VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU DOMÁCÍHO ZAVLAŽOVÁNÍ SE SIEMENS LOGO!

DESIGN OF CONTROL SYSTEM FOR GARDEN IRRIGATION WITH SIEMENS LOGO!

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE ANTONÍN MICHL
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. ONDŘEJ ANDRŠ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Antonín Michl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh řídicího systému domácího zavlažování se Siemens LOGO!

v anglickém jazyce:

Design of control system for garden irrigation with Siemens LOGO!

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce bude navrhnout řídicí systém domácího zavlažování sestávající z jednoho čerpacího místa s čerpadlem, jednoho zásobníku užitkové vody a více odběrných míst. Předpokládané zařízení se bude provozovat v několika pracovních režimech (př. manuální, automatický) dle volby obsluhy a provozních podmínek. Zařízení bude obsahovat nutnou senzoriku pro zabezpečení ochrany a řádného chodu zařízení. Jako řídicí jednotka bude použito PLC Siemens LOGO!.

Cíle bakalářské práce:

1. Prostudujte problematiku řídicích systémů zavlažovacích zařízení.
2. Navrhněte vhodnou koncepci řídicího systému domácího zavlažovaní.
3. Implementace řídicího systému na Siemens LOGO!

Seznam odborné literatury:

- BALÁTĚ, Jaroslav. Automatické řízení. 2 prepr. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 663 s. ISBN 80-730-0020-2.
- Siemens - Logický modul LOGO!

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Andrš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 18.11.2013

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Ředitel ústavu	Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je navrhnout řídicí systém domácího zavlažování, jeho jednotlivé komponenty a implementovat jej na Siemens LOGO!. Byla provedena volba jednotlivých komponent a byl vytvořen řídicí program. Návrh vychází ze zadaných podmínek pro konkrétní úlohu a zohledňuje všeobecné předpoklady. K řešení byl použit program LOGO!Soft Comfort, ve kterém byl vytvořen daný řídicí program pro PLC a jako programovatelný automat byl použit LOGO! 0BA6. Tento systém byl testován v laboratoři Ústavu automatizace a informatiky Fakulty strojního inženýrství v Brně a výsledky prokázaly správné (požadované) chování.

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to design a garden irrigation control system, its components and its implementation to the Siemens LOGO!. The individual components were chosen and the control program was created. The proposal is based on the specific input conditions and it takes into account the general assumptions. The LOGO!Soft Comfort simulation program was used to design the PLC control program and the LOGO! 0BA6 module was used as the logic controller. Complete system was tested in laboratories of the Institute of Automation and Computer science at Faculty of Mechanical Engineering in Brno. The testing results showed proper and desired behavior.

Klíčová slova

Domácí zavlažování, LOGO! Soft Comfort, Programovatelný automat, PLC

Keywords

Home irrigation, LOGO! Soft Comfort, Programmable logic controller, PLC

Prohlášení o originalitě

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 30.05.2014

....

podpis

Bibliografická citace

MICHL, A. *Návrh řídicího systému domácího zavlažování se Siemens LOGO!*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Andrš, Ph.D..

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Ondřeji Andršovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

1 Úvod 13
2 Zavlažovací systémy 15
2.1 Historie 15
2.2 Firmy zabývající se problematikou zavlažování 16
2.3 Rozdělení metod zavlažování 17
3 Volba vhodných komponent zavlažovacího systému 19
3.1 Klasický postřik 20
3.2 Mikrozávlaha 21
3.3 Zdroje vody 23
3.3.1 Základní aspekty pro volbu čerpadla 23
3.3.2 Pohony čerpadel 23
4 Řídicí systémy automatického zavlažování 25
4.1 Typy automatického řízení 25
4.2 V praxi používané řídicí systémy pro zavlažování 25
4.3 Senzory používané pro řízení zavlažování 27
4.3.1 Volba senzorů 27
4.3.2 Snímače výšky hladiny 27
4.3.3 Snímače tlaku 29
4.3.4 Snímače průtoku 29
4.3.5 Senzory srážek 29
4.3.6 Senzory teploty 30
4.3.7 Ostatní snímače 30
5 Návrh koncepce domácího zavlažování 31
5.1 Popis a požadavky řešeného problému 31
5.2 Volba jednotlivých komponent 34
5.3 Řídicí program pro PLC 35
6 Testování 39
7 Závěr 43
Seznam obrázků 45
Seznam tabulek 45
Seznam použité literatury 47
Seznam příloh 49

1 ÚVOD

Termínem zavlažování rozumíme nahrazení nebo případné doplnění dešťových srážek, které jsou v daném případě nedostačující, vodou z jiného zdroje. Zavlažování je prováděno především za účelem pěstování rostlin nebo plodin. Opakem zavlažování je tzv. suché zemědělství, tímto termínem označujeme systém, který je založen pouze na přímých srážkách. Ten je však ve většině případů nedostačující a je proto potřeba se zabývat otázkou zavlažování.

Mechanizace poskytuje lidem taková zařízení, která usnadňují jejich práci a zvyšují efektivitu dané činnosti. Automatizace pak snižuje potřebu přítomnosti člověka. Zvyšuje přesnost a rychlost dané aplikace, zároveň snižuje možnost lidské chyby (selhání) a umožňuje přesné nastavení a řízení daných veličin k dosažení předepsaného cíle. Problematika zavlažování je velmi vhodnou úlohou pro automatizaci. Automatizací zavlažování můžeme dosáhnout přesné a rovnoměrné distribuce vody, snížení spotřeby vody a v neposlední řadě odbourání lidské námahy.

Tato práce se zabývá návrhem řídicího systému domácího zavlažování. Domácí zavlažování je tvořeno studnou, čerpadlem, řídicí jednotkou, nádrží a dalšími prvky, jako jsou např. snímače, stykače atd. Schéma celého zavlažovacího systému je uvedeno a detailně popsáno v dalších kapitolách.

