

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

2123548

**VYUŽITIE PLC REGULÁTOROV V SKLENÍKOVOM
HOSPODÁRSTVE**

2011

Martin Macák, Bc.

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

**VYUŽITIE PLC REGULÁTOROV V SKLENÍKOVOM
HOSPODÁRSTVE**

Diplomová práca

Študijný program:	Kvalita produkcie
Študijný odbor:	2386800 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky
Školiteľ:	Ing. Ondrej Lukáč, PhD.

Nitra 2011

Martin MACÁK, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Martin Macák vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému Využitie PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 12. apríla 2011

.....

podpis

Pod'akovanie

Touto cestou chcem poďakovať Ing. Ondrejovi Lukáčovi, PhD. za poskytnutie cenných rád, odborného vedenia a pripomienok, poskytnutie materiálov a ochotu pomôcť pri riešení danej problematiky. Moje poďakovanie patrí tiež všetkým, ktorí poskytnutím informácií prispeli k vyriešeniu úlohy.

Abstrakt

Programovateľné logické automaty (PLC), patria medzi najpoužívanéjšie prvky v riadiacej technike. Cieľom tejto práce je vytvorenie prehľadu o programovateľných automatoch a spôsobe ich použitia v skleníkovom hospodárstve. Práca porovnáva viac druhov PLC, ktoré je možné použiť v skleníkoch. Po vytvorení prehľadu, je možné navrhnúť najvhodnejšie zapojenie programovateľného automatu, jeho rozširovacieho modulu a snímača. Vlastná práca pozostáva z výberu vhodných zariadení a návrhu programu na riadenie teploty skleníka. Program je vytvorený v programovom prostredí STEP7 MicroWIN. V závere práce je toto zapojenie odsimulované.

Kľúčové slová: riadenie, PLC, skleník, snímanie, regulácia, teplota

Abstract

Programmable logic controllers (PLC), are among the most common elements in control technology. The aim of this work is to do an overview of programmable controllers and their use in greenhouse industry. This thesis compares several types of PLC, which can be used in greenhouses. After creating a report, it is possible to propose the most appropriate linkage of PLC with expansion module and sensor. My work consists of selecting appropriate equipment and suggesting a program to control the temperature of the greenhouse. The program is created in the framework STEP7 MicroWIN. In conclusion, this linkage has been stimulated.

Key words: control, PLC, greenhouse, sensing, regulation, temperature

Obsah

Obsah	5
Zoznam skratiek a značiek.....	8
Úvod	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky	10
1.1 História	10
1.2 Využitelnosť PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve	11
1.3 Princíp činnosti PLC regulátorov	12
1.4 Prvky programovateľného automatu	14
1.4.1 Centrálna procesorová jednotka (CPU)	14
1.4.2 Uživatelská a systémová pamäť	15
1.4.3 Binárne vstupno-výstupné jednotky	15
1.4.4 Analógové vstupno-výstupné jednotky.....	16
1.4.5 Čítače	16
1.4.6 Komunikačné jednotky	16
1.5 Vlastnosti PLC.....	17
1.6 Rozdelenie programovateľných automatov.....	18
1.7 Programovanie logických automatov	21
1.7.1 Druhy a vlastnosti programovania	21
1.7.2 Spracovanie programu v PLC	25
1.7.3 Scanovací cyklus PLC	26
1.7.4 Komunikácia a režimy PLC	27
1.8 Technické prostriedky používané v skleníkoch	28
1.8.1 Aplikácia PLC v skleníku	28
1.8.2 PLC Moeller Klockner PA- PS3.....	29
1.8.3 PLC Siemens LOGO!	30
1.8.4 Mitsubishi ALPHA2	32
1.8.5 Moeller EASY512-DC-RC.....	34
2 Cieľ práce.....	36
3 Metodika práce.....	37
3.1 Štúdium a vytvorenie prehľadu o spôsobe činnosti PLC	37
3.2 Oboznámenie sa s PLC regulátormi a ich možnosťami v skleníkovom hospodárstve.....	37

3.3	Návrh aplikácie PLC regulátora pre použitie v skleníku.....	38
3.4	Návrh programu pre riadenie vybranej veličiny v skleníku	38
3.5	Overenie funkčnosti aplikovaného programu	38
3.6	Použitá technická zariadenia a software	39
4	Výsledky práce	40
4.1	Použitá technická zariadenia	40
4.1.1	PLC Siemens SIMATIC S7-200.....	40
4.1.2	Výber CPU pre Simatic S7-200.....	43
4.1.3	Použitý analógový rozširovací modul EM235.....	44
4.1.4	Navrhnutý snímač merania teploty Siemens Symaro QFA4160	45
4.2	Spôsob programovania PLC Siemens SIMATIC S7-200	47
4.2.1	Programové prostredie STEP7 MicroWIN	47
4.2.2	Zásady pre tvorbu programu v STEP 7 MicroWIN.....	48
4.2.3	Adresovanie vstupov a výstupov PLC v STEP7 MicroWIN.....	49
4.3	Zásady inštalácie Simatic S7-200 v budovách	50
4.3.1	Montáž PLC systému	50
4.3.2	Umiestnenie zariadení PLC	50
4.4	Regulácia v skleníkoch.....	51
4.4.1	Druhy snímaných veličín	51
4.5	Riadenie skleníka pomocou navrhnutého programu	53
4.5.1	Spôsob riadenia analógových veličín v skleníku pomocou PLC.....	53
4.5.2	Navrhnutý program riadenia skleníka.....	54
4.5.3	Popis inštrukcií a činnosti jednotlivých častí programu	55
4.5.3.1	Hlavný program.....	55
4.5.3.2	Podprogram	56
4.5.3.3	Prerušenie	56
4.5.3.3.1	Konverzia vstupnej hodnoty na reálne číslo	56
4.5.3.3.2	Spínanie vykurovania.....	59
4.5.3.3.3	Spínanie vetrania.....	60
4.5.3.3.4	Časovače oneskoreného vypnutia	60
4.6	Praktické zapojenie.....	62
5	Návrh na využitie výsledkov	64

6	Záver.....	65
7	Zoznam použitej literatúry.....	66
8	Prílohy	70

Zoznam skratiek a značiek

PLC	Programmable Logic Controller (Programovateľný logický automat)
CPU	Central Processing unit (Centrálne procesorová jednotka)
I/O	Input/Output (vstup/výstup, vstupno-výstupný)
HMI	Human Machine Interface (rozhranie človek-stroj, prevodník informácie medzi človekom a strojom)
IPC	Industry PC (priemyselný počítač)
IEC	International electrical Commission (Medzinárodná elektrotechnická komisia)
A/Č	analogový/číslíkový
PRG	programovací panel (programátor)
FBD	Function Block Diagram (diagram funkčných blokov)
LD	Ladder diagram (jazyk reléových schém)
IL	Instruction List (mnemotechnický zápis)
SFC	Sequential Function Chart (graf postupnosti krokov)
ST	Structured text (štruktúrovaný text)

Úvod

V súčasnosti je hlavnou úlohou techniky úspora času a zvyšovanie efektivity vykonávaných činností. Možné je to jedine pomocou automatizovanej techniky, ktorá je schopná nahradiť niektoré činnosti vykonávané človekom. Hlavným dôvodom je znižovanie nákladov na prevádzku, úspora materiálu a presnosť, ktorú dokáže zabezpečiť len strojová technika.

Jednou z možností, ako automatizovať rôzne odvetvia je aplikovať už existujúcu technológiu z jedného odvetvia na druhé. Počas rozvoja automobilového priemyslu boli vytvorené riadiace mikropočítače označované pod skratkou PLC. Tá pochádza z anglického názvu „Programmable Logic Controller“. Táto technológia malých programovateľných automatov sa časom rozšírila aj do iných aplikácií, kde zložitosť procesov vyžaduje presnosť poskytovanú PLC regulátormi. V začiatkoch rozvoja boli PLC využívané len na vytváranie reléových spojení a pracovali na základe binárnych hodnôt. Časom sa však pomocou rozširovacích modulov a inovácii v programovaní, podarilo PLC spracovať aj analógový signál. Tým sa rozšírilo pole pôsobnosti programovateľných automatov aj do oblastí riadenia dynamických sústav, medzi ktoré patrí regulácia spojitéch veličín.

Obsah tejto práce je zameraný na aplikáciu PLC regulátorov do skleníkového hospodárstva a popis ich činnosti. Cieľom je vytvorenie prehľadu o možnostiach využitia programovateľných automatov v tomto odvetví. Ide hlavne o riadenie klimatických podmienok v skleníku automatizovaným systémom Siemens SIMATIC S7-200. Aplikáciou PLC do skleníkového hospodárstva sa zvyšuje kvalita pestovania plodín a znižuje sa možnosť zlyhania ľudského faktora pri výkone pracovných činností. Po vytvorení prehľadu o rôznych druhoch PLC používaných v skleníkovom hospodárstve, bolo navrhnuté konkrétne zapojenie PLC s rozširovacím modulom a snímačom. Tento systém je riadený pomocou programu na riadenie teploty, naprogramovaného v prostredí STEP7 MicroWIN.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

1.1 História

Základom číslicovej techniky je používanie Booleovej algebry a dvojkovej sústavy. Ako prvý bol Konrádom Zusem skonštruovaný stroj s názvom Z1. Bolo to v roku 1938 v Nemecku. Toto zariadenie pracovalo na princípe relé a bolo veľmi poruchové. V rámci modernizácie, odstránenia poruchovosti a zlepšenia výkonu boli neskôr vytvorené počítače Z2 a Z3. V modeli Z2 sa naďalej používala reléová technika s počtom relé 200. Neskôr Konrád Zuse spolu s Helmutom Schreyrom vytvorili počítač, ktorého funkčnosť bola na vysokej úrovni v porovnaní s radou „Z“. Údaje spracovával v dvojkovej sústave a pomocou 2600 elektromagnetických relé. Program sa do počítača vkladal pomocou klávesnice. Tento počítač však zničil v roku 1944 letecký útok a tak sa do popredia dostal americký profesor Howard Aiken, ktorý neskôr založil jednu z najznámejších počítačových firiem, spoločnosť IBM. Jeho prvým produktom bol počítač MARK 1, ktorý mal slúžiť na uľahčenie výpočtov pri vývoji atómovej bomby. MARK 1 vážil až 5,5 tony a s dĺžkou 15m sa zaplnil celú miestnosť. Používal desiatkovú sústavu. Pomocou 3500 relé dokázal spočítať dve čísla za 0,3s, alebo vynásobiť za 6s. Nástupcom tohto obrovského prístroja sa stal MARK II a MARK III. Operátor používal na komunikáciu s počítačom dierne štítky, ktoré sa vyrábali pomocou písacích strojov. Tie do papierových štítkov vyrážali dierky, ktoré počítač zosnímal. Pre vojenské účely bolo potrebné vytvoriť elektrónkový počítač nazývaný ENIAC. Slúžil na výpočty dopadu balistických striel. Bol prvým počítačom, ktorý využíval k práci elektrónky. Použitých bolo 18000 elektróniek, ktoré produkovali obrovské teplo a potrebovali 140kW na rozžeravenie. Tento 30 tonový počítač dokázal za 1sekundu vykonať 5000 sčítaní a 300 násobení. Programoval sa pomocou 130-tich prepínačov. Prevrät v oblasti počítačov sa stal až v roku 1948, kedy bol vynájdený tranzistor. Nahradenie elektróniek tranzistormi spôsobilo zníženie nárokov na spotrebu zariadenia. Tranzistor bol neporovnateľne rýchlejší a zmena jeho stavu sa vykoná za 1 nanosekundu. Vznik PLC bol podmienený až potrebou automatizácie výroby automobilov (1).

Vznik historicky prvého PLC datujeme do roku 1968, kedy spoločnosť General Motors, konkrétne divízia Hydramatic zadala výberové konanie na vývoj a dodávku

elektronického riadiaceho systému ako náhrady za automaty, ktoré boli dovtedy realizované prostredníctvom releovej techniky. Riadiace systémy sa v tom čase vyznačovali mnohými nevýhodami. Boli finančne náročné, vyžadovali množstvo kabeláže, relé, časovačov, ktoré spôsobovali poruchovosť systému, čím sa zvyšovala náročnosť údržby a značne komplikovala možnosť zmeny riadiaceho algoritmu. Automobilový priemysel potreboval flexibilnejšie riešenie, aby bolo možné realizovať každoročnú zmenu výrobného programu efektívnejším spôsobom. Do súťaže o vytvorenie riadiaceho automatu sa zapojila aj spoločnosť Bedford Associates na čele s Richardom Morleym. Práve jeho produkt s kódovým číslom 084 súťaž vyhral. Dick Morley je považovaný za „otca“ prvého PLC. V marci 1968 mal Morley pripravený funkčný prototyp s kódovým názvom „Stupid“. Potenciál tohto článku bol veľký a preto založil spoločnosť, venujúcu sa vývoju, predaju a servisu tohto produktu pod názvom Modicon (MODular DIGital CONtroller). Vtedajšie počítače boli veľmi drahé na priemyselné aplikácie, preto na prekonanie počiatočnej nedôvery klientov bolo vhodné slovo „počítač“ radšej nespomínať. V roku 1972 už existovala viac ako desiatka dodávateľov s cca dvadsiatimi typmi PLC. Boom PLC, ktorý tak začal v sedemdesiatych rokoch pokračuje až dodnes vďaka vlastnostiam PLC, ktoré sú schopné prispôbiť sa požiadavkám trhu (2).

1.2 Využitelnosť PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve

Tak ako v každom odbore, tak aj v poľnohospodárstve sa čoraz častejšie využívajú prostriedky automatizovanej techniky. Hlavnou výhodou je zefektívnenie produkcie, skvalitnenie produktu a úspora financií. Spolu s príchodom automatických zariadení sa znižujú nároky na množstvo potrebných pracovníkov. Preto je výhodné riadiť niektoré činnosti pomocou programovateľných automatov a pomocou snímačov.

Pomocou PLC regulátorov je možné zisťovať, zaznamenávať a riadiť veľké množstvo fyzikálnych veličín, ktoré ovplyvňujú klimatické podmienky v skleníkoch. V súčasnosti sa využívajú len zriedkavo a predovšetkým len na riadenie závlahy a snímanie teploty. Regulácia je potrebná a finančne výhodná hlavne v skleníkoch väčších rozmerov, pri ktorých by výkyvy teplôt a vlhkosti mohli poškodiť tropické a inak náchylné rastliny na zmenu klímy. Dôležitým kritériom je aj finančná návratnosť

použitého zariadenia. Riadenie pomocou počítačov by bolo finančne náročné a preto sa ako vhodné a kompaktné riešenie ponúka použitie PLC regulátorov.

Hlavnou výhodou PLC je možnosť rýchlej realizácie projektu, pretože technické vybavenie nemusí užívateľ vyvíjať. Stačí mu navrhnúť a zakúpiť správnu zostavu modulov PLC komponentov pre danú aplikáciu, vytvoriť projekt a vytvoriť alebo upraviť už existujúci užívateľský program. Technické vybavenie programovateľných automatov je navrhnuté tak, že sú extrémne spoľahlivé aj v najdrsnejších priemyselných podmienkach, sú odolné voči poruchám a rušeniu z okolia. Vyznačujú sa robustnosťou a spoľahlivosťou. PLC bývajú vybavené aj vnútornými diagnostickými funkciami, ktoré priebežne kontrolujú činnosť systému, včas zistia prípadnú závalu a lokalizujú ju (3).

Základnou požiadavkou pre správnu funkčnosť PLC v skleníku je aj množstvo snímačov, ktoré je možné k tomuto zariadeniu pripojiť. Ide hlavne o snímače teploty, vlhkosti, množstva svetla, prípadne snímače výšky hladiny závlahovej vody. Tieto snímače je možné kombinovať, pretože PLC pracuje na princípe reléovej techniky. Programovateľné automaty je tiež možné spájať s PC pomocou „siete“ a tým koordinovať, alebo preprogramovať jednotlivé PLC. To je výhodou hlavne pri väčšom počte skleníkov s rozličnými podmienkami klímy, alebo pri zmene požiadaviek na výstupné veličiny.

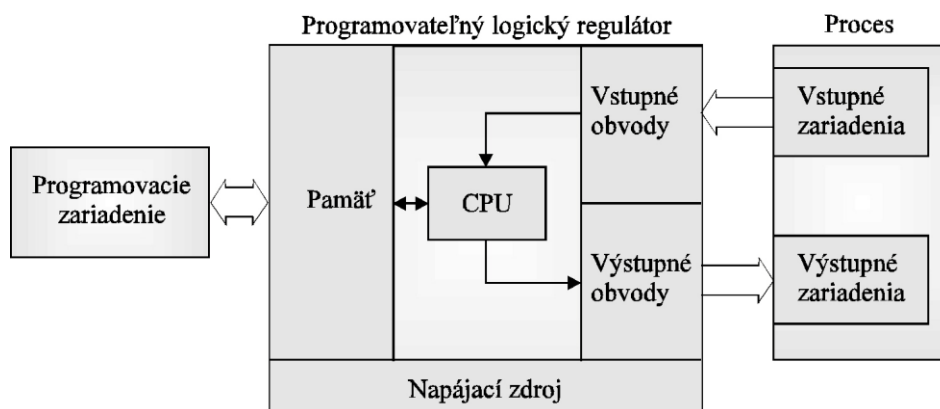
Tieto a mnoho ďalších vlastností predurčujú PLC na bezproblémovú činnosť v náročnom prostredí skleníkového hospodárstva.

1.3 Princíp činnosti PLC regulátorov

Voľne programovateľné automaty PLC (Programmable Logic Controller) sú elektronické riadiace systémy, ktorých funkcia je určená programom. Ten sa vytvára na základe logických funkcií, ktoré svojou kombináciou vykonávajú požadovanú funkciu programu. Pamäť mikropočítačov je preprogramovateľná užívateľom, alebo vo výnimočných prípadoch pevne stanovená výrobcom. PLC je číslicovo pracujúci elektronický systém využívajúci programovú pamäť pre interné ukladanie užívateľsky orientovaných inštrukcií na vykonávanie špecifických funkcií (logických, sekvenčných, číslicových, čítacích, komunikačných, organizačných) za účelom riadenia strojov alebo procesov. Toto riadenie vykonáva pomocou digitálnych, alebo analógových vstupov. Do týchto vstupov sa privádza signál z výstupov periférnych zariadení (snímačov).

