naznačiť všetky vysokonapäťové zariadenia, ako napr. 3-fázové motory, prídavné zariadenia pracujúce so striedavým napätím 480 alebo 240 V a pod. na prvej stránke schémy. Následne sa zobrazí riadiaci výkonový transformátor, znižujúci vyššie vstupné napätie na napäťovú úroveň riadiaceho systému (115 V). Niekedy však táto napäťová úroveň môže byť aj iná, napr. 24 V, ktorá je štandardom pre mnohé elektronické riadiace zariadenia. Návrh výkonového transformátora (rozsah VA) musí vychádzať z našej skúsenosti alebo musí byť prepočítaný na veľkosť záťaže zariadení, ktoré budú v riadiacom systéme napájané z tohto transformátora. V tejto fáze kreslenia schémy treba venovať pozornosť aj izolácii pripojenia zariadení. PLC ponúka ideálnu izoláciu, pretože jeho obvody sú rozdelené do troch hlavných častí oddelených izoláciou (obr. 7). Napájanie PLC obsahuje transformátor s vlastnou izoláciou, pričom vstupné a výstupné obvody využívajúce optické pripojenie poskytujú ďalšiu, doplnkovú izoláciu.

Elektrická izolácia poskytuje bezpečnosť, takže chyba v jednej časti nespôsobí poruchu v inej. Na obr. 8 je zobrazený transformátor, ktorý poskytuje magnetickú izoláciu medzi jeho primárnou (vysokonapäťovou) a sekundárnou stranou (s riadiacim napätím). Napäťový filter poskytuje izoláciu medzi zdrojom riadiaceho napájania a elektronickými zariadeniami.

Na obr. 8 tiež vidieť niektoré základné odporúčania týkajúce sa uzemnenia a prenosu riadiaceho napájania do rôznych zariadení spolu s individuálnou ochranou týchto zariadení prostredníctvom poistiek. Správne uzemnenie je jednou z najdôležitejších vecí v dobrom návrhu automatizačného riadiaceho systému. Čím viac podrobností (týkajúcich sa všetkých uzlov, ktoré majú byť uzemnené) vieme na schematickom nákrese naznačiť, tým dosiahneme väčšiu pravdepodobnosť dobre uzemneného riadiaceho systému poskytujúceho bezpečnosť aj funkčnosť. Prečo je však uzemnenie také dôležité? Elektronické prístroje a zariadenia, napr. PLC a vzdialené V/V, sú bežne obklopené rôznym typmi elektro-