Zavlažování je ovládáno z více řídicích míst a pro chod čerpadla jsou zadána kritéria, podle kterých je řízeno. Řídicí systém je naprogramován a koncipován tak, že umožňuje jak manuální, tak automatický provoz. Obsahuje bezpečnostní prvky proti zneužití neoprávněnou osobou a byl vyvinut pro konkrétní zadání.

Při návrhu zavlažovacího systému byla provedena volba senzorů, řídicí jednotky, dalších komponent a byl vytvořen řídicí program v prostředí LOGO!Soft Comfort pro vybranou jednotku. Dále byly provedeny počítačové simulace, ve kterých byl program testován pro případ různých kombinací vstupů (provozních situací), které by mohly v provozu nastat.

Celá sestava pak byla testována v laboratoři Ústavu Automatizace a Informatiky VUT v Brně, kde byla ověřena spolehlivost a správná (požadovaná) funkce řídicího systému.

2 ZAVLAŽOVACÍ SYSTÉMY

Je obecně známo, že k životu je nezbytná voda. Někdy bývá označována za „životodárnou kapalinu“ a je nepostradatelná pro všechny rostliny. Pokud je systém suchého zemědělství nedostačující, tj. v případech, kdy přirozené okolní prostředí není schopno dodávat optimální potřebné množství vody, nebo je manuální zalévání nedostačující či z jiných důvodů nepřijatelné, potom je vhodné zabývat se otázkou závlahy neboli zavlažováním.

Problematiku zavlažování lze v dnešní době poměrně snadno automatizovat a dosáhnout tak úspory času, lidské práce a zároveň zvýšení komfortu pro flóru. Tím dosáhneme jak zvýšení produktivity (růstu), tak i estetičnosti rostlin.

Nejvýznačnější výhody automatického zavlažování jsou při správném návrhu a realizaci: úspora vody, její rovnoměrná distribuce, optimální dávkování množství vody a možnost změny parametrů.

2.1 Historie

Vodohospodářství bylo a vždy bude jedním z hlavních problémů lidstva. Využívání vodních zdrojů má více než pětitisíciletou tradici. První historicky doložený vodohospodářský plán byl zpracován již před 3700 lety na příkaz krále Samsu-Iluna, syna babylonského krále Chammurapiho. Tento plán zahrnoval zavlažovací kanály, vodovody s rozvodnými řadami, regulaci řeky Eufrat a zřízení jezera u Babylonu. Dále také 27 zahrad ve městě, lázně pro krále i stavbu řady vodních kol pro potřeby řemeslníků [1].

První vodovod byl vybudován ve starém Římě v roce 305 př.n.l.Vodovod „Aqua Appia“ dlouhý 16,6km dal postavit Appius Claudius. V té době bylo v Římě vybudováno 12 vodovodů. Augustus Octavianus Caesar dal postavit asi 700 veřejných studní, 130 kašen a 150 vodovodů. Jeho známý výrok zní: „Římské impérium je založeno na silnicích a vodovodech. Teprve vodovod dělá z vesnice město.“ [1].

Ve starověku se stavěly akvadukty (latinsky aque ductus nebo aquaeductus, doslova vodovod) dřevěné nebo kamenné. V novověku byly provedeny jako zděné a později pak s železnou konstrukcí. Původně bylo jejich využití určeno především pro zavlažování, později však nalezly své uplatnění jako vodní dopravní cesty. V Čechách je znám např. Semínský akvadukt na Opatovickém kanálu nebo akvadukt v Bezručově údolí u Chomutova na Podkrušnohorském přivaděči.

Nejstaršími zdroji vody byly řeky (potoky), rybníky a studny. Pro dopravu byla zpočátku využívána tíhová síla, později se začalo užívat čerpadel. Jedno z nejstarších dochovaných čerpadel je tzv. Archimédův šroub, známý už ze starověkého Egypta. Toto čerpadlo pracovalo na principu dnešních vřetenových (šnekových) čerpadel, která mají své uplatnění například v čističkách odpadních vod.

2.2 Firmy zabývající se problematikou zavlažování

Problematika zavlažování je velmi rozšířená a proto se jí zabývá celá řada výrobců a instalačních firem (např. u nás známé firmy Rain Bird, RMpro s.r.o., Gardena nebo Hunter). Velkou výhodou, kterou nabízí většina montážních firem, je možnost nezávazného a bezplatného návrhu individuálního zavlažovacího systému a rozpočet případné realizace.

Rain Bird Corporation je americká, dnes už celosvětová soukromá společnost, založená již v roce 1933, a jedná se tedy o společnost se značnou zkušeností v oblasti zavlažování a zavlažovací technice. Vlastní 130 patentů a dnes je rozšířena do více než 130 zemí světa. Zaměřuje se především na zavlažovací komponenty, čerpací stanice větších výkonů a řídicí jednotky zavlažování. Je známá především proto, že její komponenty využívá většina instalačních firem u nás i ve světě [2].

RMpro s.r.o. je společnost, která působí na trhu více než 12 let. Jedná se o českou firmu se sídlem v Brně. Firma se zabývá zavlažováním od malých závlah až po závlahy pro zemědělství. Jedná se o montážní a návrhovou firmu, která pro realizaci svých projektů využívá převážně prvků od značky Rain Bird. Tato firma například vybudovala zavlažovací systém pro Výstaviště Flora Olomouc, a.s., tenisové kurty Club Classic Brno, TJ Letonice - fotbalové hřiště, čistírna odpadních vod Brno Modřice, Centrální park Blansko, Botanická zahrada Olomouc ad. Firma uvádí, že v současné době činí celková rozloha jí realizovaných závlah cca 500 000m^2 [3].

Hunter je americká firma, která dodává své zavlažovací komponenty do celého světa. Jedná se o konkurenční firmu Rain Bird. Vznikla v roce 1981. U nás v České republice se s jejími výrobky (podobně jako s výrobky Rain Bird) setkáme velmi často u většiny instalačních firem. Firma nabízí širokou nabídku zavlažovacích komponent, ale nezabývá se problematikou čerpadel [4].