Činnosť programovateľných automatov je riadená radičom . Pri zapnutí PLC sa vykoná vynulovanie všetkých vstupných jednotiek tak, aby bol automat pripravený na spustenie nového cyklu programu. Riadiacim signálom začiatku cyklu operačnej pamäte sú hodnoty vstupných signálov zapísaných v zápisníkovej pamäti na to určenej. Tým sa vytvorí vstupný vektor, ktorý funguje ako riadiaci signál a je generovaný pred vykonaním prvej inštrukcie riadiaceho programu. V ďalšom priebehu cyklu operačnej pamäte už nie je generovaný. Výber požadovaného signálu a jeho pripojenia na dátovú zbernicu je riadený adresnou zbernicou (4).

Program je vykonávaný pomocou centrálnej procesorovej jednotky CPU (central processing unit) zobrazenej na obr. 1, ktorá sa stará o vykonávanie všetkých operácií v registroch a pamätiach. Medzi hlavné registre patria programový čítač a bitakumulátor. Programový čítač slúži na uloženie adresy tej inštrukcie v pamäti, ktorá sa bude vykonávať v nasledujúcom kroku. Zaisťuje teda čítanie programu z pamäti a vykonávanie inštrukcie inštrukcií. Pre vykonávanie logických operácií je dôležitý register zvaný bitakumulátor. Na začiatku logickej operácie sa do neho uloží operand, druhý operand je v pracovnom registri a výsledok operácie je uložený naspäť do bitakumulátora. Bitakumulátor podľa logickej hodnoty, ktorú obsahuje (logická 1 alebo 0) vykoná, alebo nevykoná nasledujúce inštrukcie, ktoré modifikujú obsah dátovej pamäti a tým aj výstupov z automatu do procesu. V programovej časti pamäti sú uložené jednotlivé príkazy, ktoré sa vykonávajú v cykloch.



Obr.1 Princíp činnosti PLC regulátora

Dátová pamäť je rozdelená na dve časti. Jedna je priamo spojená s jednotlivými vstupmi a výstupmi (t.j. každý vstup a výstup má svoj obraz v dátovej pamäti), druhá

slúži k ukladaníu konštant medzivýsledkov a pod. Pred zahájením cyklu sa načítajú hodnoty všetkých vstupov a zapíšu sa do príslušnej časti dátovej pamäti. Obsah celej dátovej pamäti je v priebehu cyklu modifikovaný a po ukončení cyklu sa hodnoty výstupných premenných prenesú z dátovej pamäti na výstupy z automatu. Jednou z možných inštrukcií je podmienený skok, ktorý umožňuje určitú časť programu vynechať a pokračovať v inej časti programu. Jeden programový cyklus (tzv. „sken“) trvá rádovo milisekundy, čo zaisťuje dostatočne rýchlu reakciu riadiaceho systému na situáciu v riadenom procese (5).

1.4 Prvky programovateľného automatu

Typické PLC z hľadiska vnútorného usporiadania obsahuje centrálnu procesorovú jednotku, internú systémovú pamäť, užívateľskú pamäť, binárne a analógové vstupy a výstupy. Ďalej obsahuje niekoľko ďalších modulov ako čítače, komunikačné moduly, špeciálne moduly a v neposlednom rade záložný pamäťový modul.

1.4.1 Centrálna procesorová jednotka (CPU)

Jadrom každého programovateľného automatu je CPU, ktorá určuje schopnosť vykonávať inštrukcie v určitých časoch a množstve pre dané PLC. Môže byť jedno alebo aj viacprocesorová. U viacprocesorových systémov bývajú niekedy použité vstupno-výstupné procesory, matematické koprocessory a niekedy aj komunikačné procesory. Hlavným parametrom pri centrálnej procesorovej jednotke je operačná rýchlosť, ktorá určuje tzv. dobu cyklu, čo je doba, za ktorú procesor dokáže spracovať 1000 logických inštrukcií. Podľa typu jednotky sa táto rýchlosť pohybuje rádovo od desiatok milisekúnd až k desatinám milisekúnd u najrýchlejších jednotiek (6).

CPU- Centrálna procesorová jednotka:

- postupne vykonáva inštrukcie uložené v programe uložené v pamäti,
- riadi všetky operácie vykonávané v PLC,
- najčastejšie CPU obsahuje základný modul, ku ktorému pripájame ďalšie moduly so vstupno-výstupnými obvody,
- obsahuje komunikačné rozhranie pre prepojenie s PC alebo ďalšími PLC.

1.4.2 Užívateľská a systémová pamäť

Užívateľská pamäť obsahuje program vytvorený programátorom. U starších modelov PLC sa používa pamäť typu EPROM alebo EEPROM. Väčšina novších modelov sa používa rýchlejšia FLASH pamäť. Pamäte majú zvyčajne kapacitu rádovo od desiatok kB až po jednotky MB, ktorá je buď integrovaná, alebo je možné ju rozširovať pomocou slotu na pamäťové karty.

Užívateľovi dostupné registre sú v pamäti typu RAM. Tu sa nachádzajú zápisníkové registre, časovače, čítače a väčšinou aj vyrovnávacie registre pre obrazy vstupov a výstupov. Možnosti programovania závisia od počtu týchto registrov. Počet periférnych jednotiek, ktoré je možné pripojiť je vymedzený adresovateľným priestorom pre vstupy a výstupy.

Dôležitým parametrom sú aj rozsahy čítačov a časovačov. Väčšina modulárnych automatov má zabudované aj hodiny reálneho času, alebo aj kalendár, ktoré umožňujú zahrnúť do užívateľského programu úlohy využívajúce absolútny čas (6).

Pamäť- Do pamäte PLC sa ukladá:

- riadiaci program,
- medzivýsledky, výsledky jednotlivých cyklov a operačný systém PLC.

1.4.3 Binárne vstupno-výstupné jednotky

Binárne vstupy slúžia na pripájanie prvkov s dvojhodnotovým charakterom výstupného signálu, ako sú napríklad tlačidlá, prepínače, senzory dotyku, priblíženia, dvojhodnotové senzory tlaku, hladiny, teploty. K binárnym výstupným jednotkám sa pripájajú akčné členy s dvojhodnotovým charakterom vstupného signálu. Môžu to byť napríklad rôzne optické a akustické signalizačné zariadenia, alebo cievky relé, stýkačov, ventilov, elektromagneticky ovládaných pneumatických alebo hydraulických rozvádzačov (6).

1.4.4 Analógové vstupno-výstupné jednotky

Analógové vstupné a výstupné jednotky vytvárajú spojenie medzi PLC a spojitým prostredím. K analógovým vstupom možno pripojiť napríklad snímače teploty, sily, vlhkosti, rýchlosti, hladiny, tlaku, ale aj väčšinu inteligentných prístrojov s analógovými výstupmi. Najdôležitejšou časťou analógovej vstupnej jednotky je A / D prevodník, ktorý prevádza analógové napäťové alebo prúdové signály na číselné hodnoty. Analógové výstupné jednotky slúžia na ovládanie rôznych akčných členov so spojitým charakterom vstupného signálu, ako napríklad frekvenčné meniče, spojité servopohony, alebo meracie prístroje. Analógová výstupná jednotka tiež obsahuje prevodník, ktorý prevádza binárne hodnoty na spojitý signál (6).

Vstupné a výstupné obvody sa vyznačujú nasledovnými vlastnosťami:

- pripojenie PLC na snímače a akčné členy, prípadne aj galvanické oddelenie signálov,
- A/Č a Č/A prevod spojitých veličín (prúdu, napätia, odporu),
- časovače a počítadlá,
- každý vstup a výstup PLC má svoju (jedinečnú) adresu, pomocou ktorej je možné k nemu pristupovať (zapisovať do neho, alebo čítať z neho) (7).

1.4.5 Čítače

Čítačové jednotky sú určené na počítanie impulzov, ktorých perióda je porovnateľná alebo kratšia, ako je slučka programu programovateľného automatu. Čítače bývajú vyhotovené pre pripojenie univerzálnych signálov, inkrementálnych snímačov, alebo absolútnych snímačov. Všetky programovateľné automaty sú tiež vybavené softvérovými počítadlami, ktoré sa používajú v situáciách, kedy nie je za potreby použitie čítačových jednotiek (3).

1.4.6 Komunikačné jednotky

Dôležitou vlastnosťou PLC systémov je schopnosť komunikovať so vzdialenými modulmi vstupov a výstupov, s podsystémami, s ostatnými jednotkami PLC, s panelom operátora a s inými inteligentnými prístrojmi, s počítačmi a ich sieťami, a tak vytvárať distribuované systémy. Moderné PLC používajú na komunikáciu s okolím ethernetové rozhranie (6).

1.5 Vlastnosti PLC

Medzi výhody programovateľných automatov môžeme zaradiť:

- pomocou jedného PLC je možné riadiť veľké množstvo rôznych procesov s rôznou zložitou,
- odolnosť voči priemyselným vplyvom prostredia (výhoda v skleníkoch kde je vysoká teplota, prašnosť, vlhkosť),
- v závislosti na aplikáciu je možné rozšíriť zariadenie pomocou prídavných modulov, preprogramovať ho a použiť v inej aplikácii,
- existujúci program je možné rýchlo nakopírovať do iných PLC regulátorov, ktoré riadia rovnaký proces,
- modularita (zbernicové prevedenie pre komunikáciu s meracími a akčnými členmi),
- rýchlosť odozvy pri riadení (voči releovej technike),
- priamo v PLC sú integrované čítače a časovače, ktoré je možné jednoducho zaradiť do programu,
- už pri nahradení štyroch a viac relé je ekonomicky výhodné použiť PLC
- možnosť komunikácie PLC so špeciálnymi zariadeniami: displeje, snímače, enkóдеры,
- komunikácia s HMI systémami,
- rýchle odstraňovanie porúch (porucha je indikovaná a zlý prvok sa dá rýchlo vymeniť aj nekvalifikovanou obsluhou),
- cena (sú lacnejšie ako riadiace počítače) (1).

Oproti centrálnemu počítačovému riadeniu a rôznym typom mikropočítačov majú programovateľné automaty nasledovné nevýhody:

- programovanie je menej komfortné než u mikropočítačov,
- vyššia cena než priemyselný počítač (IPC),
- menšia flexibilita než u IPC,
- komunikačné sériové zbernice používané u PLC nie sú dostatočne štandardizované pre pripojenie automatov do sietí,
- je potrebná hierarchická štruktúra ak chceme PLC prepojiť do väčších celkov,
- potreba vytvárať software pre nové aplikácie (8).

1.6 Rozdelenie programovateľných automatov

Jednotlivé PLC sa môžu deliť podľa nasledovných kritérií:

- podľa výkonnosti CPU,
- podľa počtu vstupno-výstupných obvodov,
- podľa aplikačnej oblasti do ktorej môžu byť použité,
- podľa vonkajšieho prevedenia,
- podľa modularity (kompaktné pre menšie systémy, modulárne (väčšie systémy)).

Z hľadiska konštrukčného prevedenia a užívateľskej koncepcie možno programovateľné automaty rozdeliť do troch kategórií:

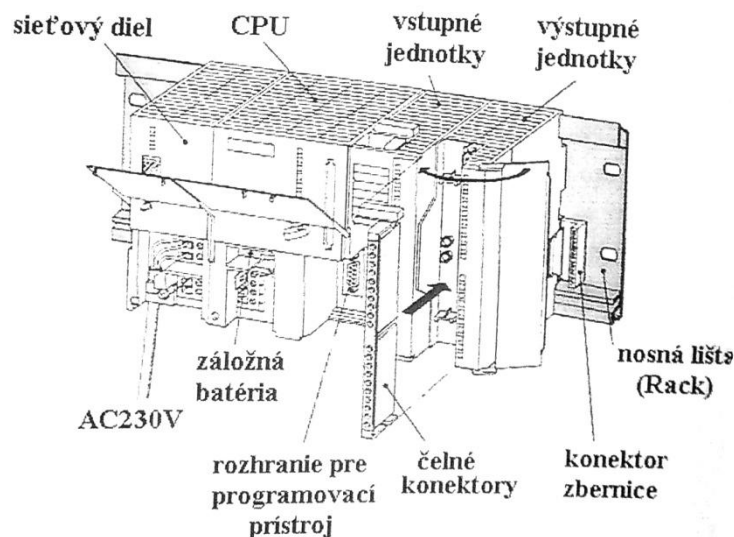
- mikro programovateľné automaty,
- modulárne programovateľné automaty,
- kompaktné programovateľné automaty.

Mikro PLC (Obr.2) patria medzi rozmerovo najmenšie a najlacnejšie PLC systémy, ktoré ponúkajú užívateľovi obmedzený počet vstupov a výstupov. Tie sú definované výrobcom. Obvykle využívajú len binárne veličiny, napríklad 6 binárnych vstupov a 6 binárnych výstupov pre najmenší systém. Pre väčšie zostavy sa používajú vstupy a výstupy v počte 8/8, 12/12, atď. Ich funkčný a komunikačný komfort je redukovaný na minimum, komunikačné možnosti veľakrát chýbajú. Mikro PLC sú vybavené najčastejšie LED displejom. Programovanie sa vykonáva priamo na integrovanej klávesnici alebo prepojením s PC. Typickým použitím programovateľných automatov tejto kategórie je realizácia logickej výbavy jednoduchých strojov a mechanizmov, ktorá sa tradične riešila pevnou reléovou logikou (3).



Obr. 2 Ukážka mikro PLC Mitsubishi FX1S-14MT-DSS

Modulárne PLC pozostáva z nosného rámu, do ktorého sa umiestňujú karty CPU, vstupno-výstupných obvodov a napájanie. Ako je zobrazené na obr. 3 na prenos riadiaceho signálu a napájania medzi jednotlivými modulmi sa používa rozvodná zbernica. Ak počet základných modulov nepostačuje, je možné pri zložitejších aplikáciách pridať rozširujúce moduly. Ich počet je obmedzený len adresovateľným priestorom procesoru, ktorý sa líši v závislosti na type PLC. Kompatibilitnosť medzi množstvom snímačov zabezpečujú rozširujúce moduly, ktoré môžu byť prispôbené pre daný snímač. Tým je zabezpečená možnosť pripojenie akčných členov a snímačov pre špeciálne regulačné funkcie (snímanie impulzov, krokovanie mechanizmov, regulačných algoritmov). Ďalej musia periférie zabezpečiť prepojenie a komunikačné funkcie v decentralizovaných riadiacich systémoch a to až na vzdialenosť stoviek metrov od CPU (9).



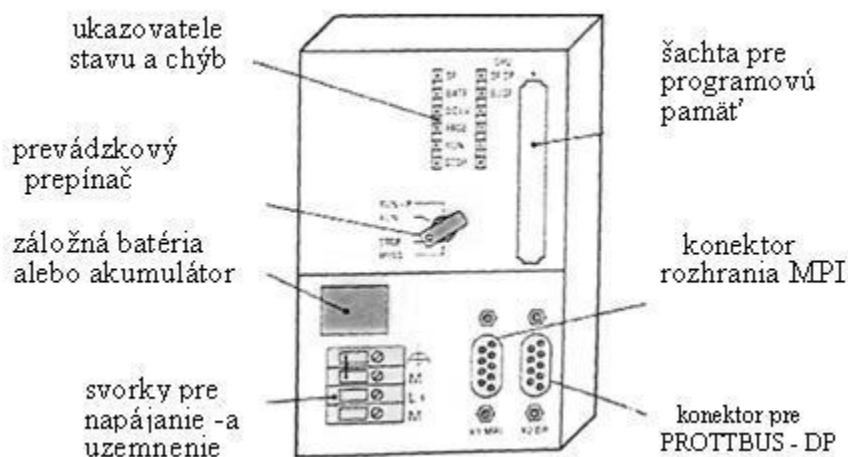
Obr.3 Štruktúra modulárneho PLC

K príslušenstvu modulárnych PLC patria periférne jednotky, ktoré môžu byť:

- zdrojové (prúd z nich vyteká do spotrebičových I/O obvodov),
- spotrebičové (prúd do nich vteká zo zdrojových I/O obvodov). Pre monitorovanie, riadenie a vizualizáciu technologického procesu sa k PLC pripájajú tzv. ovládacie panely, dátové terminály (MMI = Man Machine Interface v prevedení od pasívneho zobrazovania niekoľkých údajov, až po výkonné grafické terminály s dotykovou obrazovkou).

Kompaktné PLC sú vyrábané s presným počtom vstupov a výstupov a presnou konfiguráciou modulov, ktoré sú integrované v danom PLC. Tým je obmedzený aj počet spracovateľných inštrukcií. Konštrukcia kompaktných automatov je na obr. 4 a je daná ich použitím pri riadení menších systémov, tj. pevne daná konfigurácia integrovaných modulov s definovaným počtom pripojovaných signálov (napr. pre klimatizačné a technické vybavenie budov, k strojným zariadeniam, ako sú umyvárky automobilov pod.).

Najnovšie PLC v kompaktnom prevedení ponúkajú určitú variabilitu, avšak do istej miery obmedzenú. Užívateľ môže k základnému modulu pripojiť jeden alebo viac prídavných modulov z obmedzeného sortimentu s pevnou kombináciou vstupov a výstupov, napr. modul s 8 binárnymi vstupmi a 8 binárnymi výstupmi (tranzistorovými alebo reléovými), modul rýchlych čítačov, analógový vstupný alebo výstupný modul, modul regulátora a pod. . Tento typ PLC sa už v základnom vybavení vyznačuje množstvom hardvérových a softvérových funkcií, ktoré ho predurčujú na riadenie a reguláciu napr. v skleníkovom hospodárstve. Niektoré kompaktné systémy sa navyše vyznačujú vnútornou modulárnosťou, kedy konfiguráciou základného modulu možno rozšíriť osadením základnej dosky zásuvnými modulmi vhodného typu (tzv. „piggyback“) (3).



Obr.4 Štruktúra kompaktného PLC

1.7 Programovanie logických automatov

Na vykonávanie požadovaných činností automatizovaného systému je potrebné napísať program. Program je usporiadaná postupnosť jednoduchých inštrukcií stanovujúcich operácie, ktoré má procesor vykonať. Podľa Girmana (10) vzhľadom na vytváranie hierarchických štruktúr riadiacich systémov a ich komunikáciu od základných protokolov až po internetovské technológie, vznikla potreba normalizácie spôsobov programovania. Medzi najzákladnejšie normy patrí norma IEC 1131-1 (International Electrotechnical Commission). Táto norma definuje štruktúru programovej aplikácie a rozdeľuje ju do niekoľko úrovní. Najvyššou úrovňou, popisujúcou riadiaci systém je konfigurácia (configuration). Ak sú riadiace systémy príliš zložité, rozdeľujeme ich do konfigurácií, ktoré si navzájom môžu vymieňať informácie pomocou komunikačných prostriedkov.

