ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Návrh meteorologické stanice s PLC

Bakalářská práce

2009 Ondřej KOSINA

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne 8. 6. 2009

podpis

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Ondřej Kosina**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Návrh meteorologické stanice s PLC**

Pokyny pro vypracování:

1. Analyzujte potřeby potenciálních uživatelů a stávající řešení meteostanic, prozkoumejte dostupnost vhodných přístrojů, jejich parametry, ceny a možností jejich komunikace.
2. Na základě analýzy zvolte vhodnou sestavu přístrojů, jejich uspořádání, propojení s PLC a konfiguraci PLC Tecomat Foxtrot.
3. Seznamte se s programovatelnými automaty Tecomat Foxtrot, s jejich vývojovým systémem Mosaic a se zásadami programování PLC podle standardu IEC EN 61 131-3.
4. Navrhněte algoritmy komunikace přístrojů s PLC a způsob komunikace PLC s uživateli (s řídicími systémy inteligentních domů, případně s hydrometeorologickými pracovišti).
5. Vytvořte koncept programu PLC v některém z jazyků podle normy IEC 61131-3.
6. Zpracujte metodickou příručku pro využití pomůcky ve výuce.

Seznam odborné literatury:

Šmejkal, L.: PLC a automatizace 2. Sekvenční logické funkce a minimum o fuzzy logice. BEN, Praha 2005.
Martinásková, M. - Šmejkal, L.: Řízení programovatelnými automaty III. Softwarové vybavení, ČVUT, Praha 2003.
kol.: Programování PLC podle normy IEC 61 131-3, Teco, Kolín 2007
www.tecomat.cz

Vedoucí: Ing. Martin Hlinovský, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2009/10

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 2. 2009

Abstrakt

Obsahem práce je analýza potřeb potenciálních uživatelů meteorologických stanic, průzkum dostupnosti vhodných přístrojů, jejich parametry, ceny a možnosti jejich komunikace. Na základě této analýzy je navrhnuta meteorologická stanice s použitím PLC Tecomat Foxtrot. Navržený systém může být použit samostatně nebo může být součástí rozsáhlejšího systému inteligentního řízení budov.

Abstract

The content of this thesis is analysis of needs of potentional users of meteorologic stations, research of availability of suitable devices, their parameters, costs and possibilites of their communication. On the basis of these analyses is designed meteorologic station using PLC Tecomat Foxtrot. Designed system can be used separately or it can be a part of extended system of inteligent control buildings.

Obsah

Seznam obrázků x
Seznam tabulek xi

1 Úvod do inteligentních budov 1
1.1 Výhody inteligentních budov 1
1.2 Budoucnost inteligentních budov 2
1.3 Možnosti realizace 3
2 Úvod do meteorologie 5
2.1 Teplota vzduchu 5
2.2 Relativní vlhkost vzduchu 5
2.3 Rosný bod a absolutní vlhkost vzduchu 5
2.4 Atmosférický tlak 6
2.5 Směr a rychlost vzduchu 6
2.6 Srážky 7
2.7 Východ a západ slunce 7
3 Metody měření meteorologických veličin 9
3.1 Měření rychlosti větru 9
3.1.1 Mechanické měření rychlosti větru 9
3.1.2 Ultrazvukové měření rychlosti větru 9
3.2 Měření srážek 11
3.2.1 Indikátory srážek 11
3.2.2 Srážkoměry 12
3.3 Měření intenzity okolního osvětlení 12
3.3.1 Pyranometry 12
3.3.2 Polovodičové snímače intenzity osvětlení 13
3.4 Měření teploty vzduchu 13
3.4.1 Odporové kovové snímače teploty 13
3.4.2 Odporové polovodičové snímače teploty 14
3.4.3 Termoelektrické snímače teploty 14
3.4.4 Dilatační snímače teploty 14
3.5 Měření vlhkosti vzduchu 14
3.5.1 Kondenzační metoda 14
3.5.2 Hygrometrická metoda 15
3.5.3 Psychrometrická metoda 15
3.6 Měření atmosférického tlaku 15
3.6.1 Kapalinové tlakoměry 15
3.6.2 Deformační tlakoměry 15
3.7 Měření vlhkosti půdy 16

3.7.1 Snímače vlhkosti půdy 16
4 Návrh meteorologické stanice s PLC 17
4.1 Editační část 17
4.2 Řídicí část 17
5 Funkce meteorologické stanice s PLC 19
5.1 Řízení zavlažování a regulace vlhkosti půdy 19
5.1.1 Popis řízení 20
5.1.2 Měřicí členy 21
5.1.3 Akční člen 22
5.2 Řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru 22
5.2.1 Popis řízení 22
5.2.2 Měřicí člen 23
5.2.3 Akční člen 23
5.3 Řízení markýz v závislosti na počasí 23
5.3.1 Popis řízení 24
5.3.2 Měřicí člen 24
5.3.3 Akční člen 24
5.4 Řízení zastřešení bazénu v závislosti na počasí 24
5.4.1 Popis řízení 25
5.4.2 Měřicí členy 25
5.4.3 Akční členy 25
5.5 Řízení střešních oken v závislosti na dešti 25
5.5.1 Popis řízení 25
5.5.2 Měřicí člen 26
5.5.3 Akční člen 26
5.6 Řízení žaluzií při soumraku 26
5.6.1 Popis řízení 26
5.6.2 Měřicí člen 26
5.6.3 Akční členy 27
5.7 Řízení veřejného osvětlení 27
5.7.1 Popis řízení 27
5.7.2 Měřicí členy 28
5.7.3 Akční členy 28
6 Koncept programu PLC 29
6.1 Koncept programu pro řízení zavlažování 29
6.2 Koncept programu pro řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru 30
6.3 Koncept programu pro řízení markýz v závislosti na počasí 31
6.4 Koncept programu pro řízení zastřešení bazénu v závislosti na počasí 32
6.5 Koncept programu pro řízení střešních oken v závislosti na dešti 33
6.6 Koncept programu pro řízení žaluzií při soumraku 34

6.7 Koncept programu pro řízení veřejného osvětlení 34
7 Navržené přístroje a jejich vlastnosti 37
7.1 Řídicí člen 37
7.1.1 PLC jednotka Tecomat Foxtrot 37
7.1.2 Submodul PLC jednotky Tecomat Foxtrot 38
7.1.3 Bočník pro proudové vstupy 38
7.1.4 Napájecí zdroj 39
7.2 Měřicí členy 40
7.2.1 Snímač vlhkosti půdy 40
7.2.2 Snímač rychlosti větru 41
7.2.3 Snímač směru větru 42
7.2.4 Snímač srážek 43
7.2.5 Snímač intenzity okolního osvětlení 44
7.2.6 Snímač teploty, vlhkosti, tlaku a rosného bodu 45
7.3 Akční členy 48
7.3.1 Elektromagnetický solenoidový ventil 48
7.3.2 Stmívací jednokanálová jednotka 49
7.3.3 Spínací jednokanálová jednotka 50
8 Schéma elektrického zapojení 51
9 Porovnání finanční náročnosti 53
10 Metodická příručka pro použití při výuce 55
11 Závěr 57
12 Seznam použité literatury 59
13 Přílohy 61
13.1 Obsah přiloženého CD 61
13.2 Přílohy 61

Seznam obrázků

obrázek 3.1 Princip ultrazvukového snímače větru 10
obrázek 3.2 Ultrazvukový snímač větru 10
obrázek 3.3 Indikátor srážek 11
obrázek 3.4 Pyranometr SG002 13
obrázek 4.1 Návrh meteorologické stanice s PLC 18
obrázek 5.1 Vhodné uspořádání sekcí ..... **Chyba! Záložka není definována.**
obrázek 5.2 Umístění snímače vlhkosti půdy 22
obrázek 5.3 Trubkový pohon pro rolety a markýzy 23
obrázek 5.4 Převodní charakteristika řízení veřejného osvětlení 28
obrázek 6.1 Koncept programu pro řízení zavlažování 30
obrázek 6.2 Koncept programu pro řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru 31
obrázek 6.3 Koncept programu pro řízení markýz v závislosti na počasí 32
obrázek 6.4 Koncept programu pro řízení zastřešení bazénu 33
obrázek 6.5 Koncept programu pro řízení střešních oken v závislosti na dešti 33
obrázek 6.6 Koncept programu pro řízení žaluzií při soumraku 34
obrázek 6.7 Koncept programu pro řízení veřejného osvětlení 35
obrázek 7.1 Tecomat Foxtrot CP-1004 37
obrázek 7.2 Bočník pro proudové vstupy MT-1690 38
obrázek 7.3 Napaájecí zdroj Tecomat PS2-60/27 39
obrázek 7.4 Snímač vlhkosti půdy Amet VIRRIB 40
obrázek 7.5 Snímač rychlosti větru ANEMO-T 41
obrázek 7.6 Směrovka větru SM 42
obrázek 7.7 Snímač srážek SR02 43
obrázek 7.8 Snímač intenzity osvětlení LUX97 44
obrázek 7.9 Snímač Comet T7411 46
obrázek 7.10 Kryt před vlivy počasí Comet T7411 46
obrázek 7.11 Elektromagnetický ventil Danfoss EV2 48
obrázek 7.12 Stmívací jednotka LM-11B 49
obrázek 7.13 Spínací jednotka SA2-01B 50
obrázek 8.1 Schéma elektrického zapojení meteorologické stanice s PLC 51

Seznam tabulek

tabulka 2.1 Beaufortova stupnice 6
tabulka 2.2 Saffir-Simpsonova hurikánová stupnice 7
tabulka 2.3 Rozdělení intenzity srážek 7
tabulka 7.1 Vlastnosti PLC jednotky Tecomat Foxtrot CP-1004 37
tabulka 7.2 Vlastnosti submodulu MR-O114 38
tabulka 7.3 Vlastnosti napájecího zdroje Tecomat PS2-60/27 39
tabulka 7.4 Tabulka vlastnosti snímače vlhkosti půdy 40
tabulka 7.5 Tabulka vlastnosti snímače rychlosti větru ANEMO-T 42
tabulka 7.6 Vlastnosti směrovky větru SM 43
tabulka 7.7 Vlastnosti snímače srážek SR02 44
tabulka 7.8 Vlastnosti snímače intenzity osvětlení LUX97 45
tabulka 7.9 Vlastnosti snímače Comet T7411 47
tabulka 7.10 Vlastnosti elektromagnetického ventilu Danfoss EV2 48
tabulka 7.11 Vlastnosti stmívací jednotky LM2-11B 49
tabulka 7.12 Vlastnosti spínací jednotky SA2-01B 50
tabulka 9.1 Komerční alternativa navržené meteorologické stanice a její cena 53
tabulka 9.2 Navržená meteorologická stanice s PLC a její cena 54

1 Úvod do inteligentních budov

Pojem inteligentní budovy (obvykle se používá v souvislosti s velkými budovami) nebo inteligentní domy (obvykle se používá v souvislosti s menšími sídly nebo bytovými domy) je znám již několik desetiletí, ale teprve nyní lze mluvit o jejich realizaci v masovějším měřítku. Na současném rychlém rozvoji inteligentních budov má velký podíl rozvoj technologií komunikace (zásluhou komunikačních systémů a operátorů, vybavení PC, PLC), které mohou využívat rozhraní Ethernet, sít Internet, různé bezdrátové sítě a jsou kompatibilní s různými průmyslovými sběrnicemi. Významným důvodem jsou i možnosti jednotlivých senzorů, akčních členů, prvky inteligentní elektroinstalace a zabezpečovacích systémů. Důležité jsou možnosti jejich sériové nebo bezdrátové komunikace a připojení k průmyslovým sběrnicím - a v neposlední řadě i jejich cenová dostupnost. Rozvoj zaznamenávají i systémy pro řízení a monitorování.

Donedávna byla technika inteligentních domů výsadou velkých administrativních budov, hotelů, obchodních center, jejich parkovišť, technického zázemí, osvětlení a zabezpečení venkovních prostor. V současnosti se tato technika stává obvyklou součástí i menších budov. Jako inteligentní budovy jsou často řešena komfortnější rodinná sídla a bytové domy, sídla a provozovny menších firem, zemědělské usedlosti a farmy, penziony, rekreační a sportovní objekty, úřady, školy a zdravotnická zařízení. Řízení domu často expanduje i do vnějšího prostoru a řídicí systém zajišťuje např. řízení garáže, skleníku, bazénu, otevírání vrat, závlahu záhonů a trávníků, zabezpečení venkovních prostor apod.

1.1 Výhody inteligentních budov

Inteligentní domy poskytují větší míru komfortu a bezpečnosti, především však vedou ke snížení energetické spotřeby a provozních nákladů v domech. Osvědčenými způsoby jsou např. individuální časové programy vytápění jednotlivých místností, snížení žádané teploty a při dlouhodobě neobsazené místnosti nebo při otevření okna, zhasnutí osvětlení a vypnutí televizoru v prázdné místnosti. Tyto funkce vykazovaly i dřívější systémy individuálního řízení místností (IRC, Individual Room Control), jen technická realizace je nyní obvykle jiná. Pokud je dům kromě tradičního zdroje tepla (obvykle elektrického nebo plynového kotle) vybaven i alternativními zdroji tepla (obvykle solárním systémem, tepelným čerpadlem, kogenerační jednotkou, kotlem na spalování biomasy), je účelné optimalizovat jejich aktivitu tak, aby spotřeba energie byla minimální. Podobně lze přizpůsobit vytápění a klimatizaci významným tepelným ziskům a ztrátám, např. zapnuté sauně, hořícímu krbu, aktivitě výkonových spotřebičů, otevření okna nebo je řídit v závislosti na počasí. Přísun tepla lze ovlivnit i polohou rolet, žaluzií, markýz, naklopením lamel žaluzií, stavem inteligentní fasády. V současnosti je spotřeba energie v domě ovlivňována nejenom vytápěním v topné sezóně, ale i aktivitou vzduchotechniky a klimatizace v letních měsících.

Energetická úspornost ale není jediným přínosem inteligentního řízení domů. Variabilnost a rozšiřitelnost řešení, jeho připravenost k řešením dodatečných požadavků na nové funkce nebo na změnu stávajícího chování oceníme možná až v budoucnosti, ale možná

už při zabydlování domu a sžívání se obyvatel s jeho inteligencí. Zvýšená bezpečnost a chytré ošetření krizových stavů, patří mezi přínosy, které jsou sice velmi významné, ale které by uživatelé rádi nevyužili (podobně jako životní pojistku nebo pojištění domu proti požáru).