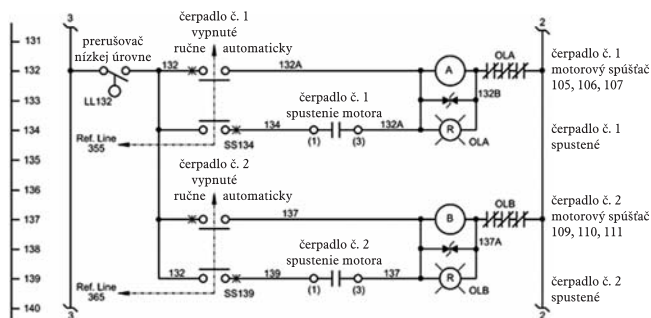
Obr.7



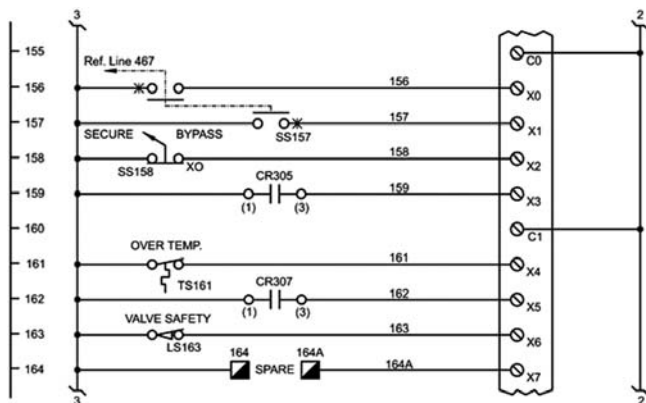
Obr.8

nických zariadení a káblov. Tieto elektronické zariadenia môžu obsahovať napájací zdroj, V/V signály z iných zariadení a ďalšie zariadenia sa môžu nachádzať v blízkosti rozvádzača s inými prístrojmi. Všetky prinášajú riziko vzniku elektromagnetickej (EMI) alebo prechodovej interferencie. Tento typ interferencie môže spôsobiť chybu alebo nepravidelnú činnosť zariadenia. Mohli by sme sa rozhodnúť použiť druhý transformátor na zmeny striedavého na jednosmerné napájanie. Vstupné obvody by mohli byť využité na izoláciu výstupných obvodov a na napäťové oddelenie od prechodových výstupných dejov (špičiek), ktoré by sa mohli naindukovať na vstupné obvody. V niektorých prípadoch budeme potrebovať využiť transformátor s konštantným napätím na stabilizáciu vstupného striedavého napájacieho zdroja pripojeného k PLC, aby sme minimalizovali vyradenie z prevádzky v dôsledku nárazových prúdov, krátkodobých poklesov napätia alebo trvalého poklesu napätia napájacieho zdroja viac ako o 20 %. Ak na napájanie PLC využijeme transformátor s konštantným napätím, mohli by rovnaký zdroj napájania využívať aj snímače pripojené na vstup PLC. Inak by mohlo napätie striedavého zdroja klesnúť natolko, že by zapríčinilo nepresné vstupné údaje. Použitie izolovaného transformátora napr. zo 115 V striedavých na primári na 115 V striedavých na sekundári môže poskytnúť dodatočné odrušenie od EMI, prichádzajúcej z iných zariadení. Izolačné transformátory sa môžu využiť v blízkosti zariadení, ktoré produkujú nadbytočný elektrický šum, rušenie.

Ak sa pre riadiaci systém vyžaduje jednosmerné napájanie, potrebujeme vypočítať najhorší prípad prúdovej záťaže všetkých zariadení, ktoré budú napájané z jednosmerného zdroja. Tiež treba dbať na rozsah zvlneného napätia, ktoré sú pripojené zariadenia schopné ešte akceptovať, a vybrať taký jednosmerný napájací zdroj, ktorý spĺňa najprísnejšie požiadavky. Zvlnenie je amplitúda zložky striedavého prúdu nesená jednosmerným napäťovým signálom. Typický rozsah pre väčšinu aplikácií obsahujúcich snímače napájané jednosmerným prúdom by mohol byť 100 mV medzi dvomi napäťovými vrcholmi. Dobrým nápadom je aj zdvojnásobenie vypočítanej prúdovej kapacity jednosmerného napájacieho



Obr.9



Obr.10

zdroja. Je to obzvlášť dôležité v prípade, že nami navrhovaný riadiaci systém potrebuje splniť požiadavky normy UL 508A [3].

Ďalšia strana nášho schematickeho nákresu môže zobrazovať pevne pripojené zariadenia napájané z riadiaceho napätia (115 VAC). Ak sa riadiaca logika realizuje prostredníctvom pevne zapojenej reléovej logiky, to je prípad, kde by sme mohli vidieť zaznačené káblové prepojenia spolu s bežnými zariadeniami napájanými striedavým napätím 115 V, napr. zdroje jednosmerného napätia, pripojenie 115 V striedavých na napájanie PLC, prídavné zariadenia a pod. Obr. 9 je neúplným príkladom pevného zapojenia nášho schematickeho nákresu.

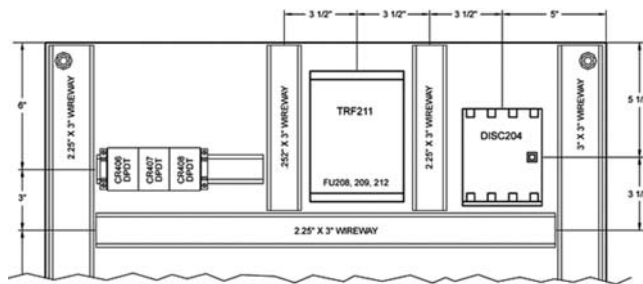
Teraz je ten správny čas spomenúť aj problematiku ochrany proti prepätiu. Prepäťové ochrany sú dôležitou súčasťou pri tvorení spoľahlivého systému distribúcie napájania. Tieto zariadenia chránia elektronické prístroje pred náhlymi napäťovými špičkami, ktoré by mohli zapríčiniť značné škody. Zariadenia vo vyhotovení indukčnej záťaže (zariadenia s vinutím) generujú prechodné napätie, ktoré sa zbavuje energie na kontaktoch stýkača. Vygenerované prechodné napätia sú v amplitúde oveľa väčšie ako napájacie napätie, obzvlášť pri jednosmernom zdroji.

Na poslednej strane schematickeho nákresu naznačíme vstupné a výstupné moduly PLC. Na obr. 10 je príklad pripojenia vstupného modulu.

Vo väčšine prípadov naznačíme najprv všetky vstupné a potom výstupné moduly. Ak budeme pracovať aj s analógovými V/V, najprv naznačíme analógové vstupy, potom výstupy a nakoniec diskretné V/V. Vo všeobecnosti môžeme použiť jeden formulár na naznačenie každého modulu.