Konfigurácia je tvorená jedným, alebo viacerými prostriedkami (resources). Každý prostriedok zabezpečuje vykonanie jednej, alebo viacerých úloh (tasks). Úlohy sú vyvolávané udalosťami viazanými na splnenie podmienky, alebo dosiahnutie určitého času. Interpretmi úloh sú programy, ktoré môžu byť napísané v rôznych formách (10).

1.7.1 Druhy a vlastnosti programovania

Formy zápisu rozdeľujeme na grafickú a textovú formu.

Grafický zápis: -diagram funkčných blokov (Function Block Diagram FBD),
-jazyk reléových (kontaktných) schém (Ladder diagram LD),
-graf postupnosti krokov (Sequential Function Chart SFC).

Textový zápis: -mnemotechnický zápis (Instruction List IL),
-štruktúrovaný text (Structured text ST) (11).

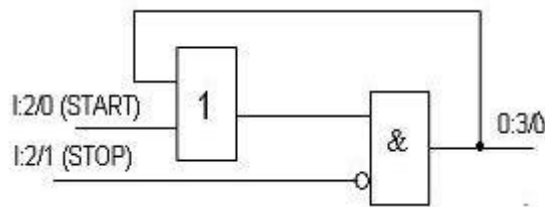
1. Diagram funkčných blokov - FBD (Function Block Diagram)

Základné logické operácie popisuje obdĺžnikovými značkami (obr.5). Ich výška je prispôbená počtu vstupov a označujú sa podľa druhu funkcie, ktorú daný blok vykonáva (čítače, časovače, posuvné registre, logický súčet a súčin atd.). Výhodou

tohto spôsobu programovania je nadväznosť pre programátorov, ktorí pracovali na programovaní integrovaných obvodov (12).

Vlastnosti FBD sú:

- diagram funkčných blokov je možné použiť pri diskretnom riadení, ale aj pri riadení v uzavretej slučke,
- výhodou FB (funkčných blokov) oproti programu, ktorý sa opakuje vo forme kódu je efektívnejšie využívanie pamäte PLC,
- štandardné funkčné bloky môžu byť jednoducho použité na vytvorenie zložitejších FB (13).

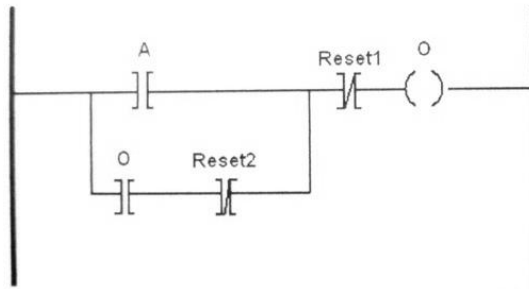


Obr.5 Príklad programu vytvoreného pomocou FBD

2. Jazyk reléových (kontaktných) schém, rebríkový diagram LD (Ladder diagram)

Jazyk reléových schém (obr.6) je zobrazovaný ako súbor spínacích a rozpínacích kontaktov, cievok elektromagnetov, graficky vyjadrených funkcií a blokov, návěstí, dátových a spojovacích ohraničených zľava a zprava napájacími zbernicami. Medzi napájanie a uzemnenie sa kreslia zľava doprava prúdové cesty cez kontakty () [,]/, (), táto prúdová cesta sa vpravo ukončí cievkou označenou () . Hlavnou výhodou tejto metódy je jednoduchosť a zrozumiteľnosť aj pre operátorov, ktorí nemajú dostatočné znalosti v oblasti tradičného počítačového programovania.

Základné schematické značenie:] [spínací kontakt
] [rozpínací kontakt
 () cievka



Obr.6 Príklad na zápis LD programu

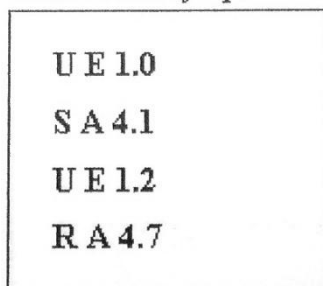
3. Graf postupnosti krokov -SFC (Sequential Function Chart) má tieto vlastnosti :

- vetvenie programu je na vysokej úrovni,
- umožňuje paralelné vykonávanie programu,
- akcie a prechody môžu byť programované pomocou akéhokoľvek programovacieho prostriedku definovaného normou IEC 61131-3,
- metódu SFC možno použiť na ktorejkoľvek úrovni riadiaceho programu,
- plné riadenie vykonávania akcií,
- možnosť nadväzného programovania zhora nadol,
- je definovaná textová forma SFC, ktorá umožňuje prenos aplikácie medzi systémami rôznych výrobcov, táto forma je ale v súčasnosti stále vo vývoji a jej význam sa očakáva až v budúcnosti (13).

4. Jazyk mnemokódov, súbor inštrukcií -IL (Instruction List) má tieto vlastnosti:

- hlavnou výhodou jazyka mnemokódov (obr.7) je jeho použiteľnosť a implementácia v PLC, čím je možné naprogramovať zariadenie aj bez použitia kompilácie,
- je výhodný pri písaní krátkych programových kódov pri časovo kritických operáciách,
- operátory môžu pracovať s hodnotami premenných všetkých dátových typov, volať funkcie a FB,
- je vhodný na riešenie úloh s malým vetvením a pre písanie jednoduchých programov na obsluhu prerušení,
- jeho nevýhodou je vysoká náročnosť na vedomosti programátora, ktorý musí poznať tento textový spôsob zápisu a nízka medzi systémová prenosnosť (13).

Mnemotechnický zápis



Obr.7 Príklad mnemotechnického zápisu

5. Štruktúrovaný text -ST(Structured text) má tieto vlastnosti:

Je obdobou vyšších programovacích jazykov pre PC (napr. Pascal, C). Umožňuje názorný a úsporný zápis algoritmov.

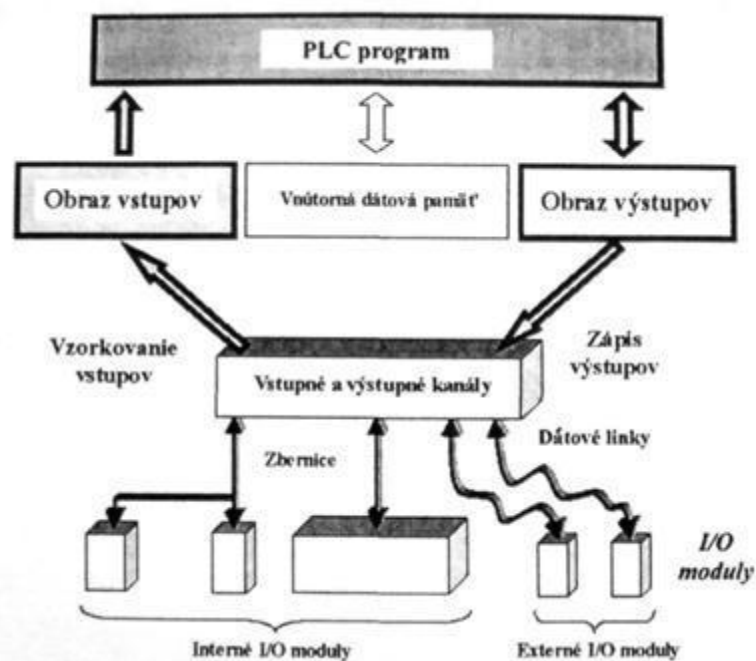
- ST sa používa na prácu s rôznymi dátovými typmi, pričom má dobrú podporu ich kontroly ,
- výrazy použité v štruktúrovanom texte je možné použiť pre výstupy z FB a jeho funkcie,
- hodnoty premenných je možné získať za pomoci zložitých alebo jednoduchých výrazov,
- ST sa využíva na programovanie funkcií, FB a programov pre rôzne typy aplikácií,
- ST obsahuje prostriedky na podmienené a opakované vykonanie časti programu a na volanie funkcií a funkčných blokov (13).

Príklad časti programu typu ST (štruktúrovaný text):

```
! IF (%I0.01 or not %I0.02)
AND I0.03
then Set %Q0.01;
Else Reset %Q0.01; END-IF;
! IF %I0.04t
hen Reset %Q0.02
Else Set %Q0.02;END-IF;
```

1.7.2 Spracovanie programu v PLC

Program PLC pracuje na základe postupnosti inštrukcií a príkazov, ktoré určuje program. Pre činnosť programov v programovateľných logických automatoch je typický režim vykonávania programu v cyklickej slučke. Na rozdiel od iných programovateľných systémov sa programátor PLC nemusí starať o to, aby sa po ukončení programu vrátil program na začiatok. Zaisťuje to spôsob vykonávania systémového programu zobrazený na obrázku 8. Ak programová slučka zotrvá na jednom mieste dlhšie ako je prípustné, systém to vyhodnotí ako chybu tzv. „prekročenie doby cyklu“. Po vzniku takejto chyby je program pozastavený a daný problém je potrebné odstrániť obsluhou daného zariadenia. Vždy po vykonaní poslednej inštrukcie, je riadenie prenechané riadiacemu systémovému programu, ktorý vykoná tzv. „otočku cyklu“. V nej najskôr aktualizuje hodnoty vstupov a výstupov prepísaním registrov vstupných a výstupných periférií na počiatočnú hodnotu. Potom aktualizuje časové údaje pre časovače a systémové registre a vykoná radu režijných úkonov. Po otočke cyklu je riadenie opäť prenechané prvej inštrukcii programu (3).



Obr.8 Princíp spracovania programu

PLC automat pracuje v periodických cykloch zobrazených na obr.8, zložených z troch krokov:

1. vzorkovanie vstupov (scan input) načítanie hodnôt vstupov zo vstupných modulov do pamäti nazvanej obraz vstupov (input image),
2. vykonanie programu (program scan) exekúcia programu, výpočet nových hodnôt výstupov a ich uloženie do pamäte nazvanej obraz výstupu (output image),
3. zápis výstupov (output scan) zápis obrazu výstupov do výstupných modulov (14).

1.7.3 Scanovací cyklus PLC

CPU (centrálne procesorová jednotka) cyklicky spracováva viacero úloh, vrátane vykonávania vloženého programu. Toto cyklické vykonávanie jednotlivých úloh sa nazýva scanovací cyklus (15). Počas scanovacieho cyklu CPU vykonáva tieto úlohy:

- prečítanie vstupov,
- vykonanie komunikačných požiadaviek,
- spracovanie komunikačných požiadaviek,
- vlastná diagnostika CPU,
- zapísanie na výstupy.

Zjednodušený popis programového cyklu:

- po zapnutí sa vykonávajú niektoré systémové operácie, medzi inými i nulovanie IR, SR, AR oblastí, resetovanie časovačov a kontrolovanie pripojených I/O jednotiek,
- pokiaľ kontrola hardware a programovej pamäte prebehla v poriadku, vykoná sa prvá inštrukcia programu, po nej sa postupne vykonávajú všetky inštrukcie programu, až kým sa nevykoná inštrukcia END,
- po inštrukcii END sa počká na splnenie požiadavky minimálnej doby cyklu. Ak je táto podmienka splnená, vykoná sa obnova vstupov a výstupov. Čiže načítajú sa všetky vstupné údaje a na základe operácií programu sa nastaví všetky výstupy. V tomto bode načítané vstupy sú k dispozícii pre ďalší cyklus,
- obslúžia sa všetky komunikačné porty zapojené v systéme a cyklus sa vráti k vykonaniu prvej inštrukcie (16).

1.7.4 Komunikácia a režimy PLC

Pre komunikáciu s okolitými zariadeniami používa PLC rôzne typy komunikačných liniek. Priemyselným štandardom sa stalo rozhranie RS232, kvôli jednoduchému pripojeniu ku každému PC cez sériový COM port. Niektorí výrobcovia používajú vlastné komunikačné rozhrania, ktoré zabezpečujú komunikáciu len medzi PLC regulátormi jednej firmy. Cieľom výrobcov sa však stáva používanie štandardizovaných komunikačných kanálov, ktoré sú odvodené od priemyselného štandardu RS485. Ďalšou skupinou komunikačných liniek sú normalizované komunikácie typu Profibus, Suconet, ControlNet, Ethernet a pod.. Komunikácie na báze rozhrania USB sa na trhu PLC zatiaľ nepresadzujú. Dôležitejšie, ako prenos medzi PLC a PC je prepojiteľnosť snímačov s programovateľnými automatmi od rôznych výrobcov a tým zabezpečiť kompatibilitu týchto zariadení. Typ komunikačnej linky nehrá v problematike logického riadenia veľkú úlohu, pretože dáta medzi PC a PLC môžu byť prenášané po akejkoľvek komunikačnej sieti, kvalitou komunikácie je však podmienená rýchla odozva PLC na rôzne udalosti (14).

PLC pracuje v troch základných režimoch:

- **Program** (alebo Stop) – pri tomto stave PLC nevykonáva žiadnu činnosť, sú pozastavené všetky procesy. Nenačítavajú sa vstupy ani výstupy. Tento režim sa používa ak je nutná úprava programu alebo odstávka riadeného procesu.
- **Run** - vykonáva sa scan vstupov, výstupov a programu, teda PLC je v stave kedy aktívne riadi technologický proces. V tomto režime je program vykonávaný v danom cykle a preto nie je možné meniť jeho štruktúru. Niektoré obsahy premenných sa dajú meniť v obmedzenej miere. Nie je možné zásadne meniť obsah programu, nakoľko by to systém mohol vyhodnotiť ako chybu cyklu. Riadenie sa je možné vykonávať diaľkovo z vývojového prostredia pomocou panelov operátora a monitorovacích systémov. Niektoré PLC umožňujú aj tzv. „limitované edície" (limited edition) kódu programu. Ich využitie je hlavne pri havarijných stavoch riadeného procesu a procesoch, ktoré nie je možné prerušiť na dlhší čas.

- **Test** - v tomto režime sa vykonáva proces scanu vstupov a scan programu. Ide o preverenie správnej činnosti CPU jednotky. Scan výstupov sa nevykonáva, takže je možné sledovať program bez možnosti vzniku havarijného stavu. Týmto režimom nedisponujú všetky PLC, na rozdiel od predchádzajúcich, ktorými musí disponovať každé PLC (17).

1.8 Technické prostriedky používané v skleníkoch

1.8.1 Aplikácia PLC v skleníku

V skleníkovom hospodárstve je možné použiť takmer každý druh PLC v kombinácii so správnym vstupno-výstupným modulom a snímačom. Z hľadiska náročnosti aplikácie v skleníku je postačujúce použitie menej výkonných PLC. Tieto PLC sa nazývajú aj mikro PLC. Pri zložitejších aplikáciách sa používajú kompaktné PLC alebo modulárne. Základnou výhodou je ich rozširiteľnosť pomocou vstupno-výstupných modulov. Tieto moduly spracovávajú prevažne analógový signál prijímaný zo snímača umiestneného v skleníku. Ten premieňajú na signál zrozumiteľný pre dané PLC a to najčastejšie v podobe hodnoty vstupného napätia. Výstupné napätie zo snímača sa mení vzhľadom na veľkosť zosnímanej veličiny tj. určitej veličine pripadá určitá hodnota napätia. Jednotky CPU daného PLC sa môžu líšiť výkonom, počtom vstupov a výstupov základného modulu, ale všetky pracujú na logickom princípe. Takto je to aj pri PLC typu Simatic S7-200, kde je možné použiť viacero typov CPU (napr. CPU 222, CPU 224, atd.), v závislosti od požadovanej vstupno-výstupnej konfigurácie.

Riadiacou veličinou je výstupný signál z PLC regulátoru, ktorý na základe vstupných veličín, programu a vyhodnotenia CPU určí hodnoty na výstupoch, ktoré vyšlú signál na zopnutie akčných členov (ventilátor, kúrenie, spustenie servomotorov, atd.). PLC sa taktiež odlišujú spôsobom programovania. To sa môže vykonávať pomocou programátora pripojeného k PLC, pomocou softvéru v PC, alebo pomocou dotykového riadiaceho panelu. Pri programovaní pomocou softvéru v PC sa program najskôr vytvorí v programovacom prostredí, ktoré je podporované daným automatom a následne je možné tento program odsimulovať. Simulácia sa môže vykonávať bez použitia PLC, pomocou simulačných programov. Jednoduchšie logické automaty medzi ktoré patrí Siemens LOGO!, je možné programovať pomocou displayu a tlačidiel zabudovaných priamo v tomto zariadení (1).

1.8.2 PLC Moeller Klockner PA- PS3

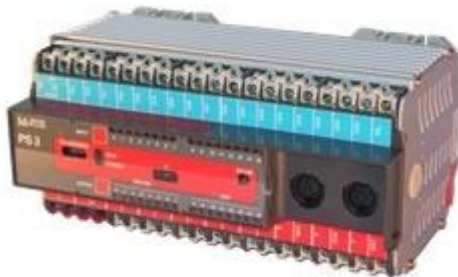
PLC PA- PS3 na obr. 9 patrí medzi staršie druhy PLC regulátorov, ktoré sa vďaka ich spoľahlivosti a jednoduchosti používajú až dodnes. Pracujú na princípe reléovej techniky, ako spínače a prepínače, ale aj ako čítače. PS3 vykonáva logické operácie, ktoré sú zadávané do programu pomocou PRG programátora. Ich použitie je obmedzené, pretože nie je možné použitie takého množstva druhov modulov, ako u novších typoch PLC. V rámci vytvorenia zložitejšieho riadenia napríklad vo viacerých skleníkoch môžeme použiť viaceré PS3, ktoré môžu byť prepojené do siete. Riadenie v skleníku, pomocou PS3 je výhodné z hľadiska financií a jednoduchosti. Tieto PLC sa využívajú aj na školách vo vyučovacom procese riadenia pomocou PLC.

Medzi výhody PLC PA- PS3 patria:

- odolný voči otrasom,
- programovanie bez použitia PC,
- malé rozmery,
- ľahký transport,
- odolný voči pôsobeniu prostredia- prach, teplo, vlhko.

Hlavné nevýhody PLC PA-PS3 patrí:

- staršia technológia, s čím súvisia problémy s kompatibilitou,
- programovanie len pomocou PRG programátora pripojeného priamo na PLC,
- nie je možné programovať v grafickom prostredí,
- možnosť riadiť len jednoduché aplikácie,
- obmedzený počet vstupov a výstupov (nie je možné pripojiť rozširovací modul).



Obr.9 PLC Moeller Klockner PA- PS3

PLC -Moeller Klockner PA PS3-AC obsahuje:

- 16 x 24V DC vstupov,
- 8 x releových výstupov,
- 1 x 0-10 V DC analógových vstupov,
- 1 x 0-10 V DC analógových výstupov,
- 1 x 10kHz číslicový vstup,
- 230/10 V AC –sieťové napájanie.