Gardena je společnost se sídlem v německém Ulmu. Byla založena v roce 1961 a v dnešní době má zastoupení ve více než 80 zemích po celém světě. Jedna z poboček se nachází v Brně. Firma se zabývá zavlažovacími systémy, čerpadly, zahradními jezírky, zahradním nářadím a také péčí o trávník, keře a stromy. Nabízí široké spektrum produktů převážně určených pro domácí (menší) aplikace [5].

2.3 Rozdělení metod zavlažování

Jak již bylo zmíněno, tato problematika zavlažování je velmi rozšířená a firmy nemají standardizovanou terminologii pro dělení metod zavlažování. Dělení má tedy firemní charakter v závislosti na nabízených službách a produktech. Prolnutím firemních pohledů se dají systémy rozdělit takto:

- klasický postřik,
- mikrozávlahy. Ty lze dále rozdělit na:
  - nadzemní,
  - podzemní.

Dále můžeme zavlažování rozdělit podle velikosti a účelu zavlažovaných ploch a to následovně:

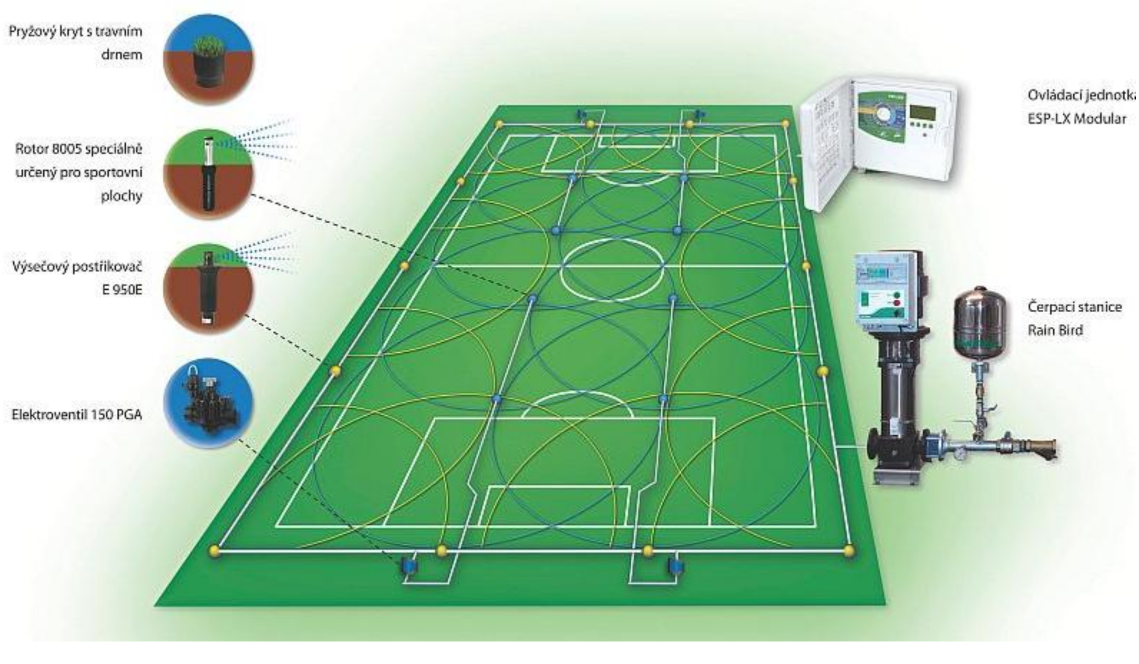
- závlahy zahrad,
- závlahy parků,
- závlahy sportovišť,
- závlahy pro zemědělství.

3 VOLBA VHODNÝCH KOMPONENT ZAVLAŽOVACÍHO SYSTÉMU

Tato kapitola pojednává detailněji o jednotlivých metodách zavlažování a uvádí jejich vhodné použití.

Jeden z hlavních faktorů návrhu zavlažování je velikost, tvar a dostupnost zavlažované plochy a v neposlední řadě cena. Domácí zavlažovací systém bude zcela jistě odlišně řešen a koncipován oproti průmyslovému řešení zavlažování polí. Dále je nutno uvážit možnosti realizace, frekvenci zalévání, servis, náklady, spolehlivost a případné škody vzniklé selháním systému automatického zavlažování.

Návrhy systémů by měli respektovat základní pravidlo, které uvádí, aby vzdálenost jednotlivých postřikovačů odpovídala jejich poloměru dostřiku (Obr. 1). Toto je velmi důležité z hlediska rovnoměrnosti distribuce vody. V případě nevhodné realizace jsou pak některá závlahová místa buď přemokřená, nebo jsou naopak nedostatečně zavlažená. Oba tyto zmíněné stavy jsou nežádoucí a neprospívají rostlinám. Zajímavostí je, že jižní plně osluněné zavlažovací plochy vyžadují obvykle třikrát intenzívnější zavlažování oproti plochám na severní straně pozemku. Celá problematika rozmístění a volby postřikovačů je obtížná z hlediska optimalizace. Proto je velmi důležité individuální vypracování návrhu závlahového systému. Vhodně navržený a správně realizovaný systém (počet a rozmístění zavlažovacích prvků) může dosáhnout úspory vody až 50% oproti ručnímu zalévání [6].



Obr. 1 Ukázka vhodného rozmístění [7].