Významným přínosem inteligentního domu je komfort užívání. Projevuje se mnoha užitečnými detaily, které závisejí na konkrétním provedení detailů, obvykle na provedení inteligentní elektroinstalace a odpovídajícího programu v PLC. Například už jen použití infračervených senzorů pohybu PIR může velmi zpříjemnit pohyb po schodištích a chodbách. V místnostech lze příjemně a snadno ovládat osvětlení a jiné spotřebiče podle logických souvislostí. Napomáhá k tomu opět použití senzorů PIR, ale i možnost vícenásobného využití stejných ovládacích prvků, např. rozlišení jednoduchého a dvojitého stisku nebo krátkého a dlouhého stisku. Už není nutné se zabývat ovládáním jednotlivých svítidel nebo jiných spotřebičů, ale jedním zásahem lze dům uvést do potřebného stavu - realizovat celou předprogramovanou scénu nebo postup komplexních akcí. Například soubor akcí při vstupu do domu nebo při jeho opouštění, při vstupu do místnosti nebo při jejím opouštění, při zahájení nebo skončení obvyklé činnosti. Stav domu lze názorně monitorovat z PC nebo ze specializovaných operátorských panelů a odtud lze dům rovněž ovládat. Protože většinu funkcí realizujeme programem systému, platí, že „nic není nemožné“. Při vymýšlení je jen třeba zachovat určitou střídmost, aby inteligence nebyla uživatelům na obtíž a nestala se pro ně „noční můrou“ - zejména pro starší obyvatele a pro hosty.

1.2 Budoucnost inteligentních budov

Komfort bydlení a užívání domu lze obtížně vyčíslit, ale možná, že se po čase stane nejvážnějším důvodem k realizaci inteligentních domů. Až se stane dostatečně rozšířeným a bude moci být vnímán jako standard obývání, budeme domy a byty bez inteligentního řízení vnímat jako „nemožně zastaralé a nepohodlné“.

Podobná situace je už nyní u automobilů. Ještě donedávna bylo vybavení ABS, tempomaty, airbagy, klimatizací, navigačními systémy a dalšími inteligentními vymoženostmi považováno za výstřelek moderní techniky. Dnes se toto vybavení stalo téměř nezbytným standardem, bez kterého je auto jen obtížně prodejné. Uvádí se, že podíl ceny elektroniky na celkové ceně automobilu tvoří desítky procent (snad kolem 30 %, možná více) a uživatel nemá možnost koupit auto bez tohoto vybavení (pokud ho nehodlá koupit v Indii od Tata).Podobná situace je i na trhu PC, mobilních telefonů, digitálních fotoaparátů apod. Při koupi nového přístroje příliš nespekulujeme o tom, zda je pro nás koupě ekonomicky výhodná, kdy se nám nový přístroj zaplatí - prostě ho „nezbytně potřebujeme“, protože ten dosavadní už je „nemožně zastaralý“, přestože je ještě zcela funkční. Není třeba být prognostikem pro odhad, že podobná situace nastane i u inteligentních domů.

1.3 Možnosti realizace

V dnešní době se v domech čím dál tím víc začínají objevovat různé elektricky ovládané prvky. Mezi tyto elektricky ovládané prvky patří žaluzie, markýzy, vrata, brány, zastřešení bazénů, střešní okna atd. Dnes už si skoro nikdo nedokáže představit novostavbu s garáží bez elektricky ovládaných vrat. Některé z těchto elektricky ovládaných prvků je bezpochyby dobré také řídit, abychom využili jejich velikého potenciálu a zvýšili tak jejich užitek.

Pro řízení velkého množství různých funkcí v inteligentních budovách je zapotřebí také velkého množství regulátorů. Pokud chceme využít většinu z těchto trhem nabízených funkcí, musíme pro tyto jednotlivé funkce nakoupit různé regulátory. Nevýhodou je za prvé vysoká cena a za druhé velké množství těchto různých regulátorů (povětrnostní stanice, regulátor automatického zavlažování, regulátor vyhřívání chodníku atd.)

Elegantnějším a efektivnějším řešením je integrovat jednotlivé funkce do jediného centrálního regulátoru. Jednotlivé funkce jsou do něho posléze naprogramovány. Ideálním řešením pro tento případ je použití např. PLC Tecomat Foxtrot. V této jednotce však nemusí být implementována pouze meteostanice, což je případ této bakalářské práce, ale i komplexní řízení celé inteligentní budovy, včetně regulace topení, vzduchotechniky, ovládání stmívacích jednotek atd. Tím se dosáhne plně integrovaného řešení, kdy celou inteligentní budovu řídí pouze jeden centrální regulátor, mozek, či srdce budovy.

Další výhodou tohoto řešení je, že nejsme vázáni pouze na určitý typ jednotek systému. Např. měřicí členy si můžu vybírat libovolně, nejsem vázán na konkrétní protokol (typ sběrnice). To vede ke zjednodušení vlastního návrhu, jelikož nejsem omezen při výběru měřicích a akčních členů a mohu si tak vybrat ten nejvhodnější. Poté stačí pouze přizpůsobit komunikaci těchto členů s centrální jednotkou. Tento krok také samozřejmě šetří náklady.

2 Úvod do meteorologie

Meteorologie je věda, která se zabývá atmosférou. Studuje její složení, stavbu, vlastnosti a děje, které v ní probíhají, například počasí. Poznatky meteorologie jsou důležité pro mnoho lidských činností. Meteorologické prvky slouží k popisu okamžitého stavu v atmosféře. Čím více informací o meteorologických prvcích známe, tím lépe umíme popsat počasí. Níže jsou některé prvky vypsány a krátce charakterizovány.

2.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je meteorologický prvek, který udává teplotu ovzduší. Teplota se v našich podmínkách nejběžněji udává ve stupních Celsia. Venkovní teplota se měří ve výšce 2 metry nad povrchem země.

2.2 Relativní vlhkost vzduchu

Vlhkost jednoduše udává množství vodních par ve vzduchu. Relativní vlhkost udává procentní poměr mezi aktuálním množstvím vodních par a maximálním možném množství vodních par při dané teplotě. Relativní vlhkost se mění v závislosti na teplotě, tlaku a obsahu vodních par.

Příklad:

Určité množství vzduchu s kapacitou pro 10 gramy vodních par obsahující 6 gramů vodních par má relativní vlhkost 60 %. Přidáme-li do vzduchu další 2 gramy (celkem 8 gramů) vodních par, bude relativní vlhkost 80 %. Pokud toto určité množství vzduchu ohřejeme tak, aby mělo kapacitu pro 20 gramů vodní páry, relativní vlhkost klesne na 40 %, protože absolutní množství vodní páry se nezměnilo. Pokud však toto stejné množství vzduchu ochladíme tak, že bude mít kapacitu jen pro 8 gramů vodních par, získáme 100 % relativní vlhkost vzduchu. Tento jev se nazývá rosný bod .Vzduch je v tomto případě zcela nasycen vodními parami a další již není schopen přijmout. Pokud se vzduch ochladí ještě více, například na teplotu, při níž má vzduch kapacitu jen na 7 gramů vodních par, zkondenzuje tento přebytečný 1 gram vodní páry do formy kapalné, např. rosy nebo v zimě do jíní.

2.3 Rosný bod a absolutní vlhkost vzduchu

Rosný bod je určitá teplota vzduchu, na kterou se musí vzduch ochladit, aby dosáhl 100 % relativní vlhkosti při stejném absolutním množství vodních par. Rosný bod je důležitá veličina pro předpověď mlhy, rosy či námrazy.

Příklad:

Pokud je rosný bod blízko hodnoty venkovní teploty v pozdním odpoledni, při dalším večerním ochlazení lze čekat mlhu (venkovní teplota dosáhne hodnoty velice blízké hodnotě rosného bodu, relativní vlhkost se blíží 100 %, a výsledkem je mlha).

2.4 Atmosférický tlak

Hmotnost vzduchu v atmosféře vytváří atmosférický tlak. Je definován jako síla působící v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu. Obvykle se měří v hektopascalech. 1 Pa je síla 1 N působící na plochu 1 m^2. Průměrný atmosférický tlak u hladiny moře se nazývá normální atmosférický tlak a má hodnotu 1013,25 hPa. Obecně lze říci, že čím více vzduchu je nad daným místem, tím je větší tlak a naopak.

Atmosférický tlak klesá i s přibývající výškou, tj. v nížině je větší než na horách. Atmosférický tlak je pro předpověď počasí velice důležitý. Absolutní hodnota atmosférického tlaku není tak důležitá, jako jeho změna a také rychlost změny - zvýšení hodnoty tlaku signalizuje obvykle slunečné, málo oblačné počasí, zatímco pokles je spojen spíše s oblačným a deštivým počasím.

2.5 Směr a rychlost vzduchu

Vítr je základní meteorologický prvek popisující pohyb vzduchu v určitém místě atmosféry. Proudění vzduchu je podmíněno nejenom různým rozložením atmosférického tlaku, ale také rotací Země, třením o zemský povrch atd. Směrem větru se rozumí směr, odkud vítr vane. Rychlost větru se u nás obvykle udává v metrech za sekundu nebo kilometrech za hodinu. Níže je uvedena Beaufortova stupnice rychlosti větru.

stupeň	označení	rychlost větru
0	bezvětří	0 – 0.29 m/s
1	vánek	0.3 – 1.5 m/s
2	slabý vítr	1.6 – 3.3 m/s
3	mírný vítr	3.4 – 5.4 m/s
4	dosti čerstvý vítr	5.5 – 7.9 m/s
5	čerstvý vítr	8 – 10.7 m/s
6	silný vítr	10.8 – 13.8 m/s
7	prudký vítr	13.9 – 17.1 m/s
8	bouřlivý vítr	17.2 – 20.7 m/s
9	vichřice	20.8 – 24.4 m/s
10	silná vichřice	24.5 – 28.4 m/s
11	mohutná vichřice	28.5 – 32.6 m/s
12	orkán	vyšší než 32.6 m/s

tabulka 2.1 Beaufortova stupnice

Pro vyšší rychlosti větru se používá výše uvedená Saffir-Simpsonova hurikánová stupnice. Standardně se vyrábějí senzory rychlosti větru do 40 m/s. Krátkodobě jsou ale schopné měřit až 60 m/s.

stupeň	označení	rychlost větru
1	slabý hurikán	32.6 – 42.6 m/s
2	mírný	42.7 – 49.5 m/s
3	silný	49.6 – 58.5 m/s
4	velmi silný	58.6 – 69.4 m/s
5	pustošivý	vyšší než 69.5 m/s

tabulka 2.2 Saffir-Simpsonova hurikánová stupnice

2.6 Srážky

Měření intenzity srážek (množství srážek za jednotku času, např. mm/h). Z této hodnoty se dále počítá množství srážek za den, týden, měsíc či rok. Níže je uvedena tabulka rozdělení intenzity srážek.

stupeň	intenzita srážek
velmi slabý	neměřitelné množství (jednotlivé kapky, které nesmočí celý povrch)
slabý	0.1 až 2.5 mm/h
mírný	2.6 až 8 mm/h
silný	8.1 až 40 mm/h
velmi silný	více než 40 mm/h (padající déšť tvoří souvislou vodní clonu)

tabulka 2.3 Rozdělení intenzity srážek

2.7 Východ a západ slunce

Zde se v podstatě měří spodní hodnota intenzity slunečního záření. Měřit můžeme jak senzorem intenzity světla, tak soumrakovým senzorem. Soumrak dělíme podle spodní hodnoty intenzity slunečního záření na:

1. Astronomický soumrak - Ohraničen časem, kdy "slabší hvězdy mizí nebo se objevují". Střed slunce je 18° pod obzorem.
2. Nautický - Stále jsou ještě viditelné obrysy větších předmětů, současně se na obloze objevují první jasné stálice. Střed slunce je 12° pod obzorem.
3. Občanský - Průměrně citlivé zdravé oko dovoluje číst zřetelný tisk a konat venku běžné práce bez umělého osvětlení. Střed slunce je 6° pod obzorem.

3 Metody měření meteorologických veličin

V této kapitole jsou uvedeny metody měření těch meteorologických veličin, které jsou využívány meteorologickou stanicí s PLC. Postupně jsou zde vypsány a vysvětleny nejužívanější metody měření těchto veličin.

3.1 Měření rychlosti větru

Možností, jak měřit rychlost větru, je mnoho. Níže jsou uvedeny dva nejrozšířenější způsoby měření rychlosti větru.

3.1.1 Mechanické měření rychlosti větru

První možností je měřit rychlost větru mechanickým snímačem. Základem takového snímače jsou lopatky umístěné na vrcholu hřídele. Rychlost proudění větru se pomocí těchto lopatek převádí na otáčivý pohyb hřídele. Rychlost otáčení je úměrná rychlosti proudění větru. Rychlost otáčení hřídele se poté převádí na výstupní signál. Principů, jak převádět rychlost otáčení hřídele na požadovaný výstupní signál, existuje mnoho, např. magnetický, elektromagnetický, indukční či optický princip.

Výhodou těchto snímačů je jednoduchost a relativně nízká cena. Nevýhodou těchto snímačů je menší přesnost měření a náchylnost na vliv turbulence. Další nevýhodou je, že obsahují pohyblivé díly, které jsou náchylné na znečištění a z toho vyplývající poruchy.

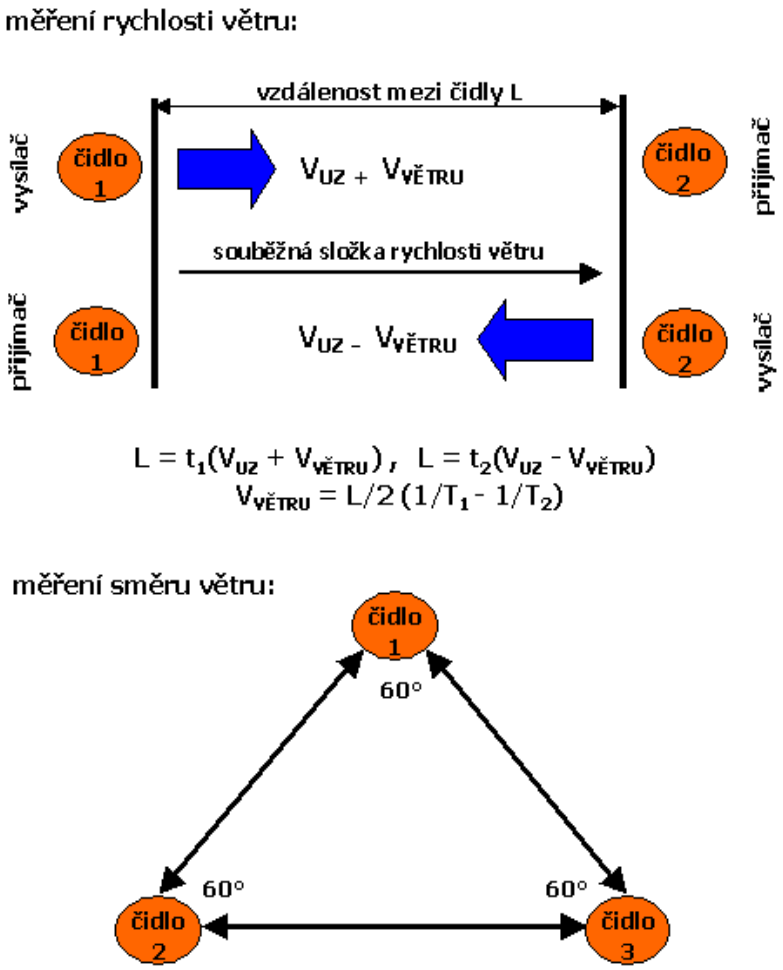
3.1.2 Ultrazvukové měření rychlosti větru

Druhou možností, jak měřit rychlost větru, je pomocí ultrazvukového snímače. Tento ultrazvukový snímač je založen na principu znázorněném na obrázku 3.1. Základním úkolem je určit velikost složky rychlosti větru $v_{větru}$ ve směru mezi dvěma ultrazvukovými měniči. Postupuje se tak, že se nejprve změří doba běhu ultrazvukového impulsu z vysílače (čidlo 1) do přijímače (čidlo 2), poté se role obrátí (vysílá čidlo 2, přijímá čidlo 1). Uvedeným jednoduchým výpočtem se stanoví velikost rychlosti větru $v_{větru.}$

Pro přesné měření se používá několika měničů. Například soustava tří ultrazvukových měničů umístěných ve vrcholech rovnostranného trojúhelníku, jejichž strany svírají 60°, poskytuje tři sady vektorů složek rychlosti větru. Pomocí složení těchto vektorů a následným výpočtem se stanoví aktuální vektor rychlosti větru. Obrázek takového snímače větru je na obrázku 3.2.