PS3-AC môže byť prepojený s:

- programátorom PRG (viacfunkčnou klávesnicou sa nastavujú funkcie a program, ktorý sa bude vykonávať),
- programátorom so svetelným perom (programuje sa tak, že na monitore sa priamo vytvára riadková schéma a prepis do programu si vytvorí počítač sám),
- prepojenie s vyššou radou PS32,
- počítačom PC pomocou prevodníka INTERFACE (14).

Možnosti použitia v skleníku sú veľmi obmedzené, prevažne na spínanie a vypínanie len niekoľkých akčných členov (vetranie pomocou servomotorov, pneumatických motorov, spúšťanie zavlažovania pomocou časovačov) . Vzhľadom na malé množstvo analógových vstupov je snímanie spojitých veličín obmedzené. Riadenie veličín v skleníku sa uskutočňuje na základe časového plánu úkonov uložených v programe a menej na základe vstupných analógových veličín.

Nevýhodou PLC PA- PS3 je, že obsahuje veľké množstvo kovových častí a nie je dostatočne odolné voči vlhkosti, preto je vhodné jeho umiestnenie mimo priestoru skleníka. Nutnosťou je napájanie zo siete 230/10V (AC/DC) a s tým spojená kabeláž. Vhodný pre menšie skleníky a jednoduchšie aplikácie.

1.8.3 PLC Siemens LOGO!

Podľa spoločnosti Siemens (18) toto PLC zobrazené na obr.10 umožňuje univerzálne použitie v priemysle, ale aj pri iných aplikáciách jednoduchého riadenia. Nahradzuje elektrické napájanie funkčným prepojením. LOGO! pracuje podobne ako programovateľný automat, ale bez matematických funkcií. Disponuje integrovanou obslužnou a zobrazovacou jednotkou na priame miestne zadávanie a zobrazovanie

textových hlásení a premenných. Pre náročnejšie požiadavky je k dispozícii väčší externý textový panel. Jeho hlavnou výhodou sú malé rozmery a možnosť programovať priamo, bez použitia PC. Pre snímanie väčšie počtu veličín je možné použiť analógový modul.



Obr.10 Siemens LOGO!

Meranie teploty (a iných veličín) pomocou LOGO! sa uskutočňuje dvomi spôsobmi a to:

- Použitím teplotného snímača s linearizačným prevodníkom na unifikovaný signál 0-10V, 0-20mA alebo 4-20mA. Výhodou tejto metódy je použitie unifikovaných a možnosť pripojenia snímača priamo na modul LOGO! (vstup 0-10V). Nevýhodou sú drahšie snímače a prevodníky. Rovnakým spôsobom sa dajú k LOGO! pripojiť aj snímače rôznych iných veličín, ktoré regulujeme v skleníku.
- Pripojením modulu LOGO! AM2 PT100 na ktorý môžeme pripojiť až dva snímače PT100. Teplotný rozsah je však obmedzený na 50-200°C. Výhodou tejto metódy je hlavne cena snímačov PT100 a vylúčenie linearizačného prevodníku. Nevýhodou je nutnosť použitia externého modulu, alebo použitie trojvodičového pripojenia pre kompenzáciu vplyvu dĺžky vedenia.

Možnosti použitia LOGO! podľa výrobcu Siemens:

- ovládanie osvetlenia,
- riadenie teploty, ventilácie, klimatizácie,
- zabezpečenie (alarmy, vstupné brány),
- zavlažovanie (v závislosti na čase, vlhkosti, teplote alebo ovládaním vodných púmp),
- transportné systémy (dopravníky, počítanie kusov) a iné (19).

Medzi základné vlastnosti a výhody použitia PLC LOGO! patria:

- univerzálne využitie, rôzne napájacie napätia DC 12 V, AC/DC 24 V, AC/DC 115/230V,
- znižuje nároky na prevádzku napr. automatickým prestavením z letného času na zimný a naopak,
- ochrana vášho know-how pomocou hesla,
- 30 integrovaných základných funkcií znižuje sa počet potrebných prístrojov napr. počítadlo prevádzkových hodín,
- 8 binárnych vstupov a 4 binárne výstupy už v základnej verzii,
- zobrazovanie textov a aktuálnych hodnôt na displeji (pri verzii LOGO!Basic), nie je potrebný doplnkový displej,
- zabudovaná pamäť údajov slúži na krátkodobé zálohovanie prevádzkových údajov,
- jednoducho rozšíriteľné,
- ochrana vložených informácií,
- softvér LOGO!Soft Comfort V5 ponúka možnosť zostavovania a testovania programov komfortne na PC, v operačných systémoch Windows, Mac OS alebo Linux (18).

1.8.4 Mitsubishi ALPHA2

Riadiace jednotky ALPHA2 patria medzi najnovšie druhy mikro PLC v automatizácii. Nahrádzajú jednotlivé prvky, ako napríklad stýkače a časové relé pomocou jednej, ľahko programovateľnej jednotky. ALPHA2 na obr.11 a jej moduly sú už podľa výrobcu (20) riadiace jednotky, schopné vykonávať rôznorodé úlohy ako napríklad zavlažovanie, vykurovanie a vetranie skleníkov. Každý základný modul ALPHA2 je vybavený podsvieteným LC displejom, ktorý sa môže použiť na programovanie, sledovanie programu alebo indikáciu textov. Programovanie sa robí veľmi jednoducho spájaním funkčných blokov. V jednom programe je možné použiť až 200 funkčných blokov. aritmetické funkcie, výstupu PWM, rýchleho čítača 1 kHz a zasielania SMS. Veľký displej s podsvietením pozadia ponúka rozsiahle možnosti zobrazenia, ako sú stĺpcové grafy a posúvajúci sa text. S prídavnými rozširujúcimi modulmi sa môže počet vstupov a výstupov zvýšiť o štyri digitálne vstupy alebo

výstupy. Rozsahom pracovných teplôt od -25 °C do +55 °C je tento programovateľný automat vhodný vo všetkých oblastiach automatizácie budov, priemyslu a taktiež skleníkov.



Obr.11 Programovateľný automat ALPHA2 od firmy Mitsubishi

Najdôležitejšie vlastnosti PLC ALPHA2 sú:

- extra veľká kapacita programu s 200 funkčnými blokmi,
- výstupný modul s dvoma analógovými výstupmi,
- rozsah pracovných teplôt -25 °C až +55 °C,
- extra veľký podsvietený displej a prídavné HMI funkcie,
- rozšírená možnosť komunikácie cez SMS a E-mail,
- možnosť prijmu časového signálu (DCF77).

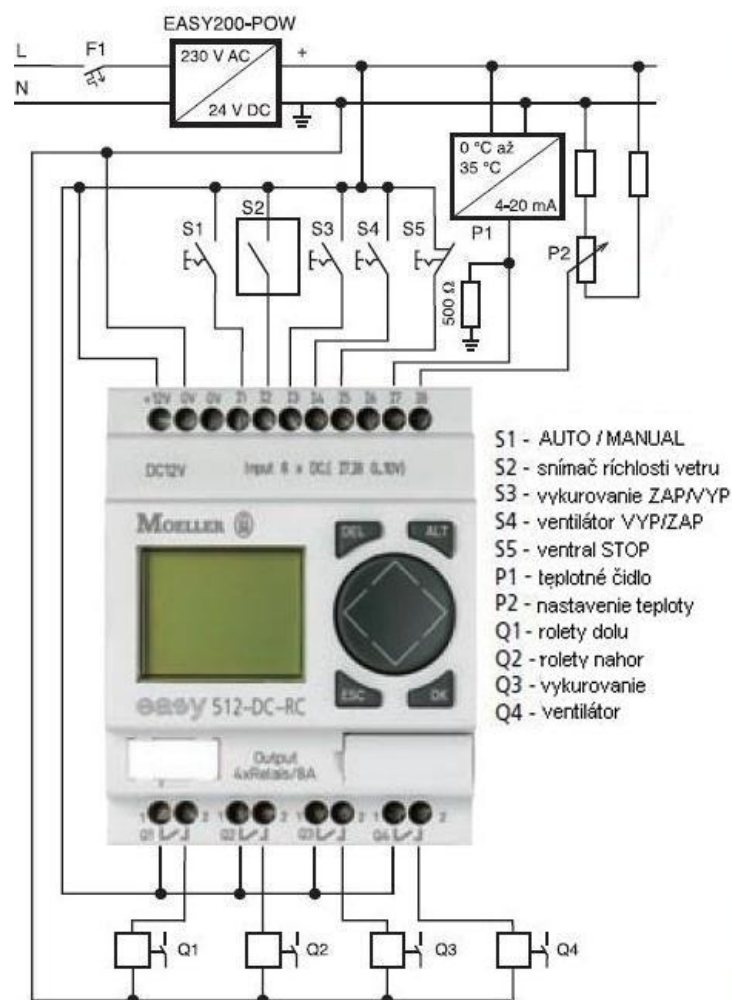
Rada ALPHA je obzvlášť vhodná pre nasledovné aplikácie:

- skleníky a poľnohospodárske stroje,
- ovládanie čerpadiel,
- manipulačné systémy,
- ovládanie brán, dverí a žalúzií,
- špeciálne vozidlá,
- vykurovanie, klimatizácia, vetranie,
- osvetľovacia technika,
- poplašné a bezpečnostné systémy,
- vonkajšie aplikácie.

1.8.5 Moeller EASY512-DC-RC

Riadiace relé EASY 512 je malé programovateľné riadiace zariadenie, schopné riešiť kombinačné a sekvenčné úlohy. Programovanie je možné vykonávať priamo cez displej a tlačidlá na prístroji alebo komfortnejšie, počítačom, prostredníctvom programu EASY-SOFT. Vlastné programovanie sa vykonáva pomocou tzv. spínacej schémy, ktorú je možné prirovnať k elektrickému obvodu. Počet riadkov pri nových typoch sa zvýšil na 128.

Pomocou EASY512-DC-RC a schémy zapojenia na obr.12 je možné riadiť a kontrolovať teplotu v skleníku. Spínačom S1 je zariadenie možné prevádzkovať v automatickom, alebo v manuálnom režime (napríklad pri údržbe).



Obr.12 Návrh výrobcu na použitie PLC Moeller EASY512 v skleníku

V automatickom režime sa teplota nameraná snímačom (rozsah 0-35°C) na analógovom vstupe 17 porovnáva s hodnotou na analógovom vstupe 18, na ktorý je

pripojený potenciometer, ktorým je možné regulovať nastavenú teplotu. Ak stúpne nameraná teplota nad požadovanú hodnotu, rolety skleníku sa spustia. Ak je teplota nižšia než požadovaná, rolety sa znova vytiahnu, aby sa skleník mohol opäť prehriať slnečným žiarením. Pri poklese teploty o 2°C pod nastavenú teplotu, sa zapne prídavné elektrické vykurovanie. Rolety sa v automatickom režime môžu vytiahnuť len v spojení so spínacími hodinami, ktoré sú nastavené tak, aby sa rolety mohli vytiahnuť len cez deň. Tým sa zamedzí prudkému ochladeniu skleníka v noci. Mimo spínaciu dobu (tj. v noci), sa teplota reguluje len pomocou elektrického vykurovania. Pri teplote o 2°C vyššiu než je nastavená sa zapína ventilátor, ktorý má za úlohu znížiť teplotu v skleníku.

Proti poškodeniu rolíet silným vetrom sa doplnkovo montuje aj snímač rýchlosti vetru (S2). V manuálnom režime sa rolety vyťahujú, alebo sťahujú pomocou kurzorových tlačidiel priamo na EASY512-DC-RC. Motory rolíet sa pri posune nadol a nahor vypínajú pomocou vstavaných koncových snímačov (21).

2 Cieľ práce

Cieľom tejto diplomovej práce je zhodnotiť možnosti riadenia veličín v skleníkovom hospodárstve pomocou PLC regulátorov. Oboznámiť sa s PLC systémom SIMATIC S7-200, spôsobom programovania a s inštrukčnou sadou v programovom prostredí STEP 7 MicroWIN. Navrhnuť program riadenia vybraných veličín pomocou PLC regulátora Siemens SIMATIC S 7-200.

3 Metodika práce

Pri spracovaní témy využitia PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve a návrhu programu, ktorý riadi vybranú veličinu v skleníku, bolo potrebné postupovať podľa nasledovnej metodiky.

3.1 Štúdium a vytvorenie prehľadu o spôsobe činnosti PLC

Na vytvorenie prehľadu o PLC regulátoroch bolo potrebné zozbieranie zdrojov:

- získaných od spoločností zaoberajúcich sa problematikou programovateľných automatov,
- literárnych publikácií viacerých autorov,
- z dokumentácie a príručiek programovateľných automatov,
- zo študijných materiálov Technickej fakulty SPU,
- overených internetových zdrojov známych spoločností z oblasti automatizácie.

3.2 Oboznámenie sa s PLC regulátormi a ich možnosťami v skleníkovom hospodárstve

Postup pri vytváraní prehľadu funkcií a činnosti PLC pozostáva z:

- naštudovania historických základov o PLC,
- vykonania súhrnu informácií o súčasnom stave a možnostiach programovateľných automatov,
- získanie informácií o princípe činnosti vykonávania programu a možnostiach riadenia technologických procesov,
- oboznámenie sa s viacerými druhmi PLC použiteľných v skleníkovom hospodárstve.

3.3 Návrh aplikácie PLC regulátora pre použitie v skleníku

Pri návrhu použitia PLC v skleníku boli vykonané nasledovné kroky:

- zmapovanie veličín, ktoré je potrebné riadiť v skleníku,
- výber regulovanej veličiny,
- vybrať PLC s požadovanými vlastnosťami pre riadenie skleníka,
- určiť vhodné CPU z hľadiska rozšíriteľnosti a počtu vstupov a výstupov,
- výber vhodných snímačov kompatibilných s PLC,
- zistiť požadovaný počet vstupov a výstupov,
- vybrať vhodné rozširujúce moduly,
- naprojektovanie skleníka a umiestnenie snímačov, akčných členov a riadiaceho PLC s modulmi.

3.4 Návrh programu pre riadenie vybranej veličiny v skleníku

Pri návrhu programu pre riadenie skleníka pomocou PLC SIMATIC S 7-200 bol použitý postup:

- návrh postupnosti vykonávania regulácie,
- oboznámenie sa s programovým prostredím STEP7 MicroWIN, ktorý je potrebný pre vytvorenie programu,
- výber použitých inštrukcií pre vykonávanie požadovanej regulácie a premeny analógového vstupného signálu na logický signál,
- logicky usporiadať riadenie veličín a spúšťanie akčných členov v závislosti na hodnote vstupu.

3.5 Overenie funkčnosti aplikovaného programu

Pri overovaní funkčnosti programu bolo nutné vykonať:

- prepojenie PLC a modulu a ich nastavenie,
- prenos programu z programového prostredia STEP7 MicroWIN do PLC,
- simulácia hodnoty snímača pomocou vstupného napätia,

- kontrola správnosti výstupných signálov.

3.6 Použité technické zariadenia a software

Pri návrhu riadenia skleníka pomocou PLC boli použité nasledovné zariadenia:

- osobný počítač AMD Athlon 2500+, RAM 1GB,
- PLC Siemens SIMATIC S7-200 CPU 222,
- rozširovací analógový modul EM 235,
- zdroj napätia Manson NP 9615,

Použitý software:

- operačný systém pre PC Windows XP SP3,
- programovací program STEP7 MicroWIN,
- simulačný program S7-200 SIMULATOR v 2.0 .

4 Výsledky práce

4.1 Použité technické zariadenia

Pri výbere technických zariadení pre riadenie skleníka bolo nutné zohľadniť množstvo faktorov. Dané PLC, jeho modul a aj snímač musia mať vhodné umiestnenie a odolnosť voči vlhkosti a teplote. PLC ako elektrické zariadenie je vždy vhodnejšie umiestniť do rozvodnej skrine, alebo zabezpečiť vhodným krytím. Niektoré PLC sú odolné voči vlhkosti, čo sa udáva označením na obale, alebo v dokumentácii. Snímače sú priamo vystavované vplyvom vlhka a tepla, preto je nutné zvážiť aký typ ochrany pred vodou a vnikaním cudzích predmetov požaduje naša aplikácia.

4.1.1 PLC Siemens SIMATIC S7-200

Riadiace systémy SIMATIC sú známe predovšetkým svojou spoľahlivosťou a robustnosťou. Ich použitie je širokospektrálne a radu SIMATIC S5 nahradila rada SIMATIC S7, ktorá ponúka najmodernejšie riešenie technologických aplikácií v priemyselnej automatizácii.

SIMATIC S7-200 na obrázku 13 ponúka vysoký výkon pričom zriaďovacie náklady sú primerané úsporám, ktoré vznikajú jeho použitím. Použitie tohto PLC a jeho kúpa je výhodná z hľadiska všestrannosti pre rôzne automatizačné úlohy. Ak sa zmení proces riadenia, je možné použiť SIMATIC S7-200 pre hociktorú inú aplikáciu riadenia.

Je určený na jednoduchšie aplikácie ako sú bezpečnostné systémy, riadenie dopravníkových pásov, koncové spínanie, riadenie skleníkov, budov a snímanie veličín. Jeho použitie je najmä pri funkciách, na ktoré nepostačujú jednoduchšie mikro PLC ako je napr. Siemens LOGO!

K dispozícii má optimalizované funkcie pre aplikácie s nízkym stupňom systémového prepojenia, napr. sériová výroba strojov, zariadení, atď. Umožňuje rýchle a cenovo výhodné riešenia s malými rozmermi a s jednoduchým programovaním (konfigurovaním) (22).



Obr.13 Siemens Simatic S7-200 typ CPU 222

Tento programovateľný automat sa riadi na základe vstupných informácií, ktoré spracuje užívateľský program pracujúci na základe Boolovej logiky. Inštrukčný súbor obsahuje množstvo integrovaných funkcií ako napríklad časovače, počítadlá, pamäťové miesta, analógovo digitálny prevodník a ďalšie (23).

Vhodnosť do sklenikového hospodárstva je daná hlavne kompaktným vyhotovením, vhodným rozsahom inštrukčného súboru a možnosťou rýchlej a jednoduchej konfigurácie v závislosti na zmenu podmienok okolia. Jedným z faktorov je aj odolnosť voči prachovým časticiam a vlhkosti. Vhodnejšie je však umiestnenie SIMATIC S7-200 mimo samotného skleníka, alebo zabezpečiť jeho vhodné umiestnenie v skleníku s vhodným krytím. Na výber je niekoľko druhov základných jednotiek CPU (tab.1) odstupňovaných podľa rozsahu základných funkcií logického riadenia na báze PLC. Od druhu CPU závisí aj možnosť pripojenia rozširovacích modulov pre zložitejšie úlohy automatického riadenia.