### Návrh prístrojovej dosky

Keď máme dokončený schematický nákres, ďalším krokom bude nákres rozvrhnutia prístrojovej dosky. Všetky komponenty môžeme namontovať do nejakej štruktúry (pomocná prístrojová doska), prepojiť ich káblami a vykonať to ešte pred namontovaním do rozvádzača riadiaceho systému. Nákres návrhu prístrojovej dosky možno urobiť v nejakej mierke s rozmermi prístrojovej dosky pre výrobcu, ktorý sa nimi bude riadiť. Pozornosť treba



Obr.11

venovať umiestneniu a vzdialenostiam medzi jednotlivými komponentmi. Treba dodržiavať výrobcom odporúčané medzery a vzdialenosti. Na obr. 11 je príklad čiastočného nákresu návrhu prístrojovej dosky.

Vysokonapäťové zariadenia napájané 240/480 VAC by mali byť umiestnené smerom k vrchu rozvádzača pri zachovaní maximálnej možnej vzdialenosti od ostatných elektronických zariadení, ako sú napr. PLC, jednosmerné napájacie zdroje, elektronické časovače a pod. Umiestnenie vysokonapäťových zariadení smerom k vrchu dovoľuje prikryť ich nevodivým ochranným krytom, ktorý zabezpečí ochranu obsluhujúceho personálu. Vysokonapäťové zariadenia tak budú zoskupené na jednom mieste s dobrým prístupom k zakončeniam vodičov. Spomínaný ochranný štít medzi vysokonapäťovými a citlivejšími elektronickými zariadeniami môže v niektorých prípadoch slúžiť aj ako ochrana pred elektromagnetickou indukciou. V rámci návrhu prístrojovej dosky (rozvádzača) potrebujeme tiež vyriešiť vedenie vodičov medzi jednotlivými zariadeniami. Káblové trubice (priechodky) zjednodušujú prepájanie jednotlivých zariadení, udržiavajú vodiče na jednom mieste, uľahčujú prácu s vodičmi a sprehladňujú celú prístrojovú dosku (rozvádzač). Tiež by sme mohli v našom návrhu použiť aj rôzne svorkovnice. Veľkosť, umiestnenie a farebné označenie svorkovnic môže zodpovedať rôznym typom signálov, ktoré vstupujú do riadiaceho rozvádzača a vychádzajú z neho. Napr. pre vysoké napätie možno použiť čiernu farbu svorkovnic, červenú farbu pre vstupy, fialovú pre výstupy a pod. Polohu svorkovnic by sme mali určiť tak, aby zabezpečili najlepšie prepojenie káblov zo zariadenia do svorkovnice.

V rámci návrhu riadiaceho systému by sme mali vybrať aj rozvádzač, v ktorom bude riadiaci systém umiestnený. Najprv treba uviesť, v akom prostredí bude rozvádzač umiestnený. Vonku? Dnu? Treba ho zmývať? Viac informácií bolo uvedených v druhej časti nášho seriálu a v [3], [4], [5].

### Zoznam materiálu

Zoznam materiálu je zoznam všetkých položiek nášho automatickeho riadiaceho systému, ich množstva, ďalších označení a značiek, ktoré nám umožnia jednoducho identifikovať danú položku v nákrese, opis danej položky a jej číslo. Tiež môžeme využiť krátky komentár alebo poznámky o jednotlivých súčiastkach, ktoré pomôžu výrobcovi rozvádzača pochopiť potreby zadávateľa. V tab. 2 je príklad takéhoto zoznamu materiálu.

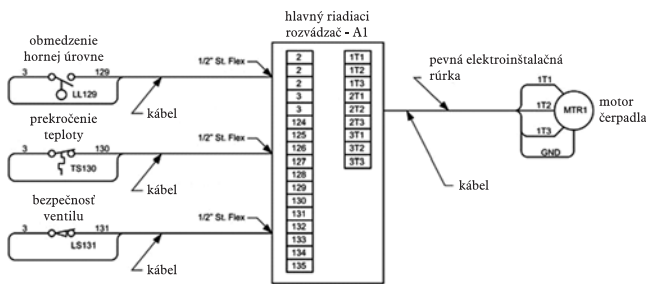
Zoznam materiálu môže byť vo forme tabuľky uvedený na jednom z listov spolu s nákresom schémy riadiaceho systému a nákresom rozvádzača. Rovnako však možno zoznam vytvoriť v tabuľkovom procesore v elektronickej forme, čo zjednoduší indexovanie a naväzovanie naň v budúcnosti.