Výhodou této metody měření je, že ve všech směrech větru je vyloučen vliv turbulence. Tyto přístroje jsou velice přesné. Navíc oproti mechanickým snímačům rychlosti větru neobsahují žádné pohyblivé díly, které časem mohou vést k poruše. Mechanické snímače mají také určitou prahovou citlivost, tj. měří až od určité spodní míry rychlosti větru. Navíc vlivem

setrvačnosti reagují na změny s větším časovým zpožděním. Nevýhodou těchto snímačů je však vysoká cena, běžně se pohybuje v řádu několika desítek tisíc Kč.



obrázek 3.1 Princip ultrazvukového snímače větru

obrázek 3.2 Ultrazvukový snímač větru

3.2 Měření srážek

Neboli měření intenzity srážek (množství srážek za jednotku času, např. mm/h). Z této hodnoty se dále počítá množství srážek za den, týden, měsíc či rok. Pro měření intenzity dešťových srážek se používají různé snímače.

Pro nenáročné aplikace, kdy potřebujeme pouze vědět, zda-li prší (nezajímá nás hodnota úhrnu srážek), postačí indikátor srážek. Pro náročnější aplikace, kdy je zapotřebí znát i hodnota úhrnu srážek, je nutné použití složitějších zařízení, například člunkových srážkoměrů. Typy těchto snímačů a jejich principy jsou vysvětleny níže.

3.2.1 Indikátory srážek

Snímačem ve tvaru meandru se zjišťuje, zdali je povrch pokryt vodou. Při nulové vodivosti je meandr suchý (žádné srážky). Pokud začne pršet, voda pokryje povrch meandru, hodnota vodivosti stoupne (srážky). Poté se sepne se bezpotenciálový kontakt relé na výstupu.
Na obrázku 3.3. je zobrazen takovýto indikátor srážek. Tyto snímače bývají často vybaveny i vyhříváním, aby se voda z povrchu meandru odpařila co nejrychleji. Čas konce srážek proto nebude mít takové časové zpoždění.

Výhodou je celková jednoduchost a nízká cena. Nevýhodou je absence informace o hodnotě úhrnu srážek (pouze čas začátku a konce srážek). Výrobců existuje celá řada, např. Vaisala (Finsko), ABB Elektro-Praga, Regmet, Anemo (všichni tři ČR) a mnoho dalších.

obrázek 3.3 Indikátor srážek

3.2.2 Srážkoměry

Srážkoměry jsou přístroje určené pro měření kapalných srážek. Ve vyhřívaných verzích umožňují měření i srážek pevných. Tyto srážkoměry se vyrábí s různou záchytnou plochou a s rozlišitelností např. 0,1 mm nebo 0,2 mm srážky na jedno překlopení člunku. Princip měření spočívá na pohybu děleného člunku podél osy. Dešťové srážky jsou vedeny ze sběrné nádoby výtokovým otvorem do horní poloviny překlápěcího člunku. Po naplnění člunku nadefinovaným množstvím srážek dojde k jeho překlopení a poté se začíná opět plnit člunek. Každé překlopení je registrováno sepnutím kontaktu. Takto se získá detailní časový průběh srážek.

Výhodou člunkového srážkoměru je relativně přesně změřená hodnota srážek v čase. Nevýhodou je, že při intenzivních deštích dochází ke ztrátě vody tím způsobem, že do právě překlopeného člunku natéká část srážky určená až druhému člunku.

Vývojem a výrobou člunkových srážkoměrů se zabývá řada firem. Hlavní rozdíly jsou v záchytných plochách a způsobu vytápění srážkoměru při měření pevných srážek. Meteoservis Vodňany je výrobcem nejrozšířenějšího srážkoměru v ČR (typ MR3H) o záchytné ploše 500 cm^2 a citlivosti člunku 0,1mm. Tímto srážkoměrem je osazena síť automatických meteorologických stanic a účelových srážkoměrných stanic ČHMÚ. Mezi další výrobce patří firmy Fiedler-Mágr (ČR), Vaisala (Finsko), SEBA (Německo) a další.

3.3 Měření intenzity okolního osvětlení

Intenzitu okolního osvětlení lze měřit několika způsoby. Níže jsou uvedeny dva nejběžnější způsoby měření.

3.3.1 Pyranometry

Pyranometr je přístroj, který slouží k měření globální radiace (tj. množství záření dopadající na jednotku plochy). Název pyranometr je složen z řeckých slov "pyr", znamenajícím oheň a "ano" označující oblohu. Někdy je též uváděn jako solarimetr.

Měření je založeno na principu teplotní diference slunečního záření dopadající na černou a bílou plochu. Na termočláncích vzniká napětí, které je přímo úměrné intenzitě slunečního záření. Měření je díky této metodě nezávislé na okolní teplotě. Přesný broušený skleněný vrchlík slouží k odstínění vnějších povětrnostních vlivů. Na obrázku 3.4. je vidět pyranometr SG002 od výrobce Fiedler-Mágr. Dalším výrobcem je například Ahlborn (Německo).

obrázek 3.4 Pyranometr SG002

3.3.2 Polovodičové snímače intenzity osvětlení

Polovodičové snímače intenzity osvětlení jsou založeny na principu vnitřního fotoelektrického jevu. Při vnitřním fotoelektrickém jevu dochází v látce vlivem dopadajícího elektromagnetického záření k uvolnění nositelů elektrického proudu, které zůstávají uvnitř látky. Převádí se tedy intenzita slunečního záření na elektrický náboj. Světlocitlivá buňka, např. polovodičová fotonka, se vystaví slunečnímu záření a po dobu expozice se akumuluje elektrický náboj úměrný osvětlení této buňky.

Výrobců existuje celá řada, např. Regmet, Anemo, ABB Elektro-Praga (všichni ČR), Ahlborn (Německo) a mnoho dalších.

3.4 Měření teploty vzduchu

Venkovní teplota vzduchu se měří ve výšce 2 metry nad povrchem země pomocí snímačů teploty. Měřit se může několika způsoby. Níže je popsáno několik nejzákladnějších metod měření teploty.

3.4.1 Odporové kovové snímače teploty

Princip odporových snímačů teploty spočívá ve využití závislosti odporu kovů na teplotě. Základní konstantou této závislosti je teplotní součinitel odporu, označován symbolem α. Typickými materiály odporových snímačů teploty jsou platina a nikl.

Nevýhodou odporových snímačů teploty je poměrně velká časová konstanta, která je dána umístěním odporového materiálu do ochranných vrstev.

3.4.2 Odporové polovodičové snímače teploty

Polovodičové snímače teploty využívají závislost odporu polovodičových materiálů (např. termistorů) na teplotě. Termistory se dělí na pozistory (PTC), které mají kladný teplotní součinitel odporu a na negastory (NTC), které mají záporný teplotní součinitel odporu.

3.4.3 Termoelektrické snímače teploty

Termoelektrické snímače teploty jsou založeny na principu vzniku termoelektrického napětí při styku dvou různých kovů, jejichž konce jsou umístěny do prostor s různými teplotami. Fyzikálně toto napětí vznikne tak, že nositelé náboje z teplejší části vodiče mají větší energii a následně difundují do chladnější části vodiče. Termoelektrický koeficient závisí na použitém materiálu kovů.

3.4.4 Dilatační snímače teploty

Principem dilatačních snímačů teploty je změna délky nebo objemu daného materiálu v závislosti na působení měřené teploty. Tyto snímače se dělí na kovové a kapalinové.

3.5 Měření vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu je dána množstvím vodních par, které jsou v něm obsaženy. Množství vodní páry, které je vzduch schopen pojmout, závisí na teplotě a tlaku. K vyjádření vlhkosti vzduchu je tedy zapotřebí znát dvě ze tří stavových veličin (p, v, T) a dále fyzikální veličinu vyjadřující obsah vlhkosti. To lze provést použitím jednoho ze tří následujících parametrů: absolutní vlhkosti, relativní vlhkosti nebo rosného bodu. Níže jsou stručně popsány tři metody měření vlhkosti vzduchu.

3.5.1 Kondenzační metoda

Kondenzační metoda je založena na měření rosného bodu. Tento rosný bod se měří tak, že necháme obtékat vzduch podél ochlazovaného zrcátka a přitom měříme teplotu, při které dochází k jeho orosení. Orosení zrcátka se vyhodnocuje opticky pomocí změny odrazivosti světla dopadajícího na zrcátko.

3.5.2 Hygrometrická metoda

Tato metoda využívá závislosti schopnosti některých látek absorbovat vlhkost a měnit přitom určitý parametr (vodivost, kapacitu, délku). Např. změnu délky v závislosti na vlhkosti vykazují lidské vlasy. Nevýhodou této metody je nelineární průběh charakteristiky.

3.5.3 Psychrometrická metoda

Stanovení relativní vlhkosti u této metody je založeno na měření dvou blízko sebe umístěných teploměrů. Jeden teploměr obtéká měřený plyn (vzduch), druhý teploměr obaluje zvlhčovaná punčoška. Účinkem proudícího plynu dochází k odpařování vody z punčošky tím více, čím je relativní vlhkost menší. Teplo potřebné k odpaření se odnímá prostřednictvím punčošky měřenému plynu. Zjednodušeně řečeno - rozdíl teplot obou teploměrů je přímo úměrný relativní vlhkosti plynu.

3.6 Měření atmosférického tlaku

Jak už bylo řečeno v kapitole „Úvod do meteorologie“, hmotnost vzduchu v atmosféře vytváří atmosférický tlak. Ten je definován jako síla působící v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu. 1 Pa je síla 1 N působící na plochu 1 m^2. Průměrný atmosférický tlak u hladiny moře se nazývá normální atmosférický tlak a má hodnotu 1013,25 hPa.

Atmosférický tlak se měří stejným způsobem jako obecný tlak s tím rozdílem, že snímač atmosférického tlaku je přizpůsoben pouze na určitý rozsah hodnot tlaku (cca 0 – 1200 hPa). Níže jsou uvedeny různé principy měření tlaku.

3.6.1 Kapalinové tlakoměry

Kapalinové tlakoměry určují tlak z výšek sloupců nebo jejich rozdílů v nádobách různých tvarů (prstenec, U-trubice). Měřený tlak působí na hladinu a je vyrovnáván hydrostatickým tlakem sloupce kapaliny, např. vody, lihu, rtuti. Pro měření atmosférického tlaku se používá zejména Torricelliho trubice.

3.6.2 Deformační tlakoměry

Deformační tlakoměry určují tlak pomocí deformace měřicího prvku v lineární části deformační charakteristiky. Tato deformační charakteristika popisuje závislost zdvihu na působícím tlaku. Snímače tohoto typu se vyznačují jednoduchostí, nízkou cenou a dostatečnou přesností.

3.7 Měření vlhkosti půdy

Snímače vlhkosti půdy slouží k měření objemové vlhkosti půdy v libovolných hloubkách. Oblasti využití snímačů vlhkosti půdy jsou následující: řízení závlah, vědecké účely, biologické čistírny, monitorování složek přírodního prostředí, ekologie atd.

3.7.1 Snímače vlhkosti půdy

Principem měření půdní vlhkosti je většinou využití závislosti fázové rychlosti nanosekundových impulsů na vlhkosti půdy. Výrobcem snímačů s touto metodou je např. AMET Velké Bílovice.

4 Návrh meteorologické stanice s PLC

Meteorologická stanice bude sestávat ze dvou částí. První část bude část editační, která bude sloužit k analýze meteorologických veličin. Druhou částí bude část řídicí, která bude tyto naměřené údaje využívat k inteligentnímu řízení domů a budov.

4.1 Editační část

Tato část bude zaměřena na vlastní meteorologické veličiny. Tyto veličiny se budou měřit, vypočítávat, editovat a zálohovat. K tomuto účelu se bude PLC Tecomat Foxtrot výborně hodit. Analýza těchto veličin se bude provádět přes jakýkoli počítač s pomocí Web serveru. Postačí mít jakýkoli počítač s připojením k internetu. Pokud zadám příslušnou internetovou adresu a systém ověří heslo, budu hned vidět ovládací panel této meteorologické stanice, přes který bude možno vše ovládat. Tento ovládací panel by mohl být naprogramován ve vývojovém prostředí Mosaic pomocí systému WYSIWYG. Analyzovat bude možno tyto údaje:

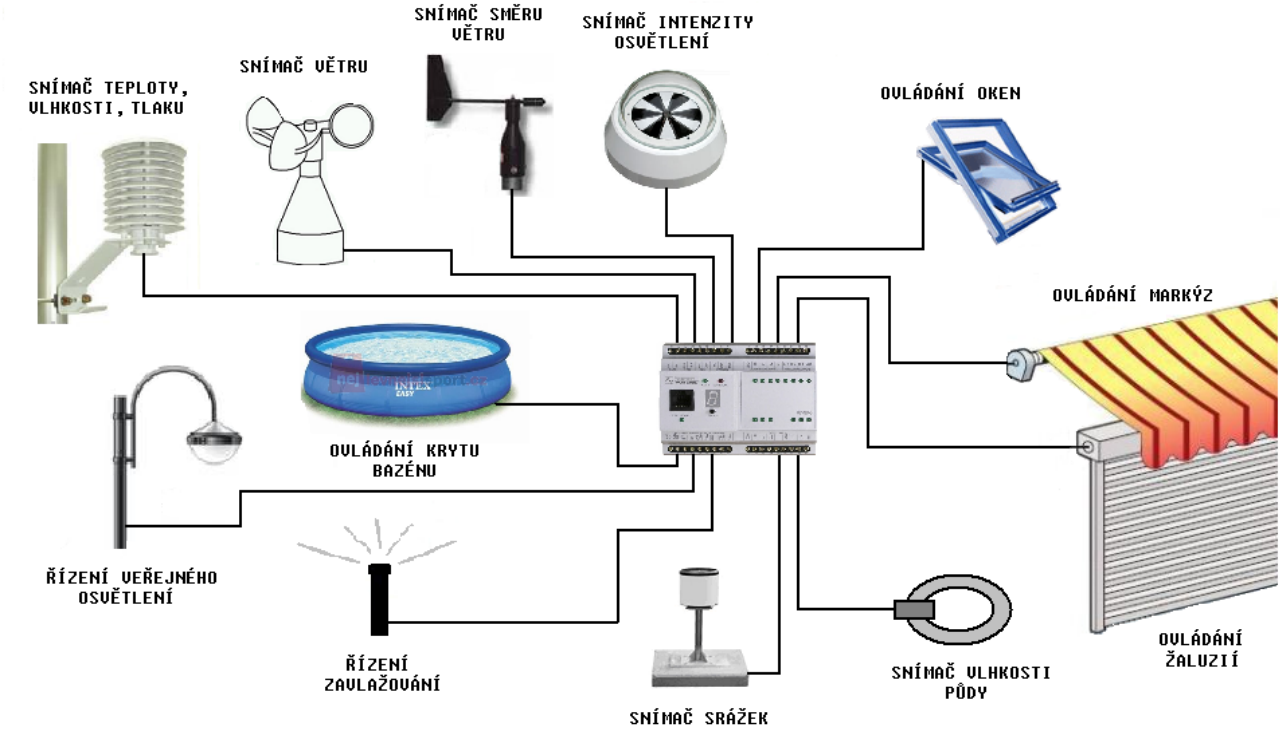
1. Teplota vzduchu
2. Vlhkost vzduchu
3. Vlhkost půdy
4. Atmosférický tlak
5. Teplota rosného bodu
6. Rychlost větru
7. Směr větru
8. Intenzita srážek v čase
9. Intenzita okolního osvětlení
10. Čas východu a západu slunce

Grafické prostředí editační části by mohlo vypadat tak, že bychom měli devět záložek. Každá záložka by reprezentovala jednu meteorologickou veličinu. V jednotlivých záložkách by byl graf naměřených hodnot v čase, u kterého by se mohlo měnit měřítko časové osy. Zároveň by se zde ukazovala současná hodnota meteorologické veličiny a její průměr za poslední den, týden nebo měsíc.