SIMATIC S7-200 sa pripája prostredníctvom jednoduchého systémového rozhrania PPI pre programovanie, komunikáciu, obsluhu a monitorovanie. Pri použití rozširovacích modulov je možná komunikácia aj v sieťach PROFIBUS, AS-interface alebo priemyselný ethernet.

Programovanie sa realizuje v programe STEP7 MicroWIN, ktorý je optimalizovaný špeciálne na rozsah výkonu systému S7-200. Navyše sú k dispozícii tzv. sprievodcovia na mimoriadne jednoduché a užívateľsky komfortné konfigurovanie namiesto programovania. Program napísaný pre SIMATIC S7-200 je možné zálohovať ako projekt napísaný v Step7 MicroWIN spolu s upresňujúcimi popismi a vysvetlivkami (22).

Toto PLC je možné použiť na riadenie skleníka samostatne s použitím vhodných modulov a snímačov, alebo ako riadiaci prvok pre ďalšie PLC, ktoré sú prepojené pomocou siete. Najčastejším použitím je kombinácia SIMATIC S7-200 ako riadiaceho PLC pre menej výkonné PLC ako sú napríklad LOGO!. Výber riadiaceho algoritmu PLC závisí aj od typu CPU a počtu vstupov a výstupov (uvedených v tab.1).

Tab.1 Prehľad technických údajov modulov CPU pripojiteľných k Simatic S7-200

Moduly CPU	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226 (XM)
Program.pamäť / pamäť pre údaje	4kB / 2 kB	4kB / 2 kB	8kB / 5kB	8kB /5 kB (16kB /10kB)
Binárne v/v maximum v/v	6/4 6/4	8/6 22/24	14/10 62/58	24/16 128/120
Analógové v/v (max. počet)	-/-	8/4	16/14	28/14
Komunikačné rozhranie	1 x RS 485			2 x RS 485
Sieťové pripojenie	-	AS-interface, PROFIBUS DP, priemyselný ethernet		
Počet rozširovacích modulov	-	2	7	7

PLC typu S7-200 je možné prepojiť pomocou siete typu:

- Ethernet (vrátane internetových funkcií napr. WWW, FTP, e-mail),
- PROFIBUS-DP slave,
- AS-Interface master,
- PPI/MPI slave (komunikácia s S7-300, S7-400),
- RS 485 (sériová komunikácia),
- pevná telefónna linka,
- GSM, GPRS.

4.1.2 Výber CPU pre Simatic S7-200

Pre rad S7/200 v súčasnosti firma Siemens ponúka päť druhov CPU, a to CPU 221, CPU 222, CPU224, CPU224XP, CPU226. Medzi jednotlivými CPU sú pomerne veľké výkonnostné rozdiely. Napríklad zatiaľ čo CPU221 má 6 vstupov a 4 výstupy a nie je možné CPU221 rozšíriť žiadnym rozširovacím modulom, potom CPU226 má 24 vstupov, 16 výstupov a umožňuje rozšírenie maximálne siedmimi modulmi. Ak by zostava mala iba digitálne vstupy a výstupy potom by obsahovala 248 vstupov a výstupov.

Pre našu aplikáciu sme použili **CPU222**, ktoré má 8 vstupov a 6 výstupov a je ho možné rozšíriť maximálne o 2 moduly rôznych funkcií. Sú to napríklad moduly:

- digitálne vstupy a výstupy,
- analógové vstupy a výstupy,
- polohovacie moduly,
- komunikačné moduly ,
- modul AS-interface ,
- termočlánkové rozširovacie moduly,
- modul pre odporové teplomery.

V anglickej verzii sú vstupy označované indexom I0.0, I0.1 atď. Pretože organizácia procesora je osembitová nevyskytuje sa operand Ix.8 a Ix.9. U operandov výstupov je to podobné, ale s tým, že výstupy sú označované napr. Q0.0, Q0.1 atď. V nemeckej verzii sú vstupy označované napríklad E0.0, E0.1 atď. a výstupy A0.0, A0.1 atď. Výstupy môžu byť v rôznom prevedení:

- polovodičové, môžu byť realizované pomocou tyristorov alebo triakov, ale najčastejšie bývajú realizované pomocou tranzistorov so spínacími prúdmi 700mA,
- reléové, a to so združeným napájaním kontaktov, alebo obidva konce kontaktu môžu byť vyvedené na svorkovnicu. Spínacie prúdy kontaktov môžu byť až 10A.

SIMATIC radu S7/200 má združené napájanie výstupných tranzistorov po štyroch výstupných tranzistoroch (15).

4.1.3 Použitý analógový rozširovací modul EM235

Rozširovací modul EM 235 (Obr.14) je analógový modul, ktorý má 4 analógové vstupy a jeden analógový výstup. Umožňuje snímanie spojitého signálu z výstupu analógového snímača. V PLC sa veľkosť vstupného napätia transformuje na číselnú hodnotu, ktorú je ďalej nutné programovo transformovať na číslo zrozumiteľné užívateľovi. Vstupy sú označené operandami AIW0 až AIW6, dáta ukladajú do šesťnásťbitových registrov. Vstupné napätie môže byť v rozsahu od desiatok milivoltov až do 10V v niekoľkých rozsahoch. Na vstupy môže byť pripojené napätie z rôznych zdrojov, ale všetky vstupy musia mať rovnaký rozsah napätia. Napríklad 0 až 10V ,alebo 0 až 5V. Prípadne môžu vstupy využívať prúdovú slučku 0 až 20mA. Výstup AQW0 môže byť prúdový alebo napäťový, ale len s napäťovou úrovňou 0 až 10V (15).



Obr.14 Rozširovací analógový modul EM235

4.1.4 Navrhnutý snímač merania teploty Siemens Symaro QFA4160

Snímač teploty a vlhkosti Symaro QFA4160 (Obr.15) sa používa v zariadeniach na vetranie a klimatizáciu, kde sa vyžaduje veľmi vysoká presnosť merania a spoľahlivosť pre snímanie relatívnej vlhkosti a teploty pravidelná recalibrácia snímačov. Medzi telesom a krytom sa nachádza tesniaci gumový krúžok, ktorý je potrebný na dosiahnutie triedy ochrany telesa IP 65. Odolnosť voči vlhkosti tejto triedy je nutná najmä pri použití v skleníkoch. Snímač je koncipovaný pre upevnenie na stenu. Na prístroj nesmie priamo pôsobiť slnečné žiarenie. Prístroj treba montovať v pobytovej zóne vo výške cca 1,5 m a minimálne 50 cm od najbližšej steny (24).

Príklady použitia odporúčané výrobcom sú pre:

- priestory na skladovanie a výrobu v papierenskom, textilnom, farmaceutickom, potravinárskom, chemickom, elektrotechnickom priemysle,
- laboratória,
- nemocnice,
- výpočtové strediská,
- plavárne,
- skleníky.



Obr.15 Snímač teploty a vlhkosti QFA4160

Vlastnosti snímača sú:

- napájacie napätie 24 V~ alebo 13,5V až 35 V jednosmerné ,
- výstupné signály relatívnej vlhkosti a teploty 0 až 10 V jednosmerné, alebo 4mA až 20 mA,
- veľmi vysoká presnosť merania v celom meracom rozsahu,
- rekalibračný servis,
- testovacia funkcia pre Loop-test,
- rozsah použitia -40°C až $+70^{\circ}\text{C}$ a 0% až 100 % relatívnej vlhkosti.

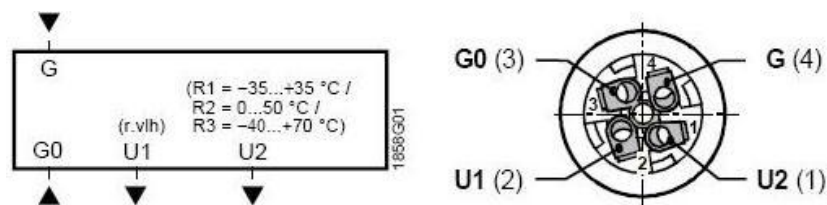
Princíp činnosti snímača QFA4160

Meranie relatívnej vlhkosti

Snímač sníma relatívnu vlhkosť pomocou kapacitného meracieho prvku vlhkosti, ktorého elektrická kapacita sa mení s relatívnou vlhkosťou vzduchu. Elektronický vyhodnocovací obvod transformuje zmenu kapacity na unifikovaný napätový signál 0 až 10 V jednosmerných, alebo 4 až 20mA pre merací rozsah relatívnej vlhkosti 0 až 100 %.

Meranie teploty

Snímač sníma teploty s meracím prvkom, ktorého elektrický odpor sa mení s teplotou okolitého vzduchu. Táto zmena sa premení do aktívneho výstupného signálu 0 až 10 V jednosmerných, alebo 4mA až 20 mA. Jemu zodpovedá teplota v rozsahu 0°C až 50°C , -35°C až $+35^{\circ}\text{C}$ alebo -40°C až $+70^{\circ}\text{C}$. Merací rozsah je nastaviteľný spojením vhodnej dvojice kontaktov pomocou prepájacieho mostíka. Ako vidíme na obrázku 16 , tak výstupný signál pre meranie teploty a vlhkosti je možné merať nezávisle od seba (24).



Obr.16 Pripojenie PLC na svorky snímača

Parametre zapojenia sú:

- G, G0 napájacie napätie 24 V ~ (SELV) alebo 13,5 až 35 V jednosmerných,
- U1 Signál výstupný 0 až 10 V jednosmerných, pre meranie relatívnej vlhkosť 0...100 %,
- U2 Signál výstupný 0...10 V jednosmerných pre rozsah teploty 0 až 50 °C / –40 až +70 °C / –35 až + 35 °C (24) .

4.2 Spôsob programovania PLC Siemens SIMATIC S7-200

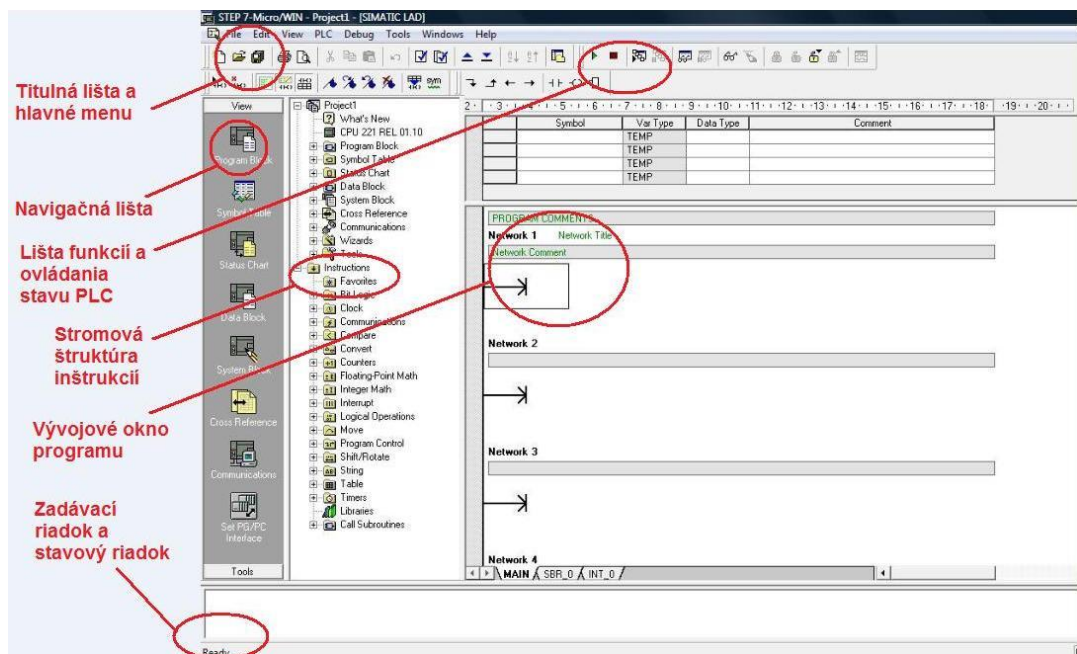
4.2.1 Programové prostredie STEP7 MicroWIN

Pre programovanie Simatic S7/200, S7/300, a S7/400 sa používa program STEP7, ale pre každý rad je potrebná iná modifikácia programu STEP 7. Pre Simatic S7/200 je určený program STEP7 MicroWin. STEP7 MicroWin umožňuje programovať v troch rôznych programovacích prostrediach:

- **súbor príkazov – STL** (Statement list) je súbor textových príkazov. Patrí medzi vývojovo je najstaršiu metódu, ktorá je vhodná pre programátorov profesionálov. Program pozostáva z postupnosti inštrukcií, ktoré využívajú priamo registre CPU daného PLC. Programovanie si vyžaduje dôkladnú znalosť štruktúry PLC a pamätanie si množstva inštrukcií. STL umožňuje optimálne využiť možnosti daného PLC (z hľadiska dĺžky a rýchlosti vykonávania programu),
- **schémy funkčných blokov – FBD** (Function Block Diagram) programovacie prostredie zodpovedajúce logike hradiel v číslicovej technike, vývojovo je najmladší. Prepájajú sa bloky realizujúce štandardné alebo vlastné (používateľom naprogramované) funkcie,
- **rebríkové schémy – LAD** (Ladder Logic) prostredie nazývané Ladder zodpovedá kontaktným elektrickým schémam najznámejší a tiež najpoužívanejšie, je blízke ľuďom s elektrotechnickým vzdelaním. Logické operácie sú zapisované pomocou prepájania relé.

Pre vytváranie programu sa používa vývojové okno popísané na obrázku 17, ktoré umožňuje realizáciu zložitejších komplexných aplikácií. Obsahuje inštrukcie, ktoré sú zoradené do stromovej štruktúry podľa typu vykonávaných činností na ktoré sú určené. STEP7 je zlučiteľný s doplnkovým programovým balíkom Engineering tools. Slúži na naprogramovanie riadiaceho algoritmu, ktorý je následne prenesený do PLC. Prenos zabezpečuje PC/PPI kábel.

V priebehu programovania je možné ľubovoľne prechádzať z jedného programovacieho prostredia do druhého ale s určitým obmedzením. Program napísaný v FBD alebo v LAD, možno vždy prezrieť v prostredí STL, ale program napísaný v STL, nejde vždy znázorniť v LAD a alebo FBD (15).



Obr.17 Program STEP7 MicroWIN a popis jeho základných častí

4.2.2 Zásady pre tvorbu programu v STEP 7 MicroWIN

Vývojové okno programu v Step7 MicroWIN sa delí na jednotlivé vetvy označované ako Network 1, Network 2 atď., do ktorých sa vkladajú inštrukcie a navzájom sa funkčne prepájajú.

Pri tvorbe programu je nutné dodržať nasledovné zásady:

- network slúži pre aktiváciu len jedného vstupu (vstupy označujeme napr. I0.0 , I0.1, atď.),
- výnimku tohto pravidla tvorí len paralelné zapojenie výstupov (výstupy označujeme napr. Q0.0 , Q0.1, atď),
- jeden výstup môže byť len v jednom networku. Pre zopnutie toho istého výstupu v inom networku ako sa nachádza, sa používa kontakt daného výstupu s rovnakým označením ako daný výstup,
- môže sa objaviť pomocný kontakt v ľubovoľnom počte networkov,
- okrem výstupu Q my môžeme používať aj pomocné vnútorné výstupy, ktoré nie sú fyzicky vyvedené ale nám pomáhajú. Označujeme ich M X.X (0.1, 0.2, atď.) (25).

4.2.3 Adresovanie vstupov a výstupov PLC v STEP7 MicroWIN

Adresovanie registra obrazu vstupov (I)

CPU vzorkuje fyzické vstupy na začiatku každého scanovacieho cyklu a hodnoty zapisuje do registra obrazu vstupov. K tomuto registru je možné pristupovať po bitoch, bajtoch (byte), slovách (word) alebo po dvojitych slovách (double word).

Príklad formátu adresy vstupu:

bit *I[adresa bajtu]. [adresa bitu]* I0.1

bajt, slovo, dvojité slovo *I[veľkosť] [adresa začiatočného bajtu]* IB4

Adresovanie registra obrazu výstupov (Q)

Na konci každého scanovacieho cyklu CPU skopíruje hodnoty nachádzajúce sa v registri obrazu výstupov na skutočné výstupy. K tomuto registru môžete pristupovať po bitoch, bajtoch (byte), slovách (word) alebo po dvojitych slovách (double word).

Príklad formátu adresy výstupu:

bit *Q[adresa bajtu].[adresa bitu]* Q1.1

bajt, slovo, dvojité slovo *Q[veľkosť] [adresa začiatočného bajtu]* QB5

Adresovanie pomocných výstupov M sa vykonáva rovnako ako adresovanie vstupov a výstupov (15).

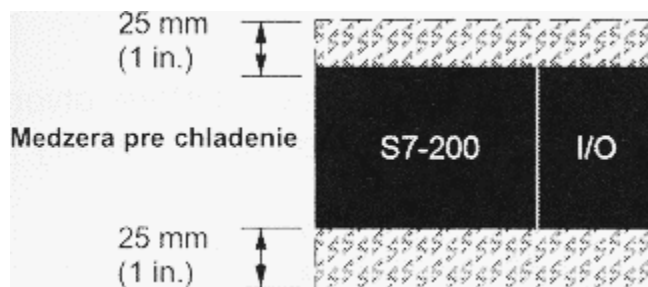
4.3 Zásady inštalácie Simatic S7-200 v budovách

4.3.1 Montáž PLC systému

Malé riadiace systémy označované aj ako mikro PLC systémy radu S7-200 sú navrhnuté tak, aby sa jednoducho inštalovali. Tieto zariadenia je možné umiestniť do rozvádzača dvomi spôsobmi a to na panel, alebo na štandardnú DIN lištu. Pri inštalácii na panel sa používajú predvrtané otvory a pri nasadení na DIN lištu sa modul CPU nasunie na zabudované západky. Malé rozmery zariadenia umožňujú efektívne využiť priestor kam daný systém inštalujeme.

4.3.2 Umiestnenie zariadení PLC

Zariadenia S7-200 sa umiestňujú do rozvádzača na panel alebo na štandardnú DIN lištu. Systém PLC regulátorov je možné montovať buď horizontálne, alebo vertikálne. CPU a rozširovacie moduly systému S7-200 využívajú prirodzené chladenie prúdiacim vzduchom. Pre správne chladenie (Obr.18) treba nechať aspoň 25mm medzeru nad aj pod modulmi, aby sa zabezpečil prirodzený odvod tepla. Nepretržitá činnosť elektronických zariadení pri vysokých teplotách okolia a pri maximálnych záťažach skracuje ich životnosť. Pri vertikálnej montáži je maximálna povolená teplota okolia znížená o 10°C. Pri montáži systému S7-200 do rozvádzača, je potrebné zabezpečiť montážnu hĺbku aspoň 75mm.