3.1 Klasický postřik

Jedná se o nejznámější a nejčastěji používané zařízení pro zavlažování. Principem tohoto typu zavlažování je rozstřik velkého množství vody na co největší plochu (Obr. 2). Velmi často jsou k vidění v parcích, tramvajových zatravněných pásech, zahradách, na hřištích i polích. Postřikovače se nejčastěji vyrábí buď jako výsuvné (Obr. 3), nebo jako permanentně vysunuté. Obě tyto varianty jsou zapuštěné v zemi a přívod vody je realizován pod úrovní terénu. Popřípadě mohou být přenosné, v takovém případě je postřikovač uložen na přenosném stativu a přívod vody je pak realizován přívodnou hadicí. Postřikovače obecně mohou být rotační, výsečové nebo přímé, popřípadě mohou být univerzální a nastavitelné nebo speciální. Podle mechanismu rotace se často dělí na:

- úderové (Obr. 4), kde je otáčení realizováno pomocí zákonu zachování hybnosti,
- rotační, kde otáčivý pohyb obvykle obstarává malá vodní turbína poháněná proudem vody,
- ostatní, různá provedení (obvykle patentováno daným výrobcem).

Výhody klasického postřiku:

- nejčastější použití v praxi,
- univerzálnost,
- dlouhé vzdálenosti dostřiku,
- velké průtoky,
- v případě použití přenosných postřikovačů velmi snadná realizace,
- vhodné pro velké plochy a průmyslové použití.

Nevýhody klasického postřiku:

- obtížný návrh pro optimální distribuci vody,
- zapuštění postřikovačů do země v případě použití nepřenosných postřikovačů,
- ztráta vody do okolí v podobě mlhy,
- méně šetrné k rostlinám a půdě.

Obr. 2 Ukázka střiku postřikovače Hunter [8].

Obr. 3 Ukázka výsuvného postřikovače [9].

Obr. 4 Ukázka úderového postřikovače [9].

3.2 Mikrozávlaha

Jednou z nejčastěji používaných metod mikrozávlahy je tzv. kapénkové zavlažování, které je založeno na úsporném dávkování vody cíleně pro každou rostlinu. Tímto způsobem lze dosáhnout toho, že rostlina dostane přesně stanovené (požadované) množství vody. Tím lze ušetřit cca až dvě třetiny vody, která by byla jinak potřebná při použití tradiční zálivky. Vypařování a ztráty vody jsou v případě použití mikrozávlahy oproti klasickému postřiku zanedbatelné. Jednou z častých možností realizace mikrozávlahy je tzv. kapkovač, který je uveden na Obr. 5 [10].

Obr. 5 Ukázka kapénkového zavlažování [10].

Další užívanou technologií mikrozávlahy je tzv. mikropostřik, který využívá různých typů kapkovačů, trysek, mikropostřikovačů, mikroporézních trubek tzv. kapkovací potrubí (ty mohou být uložené i pod zemí u kořenů rostliny), kapacích trubek, závlahových rohoží a dalších zařízení k tomu určených [10]. Ukázka jednoho z možných provedení kapkovacího potrubí je uvedena na Obr. 6 a ukázka mikropostřiku je uvedena na Obr. 7.

Obr. 6 Ukázka kapkovacího potrubí [8].

Obr. 7 Ukázka mikropostřiku [10].

Výhody mikrozávlahy:

- přesné dávkování,
- pomalá dodávka vody přímo ke kořeni,
- snížení spotřeby vody 30-50% oproti klasickému postřiku,
- malá eroze půdy,
- rovnoměrná distribuce vody,
- šetrné řešení zavlažování,
- vhodné pro malé skleníky a domácnost,
- levnější prvky oproti klasickému postřiku.

Nevýhody mikrozávlahy:

- krátká vzdálenost dostřiku,
- malé průtoky,
- potřeba velkého počtu postřikovačů.

3.3 Zdroje vody

Zdrojem vody zavlažovacích systémů je odběrné místo s čerpadlem, např. vrty, studny nebo povrchová voda (řeky, rybníky, potoky), případně může být systém napojen přímo na městské vodovodní potrubí, nebo může být distribuce vody založena na principu samospádu z nádrže či výše položeného místa.

3.3.1 Základní aspekty pro volbu čerpadla

V dnešní době existuje celá řada výrobců a široká nabídka čerpadel určených pro specifická použití. Při návrhu a volbě čerpadla je důležité uvážit několik základních aspektů:

- průtok. Průtok je množství kapaliny za jednotku času. Navrhuje se z předpokládaného počtu, rozmístění a typu zavlažovacích prvků s ohledem na dané podmínky a potřeby závlahy,
- dopravovaná výška. Tento faktor je důležitý především při použití povrchových nasávacích čerpadel. Výrobci obecně uvádějí, že maximální možná výška nasátí je 8 metrů. Při nasávání z větší výšky resp. hloubky čerpadlo nebude moci z fyzikálních důvodů nasávat. Tento problém se však netýká ponorných čerpadel, která vodu z nádrže vytlačují. Čerpadla jsou nejčastěji konstruována jako odstředivá, vřetenová nebo pístová,
- čistota a místo odběru čerpané kapaliny. Čistota čerpané látky má velký vliv na životnost čerpadla. Je proto nutné zvolit vhodnou filtraci, popřípadě vhodné čerpadlo pro danou aplikaci,
- očekávaná frekvence používání a s tím spojená životnost a údržba čerpadla.

Zavlažovací plochy, okolní podmínky a požadavky zadavatele jsou málokdy totožné, proto je téměř každá úloha individuální a pro optimální realizaci zavlažování je nutno k ní takto přistupovat. Pro velké aplikace jsou vhodná odstředivá čerpadla větších výkonů (Obr. 8), která jsou často skládána do jednoho celku tzv. čerpací stanice. Tyto stanice můžeme vidět např. na golfových hřištích. Naopak pro malé aplikace jsou pak vhodnější ponorná čerpadla menších výkonů (Obr. 9).

3.3.2 Pohony čerpadel

Pohony čerpadel se liší v závislosti na aplikaci, místě použití a výrobci. Pohon čerpadla by měl být volen v závislosti na požadovaném výkonu a dostupnosti zdrojů energie, účinnosti a nákladů na jeho zřízení a provoz.