### Schéma elektrického zapojenia

Schému elektrického zapojenia (obr. 12), niekedy označovanú aj ako prepájacia schéma, najčastejšie využívajú elektrikári pri inštalácii, a to na smerovanie káblov a prepojenie jednotlivých zariadení a rozvádzačov v riadiacom systéme. V tejto schéme môžu byť zahrnuté všetky riadiace rozvádzače a skrine, všetky exter-

položka	množstvo	typ	opis	č. položky	pozn.
1	1	CB104	prerušovač, 3-pólový, 30 A, 480 VAC	G3P-030	
2	1	TRF107	riadiaci transformátor, 230/460 VAC prim., 115 VAC sek., 250 VA	CPT115-250-F	
3	2	FU107,109	poistka, trieda CC, obmedzovač prúdu, rýchločinná, 600 VAC, 1A	HCLR1	
4	1	FU114	poistka, tavná, 500 VAC, 2A	MEQ2	
5	1	PB207	tlačidlo, 30 mm, prechodné, svietiace, zelené, 1-NO kontakt	HT8AAGA	
6	1	PB209	tlačidlo, 30 mm, prechodné, rozšírený hrúbik, červené, 1-NC kontakt	HT8ABRB	
7	1	A	stýkač, 9A, 110 – 120 VAC vinity	SC-E02-110VAC	motorový spúšťač A
8	1	OLA	relé proti preťaženiu, 6 – 9 A, nastaviteľné	TK-E02-900	motorový spúšťač A
9	1	LS308	koncový spínač, bočná otočná páka, 1-NO a 1-NC kontakt	ABP1H41Z11	
10	podľa potreby	n/a	káblový žlab s krytom, sivý, 2,25" x 3"	T1-2230G-1	

Tab.2



Obr.12

né zariadenie pripojené káblami do riadiacich rozvádzačov, prepájacie skrine, inštalčné rúrky, káblové žlaby a pod. Prepájacia schéma zvyčajne obsahuje rozmery inštalčných trubíc (kanálov na uloženie káblov), vzdialenosti, počet káblov medzi zariadeniami, rozmery a typy káblov, svorkovnice a pod. Schéma zapojenia je pomôckou aj pri nábehu systému a neskôr pri určovaní trasy káblov a pozície zariadení v prípade potreby odhalenia poruchy.

### Nástroje na návrh

Aj keď všetky úlohy spojené so zdokumentovaním návrhu možno vykonať len pomocou ceruzky, papiera a gummy, zvyčajne je praktickejšie a účinnšie využiť v tomto procese softvér na kreslenie, napr. niektorý z produktov spoločnosti AutoDesk – AutoCAD® alebo AutoCAD LT®. Najväčšou výhodou využitia takýchto štandardných softvérových nástrojov je možnosť znovupoužitia návrhu funkčnej schémy, návrhu rozvádzača či zoznamu materiálu pri návrhu iného riadiaceho systému v budúcnosti. Doplnky týchto softvérových nástrojov môžu obsahovať predprogramované prvky na zobrazenie zariadení rôznych výrobcov, napr. schémy V/V modulov PLC, napájací modul, komunikačné zariadenia, rozmery a obrisy relé, stýkačov, motorových štartérov, svorkovnic a pod., ktoré možno pri návrhu rozvádzača využiť. Jedným z takýchto prídavných modulov spolupracujúcich s AutoCAD a AutoCAD LT, určených na návrh riadenia a obsahujúci niektoré predvolené prvky pre PLC rôznych výrobcov, je softvér spoločnosti ETC s názvom „promis=e draw“ [6]. Tento softvérový nástroj možno použiť ako databázu komponentov na návrh riadiaceho systému a môže tiež pomôcť pri zosúladiení jednotlivých komponentov uvedených v schematickom nákrese, návrhu rozvádzača a zozname materiálu.

V ďalšom pokračovaní sa zameriame na zostavenie, inštaláciu a údržbu riadiaceho systému.

### Literatúra

- [1] <http://www.automationdirect.com/static/specs/sinksrc.pdf>
- [2] [http://support.automationdirect.com/docs/worksheet\\_guidelines.html](http://support.automationdirect.com/docs/worksheet_guidelines.html)

[3] <http://www.ul.com/controlEquipment/devices.html>

[4] National Electrical Manufacturer's Association (NEMA) (<http://www.nema.org>), International Electrotechnical Commission (IEC) ([www.iec.ch](http://www.iec.ch)), Global Engineering Documents ([www.global.ihs.com](http://www.global.ihs.com)).

[5] <http://www.osha.gov/SLTC/controlhazardousenergy>

[6] <http://www.automationdirect.com/static/specs/pcdrawspecs.pdf>

Článok bol prvýkrát publikovaný v magazíne

Automation Notebook, [www.automationnotebook.com](http://www.automationnotebook.com).

Publikované so súhlasom autora.

Pokračovanie v ďalšom čísle.

### Tom Elavsky

AutomationDirect.com

e-mail: [telavsky@automationdirect.com](mailto:telavsky@automationdirect.com)

<http://www.automationdirect.com>