Obr.18 Montáž SIMATIC S7-200

K riadiacej jednotke CPU systému S7-200 môžu byť pripojené ďalšie rozširovacie moduly jednou z nasledujúcich metód:

- prostredníctvom konektora, ktorý je súčasťou rozširovacieho modulu je možné pripojenie rozširovacieho modulu bezprostredne k CPU, alebo k predošlému rozširovaciemu modulu,
- prostredníctvom pružného kábla s konektorom, ak potrebujete rozširovací modul umiestniť vo väčšej vzdialenosti, alebo to konštrukčné riešenie neumožňuje inak.

4.4 Regulácia v skleníkoch

4.4.1 Druhy snímaných veličín

Medzi základné druhy riadených veličín v skleníku patria:

- teplota vzduchu,
- vlhkosť vzduchu,
- vlhkosť pôdy,
- intenzita osvetlenia.

Tieto veličiny môžeme regulovať nasledovnými procesmi:

Vykurovanie

Problematiku vykurovania si treba premyslieť skôr, ako sa pre stavbu záhradného skleníka rozhodneme. Mnohým druhom rastlín stačí na prezimovanie teplota len málo stupňov nad nulou. Skleník by sa mal od októbra do februára vykurovať aspoň tak, aby rastliny nezamrzli. V tomto období je pomerne málo slnečných dní a pestovanie zeleniny aj pri vyšších teplotách nemá význam. Je dôležitá aj otázka rentability vykurovania v zimných mesiacoch. Situácia sa mení v mesiaci február, kedy teplota už tak nízko neklesá. Skleník, ktorý môžeme vykurovať, je oveľa praktickejší ako nevykurovaný. Zabráni škodám spôsobených mrazom, ale možno v ňom pestovať aj široký sortiment teplomilných rastlín. Pri súčasných cenách energií je potrebné zvážiť, akým spôsobom chceme skleník vykurovať. Najjednoduchšie je napojiť skleník na ústredné kúrenie obytného domu. Možno použiť aj elektrické

vykurovanie. Tento spôsob môžeme použiť iba v menších skleníkoch, lebo je finančne nákladný. Pri každom spôsobe vykurovania by klesli náklady a znížila by sa spotreba energie, keby sme skleník na prechodný čas zakryli fóliou. Dosiahneme taký istý účinok, ako keby sme mali na oknách zdvojené sklá. Vykurovanie je jednou z najzákladnejších fyzikálnych veličín riadených v skleníkoch pomocou PLC. Pritom sa v programe porovnáva požadované hodnoty s nameranou hodnotou na snímači teploty. Výsledok určí podľa programu, či sa vykurovanie zopne, alebo nie. Na vykurovanie možno použiť rôzne vykurovacie telesá, ako napríklad odporový kábel, zobrazený v prílohe 4. Počas vykurovania je nutné použiť ventilátor na premiešanie vzduchu (znázornený v prílohe 5). Ten zabezpečuje rovnomerné rozloženie teploty.

Vetranie

Vetracie otvory sú väčšinou na streche, no mali by byť aj na bokoch skleníka. V lete zabraňujú prehriatiu a ovplyvňujú aj vlhkosť vzduchu. Často sa používa aj jednoduchý mechanizmus, ktorý sám otvára a zatvára vetracie otvory podľa momentálnej teploty v skleníku. Systém pracuje na princípe zväčšovania objemu kvapaliny v závislosti od teploty. Toto zariadenie je výhodné v dňoch so striedavým počasím, keď chvíľami svieti slnko a chvíľami je zamračené. Takisto je možné použiť servomotory, alebo pneumatické lineárne motory na otváranie a zatváranie okien.

Zavlažovanie

Výhodné je do skleníka nainštalovať automatické zavlažovanie. Možno použiť rozličné systémy, buď sa môžu rastliny postrekovať z dýz umiestnených v potrubí pod strechou skleníka, alebo sa voda k rastlinám privádza vztláním v pôde. Pri automatickom zavlažovaní možno nechať skleník aj celé týždne bez dozoru. Množstvo závlahovej vody je možné snímať snímačom výšky hladiny vody v odmernom valci pod úrovňou náplavových stolov, alebo v podkvetináci. Takisto množstvo závlahy ovplyvňuje aj vlhkosť v skleníku. Na zvýšenie vlhkosti sa používajú rosičky umiestnené v horenej časti skleníka. Ich spínanie zaručuje snímač vlhkosti, napojený na PLC.

Tienenie

Väčšina druhov rastlín, ktoré v skleníku pestujeme neznáša prudké slnečné lúče hlavne v letných mesiacoch. Na tienenie môžeme použiť tieniace rolety, ktoré sa upevňujú pod strechu skleníka. Sú síce výhodné, ale drahé a musia sa zhotoviť na mieru. Môžu ich nahradiť rozličné riedke tkaniny, napr. jutové, netkané textílie, slamené, trst'ové rohože, ktoré sa pripevnia pod strechu skleníka aj na jeho steny, alebo sa rozprestrú na strechu a zabezpečia sa proti vetru. Najjednoduchšou a najlacnejšou ochranou proti slnku sú tieniace nátery, ktoré dážd' nezmyje. U nás sa najčastejšie používa vápno. Zo skla ho možno odstrániť suchou kefou. Rolety je možné mechanicky sťahovať a rozťahovať podľa množstva osvetlenia a teploty v skleníku, prípadne podľa času (na noc sa zaťahujú). Posun roliet zabezpečuje elektromotor alebo servomotor spínaný pomocou programu PLC na základe hodnôt získaných zo snímačov (26).

4.5 Riadenie skleníka pomocou navrhnutého programu

4.5.1 Spôsob riadenia analógových veličín v skleníku pomocou PLC

Veličinu, ktorej hodnota sa v čase neustále mení nazývame analógová veličina. Medzi takéto veličiny v rámci skleníkového hospodárstva môžeme zaradiť teplotu, vlhkosť a intenzitu osvetlenia. Pri pestovaní rastlín v skleníku je nutné udržiavať ich hodnoty v určitom rozmedzí a teda je nutná ich regulácia. Počas roka sa menia podmienky okolia, ale aj plodiny, ktoré je možné v skleníku pestovať vzhľadom na množstvo slnečného žiarenia. Preto je nutné meniť parametre regulácie.

Na meranie analógových veličín pomocou PLC sa používajú snímače, ktorých výstup kontinuálne sníma hodnotu pôsobiacej veličiny. Táto hodnota zodpovedá určitej veľkosti výstupného signálu ktorý je vo forme napätia, alebo prúdu. Určitá veľkosť snímanej veličiny zodpovedá veľkosti výstupného signálu.

Výstupný signál vstupuje do PLC regulátora a ten na základe programu, ktorý premení vstupné napätie 0V až 10V, 0V až 5V, alebo prúd 4mA až 20mA, zmení túto hodnotu na číselnú hodnotu zrozumiteľnú pre inštrukčný súbor. Inštrukcie programu určujú hodnotu výstupného signálu, ktorý zopína výstupy na PLC. Pomocou týchto výstupov je možné zopínať a vypínať akčné členy, ktorými riadime požadovanú analógovú veličinu.

4.5.2 Navrhnutý program riadenia skleníka

Program bol vytvorený pre riadenie vnútornej teploty ovzdušia v skleníku. Táto veličina patrí medzi najzákladnejšie a na jej riadení je možné poukázať na možnosti riadenia analógových veličín v skleníku. Návrh programu pre PLC Siemens SIMATIC S7-200 bol vytvorený v programe STEP 7 MicroWIN. Vstupnou veličinou do prídavného analógového modulu EM235 pripojeného k PLC bolo napätie 0 až 10V zo snímača. Toto napätie premení integrovaný analógovo-digitálny prevodník (AD prevodník) na číselnú hodnotu. Tá sa mení v závislosti na veľkosti vstupného napätia. Vstupnú hodnotu z AD prevodníka do programu je nutné prekonvertovať pomocou inštrukcií na 16 bitové celé číslo typu Double Integer. Pomocou ďalšej inštrukcie sme toto číslo prekonvertovali na 32 bitové reálne číslo typu Real. Pre reguláciu teploty sme si zvolili rozsah snímača Symaro QFA4160 od 0°C do 50°C. Rozsah analógového slova, ktoré je snímané v rozmedzí 0 až 10V je 32768 bitov. Preto je potrebné vypočítať konštantu k , ktorou sa toto číslo bude deliť pomocou inštrukcie v programe. Konštantu získame vydelením rozsah analógového slova počtom snímateľných stupňov pri zvolenom rozsahu. Výpočet je znázornený v rovnici (1). V našom prípade $1^{\circ}\text{C} = 655,36$ bitov.

Výpočet konštanty

Minimálna možná meraná teplota je 0°C .

Maximálna možná meraná teplota je 50°C .

Rozsah analógového slova je 0 bitov až 32768 bitov.

Rozsah snímača je 0°C až 50°C.

50°C zodpovedá hodnote 32768 bitov

$$k = 32768 \div 50 = 655,36 \text{ bitov} \quad (1)$$

Počet bitov na vstupe do programu sa mení v závislosti na napätí zo snímača. Vydelením počtu bitov konštantou sme získali na výstupe posledného inštrukčného bloku číslo, ktoré je už vo formáte teploty tj. v °C . Pri 32768 bitoch na vstupe, program prepočíta počet týchto bitov na hodnotu 50°C, ktorú porovnáva s podmienkami regulácie teploty. Tie sú stanovené pre dva výstupy, kedy pri hornej hranici teploty je zopnutý výstup Q0.0 a pri dolnej hranici Q0.1. Hodnoty rozpätia teploty, ktorú chceme regulovať je možno v programe meniť zmenou údajov pri inštrukciách podmienok.

Pre program sme použili reguláciu od 15°C do 35°C, pričom:

- Q0.0 je zopnutý ak je výstup menší alebo rovný ako 15°C,
- Q0.1 je zopnutý ak je výstup väčší ako 35°C .

4.5.3 Popis inštrukcií a činnosti jednotlivých častí programu

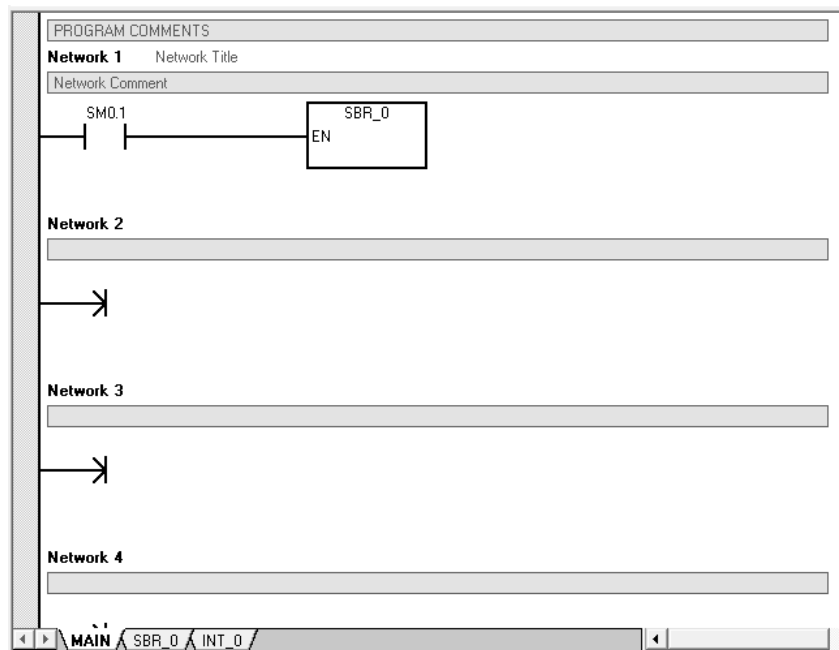
Pri programovaní je možné si vybrať z troch, už spomínaných spôsobov vytvárania programu STL, FBD a LAD. Pri našom návrhu sme si vybrali grafické prostredie LAD, ktoré je prehľadné a umožňuje dobrú vizuálnu kontrolu nadväznosti jednotlivých blokov inštrukcií. Vytvorený program sa skladá z troch kariet a to MAIN, SBR_0 a INT_0, ktoré sa ďalej členia na menšie časti nazývané Network.

4.5.3.1 Hlavný program

V časti MAIN (Obr.19) nazývanej ako hlavný program, sa nachádza inštrukcia, ktorá v tomto programovom cykle volá podprogram SBR_0.

Zápis v textovej forme STL s popisom

```
LD SM0.1 //Načítanie hodnoty SM0.1.  
CALL SBR_0 //Volanie podprogramu číslo 0.
```



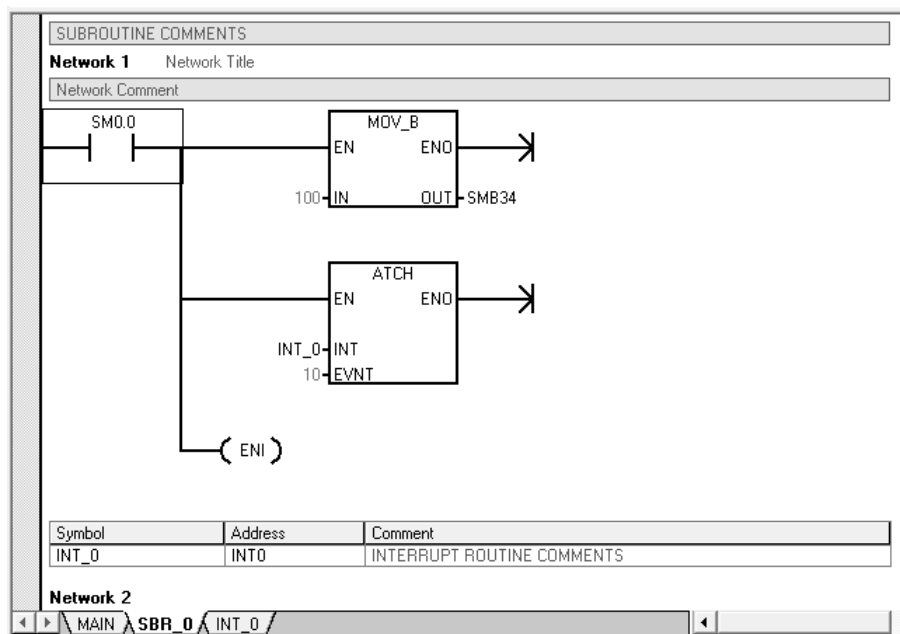
Obr.19 Inštrukcie hlavného programu

4.5.3.2 Podprogram

Po presune z hlavného programu do podprogramu SBR_0 (Obr.20) pomocou inštrukcie presunu MOV_B, nastavíme interval pre časové prerušenie INT_0 na hodnotu 100ms. Inštrukcia prerušenia ATCH, priradí časové prerušenie 0 (udalosť 10) k časti programu INT_0, kde pokračuje vykonávanie programu inštrukciami nachádzajúcimi sa v tejto časti. Inštrukcia ENI globálne povoľuje prerušenie.

Zápis v textovej forme STL s popisom činnosti

```
LD SM0.0 // Načítanie Bitu v SM0.0.  
MOVB 100, SMB34 // Nastavenie intervalu pre časové prerušenie 0 na hodnotu 100.  
ATCH INT_0, 10 // Priradí časové prerušenie 0 (udalosť 10) k INT_0.  
ENI // Globálne povolenie prerušenia.
```



Obr.20 Inštrukcie podprogramu

4.5.3.3 Prerušenie

4.5.3.3.1 Konverzia vstupnej hodnoty na reálne číslo

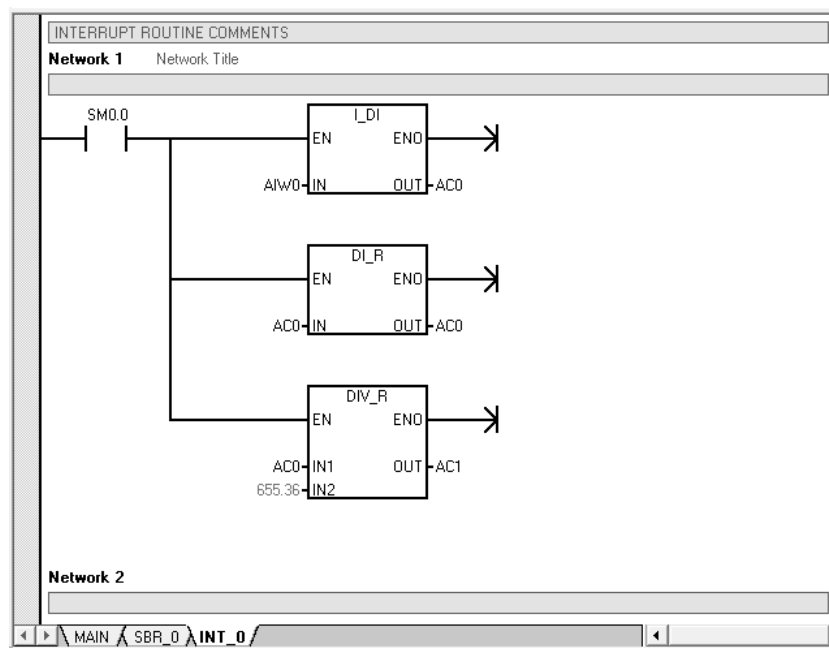
V karte programu INT_0 (Obr.21) pokračuje cyklus vykonávania programu a vykonáva sa tzv. prerušenie. Počas prerušenia sa vykonajú inštrukcie obsiahnuté v tejto časti a program ďalej pokračuje v cykle.

Inštrukcie použité v Network 1 slúžia na prevod hodnoty z analógového modulu na typ zrozumiteľný užívateľovi (napr. teplota v °C)

Cez vstup analógovej veličiny AIW0 sa do bloku I_ID privádza hodnota, ktorú konverziou zmeníme na 16 bitové celé číslo typu Double Integer a privedieme ho na výstup AC0. Pomocou inštrukcie znázornenej, ako blok DI_R, sme toto číslo následne prekonvertovali na 32 bitové reálne číslo typu Real. Vstupnou hodnotou do DI_R bola hodnota AC0, ktorá zmenila typ čísla, ale nie svoju veľkosť a na výstupe sa taktiež volá AC0. Posledným blokom v Network 1 je DIV_R. Na jeho vstup je privádzané číslo z AC0, ktoré je v tomto bloku vydelené vypočítanou konštantou. Tá reprezentuje počet bitov pripadajúcich na jeden stupeň Celzia v závislosti od zvoleného rozsahu snímača. Podielom čísiel na vstupoch IN1 a IN2 vznikne na výstupe AC1 hodnota, ktorej číslo zodpovedá zosnímanej teplote v stupňoch Celzia.