4.2 Řídicí část

V této části se budou využívat naměřené hodnoty z jednotlivých snímačů k inteligentnímu řízení domů a budov. Tato část se bude skládat ze sedmi autonomních funkcí. Tyto funkce se budou nastavovat a řídit také přes Web server, jak bylo uvedeno výše v editační části. Po důkladné analýze potřeb potenciálních uživatelů meteorologické stanice byly navrženy tyto funkce:

1. Řízení zavlažovaní a regulace vlhkosti půdy
2. Řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru
3. Řízení markýz v závislosti na počasí
4. Řízení zastřešení bazénu v závislosti na počasí
5. Řízení střešních oken v závislosti na dešti
6. Řízení žaluzií při soumraku
7. Řízení veřejného osvětlení v závislosti na okolním osvětlení



obrázek 4.1 Návrh meteorologické stanice s PLC

5 Funkce meteorologické stanice s PLC

5.1 Řízení zavlažování a regulace vlhkosti půdy

Automatické zavlažování je dnes už celkem rozšířené a dostupné i v České republice. Zavlažovací systém na zahradě usnadňuje práci a šetří čas i peníze. Jeho nespornou výhodou je možnost pravidelné a hlavně rovnoměrné zálivky. Výsledkem je krásný a kvalitní trávník. Další výhodou je zhodnocení pozemku a tím i celé nemovitosti.

Takovýto moderní systém se skládá z potrubí, které je umístěno v zemi, a výsuvných postřikovačů, které jsou taktéž skryty pod zemí. Po otevření přívodu vody elektromagnetickými ventily se postřikovače vysunou nad povrch země a po skončení zavlažování se opět zasunou do podzemí.

V klimatických podmínkách České republiky ročně naprší přibližně 1/3 až 1/2 potřebného množství vody pro kvalitní růst trávníku. Proto je vhodné doplnit vodu z přirozených srážek o umělou zálivku. Pro kvalitní růst trávníku je navíc důležitá i rovnoměrnost a pravidelnost zavlažování. U přirozených srážek nelze s rovnoměrností a pravidelností zálivky počítat. Deštivé dny jsou často koncentrovány do několika období, kdy jsou srážky častější a kdy je dešťové vody nadbytek. Voda tak není plně využita a zčásti odtéká. Po většinu roku naopak potřebné srážky chybí. V tomto období je tedy zapotřebí umělé zálivky, která je realizována pomocí automatického zavlažování.

První možnost, jak automaticky zavlažovat, je pomocí předem určených pravidelných závlahových dávek. Doporučená týdenní závlahová dávka je 25 – 40 l/m^2. Tuto dávku je dobré následně rozdělit do 2-3 cyklů týdně (např. v pondělí, středu a pátek), jelikož je optimální jednorázově dodat vždy kolem 10 - 15 litrů vody na metr čtvereční. Pokud by bylo dodáno jednorázově více vody, půda by ji nemusela přijmout a voda by začala stékat. Na druhou stranu, pokud by bylo dodáno jednorázově méně vody, část vody by se mohla odpařit a tím by se kvalita procesu zavlažování zhoršila. Doporučuje se tedy zavlažovat jednou za čas a v delších intervalech než v krátkých častých intervalech. Delší interval mezi jednotlivými zálivkami navíc nutí kořenový systém hledat vláhu v hlubších vrstvách zeminy. Kořeny pak rostou směrem dolů a tím vytvářejí pevnější a odolnější trávní vrstvu. Časté a krátké zavlažování má za důsledek tvorbu kořenů těsně pod povrchem, kde je náchylný na vytrhávání. Nejefektivnější zálivka je v době časných ranních nebo večerních hodin, kde dochází k minimalizaci odparů vody. Navíc je v těchto hodinách teplota závlahové vody velmi blízká teplotě výsadeb a nedochází tak k teplotním šokům. Je dobré se vyhnout zalévání v průběhu dne.

Součástí tohoto typu automatického zavlažování je i senzor srážek. Pokud v průběhu umělého zavlažování začne pršet, řídicí člen dá povel k pozastavení celého procesu do doby, dokud se déšť neodpaří z nádobky senzoru srážek. Některé typy automatického zavlažování mají i možnost připojení senzoru rychlosti větru. Pokud je překročena určitá hranice rychlosti větru a hrozí, že by byla ohrožena kvalita zavlažování, systém se automaticky vypne. Ve vypnutém stavu je až do doby, dokud nepoklesne rychlost větru.

Druhou možností je regulovat přímo vlhkost půdy. Optimální vlhkost půdy pro růst trávy je obvykle kolem 50-60 %. Pokud vlhkost půdy klesne pod požadovanou hodnotu, systém se automaticky zapne a začne se s umělým zavlažováním. I zde bývá zapojen senzor srážek. Pokud začne pršet, přestane se zavlažovat a čeká se, dokud srážky neustanou.

5.1.1 Popis řízení

Řízení automatického zavlažování se dá dělat dvěmi variantami. První varianta by měla v regulační smyčce jako měřicí členy srážkoměr a teploměr. Podle údajů z těchto snímačů se zhruba vypočítá množství vody, které je potřeba na pravidelnou zálivku. Toto množství vody je však při procesu zavlažování nutno nějak odměřit. Pokud se umístí průtokoměr do hlavního potrubí, které dále vede k soustavě jednotlivých postřikovačů, tak z toho by se mohla vypočítat doba potřebná pro zavlažování. Neboli doba, po kterou bude otevřen solenoidový elektromagnetický ventil umístěný v hlavním potrubí. Toto řešení by však bylo drahé, jelikož by se musel systém osadit průtokoměrem. Další možností je vypočítat dobu zavlažování podle průměru potrubí a tlaku vody, který v něm je. Toto řešení je jednodušší a levnější, avšak značně nepřesné. Tlak v potrubí totiž může kolísat v závislosti na provozních podmínkách a tím by mohlo docházet k nepřesným dávkám potřebného množství zálivky.

Druhá varianta je řídit vlhkost přímo pomocí senzoru vlhkosti půdy. Pokud vlhkost půdy klesne pod požadovanou hodnotu, systém se automaticky zapne a začne se s umělým zavlažováním. Až by vlhkost půdy stoupla na určitou hodnotu, systém by se automaticky vypnul. Toto řešení je z hlediska kvality regulace určitě lepší, jelikož řízení probíhá se zpětnou vazbou (na rozdíl od první varianty). I zde se však musí počítat s různými aspekty. První věc, kterou je potřeba brát v potaz, je různá propustnost půdy. Podloží pískového typu bude mít zcela jistě jinou propustnost vody než podloží jílové. Pokud začnu uměle zavlažovat trávník, tak vlhkost půdy, např. 10cm pod zemí, se zvýší rychleji u podloží pískového. U jílového podloží bude naopak trvat déle, než se vlhkost dostane do půdy. Pískové podloží tedy reaguje na akční zásah s menším časovým zpožděním. Proto je nutné podle propustnosti půdy přizpůsobit regulační zásah tak, aby se např. v případě jílového podloží akční zásah „nepřehnal“ a nevytvořily se tak na trávníku louže. Automatické zavlažování se bude řídit pomocí jednoduché dvoupolohové regulace s pásmem hystereze a v závislosti na propustnosti půdy se bude toto pásmo hystereze upravovat. Pásmo hystereze však musí být dostatečně široké, aby se akční člen, v tomto případě elektromagnetický ventil, nespínal moc často. Časté zalévání v malých dávkách není pro trávu dobré, jak už bylo uvedeno v úvodu.

Předpokladem pro správnou funkci celého systému je stejný typ půdy na zavlažovaném prostoru. Jak už bylo napsáno dříve, různé typy půd mají různé vlastnosti (např. propustnost vody) a tím pádem i odlišné reakce vlhkosti v průběhu automatického zavlažování. Rozdílné typy půd by tedy mohly vést k nepřesné regulaci.

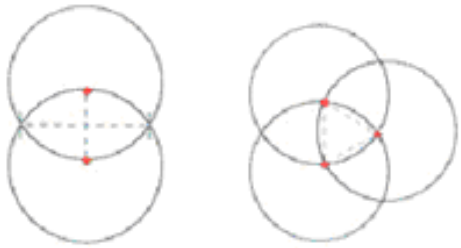
V této práci je tedy použita druhá varianta, kde se řídí přímo vlhkost půdy. O automatické zavlažování se bude starat PLC jednotka Tecomat Foxtrot. Další doplňkovou funkcí bude blokování zálivky při dešti a silném větru. Začne-li v průběhu zavlažování pršet nebo se spustí velký vítr, zavlažování bude dočasně blokováno. K návratu do standardního

pracovního režimu dojde až ve chvíli, kdy déšť a vítr ustanou. Řídicí systém také automaticky kontroluje a vyhodnocuje, v jakém stadiu dne se nachází. Při otevření elektromagnetického ventilu a spuštění automatického zavlažování v době, kdy se můžou na zahradě vyskytovat obyvatelé nemovitosti, je zcela jistě nepříjemné. Zároveň není doporučeno zavlažování odpoledne, jelikož vlivem teploty může docházet k odpařování vody. Proto když řídicí systém vyhodnotí, že trávník potřebuje zálivku, a zároveň na to není vhodná doba, automaticky ji odsune do pozdějších, např. nočních či ranních hodin. V této době se nebudou vyskytovat obyvatelé domu na zahradě a zároveň je v této době teplota závlahové vody velmi blízká teplotě výsadeb a tím pádem nedochází k teplotním šokům.

5.1.2 Měřicí členy

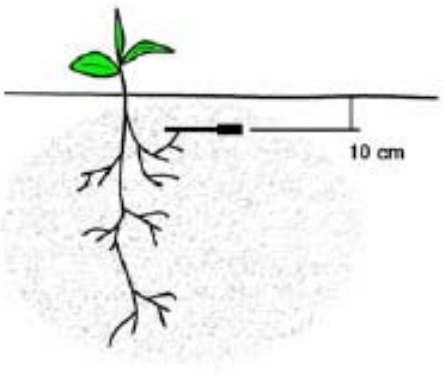
U funkce automatického zavlažování jsou použity tři měřicí členy. Jako hlavní měřicí člen je použit snímač vlhkosti půdy Amet VIRRIB. Pro doplňkovou funkci automatického blokování zavlažování při dešti a velkém větru je použito snímačů deště a rychlosti větru. Více o těchto snímačích je uvedeno v kapitole 7.2.

Pro správnou funkci celého systému je zapotřebí věnovat pozornost správnému umístění senzoru vlhkosti půdy, aby informace získané z tohoto senzoru byly použitelné. Při návrhu rozmístění jednotlivých sekcí, které by měly vhodně pokrývat plochu zahrady, je důležité si dávat pozor na to, aby se tyto jednotlivé sekce překrývaly (tzv. spon). Pokud by se jednotlivé sekce nepřekrývaly, může nastat situace, že budou na zahradě existovat místa, které nebudou zavlažovány (postřikovače na ně nedosáhnou).



obrázek 5.1 Vhodné uspořádání sekcí

Znázornění vhodných uspořádání je na obrázku 5.1. Pokud se jednotlivé sekce dobře navrhnou a zajistí se vzájemné překrytí, je zapotřebí dát si velký pozor na to, aby se senzor vlhkosti půdy neumístil právě do těch míst, kde se jednotlivé sekce překrývají. V těchto místech totiž v celkovém úhrnu dopadá více vody, než v ostatních místech, kde se sekce nepřekrývají. To by v konečném důsledku vedlo k nepřesné regulaci, jelikož by regulátor vyhodnocoval „špatné“ informace. To znamená, že senzor vlhkosti půdy se musí umístit do míst, kde se sekce nepřekrývají. Dále je zapotřebí vhodně umístit senzor do půdy. Senzor je dobré umístit cca. 10 cm pod zem, v závislosti na typu výsadby. To je znázorněno na obrázku 5.2.



obrázek 5.2 Umístění snímače vlhkosti půdy

5.1.3 Akční člen

Akční člen je u této funkce elektromagnetický solenoidový ventil Danfoss EV210B. Tento ventil bude připojen na 1" (32mm) potrubí a bude řídit průtok vody dále do zavlažovacího systému k jednotlivým postřikovačům. Dále je zapotřebí zajistit, aby jednotlivé postřikovače emitovaly vodu v konstantních dávkách. Jinak řečeno, musí se zajistit to, aby jeden postřikovač nestříkal vodu větším průtokem, než postřikovač druhý. To by také vedlo k nepřesné regulaci, neboť po skončení automatického zavlažování by měla zavlažovaná plocha nerovnoměrnou vlhkost.

5.2 Řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru

Dobrým nápadem je ochránit předokenní žaluzie před působením silného větru. Pokud žaluzie budou v dolní poloze a zvedne-li se velký vítr, je zde riziko, že tento silný vítr žaluzie poničí. Proto je dobré použít snímače rychlosti větru. Pokud rychlost větru překročí nějakou předem určenou hodnotu, žaluzie automaticky vyjedou do horní polohy. Zde zůstanou do doby, než se vítr zklidní.