Ručně poháněná čerpadla, pumpy, jsou běžná pro domácí použití, avšak pro automatické zavlažování jsou nevhodná. Nejčastějšími pohony čerpadel v praxi jsou elektromotory. Elektromotory jsou vyráběny ve variantě jednofázové, nebo třífázové. Řízení těchto motorů je založeno buď na jednoduchém principu zapnout/vypnout, nebo

je regulace jejich výkonu prováděna změnou otáček pomocí frekvenčního měniče nebo změnou elektrických veličin (napětí a proudu).

Objevují se však i čerpadla poháněná spalovacími motory. Tyto čerpadla mají své využití především v oblastech, kde není dostupná elektrická síť nebo v případech, kdy je vyžadováno přenosné čerpadlo. Někdy se můžeme setkat i s čerpadly koncipovanými pro pohon stlačeným vzduchem, ty však nejsou v praxi často používané a objevují se výjimečně.

Problémem u čerpadel je tzv. chod na sucho. To je stav, kdy se čerpadlo snaží nasát čerpanou látku, ale z určitých důvodů se tak neděje. Dochází k nasávání vzduchu, v horším případě je čerpadlo ucpáno (sací potrubí) a přetíženo. Tento stav je nežádoucí a jedná se o zakázaný stav. Při takovémto provozu se čerpadlo nedostatečně ochlazuje a velmi pravděpodobně dojde k jeho porušení. Tomuto problému je nutno předcházet a v praxi se nejčastěji užívá dvou základních opatření. Jedním z nich je plovákový spínač, který plave na hladině a při dosažení nízké hladiny čerpadlo vypne. Pokud ovšem čerpadlo není vybaveno plovákovým spínačem, je nutné tento potenciální problém ošetřit na řídicí jednotce, a to použitím vhodných snímačů výšky hladiny, popř. tlaku v čerpacím místě či nádrži.

Obr. 8 Ukázka čerpací stanice Rain Bird větší aplikace [9].

Obr. 9 Ukázka ponorného čerpadla s plovákovým spínačem [11].

4 ŘÍDICÍ SYSTÉMY AUTOMATICKÉHO ZAVLAŽOVÁNÍ

Řízení je cílené působení na řízený objekt tak, aby se dosáhlo určitého předepsaného cíle. Řízení může být ruční nebo automatické. Dále se budeme zabývat automatickým řízením, které lze technicky realizovat několika způsoby. Jednotlivé možnosti budou popsány v následujících odstavcích, detailněji je popisuje literatura [12], [14].

4.1 Typy automatického řízení

Logické řízení je cílená činnost, při které se logickým obvodem zpracovávají informace o řízeném procesu a na jejich základě se ovládají příslušná zařízení takovým způsobem, aby se dosáhlo předepsaného cíle. Logický obvod je fyzikální systém, který lze charakterizovat logickými prvky, které jsou mezi sebou propojeny logickými (v našem případě dvouhodnotovými) veličinami [12].

Spojité řízení je řízení se zpětnou vazbou. Regulátor (řídicí systém) spojitě mění akční veličinu na základě regulační odchylky, která vychází ze žádané hodnoty (řídicí veličiny) a ze zpětné vazby respektive jejich rozdílu [12].

Diskrétní řízení užíváme v těch případech, kdy zpracovávané signály známe pouze v určitých časových okamžicích, jsou tedy nespojité a regulační obvod musíme vyšetřovat jako diskrétní regulační obvod. Diskrétními regulačními obvody rozumíme takové obvody, ve kterých alespoň jeden člen pracuje diskrétně, tj. informaci přijímá nebo vydává (případně obojí) v diskrétních časových okamžicích [12].

Automatické řízení s fuzzy logikou pracuje s lingvistickými proměnnými, jejichž hodnotami jsou slova nebo věty. Tato hodnota je dána jménem, množinou hodnot, univerzem a funkcí příslušnosti, která mapuje slovní hodnoty do hodnot univerza. Cílem je naplnit slovní vyjádření matematickým obsahem tak, aby bylo zpracovatelné běžnými hardwarovými (HW) prostředky. Můžeme tak zpracovávat i „nepřesná“ data na rozdíl od „klasické“ algebry [12].

4.2 V praxi používané řídicí systémy pro zavlažování

Výrobci zavlažovacích systémů obvykle vyrábí vlastní řídicí jednotky a systémy. Jedná se většinou o upravené PLC, které jsou svým vzhledem a konfigurací předurčeny k řízení zavlažování. Některé řídicí jednotky mohou mít na výstupu elektromagnetické relé nebo je jejich výstupem napěťový (proudový) signál, který může spouštět různé elektromagnetické ventily nebo zapínat/vypínat čerpadlo. Další možností jsou řídicí jednotky, které jsou určené pouze pro použití se součástkami stejného výrobce (jedná se o uzavřená řešení). Ovšem existují i komponenty, které jsou předem oficiálně prohlášeny za kompatibilní s jinými výrobci, ačkoli se jedná o konkurenční firmy. Některé stanice jsou vybaveny regulací s frekvenčním měničem a jsou tak schopny plynulé regulace výkonu čerpadla v závislosti na vstupních podmínkách. Další

zajímavostí je, že firma Rain Bird nabízí k jedné řídicí jednotce více řídicích systémů, resp. balíčky softwaru rozšiřující jej o další funkce, které si může zákazník přikoupit. Řídicí jednotky se nejčastěji dělají jako kompaktní nebo modulární podle potřeby velikosti rozsahu aktuální aplikace. V katalozích se u řídicích jednotek většinou uvádí, na kolik sekcí je jednotka navržena, popř. na kolik sekcí může být pomocí přídavných modulů rozšířena. Ukázka řídicí jednotky je uvedena na Obr. 10 a Obr. 11.