Zápis v textovej forme STL s popisom činnosti

```
LD SM0.0 //Načítanie SM0.0 .
ITD AIW0, AC0 //Konverzia vstupnej hodnoty na double integer.
DTR AC0, AC0 //Konverzia double word na reálne číslo.
MOVR AC0, AC1 //Presun hodnoty reálneho čísla z miesta IN na nové pamäťové
//miesto OUT, bez toho aby zmenil pôvodnú hodnotu.
/R 655.36, AC1 //Funkcia delenia dvoch vstupných hodnôt IN1/IN2= OUT.
```



Obr.21 Inštrukcie prerušenia v časti Network 1

Program pokračuje vo vetve Network 2 na inštrukciu, ktorá porovnáva vstupnú hodnotu AC1 so zadanou podmienkou. Inštrukcia porovnávania (Obr.22) <=R, je nastavená na hodnotu 15°C. Ak je teplota nižšia ako 15°C, výstup Q0.0 sa zopne. Tento výstup zadá signál pre zopnutie časti programu, ktorá riadi vykurovanie.

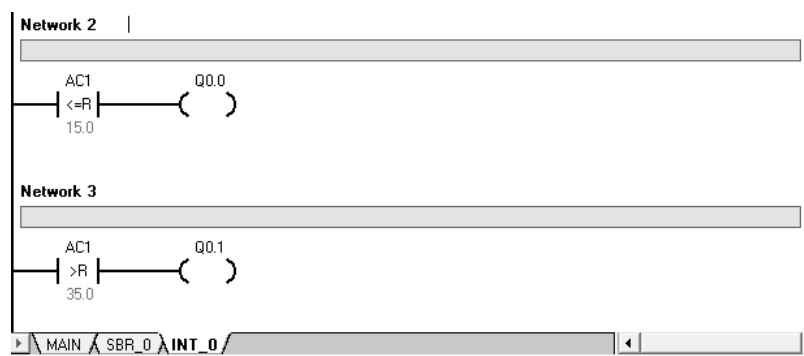
Zápis v textovej forme STL s popisom činnosti

```
LDR<= AC1, 15.0 // ak je hodnota AC1 menšia, alebo rovná ako 15 zopne sa výstup
                //Q0.0
= Q0.0          // zápis na výstup Q0.0
```

Princíp Network 3 znázornený na obrázku 22 je taký istý, ako v Network 2, len s inou podmienkou. Na vstup je privádzaná hodnota AC1. Tá je funkciou >R porovnávaná so zadanou najvyššou dovolenou teplotou 35°C. Ak je teplota v skleníku vyššia, zopne sa časť programu pre riadenie vetrania.

Zápis v textovej forme STL s popisom činnosti

```
LDR> AC1, 35.0 // ak je hodnota AC1 väčšia, ako 35 zopne sa výstup Q0.1
= Q0.1         // zápis na výstup Q0.1
```

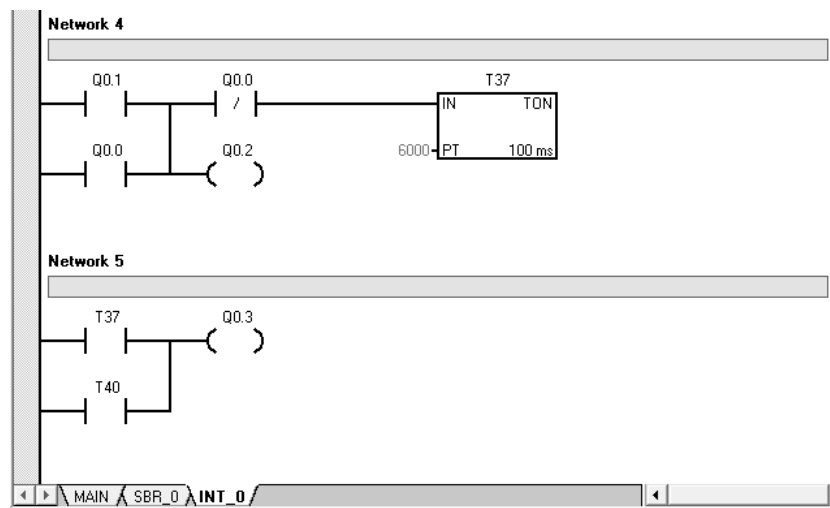


Obr.22 Inštrukcie prerušenia v časti Network 2 a Network 3

4.5.3.3.2 Spínanie vykurovania

Program pokračuje v Network 4 a Network 5, ktoré znázornené na obrázku 23. Kontakt vykurovania Q0.1 spustí časovač T37 a výstup Q0.2, na ktorý je napojený ventilátor. Ten premiešava vzduch, aby meraná teplota ovzdušia nebola skreslená výškou umiestnenia snímača. Teplota je neustále snímaná a ak nestúpne nad nastavených 15°C, časovač typu TON s označením T37 po 10 minútach zopne svoj kontakt T37 v Network 5. Tento kontakt spúšťa výstup Q0.3, ktorý dáva signál na spustenie vykurovania, pričom ventilátor neustále premiešava vzduch.

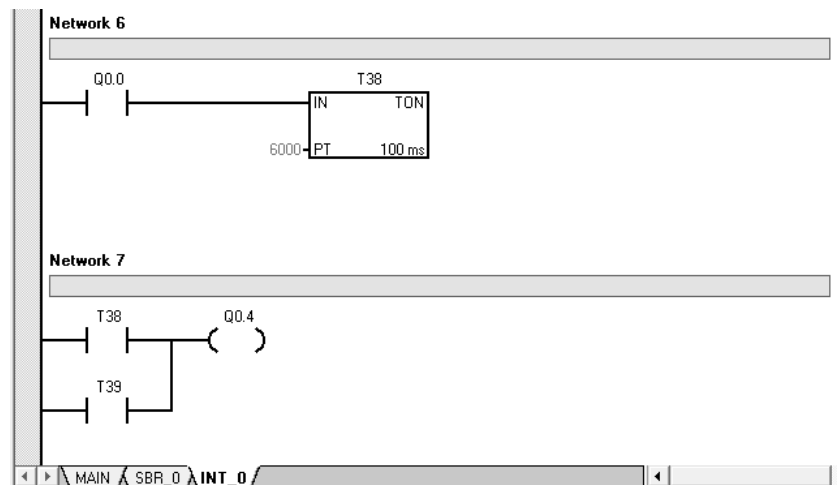
Kontakt T40 je kontakt časovača T40 oneskoreného vypnutia označovaného ako TOF. Ten zabezpečuje, že vykurovanie sa vypne až po 10 minútach po tom čo teplota v skleníku dosiahne 15°C. Dôvodom jeho zapojenia je to, aby sa vykurovanie nespínalo a nevypínalo v rozmedzí dvoch stupňov tj. 15°C je zapnuté vykurovanie a po zvýšení teploty na 16°C vypnuté. Desať minútové vykurovanie nad hodnotu 16°C umožňuje teplotné rozpätie, v ktorom je možné rastliny pestovať bez ich poškodenia. Rozpínací kontakt Q0.0 zabezpečuje, aby sa pri spúšťaní časti programu pre vetranie nespustil aj časovač pre vykurovanie.



Obr. 23 Inštrukcie prerušenia v časti Network 4 a Network 5

4.5.3.3.3 Spínanie vetrania

Inštrukcie pre spínanie cyklu vetrania sa nachádzajú v Network 6 a Network 7. Kontakt vetrania Q0.0 po prekročení nastavenej maximálnej teploty 35°C, zopne ventilátor pomocou výstupu Q0.2 nachádzajúceho sa v Network 4. Ten premiešava vzduch, a ak teplota neklesne po dobu 10 minút, časovač T38 (Obr.24) zopne svoj kontakt v Network 7 a tým sa spustí vetranie. Vetranie je zabezpečené servomotormi, ktoré dostanú impulz z výstupu Q0.4 na otvorenie okien. Kontakt T39 je kontaktom časovača oneskoreného vypnutia, nachádzajúceho sa v Network 8. Jeho použitie je nutné na zotrvanie okien v otvorenej polohe 10minút po poklese teploty na požadovanú tj. 35°C. Dôvodom je, tak ako v prípade vykurovania, vytvorenie teplotného rozpätia, ktoré zabezpečí, aby sa vetranie skleníka nespínalo neustále.



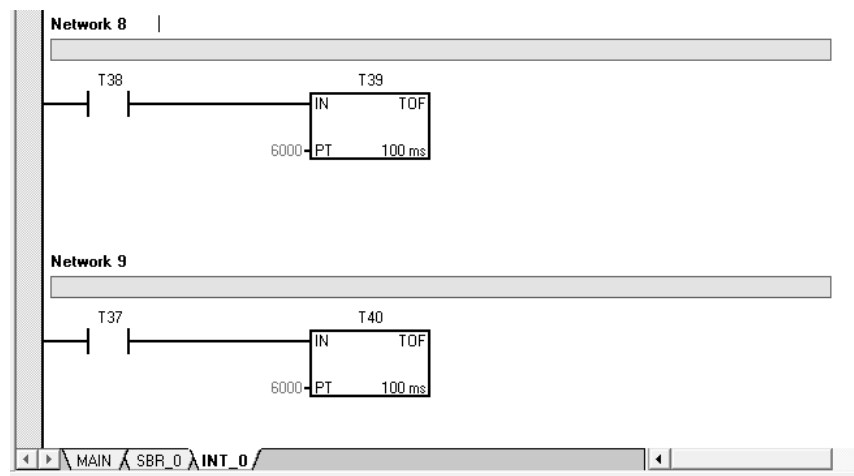
Obr.24 Inštrukcie prerušenia v časti Network 6 a Network 7

4.5.3.3.4 Časovače oneskoreného vypnutia

Na obrázku 25 sa nachádzajú časovače oneskoreného vypnutia, označované v inštrukčnom súbore ako TOF. Princíp činnosti týchto časovačov spočíva v ponechaní zopnutého stavu vlastných kontaktov, aj po zaniknutí vstupného signálu. Čas zotrvania kontaktov v zopnutom stave je možné nastaviť na hodnotu až 54,6 minúty. Vo vytvorenom programe, sú tieto časovače použité na oneskorenie vypnutia vykurovania a zatvorenia okien (vetrania).

Po poklese teploty pod 35°C zanikne signál na výstupe Q0.0, a tým aj na kontakte časovača T38. Po rozpojení sa začne odpočítavanie nastaveného času na T39, počas ktorého sú okná naďalej otvorené. Čas je nastavený na 10 minút na oboch

časovačoch oneskoreného vypnutia. Časovač T40 funguje na rovnakom princípe, ale má za úlohu oneskorené vypnutie vykurovania po dosiahnutí požadovanej teploty.

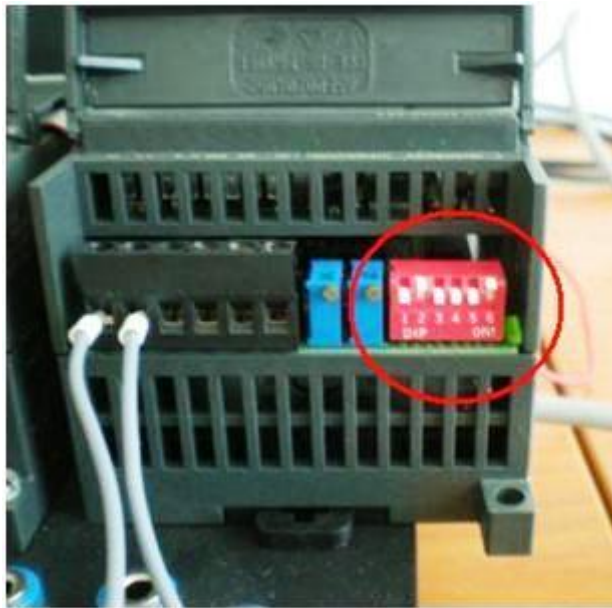


Obr. 25 Inštrukcie prerušenia v časti Network 8 a Network 9

Program vykonáva meranie teploty neustále a na základe signálu zo snímača a podmienok určených v programe, reguluje teplotu v skleníku. Tento program je možné použiť aj na reguláciu iných analógových veličín, ako je napríklad vlhkosť a osvetlenie. Umožňuje to verifikovaný signál zo snímačov predstavujúci napätie 0-10V. Druh a rozsah takéhoto signálu je potrebné nastaviť na použitom snímači. PLC pracuje len so vstupnou hodnotou napätia zo snímača. Zmenou konštanty a podmienok spínania, je možné vytvorený program použiť aj pre iné analógové veličiny, ako napríklad vlhkosť. Merať vlhkosť je možné aj navrhovaným snímačom Symaro QFA4160, kde je nutné prepojiť PLC na druhú dvojicu skrutiek podľa obrázku 16. Týmto snímačom je možné riadiť teplotu a vlhkosť súčasne. Potrebné je zdvojiť vytvorený program a prispôbiť označenie jeho vstupov, výstupov a časovačov. Pri tomto variante je však nutné použiť ďalší rozširovací analógový modul. Výpis celého programu je znázornený v prílohe 1.

4.6 Praktické zapojenie

Pre overenie funkčnosti navrhovaného systému riadenia skleníka, bola vytvorená simulácia pomocou navrhovaných prvkov. Na PLC Siemens SIMATIC S7-200 s CPU 222 sme pripojili analógový modul EM 235. Tento modul bolo potrebné nakonfigurovať pomocou DIP prepínačov (Obr.26) na vstupnú hodnotu 0-10V a rozlíšenie 2,5mV. Nastavenie bolo vykonané na základe údajov firmy Siemens o danom rozširovacom modeli.



Obr. 26 Nastavenie DIP prepínačov na module EM235

Po nakonfigurovaní modulu bolo PLC zapojené do elektrickej siete a na analógový modul bol pripojený zdroj napätia Manson NP 9615. Tento zdroj simuluje výstupné napätie z navrhovaného snímača Symaro QFA4160 v rozsahu 0-10V. PLC sme prepojili s PC pomocou PC/PPI kábla. Do pamäte PLC sme nahrali program vytvorený v programovom prostredí STEP7 MicroWIN. Celý program je znázornený v prílohe 1. Uvedením PLC do stavu RUN sme spustili program a na zdroji napätia sme menili napätie od 0V do 10V. Hodnoty napätia zodpovedali zvolenému teplotnému rozsahu snímača. 1°C zodpovedal zmene na vstupnom napätí o 0,2V.

Výpočet veľkosti vstupného napätia v pomere so simulovanou teplotou.

Rozsah teplotného snímača je 0°C až 50°C.

Rozsah vstupného napätia 0V až 10V.

Výpočet pomeru kontrolovaného napätia a teploty $10V \div 50^{\circ}C = 0,2V/^{\circ}C$. (2)

Výsledný pomer vypočítaný v rovnici (2) určuje, že zmena teploty ovzdušia o 1°C zodpovedá 0,2V na výstupe zo snímača. Pri nastavenom napätí na vstupe, sme pozorovali zopnutie výstupov, ktoré majú v návrhu riadenia skleníka za úlohu spínať vykurovanie a vetranie. Program bol odsimulovaný a porovnaný s popisom vykonávania inštrukcií v kapitole 4.5.3 . Praktické overenie systému je uvedené v prílohe 2 a prílohe 3.

5 Návrh na využitie výsledkov

Cieľom mojej diplomovej práce bolo vytvorenie prehľadu o možnostiach využitia PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve a naprogramovanie programovateľného automatu pre riadenie vybranej veličiny v skleníku. PLC sa väčšinou využíva na ovládanie binárnych výstupov, ako náhrada reléovej techniky. Možnosti použitia PLC regulátorov, konkrétne použitého PLC Siemens SIMATIC S7-200 sú však oveľa väčšie. Jednou z možností je aj riadenie analógových veličín. Aby bolo možné snímať analógový signál zo snímača, je nutné k základnému modulu PLC pripojiť rozširovací analógový modul. Pre CPU222 bol najvhodnejším prídavným modulom EM235. Snímanie analógových veličín je oveľa náročnejšie, ako bežné spínanie obvodov, na ktoré sa PLC prevažne používa.

Hlavnou veličinou pri riadení skleníka je teplota ovzdušia. Pomocou programu vytvoreného v programovom prostredí STEP7 MicroWIN V4.0 je možné automaticky riadiť teplotu nielen v skleníku, ale aj v obytných priestoroch, výrobných halách, potravinárskom priemysle a vo všetkých priestoroch, ktoré vyžadujú stabilné vlastnosti prostredia. Na zosnímanie teploty ovzdušia sme zvolili snímač Symaro QFA4160, ktorý umožňuje aj snímanie vlhkosti ovzdušia. Vytvorený program, ktorý sa nachádza v prílohe 1, je po menších úpravách možné použiť aj pre riadenie vlhkosti a iných analógových veličín. Tento program a navrhované zapojenie je možné v skleníku používať celoročne. Ak sa zmení druh pestovaných plodín v skleníku, rozpätie regulovanej teploty je možné upraviť v programe na požadovanú hodnotu. Pozmenený program sa následne nakopíruje do PLC a nie je potrebné vymieňať celé zariadenie. Na základe vytvoreného prehľadu aj o iných druhoch PLC, použiteľných v skleníkovom hospodárstve je možné vybrať si najvhodnejšiu alternatívu pre konkrétny typ skleníka. Pri výbere je nutné zohľadniť veľkosť riadeného skleníka, veličiny ktoré chceme regulovať a cenovú návratnosť vzhľadom na použité plodiny.

Hlavným cieľom používania programovateľných automatov je úspora financií. Takéto automatizované riadenie umožňuje skvalitnenie podmienok pestovania rastlín a zníženie počtu zamestnancov potrebných na prevádzku skleníkov. Navrhnuté zapojenie a program je možné rozšíriť o ďalšie aplikácie, ako napríklad spúšťanie tienenia, osvetlenia, kontrola závlahy a signalizácia poruchy. V prípade náročnejšej aplikácie je možné k navrhnutému zapojeniu pripojiť ešte jeden rozširovací modul.

6 Záver

V súčasnosti sa s prvkami automatizácie stretávame v každej oblasti života. Vývoj automatizácie je podmienený potrebou ľudstva neustále zdokonaľovať výrobné postupy a nahrádzať činnosť človeka strojmi. Cieľom zautomatizovania procesov je úspora financií a riadenie s presnosťou, ktorú nie je možné dosiahnuť manuálnymi schopnosťami človeka.