5.2.1 Popis řízení

V této práci funguje řízení žaluzií tak, že překročí-li rychlost větru předem stanovenou hodnotu, řídicí člen dá povel akčním členům a ty provedou zatažení žaluzií. Horní mez může být stanovena např. na 20 m/s, což podle Beaufortovy stupnice odpovídá bouřlivému větru. Pokud však bude rychlost větru oscilovat okolo této mezní hodnoty, povede to k tomu, že řídicí člen bude stále vypínat a zapínat akční členy, což samozřejmě nebude žádané. Tento problém je vyřešen pomocí pásma hystereze. Spodní mez bude např. 18 m/s.

Dalším problémem je, že rychlost větru se může měnit značně skokově. To by mohlo mít za následek snížení kvality regulace. Tento problém je vyřešen pomocí obvodu TON, neboli sepnutí se zpožděním.

5.2.2 Měřicí člen

Pro řízení žaluzií byl jako měřicí člen použit snímač rychlosti větru ANEMO-T. Výstupem je proudová smyčka 4 – 20 mA. Více o tomto snímači je uvedeno v kapitole 7.2.

5.2.3 Akční člen

Samostatnými akčními členy jsou zde trubkové pohony pro rolety a markýzy. Není zde uveden konkrétní typ, jelikož pohon není součástí meteorologické stanice. Meteorologická stanice tyto pohony pouze řídí. Trubkové pohony mají obvykle čtyři vývody. Napájení, GND, směr nahoru, směr dolu. Signály směr nahoru a směr dolu se budou generovat PLC jednotkou Tecomat Foxtrot. Ukázka takového typu pohonu je na obrázku 5.3.

obrázek 5.3 Trubkový pohon pro rolety a markýzy

5.3 Řízení markýz v závislosti na počasí

Pro venkovní markýzy platí, že zvedne-li se velký vítr, je zde riziko, že tento silný vítr markýzy poničí. Proto je vhodné při překročení určité hodnoty rychlosti větru automaticky tyto markýzy svinout. U markýz je důležitá také včasná reakce na déšť. Markýzy je totiž také

dobré chránit před vlhkostí a vytváření vodních kaluží, které by je svou tíhou mohly poškodit. Pokud tedy začne pršet, markýzy by se měly automaticky svinout.

5.3.1 Popis řízení

Řízení markýz v závislosti na počasí je rozděleno na dvě části. První část je řízení markýz v závislosti na rychlosti větru. To probíhá tak, že překročí-li rychlost větru předem stanovenou hodnotu, řídicí člen dá povel akčním členům a ty provedou svinutí markýz. Tato část funkce funguje stejně jako řízení u žaluzií, kterou jsem uvedl výše, takže ji nebudu dále rozepisovat.

Druhá část je řízení v závislosti na dešti. Řízení probíhá tak, že pokud začne pršet, řídicí jednotka dá okamžitě povel ke svinutí markýzy. Tímto se markýza dostatečně ochrání před nežádoucími okolními vlivy. Pro případy, že bude pršet krátký časový úsek, např. pouze po dobu 10 s (což se někdy může stát), bude řízení markýz vybaveno obvodem TON. Tento obvod zabrání nechtěnému svinutí markýzy.

5.3.2 Měřicí člen

Jako měřicí členy jsou použity snímače rychlosti větru ANEMO-T a deště SR02. Více o těchto snímačích je uvedeno v kapitole 7.2.

5.3.3 Akční člen

Samostatnými akčními členy jsou zde také trubkové pohony pro rolety a markýzy. Není zde uveden konkrétní typ, jelikož pohon není součástí meteorologické stanice. Meteorologická stanice tyto pohony pouze řídí. Trubkové pohony mají obvykle čtyři vývody. Napájení, GND, směr nahoru, směr dolu. Signály směr nahoru a směr dolu se budou generovat PLC jednotkou Tecomat Foxtrot.

5.4 Řízení zastřešení bazénu v závislosti na počasí

Další možností je ovládat elektrické zajíždění krytu bazénu. Pokud se zvedne silný vítr a elektricky ovládaný kryt bazénu bude ve vysunuté poloze (bazén bude odkrytý), je zde riziko, že by se voda v bazénu mohla znečistit poletujícím listím. Pokud by se tak stalo, bylo by posléze značně nepříjemné vodu čistit. Proto i zde je rozumné použít snímače rychlosti větru. Pokud by rychlost větru překročila určitou hodnotu, kryt bazénu automaticky zajede a ochrání tak vodu před znečištěním.

Je zde také možnost ovládat elektrické zajíždění krytu bazénu v závislosti na dešti. Pokud by začalo pršet, bylo by dobré s krytem bazénu zajet a ochránit tak čistou vodu v bazénu před nekvalitní dešťovou vodou.

5.4.1 Popis řízení

Automatické ovládání zajíždění krytu bazénu bude fungovat podobně jako u automatického ovládání žaluzií a markýz . Pokud se zvedne vítr nad mezní hodnotu, dojde k akčnímu zásahu a kryt bazénu se zatáhne.

Dále kryt bazénu automaticky zajede v případě, že intenzita srážek stoupne nad předem zadanou hodnotu, aby se zabránilo snížení kvality vody v bazénu. I zde použit obvod TON pro nechtěné zajetí krytu bazénu při krátkém dešti.

5.4.2 Měřicí členy

Jako měřicí členy jsou použity snímače rychlosti větru ANEMO-T a deště SR02. Více o těchto snímačích je uvedeno v kapitole 7.2.

5.4.3 Akční členy

Zde je akčním členem trubkový pohon pro rolety a markýzy, který je namontován do navíjecí hřídele. Není zde uveden konkrétní typ, jelikož pohon není součástí meteorologické stanice. Meteorologická stanice tento pohon pouze řídí. Trubkový pohon má obvykle čtyři vývody. Napájení, GND, směr nahoru, směr dolu. U této funkce je využito otáčení pouze jedním směrem pro zajíždění krytu bazénu.

5.5 Řízení střešních oken v závislosti na dešti

Pokud začne pršet a střešní okna jsou otevřená, hrozí, že nechtěně naprší do vnitřku budovy. To určitě není příjemná věc. Pokud je však dům vybaven elektricky ovládanými střešními okny, jejichž obliba neustále narůstá, můžeme zařídit, aby se při dešti automaticky zavřela. Tímto nesmírně elegantním řešením se zajisté zvýší kvalita bydlení.

5.5.1 Popis řízení

Řízení střešních oken bude probíhat následujícím způsobem. Pokud začne pršet, snímač deště předá informace PLC jednotce Tecomat Foxtrot. Centrální jednotka informace zpracuje a poté

dojde k akčnímu zásahu. Akčním zásahem tedy dojde k zavření elektricky ovládaných oken a zabránění průniku vody do budovy.

5.5.2 Měřicí člen

Jako měřicí člen je použit člunkový snímač srážek SR02. Výstup je řešen jako pulzní (sepnutí kontaktu při překlopení člunku). Více o tomto snímači je uvedeno v kapitole 7.2.

5.5.3 Akční člen

Akčními členy jsou zde pohony, které jsou součástí elektricky ovládaných oken. Výrobců těchto oken je mnoho, např. Velux. Meteorologická stanice tyto okna bude mít za úkol řídit. Vývody jsou stejné jako u trubkových pohonů. Napájení, GND, směr nahoru, směr dolu. U této funkce bude pro zavírání oken využito ovládání pouze jedním směrem.

5.6 Řízení žaluzií při soumraku

Pokud je dům vybaven elektricky ovládanými žaluziemi, bylo by rozumné, aby při soumraku automaticky zajely. Nejenom, že se tímto řešením do jisté míry ochrání dům před zloději, ale v zimě se dosáhne i nemalé úspory nákladů na vytápění. Pokud se ráno začne rozednívat, elektricky ovládané žaluzie opět automaticky vyjedou zpět do horní polohy.

5.6.1 Popis řízení

Funkce řízení žaluzií pracuje takto: pokud intenzita okolního světla klesne pod předem nastavenou hodnotu, žaluzie automaticky zajedou dolů. Při rozednívání žaluzie automaticky vyjedou zpět nahoru. Pro odstranění oscilací okolo mezní hodnoty je použit obvod TON, neboli sepnutí se zpožděním.

5.6.2 Měřicí člen

Jako měřicí člen je u této funkce použit snímač intenzity okolního osvětlení LUX97 od výrobce Anemo. Výstupem je klasická proudová smyčka 4 – 20 mA. Více o těchto snímačích je uvedeno v kapitole 7.2.

5.6.3 Akční členy

Samostatnými akčními členy jsou zde trubkové pohony pro rolety a markýzy. Není zde uveden konkrétní typ, jelikož pohon není součástí meteorologické stanice. Meteorologická stanice tyto pohony pouze řídí. Trubkové pohony mají obvykle čtyři vývody. Napájení, GND, směr nahoru, směr dolu. Signály směr nahoru a směr dolu se budou generovat PLC jednotkou Tecomat Foxtrot.

5.7 Řízení veřejného osvětlení

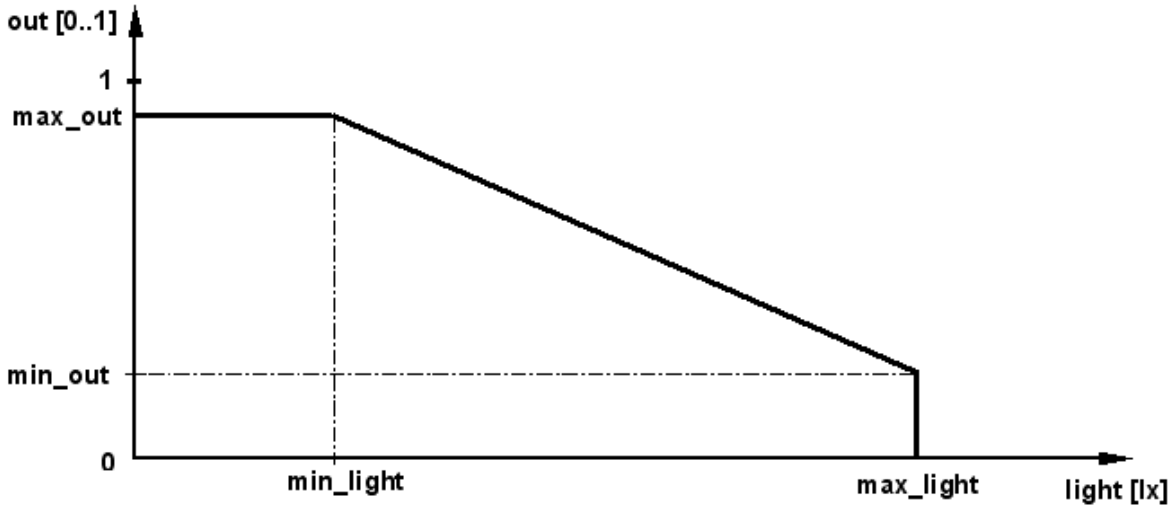
Pokud bude meteorologická stanice použita u větší budovy, např. výrobní haly, či na obecním úřadě v málem městě, bylo by dobré využít snímače intenzity světla a pomocí něho řídit veřejné osvětlení. V současné době se jednoduché řízení veřejného osvětlení realizuje nejčastěji pomocí astronomických hodin.

Princip činnosti astronomických hodin vychází z toho, že časy soumraku a úsvitu se v průběhu roku mění. Na základě aktuálního data a předem uložené tabulky řídicí obvod automaticky vyhodnocuje časy zapnutí a vypnutí veřejného osvětlení.

Elegantnějším, přesnějším a úspornějším řešením je řídit intenzitu veřejného osvětlení pomocí snímače intenzity osvětlení. Pokud se rozednívá, je dobré i postupně snižovat intenzitu veřejného osvětlení a tím šetřit náklady. Nevýhodou tohoto řešení je, že jednotky veřejného osvětlení musí být vybaveny stmívači.

5.7.1 Popis řízení

Řízení veřejného osvětlení pracuje takto: pokud intenzita okolního světla klesne pod požadovanou hodnotu, veřejné osvětlení se automaticky zapne a nastaví se taková intenzita veřejného osvětlení, která odpovídá současné intenzitě okolního světla. Při dalším poklesu intenzity okolního světla (soumraku) se bude intenzita veřejného osvětlení zvyšovat. Naopak při rozednívání se intenzita veřejného osvětlení bude snižovat a pokud intenzita okolního světla opět dosáhne předem nastavené mezní hodnoty, veřejné osvětlení se vypne. Na obrázku 5.4 je zobrazena převodní charakteristika mezi výstupem a intenzitou okolního osvětlení.



obrázek 5.4 Převodní charakteristika řízení veřejného osvětlení

5.7.2 Měřicí členy

Měřicí člen je u této funkce snímač intenzity okolního osvětlení LUX97 od výrobce Anemo. Výstupem je klasická proudová smyčka 4 – 20 mA. Více o tomto snímači je uvedeno v kapitole 6.2. Při umisťování tohoto snímače je třeba dát pozor na to, aby veřejné osvětlení neovlivňovalo vlastní měření snímače.

5.7.3 Akční členy

Jako akční člen by měla být použita stmívací jednotka pro konkrétní typ veřejného osvětlení. Pro jednoduchost a demonstraci této funkce je v této práci použita stmívací jednotka Inels LM2-11B. Tato jednotka slouží ke spínání a stmívání RLC zátěží a bude mít za úkol stmívat veřejné osvětlení. Připojuje se k PLC jednotce a komunikuje s ní pomocí sběrnice CIB.

6 Koncept programu PLC

Koncept programu meteorologické stanice s PLC byl vytvořen podle normy IEC 61131-3 v jazyce FBD. Tento koncept programu má za úkol demonstrovat průběh řízení jednotlivých funkcí této meteorologické stanice. Koncept programu je rozdělen do sedmi částí, z nichž každá část zahrnuje samostatnou funkci meteorologické stanice.