Pro velmi jednoduché automatické řízení nenáročných aplikací můžeme použít řídicí jednotku připojenou přímo na přívodní hadici (Obr. 12). Tato jednotka obsahuje baterii a elektromagnetický ventil, je tedy schopna automaticky regulovat průtok podle nastaveného programu. Jedná se o velmi jednoduchý, avšak vynikající způsob automatického zavlažování vhodného především pro mikrozávlahu a domácí použití.

Obr. 10 Ukázka řídicí jednotky Hunter [8].

Obr. 11 Ukázka řídicí jednotky Rain Bird [9].

Obr. 12 Ukázka velmi snadného automatického řízení [9].

4.3 Senzory používané pro řízení zavlažování

Pro každou aplikaci v jakémkoli oboru, kde chceme automatizovat nějakou činnost, se prakticky neobejdeme bez zpětné vazby. Zpětná vazba, ať už se jedná pouze o signalizaci chodu, je velmi důležitá.

Ke zjištění současného stavu nebo jeho změny (řízených veličin nebo prostředí) nám slouží senzory neboli snímače. Vhodných snímačů existuje celá řada, jejich funkčnost je principiálně založena na mnoha fyzikálních jevech. Volba správných snímačů pro danou aplikaci je velmi důležitá. Musíme uvážit možnost selhání senzorů a tím možnost vzniku následného nebezpeční v případě, kdy by řídicí systém dostával nepravdivé údaje a reagoval tak nesprávně v dané situaci. Problematika zavlažování naštěstí není považována za kritickou oblast z pohledu zabezpečení provozu zařízení, a proto se můžeme držet základních úvah o jejím provedení.

4.3.1 Volba senzorů

Základním kritériem při výběru senzoru je volba takového senzoru, který je odolný v daném prostředí okolním vlivům a nebude jeho funkce omezena, rušena nebo znemožněna těmito vlivy, popřípadě takto vzniklá odchylka bude moci být považována za zanedbatelnou pro danou aplikaci. Dalším faktorem je možnost připojení senzorů k řídicí jednotce resp. typ jejich výstupu. Je vhodné, aby bylo možné dané senzory použít pro danou aplikaci a řídicí jednotku přímo bez nutnosti použití převodníků, redukcí a dalších prvků. V neposlední řadě je nutné uvážit požadovanou přesnost a spolehlivost (životnost) daného senzoru a s tím spjatou cenu.

4.3.2 Snímače výšky hladiny

Nejpoužívanějšími senzory v problematice zavlažovacích systémů jsou snímače výšky hladiny. Nejčastěji jsou koncipovány jako plovákové nebo ponorné a využívají principů změny vodivosti, kapacity nebo mechanického kontaktu. Můžeme je rozdělit do tří hlavních skupin a dalších podskupin, a to následovně (o této problematice detailněji pojednává zdroj [13]):

- mechanické snímače,
- hydrostatické snímače,
- elektrické snímače. Ty pak dále můžeme dělit např. na:
    - kapacitní,
    - vodivostní,
    - ultrazvukové,
    - radarové,
    - izotopové.

Mechanické snímače jsou nejčastěji plováky ve tvaru prstenců. Tento tvar je dán především kvůli možnosti vedení plováku na vodicí tyči, aby tím byla zaručena správná

funkce resp. pohyb plováku. Plovák bývá mechanicky (lanem, řetězem, pákou) spojen s dalším členem, který může na základě tohoto vykonávat požadovanou funkci. Plovák může také sloužit jako spínač mechanického kontaktu, nebo může být opatřen magnetickým materiálem, pomocí kterého je pak možné snímat jeho polohu (pomocí dalších prvků). Jedním ze zajímavých mechanických snímačů hladiny jsou snímače s ponorným tělesem a pružinou, které využívají k měření výšky hladiny rozdíl sil od stlačení pružiny a vztlakové síly [13].

Hydrostatické snímače vychází pro určení výšky hladiny z hydrostatického tlaku vyvolaného sloupcem kapaliny v nádrži. Z rovnice pro hydrostatický tlak se pak určí měřená výška. Pro měření se nejčastěji využívá kapalinových nebo deformačních tlakoměrů nebo tenzometrů. Zajímavostí je možnost měření výšky takzvanou probublávací (provzdušňovací, pneumatickou) metodou, která je založena na snímání tlaku neutrálního plynu v trubici. Výstupní hrdlo této trubice je umístěno u dna nádrže a je z něho kontinuálně vypouštěn daný plyn. Z naměřeného tlaku v trubici lze následně určit výšku hladiny v nádrži. Tato metoda je použitelná jak pro otevřené, tak i pro uzavřené nádrže. U metody měření výšky hladiny za použití hydrostatických snímačů hraje velkou roli hustota dané kapaliny. Ta je ovlivněna především teplotou a proto může být tato metoda měření v určitých aplikacích, kde často dochází k velkým změnám teplot, nevhodná [13].

Elektrické kapacitní snímače hladin využívají pro svou činnost měření kapacity resp. změnu její velikosti. Při použití těchto snímačů je nutné uvážit vodivost kapaliny. Tato skutečnost má vliv na zapojení elektrod. Například v případě vodivé kapaliny bude jednu z elektrod tvořit sama kapalina a jako druhou použijeme izolovanou tyčovou elektrodu, v případě nevodivé kapaliny bude kapalina tvořit dielektrikum a druhou elektrodou bude stěna nádoby. V obou případech bude mít výška hladiny vliv na výslednou kapacitu, ze které jsme schopni určit její velikost. Můžeme však použít i bezdotykové kapacitní snímače (umístěné vně nádrže), které jsou schopny měřit například i výšku hladiny cukru, obilí, oleje, uhlí atd. [13].

Elektrické vodivostní snímače pracují na principu měření odporu. Lze je použít výhradně pro vodivé kapaliny a využívají se spíše k určování mezních stavů nikoliv ke stanovení velikosti výšky hladiny nýbrž k detekci její přítomnosti [13].