Jednou z možností, ako zautomatizovať riadenie procesov je použitie programovateľných automatov. Automatické riadenie je v skleníkovom hospodárstve využívané hlavne vo veľkých skleníkoch. Dôvodom je rýchlejšia návratnosť investícií do PLC, modulov, snímačov a iných komponentov riadenia. Ak chceme riadiť menší skleník, je možné použiť aj jednoduchšie a cenovo dostupnejšie PLC, ako napríklad LOGO! od firmy Siemens. Neponúka toľko možností ako SIMATIC S7-200, ale na spínanie cyklov zavlažovania, vykurovania a iných menej náročných aplikácií postačuje. V súčasnosti sa však ceny PLC regulátorov znižujú, a preto sa stávajú stále dostupnejšími pre použitie v súkromnom sektore, prípadne domácnostiach.

Navrhovaným zapojením zariadenia PLC Siemens SIMATIC S 7-200, jeho rozširovacieho analógového modulu EM235 a snímača Symaro QFA4160, je možné komplexne riadiť teplotu a vlhkosť v skleníku bez zásahov obsluhy. Navrhnutý program je zameraný na meranie teploty ovzdušia. Po drobných úpravách, je však možné jeho použitie aj na meranie iných analógových veličín v skleníku. PLC na základe signálu zo snímača neustále kontroluje meranú veličinu. Pomocou programu je vyhodnotená a na základe podmienok stanovených v programe sú spúšťané akčné členy, ako je vykurovanie, alebo vetranie.

Využitelnosť PLC regulátorov je rozsiahla a jednou z možností ich uplatnenia je aj skleníkové hospodárstvo. Pomocou kontinuálneho snímania veličín a ich regulácie, je možné dosiahnuť vysokú efektivitu pri pestovaní rastlín v porovnaní s manuálnou obsluhou. Tým sa stáva celý proces pestovania kvalitnejším a v konečnom dôsledku ekonomicky výhodnejším.

7 Zoznam použitej literatúry

1. MACÁK, M. 2009. *Analýza využitia PLC regulátorov v skleníkovom hospodárstve*: diplomová práca. Nitra: SPU Katedra elektrotechniky a automatizácie, 2009. 50 s.
2. MRAFKO, L. 2010. *PLC a ich programovanie*, [on-line]. 2010, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na: <<http://www.posterus.sk/?p=6903>>
3. ŠMEJKAL, L. – MARTINÁSKOVÁ, M. 1999. *PLC a automatizace*. Praha : BEN, 1999. 223 s. ISBN 80-86056-58-9.
4. STŘÍBRSTÝ, A. a kol. 1994 *Technické prostředky pro řízení*. Praha: ČVUTES, 1994. 224 s. ISBN 80-01-01099-6.
5. KADLEC, K. 2005. *Programovatelné logické automaty*, [on-line]. 2005, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na: <<http://uprt.vscht.cz/ucebnice/MRT/F5/F5k53-PLC.htm>>
6. VRZAL, O. 2008. *Levitace balónku na vodním sloupci*: bakalárska práca. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. 48 s.
7. BÉLAI, I. 2002. *Priemyselne komunikačné systémy*, [on-line]. 2002, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <http://www.kar.elf.stuba.sk/predmety/pkom/PKS_DS/Cv_2/02-01_SIMATIC.pdf>
8. ZEZULKA, F. 2003. *Programovatelné automaty*, [on-line]. 2003, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na: <http://www.vaeprosys.cz/Dokumentace/Programovatelne_automaty/Programovatelne_automaty-Skripta_FEKT_VUT_Brno.pdf>
9. BRAUN, J. 2007. *Využitie riadiaceho systému SIMATIC v riadení technologického procesu*. Diplomová práca. Nitra SPU Katedra automatizácie a informatiky, 2007. 58s.
10. GIRMAN, M. 2008. *Programovanie PLC podľa normy IEC 1131-1*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <<http://ipi.fei.tuke.sk/kip/2000/1/girman/girman.html>>
11. PULKET, O. 2010. *Řízení zkoušky sportovních povrchů s využitím PLC*: diplomová práca. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 69 s.

12. KOVÁŘ, J. 2011. *PLC-Hardware*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <<http://www.spszl.cz/modules/wfdownloads/viewcat.php?list=P>>
13. MIKLOVIČOVÁ, E. 2011. *Priemyselne informačne systémy*, [on-line]. 2010, [cit. 2011-18-04] Dostupné na: <<http://www.kasr.elf.stuba.sk/predmety/dp/PS03.pdf>>
14. ĎURIŠ, M. 2008. *Riadenie technologických procesov PLC regulátormi*. Diplomová práca. Nitra SPU Katedra elektrotechniky a automatizácie, 2008.
15. SIEMENS. 2000. *Simatic S7-200- Systémová príručka*. Bratislava: Siemens 2000. 850s.
16. VONDRA, Z. 2006. *Základy programování*, [on-line]. 2006 [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <http://web.spsejecna.cz/projekt/PLC_zakl.pdf>
17. ŠUSTA, R. 1997. *Programovatelné logické automaty*. Praha : ČVUT-FEL, 1997. 21 s.
18. SIEMENS. 2008. *Logo! - logické relé*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <http://www.cee.siemens.com/WEB/SLOVAKIA/SK/CORPORATE/PORTAL/PRODUKTY/DIVIZIE/AUTOMATIZACNA/PONUKA/PRIEMYSELNE/Page_s/logo_logicke_rele.aspx>
19. SIEMENS. 2009. *Logický modul – Logo!*, [on-line]. 2009, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3dc1f5a3fc&ctxp=support_aplikace>
20. MITSUBISHI ELECTRIC. 2008. *Mitsubishi ALPHA2*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <<http://www.csmtrade.sk/automation/pdf/alpha-sk.pdf>>
21. MOELLER. 2008. *Mitsubishi ALPHA2*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18] Dostupné na: <http://www.moeller.cz/pdf/W%202528PL%20D1_0509_EASY%20aplikacni%20letak_CZ.pdf>

22. SIEMENS. 2008. *SIMATIC S 7-200*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18]
Dostupné na:
<http://www.cee.siemens.com/web/slovakia/sk/corporate/portal/produkty/divizie/automatizacna/ponuka/priemyselne/Pages/simatic_controllers.aspx>
23. SIEMENS. 2008. *Mikrosystémy Siemens*, [on-line]. 2008, [cit. 2011-04-18]
Dostupné na:
<<http://www.axima.cz/shop/download.php?file=79919011835.pdf>>
24. SIEMENS. 2006. *Izbový snímač QFA41*, [on-line]. 2006, [cit. 2011-04-18]
Dostupné na:
<<https://www.cee.siemens.com/web/slovakia/sk/corporate/portal/produkty/divizie/technologie/katalogove/Documents/n1859.pdf>>
25. SABOVČÍK, Igor. 2009. *Priemyselné programovanie*, [on-line]. 2009, [cit. 2011-04-18] Dostupné na:
<<http://www.elektrotechnikaapc.tym.sk/obsah/programovanie.html>>
26. VITEKOVÁ, A. 2005. *Skleník v záhrade*, [on-line]. 2005, [cit. 2011-04-18].
Dostupné na: <<http://www.agroporadenstvo.sk/rv/ostatne/sklenik.htm>>
27. International Electrotechnical Commission. 2011. *IEC standards*, [on-line]. 2011, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na: <<http://www.iec.ch/>>
28. PLC Dev. 2011. *Schneider Electric Modicon history*, [on-line]. 2010, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na:
<http://www.plcdev.com/schneider_electric_modicon_history>
29. BONFANI, F. – MONARI, P. 2011. *Programming Methodology*, [on-line]. 2006, [cit. 2011-04-18]. Dostupné na:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28831>

PRÍLOHY

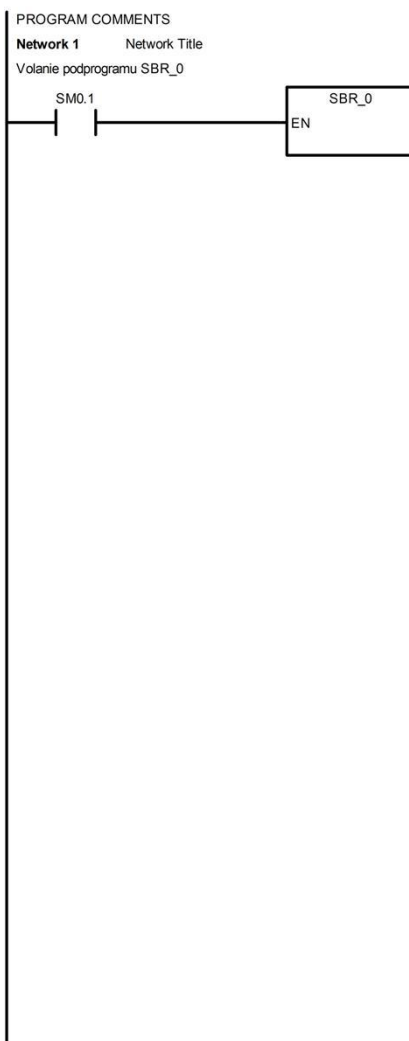
8 Prílohy

Príloha 1: Výpis programu riadenia teploty skleníka vytvorený v Step 7 MicroWIN

Riadenie teploty skleníka / MAIN (OB1)

Block: MAIN
Author:
Created: 03/26/2009 09:07:32 am
Last Modified: 04/11/2011 04:32:40 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		



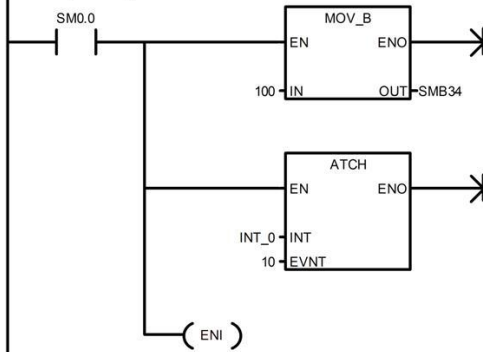
Block: SBR_0
 Author:
 Created: 03/26/2009 09:07:32 am
 Last Modified: 04/11/2011 12:54:06 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

SUBROUTINE COMMENTS

Network 1 Network Title

Nastavenie intervalu pre časové prerušenie 0 na hodnotu 100.
 Priradenie časového prerušenia 0 (udalosť 10) k INT_0.
 Globálne povolenie prerušenia.



Symbol	Address	Comment
INT_0	INT0	INTERRUPT ROUTINE COMMENTS

Riadenie teploty skleníka / INT_0 (INT0)

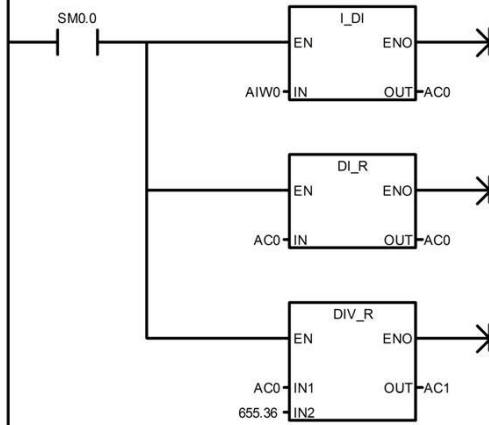
Block: INT_0
 Author:
 Created: 03/26/2009 09:07:32 am
 Last Modified: 04/11/2011 04:32:40 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

INTERRUPT ROUTINE COMMENTS

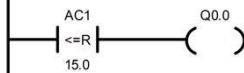
Network 1 Network Title

Konverzia vstupnej hodnoty na číslo typu Real reprezentujúce meraní teplotu.
 Rozsah snímača je 0-50°C Konštanta 32768/50=655.36



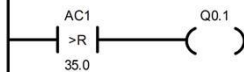
Network 2

Výstup Q0.0 na ktorom sa objaví signál ak je splnené podmienka. Q0.0 je výstupom, ktorý spúšťa vykurovanie pri poklese teploty na 15°C.



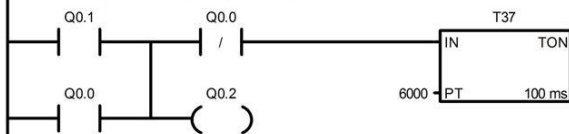
Network 3

Výstup Q0.1 na ktorom sa objaví signál ak je splnené podmienka. Q0.1 je výstupom, ktorý spúšťa cyklus vetrania pri teplote nad 35°C.



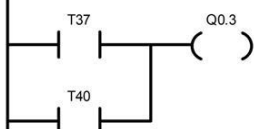
Network 4

Kontakt vykurovania Q0.1spustí časovač T37 a Q0.2 výstup pre ventilátor sa zopne a premiešava sa vzduch, teplota je naďalej snímaná a ak sa nezmení tak časovač T37 po 10min. zopne kontakt T37 v Network 5 (vykurovanie). Rozpínací kontakt Q0.0 zabezpečuje podmienku, že pri signále zo vstupu vetrania sa nespustí časovač a tým vykurovanie ale len ventilátor, ktorý sa používa aj pri vykurovaní aj pri vetraní.



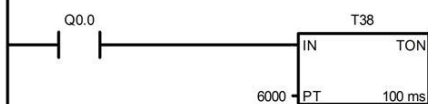
Network 5

T37 zopína výstup Q0.3 ktorý dáva signál na spustenie vykurovania pričom ventilátor je stále spustený a premiešava vzduch. Kontakt T40 je kontakt časovača oneskoreného vypnutia, ktorý vypne vykurovanie až po 10 minútach po stúpnutí teploty nad 15°C.



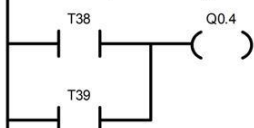
Network 6

Kontakt Vetrania Q0.0 pri zvýšenej teplote zopne ventilátor Q0.2 (v Network 4) ten premieša vzduch a ak teplota neklesne tak po 10 minútach zopne časovač T38 svoj kontakt T38 v Network 7



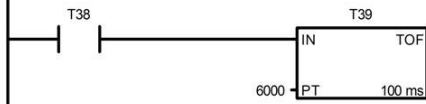
Network 7

Kontakt T38 zopne servomotory, ktoré otvoria vetracie okná výstupným signálom z Q0.4.



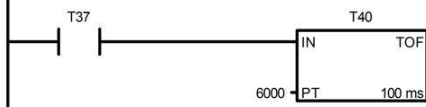
Network 8

TOF časovač oneskoreného vypnutia ak sa otvorí okná, tak aj po zmene teploty sa zatvoria až po 10min.
Po poklese teploty a teda rozpojení aj T38, časovač oneskoreného vypnutia T39 zanechá signál na ponechanie otvorených okien po dobu ešte 10min. po poklese teploty.



Network 9

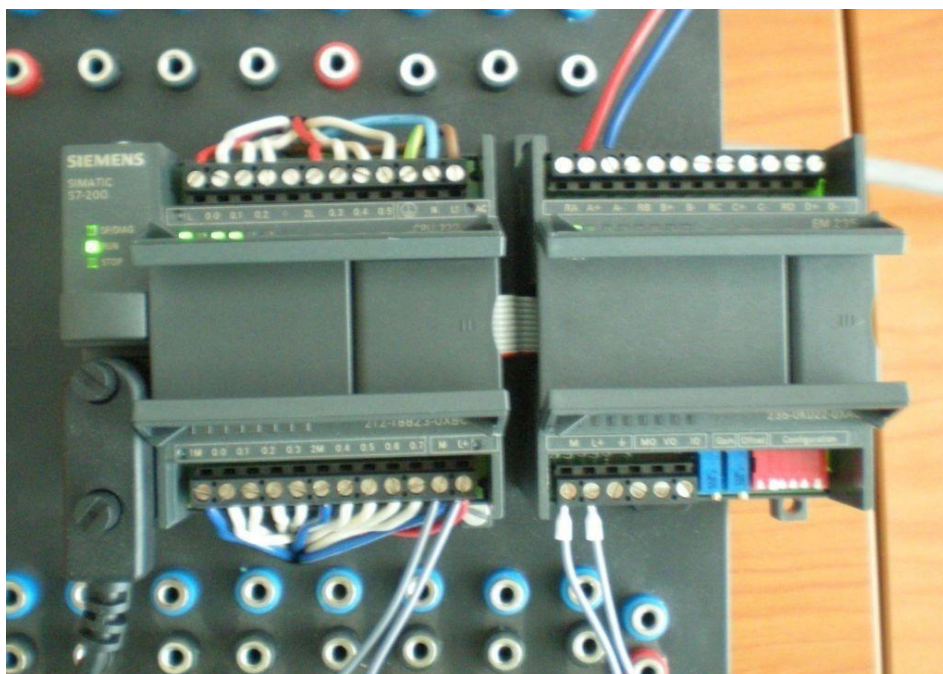
T40 časovač oneskoreného vypnutia vykurovania.



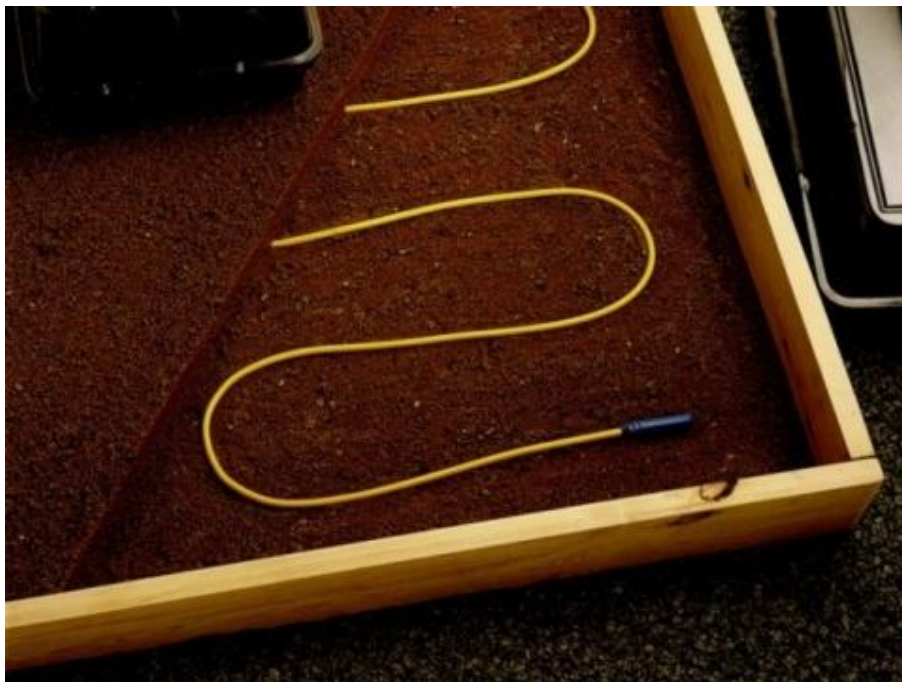
Príloha 2: Praktické overenie funkčnosti systému



Príloha 3: Kontrola výstupných signálov



Príloha 4: Odporový kábel PARASEN



Príloha 5: Ventilátor na premiešanie vzduchu v skleníku