6.1 Koncept programu pro řízení zavlažování

Vstupní proměnné:

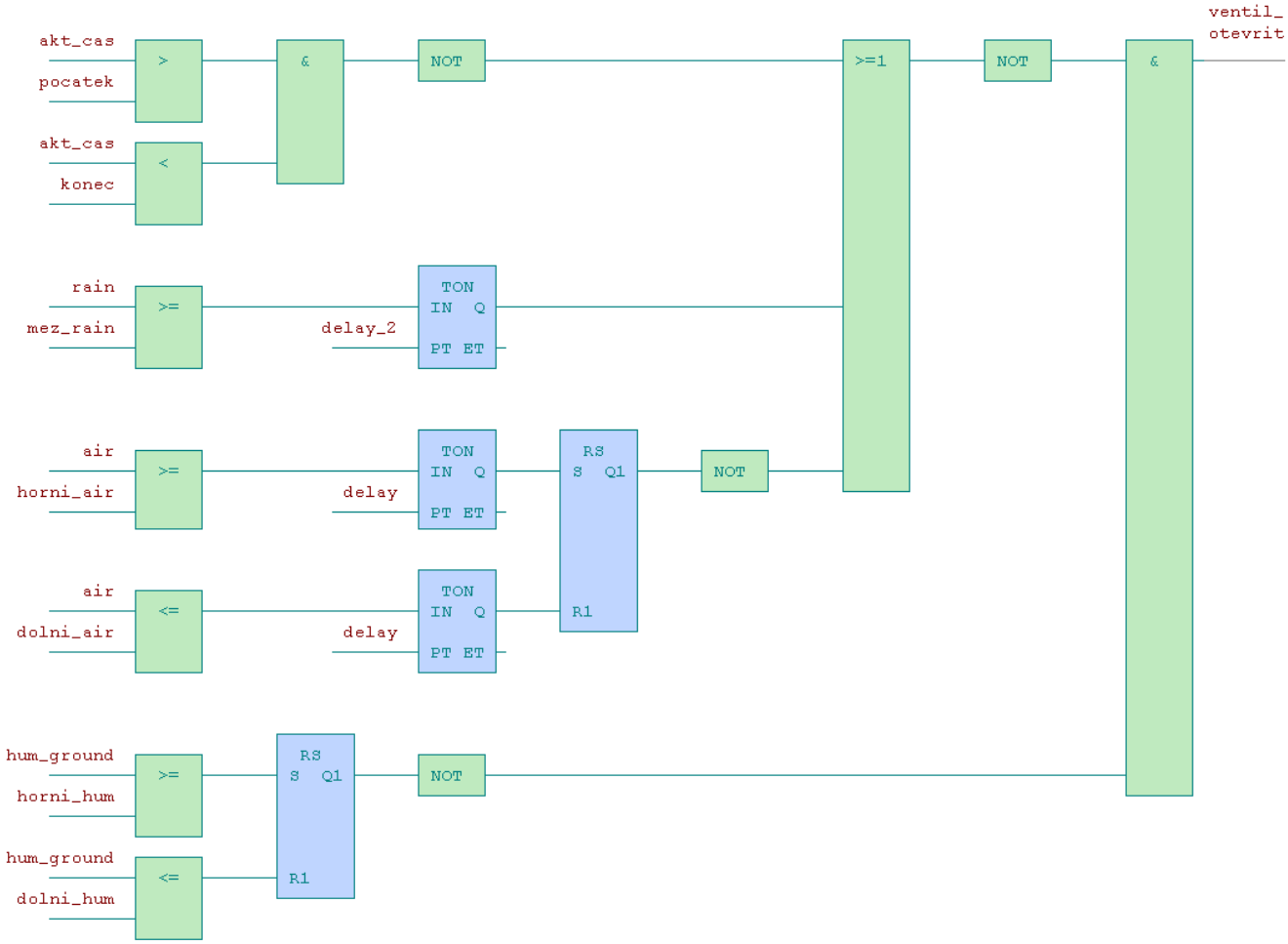
akt_cas … aktuální čas [HH:MM]
hum_ground … vlhkost půdy [%]
rain … intenzita srážek [mm/h]
air … rychlost větru [m/s]

Uživatelem definované konstanty:

pocatek … dolní hranice spuštění zavlažování [HH:MM]
konec … horní hranice spuštění zavlažování [HH:MM]
horni_hum … horní hranice vlhkosti půdy [%]
dolni_hum … dolní hranice vlhkosti půdy [%]
mez_rain … mezní hodnota intenzity srážek [mm/h]
horni_air … horní hranice rychlosti větru [m/s]
dolni_air … dolní hranice rychlosti větru [m/s]
delay … zpoždění při zapnutí u větru [s]
delay_2 … zpoždění při zapnutí u srážek [s]

Výstupní proměnné:

ventil_otevrit … zapne zavlažování



obrázek 6.1 Koncept programu pro řízení zavlažování

6.2 *Koncept programu pro řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru*

Vstupní proměnné:

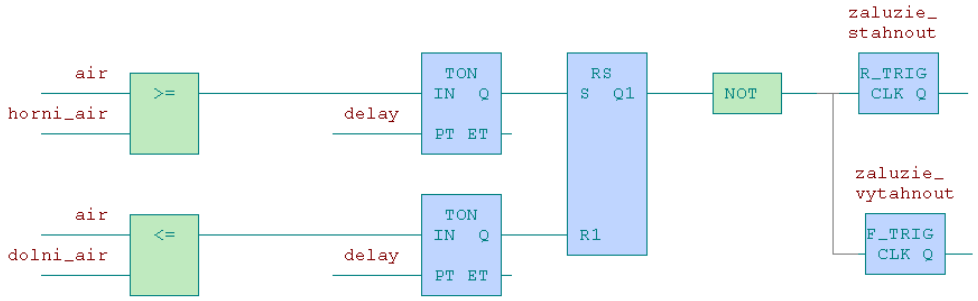
air … rychlost větru [m/s]

Uživatelem definované konstanty:

horni_air … horní hranice rychlosti větru [m/s]
dolni_air … dolní hranice rychlosti větru [m/s]
delay … zpoždění při zapnutí u větru [s]

Výstupní proměnné:

zaluzie_stahnout … stáhne žaluzie
zaluzie_vytahnout … vytáhne žaluzie



obrázek 6.2 Koncept programu pro řízení žaluzií v závislosti na rychlosti větru

6.3 Koncept programu pro řízení markýz v závislosti na počasí

Vstupní proměnné:

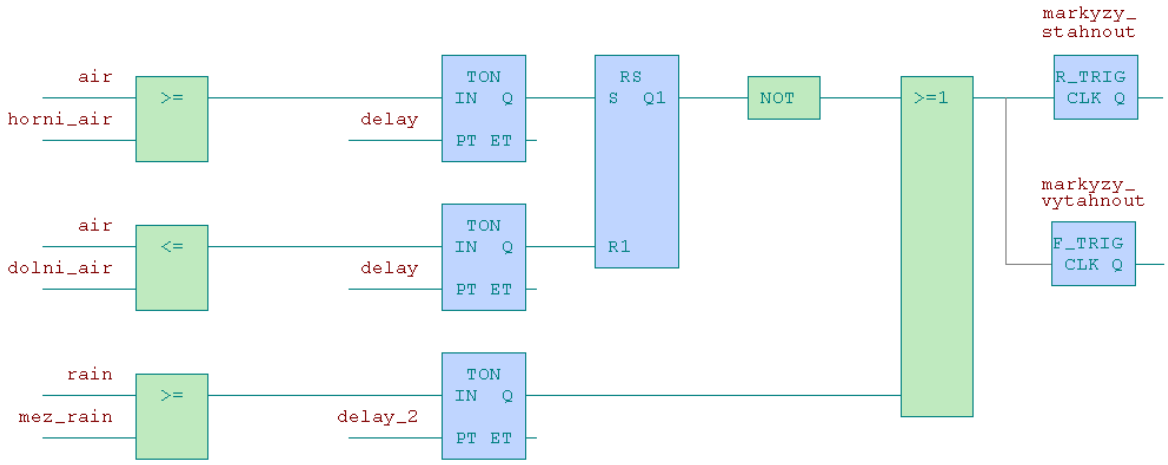
air … rychlost větru [m/s]
rain … intenzita srážek [mm/h]

Uživatelem definované konstanty:

horni_air … horní hranice rychlosti větru [m/s]
dolni_air … dolní hranice rychlosti větru [m/s]
mez_rain … mezní hodnota srážek [mm/h]
delay … zpoždění při zapnutí u větru [s]
delay_2 … zpoždění při zapnutí u srážek [s]

Výstupní proměnné:

markyzy_stahnout … svine markýzy
markyzy_vytahnout … roztáhne markýzy



obrázek 6.3 Koncept programu pro řízení markýz v závislosti na počasí

6.4 Koncept programu pro řízení zastřešení bazénu v závislosti na počasí

Vstupní proměnné:

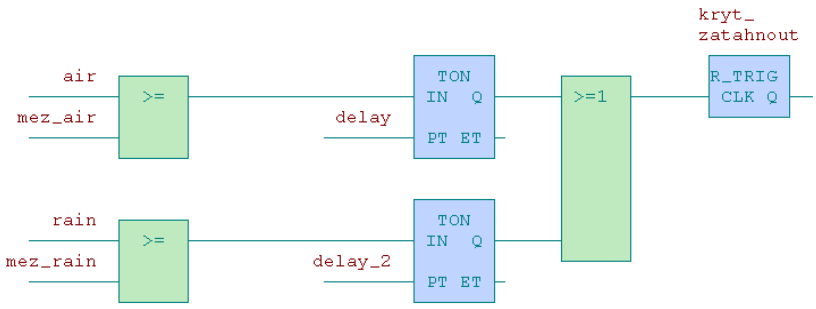
air … rychlost větru [m/s]
rain … intenzita srážek [mm/h]

Uživatelem definované konstanty:

mez_air … mezní hranice rychlosti větru [m/s]
mez_rain … mezní hodnota intenzity srážek [mm/h]
delay … zpoždění při zapnutí u větru [s]
delay_2 … zpoždění při zapnutí u srážek [s]

Výstupní proměnné:

kryt_zatahnout … zatáhne kryt bazénu



obrázek 6.4 Koncept programu pro řízení zastřešení bazénu

6.5 Koncept programu pro řízení střešních oken v závislosti na dešti

Vstupní proměnné:

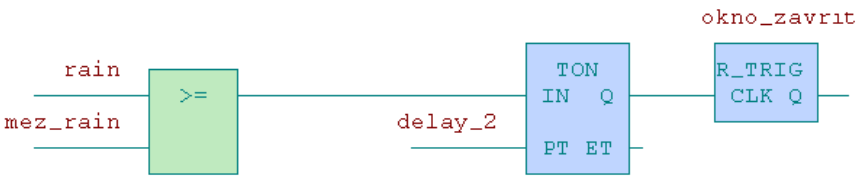
rain … intenzita srážek [mm/h]

Uživatelem definované konstanty:

mez_rain … mezní hodnota intenzity srážek [mm/h]
delay_2 … zpoždění při zapnutí u srážek [s]

Výstupní proměnné:

okno_zavrit … zavře střešní okna



obrázek 6.5 Koncept programu pro řízení střešních oken v závislosti na dešti

6.6 Koncept programu pro řízení žaluzií při soumraku

Vstupní proměnné:

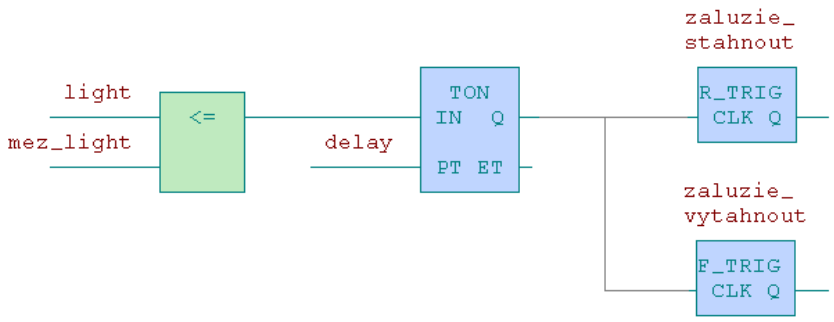
light … intenzita okolního osvětlení [lx]

Uživatelem definované konstanty:

mez_light … mezní hodnota intenzity okolního osvětlení [lx]
delay … zpoždění při zapnutí u intenzity okolního osvětlení [s]

Výstupní proměnné:

zaluzie_stahnout … stáhne žaluzie
zaluzie_vytahnout … vytáhne žaluzie



obrázek 6.6 Koncept programu pro řízení žaluzií při soumraku

Poznámka: Výstupy zaluzie_stahnout a zaluzie_vytahnout jsou totožné s výstupy konceptu programu v kapitole 6.2. Při realizaci by však tyto výstupy, společně s výstupy z kapitoly 6.2., byly spojeny přes logický součet. Pro přehlednost to však zde není zobrazeno.

6.7 Koncept programu pro řízení veřejného osvětlení

Vstupní proměnné:

light … intenzita okolního světla [lx]

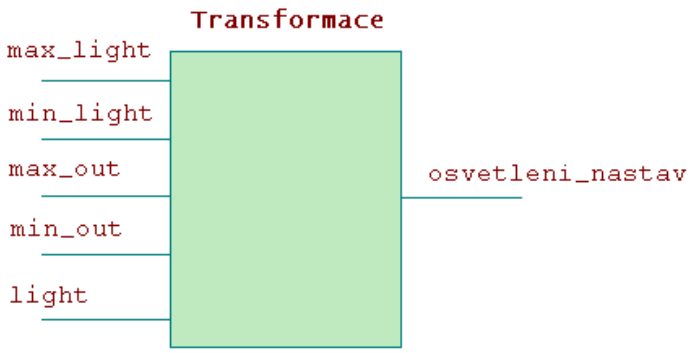
Uživatelem definované konstanty:

max_out … maximální hodnota výstupu (maximálně 1.0)

min_out … minimální hodnota výstupu (minimálně 0.0)
max_light … horní mez intenzity okolního osvětlení [lx]
min_light … dolní mez intenzity okolního osvětlení [lx]

Výstupní proměnné:

osvetleni_nastav … nastaví intenzitu veřejného osvětlení



obrázek 6.7 Koncept programu pro řízení veřejného osvětlení

Koncept programu bloku Transformace v jazyce strukturovaného textu:

IF (light >= max_light) THEN osvetleni_nastav = 0

IF (light > min_light && light < max_light) THEN osvetleni_nastav =
= max_out – (((max_out – min_out) / (max_light – min_light)) * light) + min_out

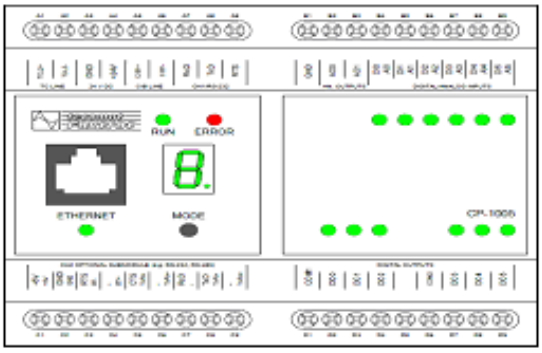
IF (light <= min_light) THEN osvetleni_nastav = max_out

7 Navržené přístroje a jejich vlastnosti

7.1 Řídicí člen

7.1.1 PLC jednotka Tecomat Foxtrot

Zde použitý typ CP-1004 je základním modelem řídicího systému řady Foxtrot. Výrobcem je Teco Kolín, a.s. Kromě standardních vstupů a výstupů je zde také k dispozici rozhraní Ethernet. Je zde možnost ovládat jednotku pomocí integrovaného Webového serveru. Pro programování se používají standardní prostředky (např. prostředí Mosaic). Níže je uveden obrázek jednotky a tabulka jeho vlastností. Cena se pohybuje okolo 12000 Kč včetně DPH.