Elektrické ultrazvukové snímače se skládají z vysílače a přijímače. Z naměřeného času mezi vysláním a přijetím signálu při znalosti rychlosti šíření signálu v daném prostředí se určí výška hladiny [13].

Elektrické radarové snímače jsou založeny na podobném principu jako ultrazvukové snímače. Rozdíl spočívá v tom, že se zde nejedná o akustický signál ale o elektromagnetické vlnění (mikrovlnné záření). Lze měřit čas mezi vysláním a přijetím

signálu (pulzní metoda), nebo změnu jeho kmitočtu (frekvenční metoda). Z obou naměřených hodnot lze určit výšku hladiny [13].

Elektrické izotopové snímače pracují na principu měření intenzity radioaktivního záření, které úměrně klesá tloušťce vrstvy materiálu mezi zářičem a detektorem. Hlavní nevýhodou je nutná ochrana proti úniku záření. Nejčastěji se využívá záření gama tvořené prvky s dlouhým poločasem rozpadu, aby nebylo nutné provádět častou kalibraci [13].

4.3.3 Snímače tlaku

Tlak vody v zavlažovacím systému souvisí s průtokem a rychlostí proudění. U většiny zavlažovacích prvků jejich výrobce udává optimální vstupní tlak. Proto je důležité zabývat se otázkou měření tlaku. Měření tlaku se nejčastěji provádí pomocí tlakoměrů, jejichž rozdělení můžeme udělat následovně a to na (o této problematice detailněji pojednává zdroj [13]):

- hydrostatické snímače tlaku,
- deformační tlakoměry,
- tlakoměry se silovým účinkem,
- tlakoměry elektrické. Ty pak dále můžeme dělit na:
    - snímače s odporovými tenzometry,
    - piezoelektrické snímače tlaku,
    - kapacitní snímače tlaku.

4.3.4 Snímače průtoku

Velikost průtoku resp. množství (objem) dodávané vody do místa určení, je jedním z hlavních požadovaných parametrů zavlažovacích systémů. K tomu je ve většině případů potřeba snímačů průtoku. Měření průtoku je možné realizovat několika způsoby, detailněji jsou uvedeny a popsány ve zdroji [13]. V praxi se měření průtoku nejčastěji provádí za pomocí lopatkových nebo turbinových průtokoměrů pomocí snímání otáček. Jedná se o spolehlivý, jednoduchý a relativně levný způsob realizace měření průtoku. Mezi často používané snímače můžeme také zařadit snímače průtoku indukční a ultrazvukové, které jsou ale podstatně dražší. Další zajímavou možností měření průtoku je například měření průtoku pomocí vírových průtokoměrů nebo tzv. Coriolisovým průtokoměrem [13].

4.3.5 Senzory srážek

Nezbytnou informací pro venkovní zavlažovací systémy je množství srážek. Taková informace nám pomůže lépe nakládat s vodou (šetření zdrojů) a také díky ní můžeme lépe realizovat přesné dávkování a rovnoměrnou distribuci vody, což je jedním ze základních předpokladů pro správný růst rostlin. Srážkami rozumíme malé částice

vody, které mohou vznikat příčinou kondenzace vodní páry a dopadají na zavlažovanou oblast v podobě deště, případně mohou kondenzovat přímo na povrchu země. Jedná se o jeden z hlavních činitelů koloběhu vody v přírodě a množství srážek je charakteristické zeměpisnou oblastí.

Pro měření srážek se užívá tzv. hyetometr (srážkoměr), což je zařízení na zachytávání srážek. Udává se tzv. úhrn srážek, čímž rozumíme množství vody spadlé na plochu (vodorovnou) v daném místě za daný čas. Jednotkou je pak výška vodního sloupce v milimetrech na jeden metr čtverečný za hodinu. Jeden milimetr výšky vodního sloupce na ploše jednoho metru čtverečného odpovídá jednomu litru vody. Pro záznam časového průběhu srážek se používá zařízení zvané ombrograf (hyetograf) obsahující nejčastěji "překlápěcí člunek", který se vlivem srážek plní a při jeho naplnění se vylije. Tím dojde k jeho naklopení, které je snímáno snímačem a ze znalosti jeho objemu je vyhodnocován úhrn (množství) srážek. Budovy, stromy a jiné překážky v blízkosti senzoru ovlivňují jeho přesnost, proto je důležité jeho umístění.

4.3.6 Senzory teploty

Teplota je jednou z nejdůležitějších veličin, protože se jedná o veličinu, která ovlivňuje téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Obvykle ji určujeme nepřímou metodou. Měření teploty lze realizovat velkým množstvím způsobů. Teplotu můžeme měřit dotykovými i bezdotykovými senzory. Tato problematika je v dnešní době velmi kvalitně a rozsáhle zpracována a měření teploty v běžné praxi je poměrně velmi snadno realizovatelné. Podrobněji se měřením teploty zabývá zdroj [13].

Teplotu lze měřit například odporovými teploměry (např. Pt100 nebo Pt1000), nebo polovodičovými teploměry. Zde se využívá závislosti velikosti elektrického odporu na teplotě. Teplotu lze měřit i bezdotykově, tento způsob je označován jako pyrometrie. Principem takového způsobu je skutečnost, že každé těleso nebo objekt o dané teplotě vyzařuje určitou vlnovou délku infračerveného záření, které je možné zpracovat například pomocí infračervené kamery a určit tak jeho teplotu [13].

4.3.7 Ostatní snímače

V praxi se můžeme setkat s různými typy úloh vyžadující specifické podmínky a strukturu zavlažovacího systému. S tím souvisí následná realizace a potřebné komponenty. Například u specializovaných skleníků a pěstíren se můžeme setkat s vyhodnocováním a přesnou úpravou vlhkostí vzduchu, slunečního záření a dalších parametrů. U specifických rostlin mohou být důležité různé faktory, u některých se například měří a upravuje vlhkost půdy, její kyselost a množství obsažených živin. S tím souvisí i volba příslušných senzorů pro danou konkrétní aplikaci. Proto je důležité pro dosažení nejlepších výsledků přistupovat k danému problému individuálně a zvážit všechny možnosti a požadavky daného systému.