obrázek 7.1 Tecomat Foxtrot CP-1004

typ	Tecomat Foxtrot CP-1004
procesor	32 bitový RISC, frekvence 166 MHz
paměť pro program	128 kB
paměť pro tabulky	64 kB
vstupy	8 vstupů, bez galvanického oddělení
výstupy	reléové, 6 x 230 V AC/DC, 3 A, galvanicky oddělené
rozšiřitelnost I/O	sběrnicí CIB, sériovým kanálem, TCL2
podporované protokoly	Epsnet, Modbus, Profibus DP, Can
napájení	24 V DC
slot pro paměťové karty	SHDC, MMC, SD
ethernet (konektor RJ-45)	100 Mb
integrovaný WEB server	ano
upevnění	U-lišta rozváděče
rozměry	90 x 106 x 65 mm

tabulka 7.1 Vlastnosti PLC jednotky Tecomat Foxtrot CP-1004

7.1.2 Submodul PLC jednotky Tecomat Foxtrot

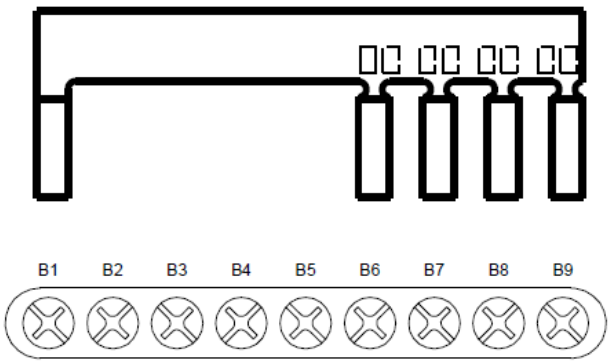
Abychom mohli k PLC jednotce Tecomat Foxtrot připojit snímač Comet T7411, který komunikuje po sběrnici RS-485, je nutné tuto PLC jednotku vybavit submodulem MR-0114. Tento submodul se umisťuje jednoduše do vnitřku jednotky. Submodul MR-0114 zajišťuje převod signálů mezi TTL a rozhraním RS-485. Pro správnou funkci je třeba zakončit komunikační linku na jejích koncích propojením svorek TxRx+ s BT+ a TxRx– s BT–. Cena se pohybuje okolo 1500 Kč včetně DPH.

typ	MR-0114
sběrnice	RS-485
přenosová rychlost	max. 2 MBd
citlivost přijímače	min. ± 200 mV
výstupní úroveň signálů	3,7 V
galvanické oddělení	ano
izolační napětí	1000 V DC
délka vedení	max. 1200 m

tabulka 7.2 Vlastnosti submodulu MR-O114

7.1.3 Bočník pro proudové vstupy

Proudové vstupy vyžadují externí bočník 250W, který lze realizovat samostatně bočníkem MT-1690. Vývody bočníku MT-1690 se zasunou přímo do svorek spolu s připojovacími vodiči. Nevyužívané vývody bočníku lze odlomit. Konfigurace se provede v programovacím prostředí Mosaic. Zapojení tohoto bočníku k Tecomatu Foxtrot je možno vidět na obrázku níže. Cena této komponenty se pohybuje okolo 300 Kč.



obrázek 7.2 Bočník pro proudové vstupy MT-1690

7.1.4 Napájecí zdroj

Pro PLC jednotku Tecomat Foxtrot a ostatní jednotky je použit napájecí zálohovatelný zdroj Tecomat PS2-60/27. Cena se pohybuje okolo 5000 Kč včetně DPH. Níže je uveden obrázek a tabulka vlastností tohoto napájecího zdroje.

obrázek 7.3 Napaájecí zdroj Tecomat PS2-60/27

typ	Tecomat PS2-60/27
vstup	230 V AC
výstup	27,2 V DC
výstup pro zálohování	12 V DC
typ akumulátoru	Pb
rozměry	90 x 106 x 65 mm

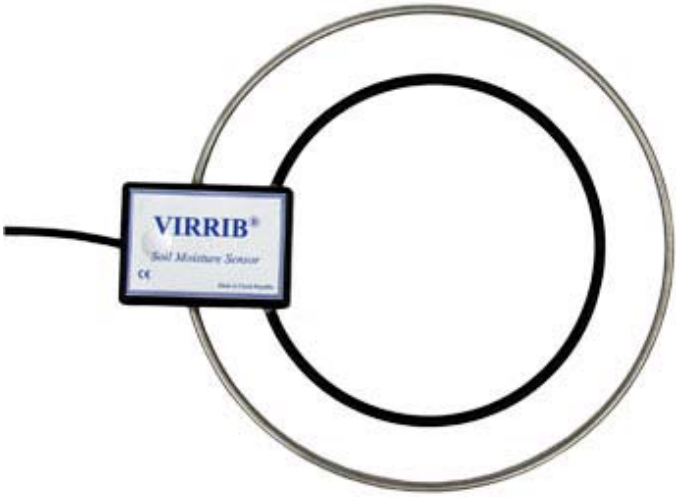
tabulka 7.3 Vlastnosti napájecího zdroje Tecomat PS2-60/27

7.2 Měřicí členy

7.2.1 Snímač vlhkosti půdy

V této bakalářské práci je použit snímač Amet VIRRIB, který měří půdní vlhkost principem nanosekundových impulsů na vlhkosti okolního prostředí pomocí elektromagnetického signálu transmisní fázovou metodou.

Snímač vyrábí firma AMET Velké Bílovice. Snímač se připojuje pomocí trojžilového kabelu (napajení, výstup, GND). Vlastní čidlo se skládá ze dvou soustředných kruhů z nerezové oceli, spojených v tělese snímače, kde je umístěna elektronická část. Elektronika spolu s nerezovými kruhy je mechanicky fixována zalévací hmotou, která zabraňuje pronikání vody k elektronice. Pro měření vlhkosti půdy v přízemní vrstvě půdy se snímače instalují do vodorovné polohy, což je náš případ. Pro měření vlhkosti v hlubších vrstvách půdy se snímače instaluji do svislé polohy. Hlavním kladem snímačů je příznivá cena, přesnost měření a rychlost odezvy na změnu vlhkosti. Cena tohoto snímače se pohybuje okolo 1500 Kč včetně DPH. Níže je uveden obrázek a tabulka vlastností snímače vlhkosti půdy.



obrázek 7.4 Snímač vlhkosti půdy Amet VIRRIB

typ	Amet VIRRIB LP V
napájení	5,5 - 18 V DC
spotřeba	10 - 15 mA
výstup	0 - 10 V
měřicí rozsah	5 - 60 %

tabulka 7.4 Tabulka vlastnosti snímače vlhkosti půdy

7.2.2 Snímač rychlosti větru

Díky dobrému poměru cena/výkon je v této bakalářské práci použit mechanický snímač rychlosti větru ANEMO-T od firmy Sýkora Dobroslavice, která se zabývá výrobou snímačů rychlosti a směru větru více jak 15 let. Použití je možné ve všech běžných oblastech měření rychlosti větru, tedy v meteorologii, průmyslu nebo ve sportu. Přístroj není určen k měření v agresivním plynném prostředí. Výstup je řešen pomocí proudové smyčky 4-20 mA. Snímač je navíc vybaven vnitřním vytápěním pro bezproblémový provoz do teploty –40 °C. Výkon vytápění je 8 W (při napájení 12 V) a sepne se při teplotě pod +4 °C.

Tělo anemometru je z duralového korpusu s komaxitovou povrchovou úpravou. Uvnitř je svisle uložená nerezová hřídelka osazená dvěma axiálními nerezovými ložisky. Na horním konci hřídele anemometru je upevněn mosazný šestihran, spojený s plastovým výliskem kříže (Robinsonův kříž). Kříž je zajištěný uzavřenou maticí, pod kterou je vložený gumový těsnící kroužek.Ve spodní části hřídelky je pevně usazený kalíšek optické závory, jejíž prvky jsou zapájené do desky plošného spoje spolu s další elektronikou.

Anemometr se umisťuje ve svislé poloze do trubky o vnitřním průměru 25 mm a zajišťuje se šroubem M4, který zároveň uzemňuje tělo anemometru. Po našroubování konektoru s přívodním kabelem lze přes něj navléknout smršťovací bužírku pro dokonalé utěsnění. Cena snímače je 6200 Kč včetně DPH. Vlastnosti tohoto snímače jsou uvedeny v tabulce 7.5.

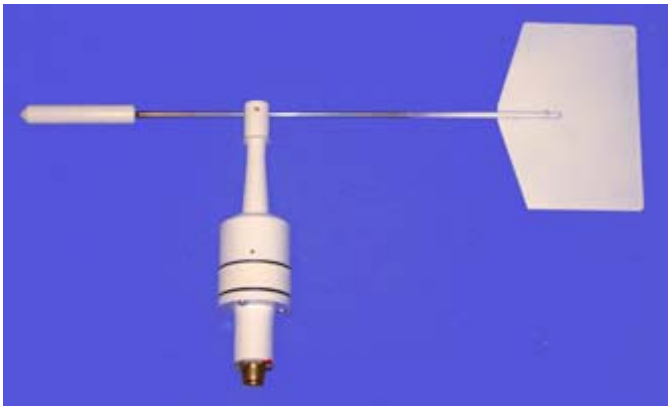
obrázek 7.5 Snímač rychlosti větru ANEMO-T

typ	ANEMO-T
měřicí rozsah	lineární do 30 m/s
výstup	4 - 20 mA
přesnost	± 2%
rozsah prac. teplot	–40 °C až +50 °C
napájení	12 - 36 V SS
připojení	4 vodičové (2x vytápění, 2x proudová smyčka)
upevnění	trubka o průměru 25 mm
výška	165 mm
průměr	120 mm
hmotnost	0,2 kg

tabulka 7.5 Tabulka vlastnosti snímače rychlosti větru ANEMO-T

7.2.3 Snímač směru větru

Díky výbornému poměru cena/výkon je pro měření směru vetru použit snímač směru větru SM od výrobce Sýkora Dobroslavice. Směrovka je tvořena duralovým tělesem s komaxitovou povrchovou úpravou, v němž je na ložiscích upevněn lineární drátový potenciometr. Výstup je napěťový 0 – 10 V. Cena se pohybuje okolo 3900 Kč. Obrázek a tabulka vlastností je uvedena níže.



obrázek 7.6 Směrovka větru SM

typ	SM
výstup	0 - 10 V
napájení	12 - 60 V SS
připojení	3 vodičové (Ucc, GND, OUT)
rozsah prac. teplot	–35 °C až +60 °C
hmotnost	0,34 kg

tabulka 7.6 Vlastnosti směrovky větru SM

7.2.4 Snímač srážek

Vzhledem k tomu, že by bylo dobré u meteostanice editovat i množství srážek (nejenom vědět, zda prší či ne), bylo rozhodnuto, že se použije srážkoměr typu SR02 od firmy Fiedler-Mágr. Navíc není o moc dražší než některé indikátory srážek.

Jedná se o nevytápěný srážkoměr se záchytnou plochou 200cm2 určený pro měření tekutých srážek pomocí člunkového principu. Feritový magnet zatmelený do těla člunku při každém překlopení sepne jazýčkový kontakt, který je zalitý v držáku člunku. Spínání kontaktu tak vytváří možnost registrovat počet pulsů a tím i množství srážek v čase.

Srážkoměr je vyroben z kvalitních materiálů, které dlouhodobě odolávají povětrnostním vlivům. Jeho válcový plášť i kruh v horní části, který vytváří přesnou plochu pro dopadající déšť, jsou zhotoveny z hliníkové slitiny. Nálevka je z plastu. Nad výtokovým otvorem nálevky je umístněna pružina, která zabraňuje průniku hrubých nečistot do výtoku. Mechanismus překlápěcího člunku je umístněn na základně z plastu uvnitř těla srážkoměru, kde se nachází i libela pro kontrolu vodorovné plochy, aretační šrouby pro kalibraci, otvory s mřížkou pro vytékání vody, tři stavěcí šrouby pro nastavení vodorovné plochy, a svorkovnice pro připojení kabelů. Upevňovací stojan s dlaždicí, který je vidět na obrázku 7.7, je možné v případě potřeby dokoupit. Cena se pohybuje okolo 9000 Kč včetně DPH.

obrázek 7.7 Snímač srážek SR0

typ	SR02
plocha	200 cm^2
výstup	pulzní (sepnutí jazýčkového kontaktu)
citlivost	0,2 mm srážek
provozní teplota	> 0 ^oC
připojení	2 vodičové
průměr	180 mm
výška	260 mm
hmotnost	2,4 kg

tabulka 7.7 Vlastnosti snímače srážek SR02

7.2.5 Snímač intenzity okolního osvětlení

K měření okolní intenzity osvětlení byl použit snímač založený na polovodičovém principu. Výhodou je jednoduchost, nízká cena a jednoduché připojení k centrální jednotce.

Jedná se o typ LUX97 od výrobce Anemo. Vlastním čidlem je zde polovodičová fotonka. Běžné chemicky neagresivní prostředí vyhovuje provozním podmínkám. Snímač se upevňuje do vodorovné polohy pomocí dvou šroubů. Obrázek a tabulka vlastností snímače jsou zobrazeny níže. Současná cena tohoto snímače je 4900 Kč včetně DPH.

obrázek 7.8 Snímač intenzity osvětlení LUX97

typ	LUX97
měřicí rozsah	0 - 40 000 lx
výstup	4 - 20 mA
třída přesnosti	3
provozní teplota	–30 °C až +70 °C
napájení	13 - 36 V DC
připojení	2 vodičové
upevnění	vodorovně pomocí šroubů
krytí	IP 65
rozměry	62 x 62 x 32 mm
hmotnost	150 g

tabulka 7.8 Vlastnosti snímače intenzity osvětlení LUX97

7.2.6 Snímač teploty, vlhkosti, tlaku a rosného bodu

Pro měření teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu a rosného bodu byl pro tuto práci vybrán pouze jeden snímač, který je schopen měřit všechny tyto veličiny. Jedná se o typ T7411 od výrobce Comet Rožnov pod Radhoštěm. Tento multifunkční snímač komunikuje s nadřazeným systémem po sběrnici RS-485 pomocí protokolu Modbus. Je určen pro měření okolní teploty, relativní vlhkosti vzduchu bez příměsí agresivních látek a barometrického tlaku. Z měřených hodnot může navíc vypočítat i jednu z následujících veličin: hodnota rosného bodu, absolutní vlhkost, měrná vlhkost, směšovací poměr a specifická entalpie. V tomto případě bude z těchto veličin použita hodnota rosného bodu. Snímač tlaku umožňuje nastavení korekce na nadmořskou výšku (offset).

Měřicí senzory teploty i vlhkosti jsou umístěny v externí sondě, která je s hlavicí elektroniky spojena kabelem, senzor tlaku je umístěn v hlavici s elektronikou. Snímač je možné vybavit i krytem před vlivy počasí F8000 od stejného výrobce. Součástí snímače je dvouřádkový LCD displej. Tento displej však může být v případě potřeby vypnut. Připojení k nadřazenému systému se realizuje pomocí kabelu SYKFY 2x2x0,5 mm2. Dva vodiče slouží ke komunikaci přes sběrnici a zbylé dva vodiče slouží k napájení snímače. Současná cena tohoto snímače se pohybuje okolo 9500 Kč včetně DPH.

obrázek 7.9 Snímač Comet T7411

obrázek 7.10 Kryt před vlivy počasí Comet T7411

typ	Comet T7411
výstup	RS-485
komunikační protokol	Modbus
napájení	9 - 30 V DC
odběř	6 mA
rozsah měření teploty	-30 až +105 °C
přesnost měření teploty	± 0,4 °C
rozsah měření vlhkosti	0 až 100 %RV
přesnost měření vlhkosti	± 2,5 %RV
rozsah měření tlaku	600 - 1100 hPa
přesnost měření tlaku	± 1,5 hPa
rozsah měření ros. bodu	-60 až +80 °C
přesnost měření ros. bodu	±1,5 °C
připojení	SYKFY 2x2x0,5 mm2,
krytí	IP54 (elektronika), IP40 (snímač)
hmotnost	330 g

tabulka 7.9 Vlastnosti snímače Comet T7411

7.3 Akční členy

7.3.1 Elektromagnetický solenoidový ventil

Jedná se o typ EV210B od výrobce Danfoss. Tento elektromagnetický solenoidový ventil slouží k otevření či uzavření přívodu vody pro jednotlivé potrubní větve zavlažovacího sytému. Průměr přívodu je v tomto případě 1” (32mm). Je určen pro široké spektrum médií, např. vodu, olej, stlačený vzduch atd.

Ventil funguje tím způsobem, že pokud je přiloženo na cívku napětí (24 V DC nebo 230 V AC – podle typu ventilu), ventil se otevře pro průchod média a bude otevřený do té doby, dokud bude na cívce přiloženo napětí. Současná cena se pohybuje okolo 1200 Kč včetně DPH.

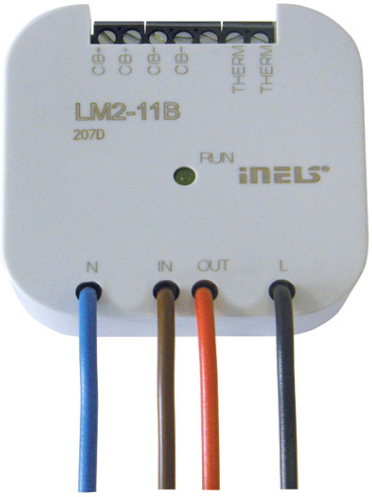
obrázek 7.11 Elektromagnetický ventil Danfoss EV2

Typ	EV210B (verze "normálně uzavřen")
maximální průtok	8 m^3/h
rozsah tlaku	0 - 30 bar
maximální tlak	50 bar
doba otevření ventilu	10 ms
doba uzavření ventilu	20 ms
rozsah teplot média	–10 °C až +100 °C
okolní teplota	do +80 °C
krytí	IP 67

tabulka 7.10 Vlastnosti elektromagnetického ventilu Danfoss EV2

7.3.2 Stmívací jednokanálová jednotka

Stmívací jedno-kanálová jednotka LM2-11B od výrobce ELKO EP, s.r.o. je určena pro spínání a stmívání RLC zátěží. Tato jednotka bude sloužit k nastavování intenzity veřejného osvětlení. Obsahuje 1 vstup 230V AC a 1 polovodičový řízený výstup 230 V AC. S PLC jednotkou Tecomat Foxtrot komunikuje po sběrnici pomocí CIB. Maximální výstupní výkon je 250 VA. Jednotka podporuje autodetekci typu zátěže na výstupu. Je také vybavena vnitřní elektronickou nadproudovou vratnou pojistkou. Cena se pohybuje okolo 3400 Kč včetně DPH.



obrázek 7.12 Stmívací jednotka LM-11B

typ	LM2-11B
výstup	1x polovodičový výstup 230V AC
typ zátěže	RLC (odporová, indukční a kapacitní)
maximální spínaný výkon	250 VA
typ sběrnice	CIB
pracovní teplota	-20 až +55 °C
krytí	IP 30
instalace	instalační krabice
zozměry	49 x 49 x 21 mm
hmotnost	45 g

tabulka 7.11 Vlastnosti stmívací jednotky LM2-11B

7.3.3 Spínací jednokanálová jednotka

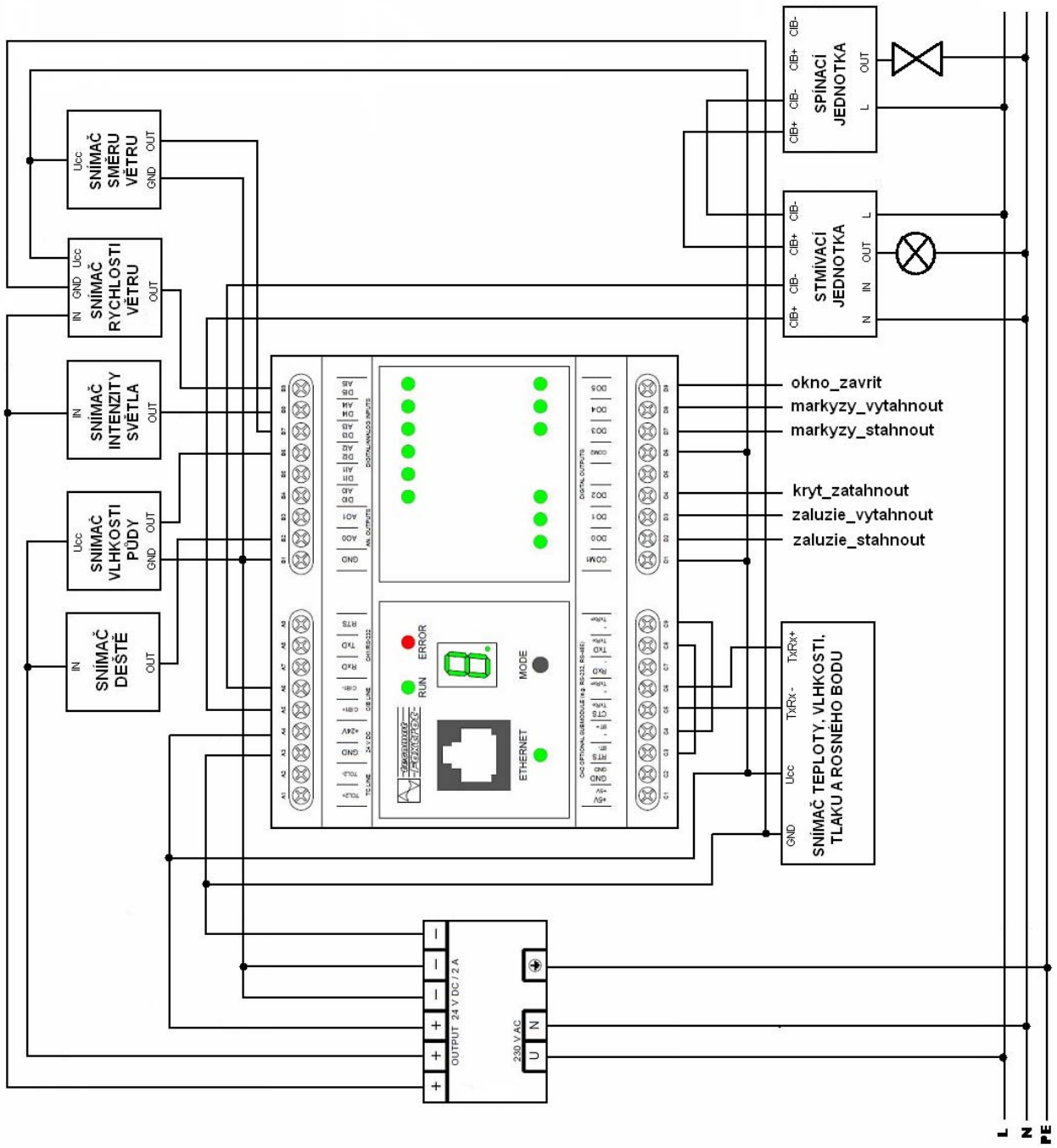
Spínací jednokanálová jednotka SA2-01B je určena pro spínání zátěží. Výrobcem je ELKO EP, s.r.o. Tato jednotka bude sloužit ke spínání elektromagnetického solenoidového ventilu při řízeném zavlažování. Maximální spínané napětí je 250 V AC. Maximální spínaný výkon je 4000 VA. S PLC jednotkou Tecomat Foxtrot komunikuje po sběrnici pomocí CIB. Cena se pohybuje okolo 1150 Kč včetně DPH.

obrázek 7.13 Spínací jednotka SA2-01B

Typ	SA2-01B
výstup	1 x spínací 16A
spínané napětí	250 V AC
maximální spínaný výkon	4000 VA
typ sběrnice	CIB
pracovní teplota	-20 až +55 °C
krytí	IP 30
instalace	instalační krabice
zozměry	49 x 49 x 21 mm
hmotnost	43 g

tabulka 7.12 Vlastnosti spínací jednotky SA2-01B

8 Schéma elektrického zapojení



obrázek 8.1 Schéma elektrického zapojení meteorologické stanice s PLC

9 Porovnání finanční náročnosti

V této kapitole je uvedeno porovnání finanční náročnosti navržené meteorologické stanice s obdobnými komerčními řešeními. Jedná se pouze o informativní srovnání, jelikož meteorologické stanice, podobné stanici navržené v této práci, se na trhu neobjevují.

Editační části navržené meteorologické stanice s PLC se nejvíce podobají klasické komerční meteostanice. Ty se prodávají v rozmezí několika tisíc Kč až do sta tisíc Kč. Řídicí části navržené meteorologické stanice s PLC se nejvíce podobá povětrnostní stanice od ABB, zavlažovací automat od Gardeny a astronomické spínací hodiny Hofmeister.

Meteostanice Oregon	WMR 200	14 000 Kč
Povětrnostní stanice ABB	řídicí modul	23 400 Kč
	vyhřívací transformátor	4 000 Kč
	snímač teploty	4 500 Kč
	snímač větru	14 500 Kč
	snímač deště	9 200 Kč
	snímač osvětlení	4 200 Kč
	snímač soumraku	4 200 Kč
Zavlažovací automat Gardena	regulátor	3 200 Kč
	snímač půdní vlhkosti	1 300 Kč
	dešťový snímač	1 300 Kč
	elektromagnetický ventil	500 Kč
Astronomické hodiny Hofmeister	US329	7 200 Kč
Celkem		**91 500 Kč**

tabulka 9.1 Komerční alternativa navržené meteorologické stanice a její cena

Řídicí člen	Tecomat Foxtrot CP-1004	12 000 Kč
	submodul MR-0114	1 500 Kč
	bočník MT-1690	300 Kč
	zdroj PS2-60/27	5 000 Kč
Měřicí členy	Amet VIRRIB	1 500 Kč
	Sýkora ANEMO-T	6 200 Kč
	Sýkora SM	3 900 Kč
	Fiedler-Mágr SR02	9 000 Kč
	Anemo LUX97	4 900 Kč
	Comet T7411	9 500 Kč
Akční členy	Danfoss EV210B	1 200 Kč
	ELKO LM2-11B	3 400 Kč
	ELKO SA2-01B	1 150 Kč
Celkem		**59 550 Kč**

tabulka 9.2 Navržená meteorologická stanice s PLC a její cena

10 Metodická příručka pro použití při výuce

Navržená meteorologická stanice s PLC by mohla být použita i při výuce. Jsou dvě možnosti použití. První možnost je nainstalovat meteorologickou stanici přímo do venkovních prostor. PLC jednotka Tecomat Foxtrot by pak byla umístěna v učebně. Po připojení PLC jednotky k libovolnému počítači či přes Web server by bylo možno editovat hodnoty naměřené snímači umístěnými ve venkovních prostorech. Naměřené hodnoty a akční zásahy generované PLC jednotkou Tecomat Foxtrot by byly posléze analyzovány v učebně u počítače.

Druhou možností je PLC jednotku Tecomat Foxtrot spolu se snímači umístit přímo do učebny. Meteorologické podmínky by byly na snímačích simulovány. To znamená, že snímač vlhkosti půdy by byl umístěn např. do nádoby spolu s hlínou a různě by na něho bylo působeno. Rychlost větru by byla simulována otáčením vrtulky snímače rychlosti větru. Směr rychlosti větru by byl simulován natáčením směrovky snímače směru větru. Snímač intenzity osvětlení by byl zakrýván a odkrýván pro předstírání podmínek soumraku a úsvitu. Byla by simulována okolní teplota a vlhkost. Působením vody na snímač dešťových srážek by byl simulován déšť. PLC jednotka Tecomat Foxtrot by pak v závislosti na působení na měřicí prvky generovala požadované akční zásahy. Tyto akční zásahy by byly spolu s naměřenými hodnotami analyzovány na počítači, stejně jako u první možnosti.

11 Závěr

V této bakalářské práci byly nastíněny možnosti inteligentního řízení elektrických prvků, které se začínají běžně objevovat u domů či menších budov. Následně byla provedena syntéza meteorologické stanice s PLC, která kromě možnosti editace meteorologických údajů tyto elektrické prvky domů či budov řídí. Tím je docíleno komfortnějšího bydlení.

Navrženou meteorologickou stanici s PLC je možno realizovat v domě či budově samostatně nebo může být součástí rozsáhlejšího systému inteligentního řízení. Pokud bude součástí rozsáhlejšího systému, který bude řízen také pomocí PLC jednotky Tecomat Foxtrot, bude ušetřeno nemalé množství nákladů na pořízení této jednotky.

12 Seznam použité literatury

[1] Beneš, Chlebný, Langer, Martinásková a Voráček. *Automatizace a automatizační technika III. Prostředky automatizační techniky*. Computer press, Brno, 2003.

[2] Šmejkal L., Klaban J. 2009. Inteligentní budovy – luxus nebo nezbytnost? Automatizace, č. 4, s. 260.

[3] Údaje o meteorologii, online encyklopedie Wikipedia
http://cs.wikipedia.org/wiki/Meteorologie

[4] Materiály společnosti IRIMON, s.r.o.
http://www.hunter-zavlahy.cz

[5] Materiály společnosti DESIGN STUDIO, s.r.o.
http://www.zavlahove-centrum.cz

[6] Materiály společnosti AMET, s.r.o.
http://www.amet.cz

[7] Materiály společnosti Danfoss, A/S
http://www.danfoss.com

[8] Materiály společnosti ABB, s.r.o.
http://www.abb-epj.cz

[9] Materiály společnosti Teco, a.s.
http://www.tecomat.cz

[10] Materiály společnosti Sýkora, s.r.o.
http://www.meteo-sykora.cz

[11] Materiály společnosti Fiedler-Mágr, s.r.o.
http://www.fiedler-magr.cz

[12] Materiály společnosti Anemo, s.r.o.
http://www.anemo.cz

[13] Materiály společnosti Comet, s.r.o.
http://www.cometsystem.cz

[14] Materiály společnosti ELKO EP, s.r.o.
http://www.inels.cz

13 Přílohy

13.1 Obsah přiloženého CD

bakalarska_prace.pdf	Bakalářská práce ve formátu PDF
prilohy	Adresář s přílohami

13.2 Přílohy

Teco_katalog_cz_09_04_01.pdf	Katalog výrobků společnosti Teco, a.s.
tecomat_foxtrot_cz.pdf	Katalog modelové řady Foxtrot
katalog-foxtrot-inels.pdf	Katalog výrobků Inels
INELS_cenik_2008.pdf	Ceník výrobků Inels
ventil_danfoss.pdf	Datasheet k elektromagnetickém vantilu
foxtrot_prirucka_projektanta.pdf	Příručka projektanta PLC Foxtrot
snimac_T7411.pdf	Datasheet k snímači Comet T7411