5 NÁVRH KONCEPCE DOMÁCÍHO ZAVLAŽOVÁNÍ

Řešená úloha se skládá z jednoho čerpacího místa (studny), jednoho zásobníku užitkové vody (nádrže) a dvou odběrných míst. Ovládání lze uskutečnit ze tří míst (ovládacích panelů) a požadavkem je ruční i automatický režim pro udržování hladiny vody v nádrži a ovládání čerpadla, což je nezbytné pro další prvky samotného zavlažování. Na schematickém obrázku (Obr. 13) je zobrazen návrh provedení domácího zavlažování, ze kterého vychází navrhovaný řídicí systém. Uvažovanou zavlažovací plochou je primárně zahradní skleník.

5.1 Popis a požadavky řešeného problému

Řídicí systém musí zajistit bezpečný chod čerpadla a dodávku vody do nádrže, která napájí odběrná místa včetně zavlažování. Čerpadlo nesmí čerpat, pokud není dostatek vody v čerpaném místě, nebo pokud je nádrž plná. Při čerpání v automatickém režimu nesmí docházet k neustálému zapínání a vypínání čerpadla vlivem nepatrné změny výšky hladiny v nádrži nebo čerpaném místě. Řídicí systém musí být navržen tak, aby plnil svou funkci a jeho chování bylo jednoznačné. Je doporučeno, aby jedno ovládací tlačítko plnilo vždy pouze jednu funkci. Řídicí systém by měl být navrhován s úvahou o možném selhání senzorů, řídicí jednotky a dalších prvků umístěných v dané soustavě. V neposlední řadě by pak řídicí jednotka měla být zabezpečena proti zásahu neoprávněnou osobou. Navržený řídicí systém respektuje výše uvedené požadavky a detailněji je popsán v kapitole 5.3.

Voda je získávána prostřednictvím čerpadla (označeného ve schématu „Č“) z čerpaného místa (studny) do nádrže. Aby nedošlo vlivem velkého tlaku v potrubí k porušení trubek či poškození čerpadla, je za čerpadlem v potrubním systému instalován pojistný ventil, který v případě překročení stanoveného nebezpečného tlaku vypustí čerpanou vodu zpět do čerpaného místa.

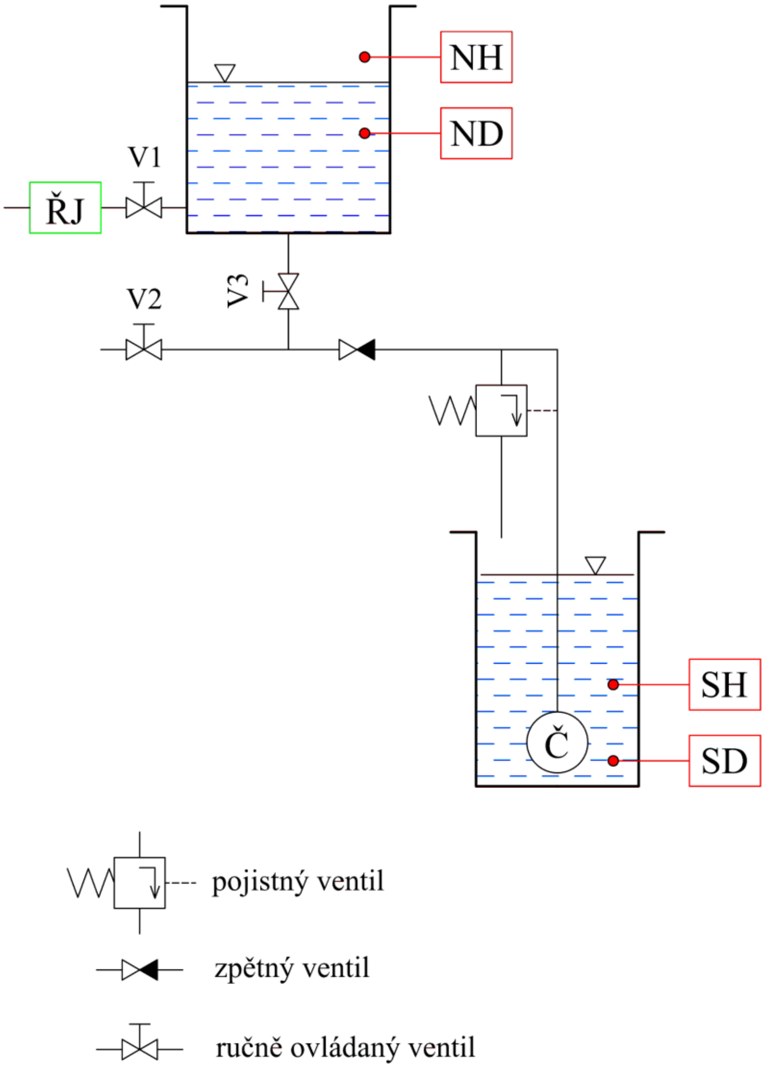
Nežádoucím jevem je zpětný únik vody z nádrže do studny, proto je za pojistným ventilem instalován zpětný ventil. V potrubním systému jsou dále umístěny tři ručně ovládané ventily, jejichž kombinací lze dosáhnout různých provozních režimů. Tyto ventily jsou ve schématu označeny písmenem „V“ a číslem.

V uvažované úloze jsou dvě odběrná místa. Jedno z nich je určeno pro běžné užívání, tím je myšleno připojení zahradní hadice či pro samotný odběr vody, avšak jedná se o univerzální odběrné místo, protože vhodnou kombinací ručně ovládaných ventilů („V3“ otevřen a „V2“ otevřen) lze docílit průtoku samospádem, nebo v případě zapnutého čerpadla a kombinací ventilů „V3“ uzavřen a „V2“ otevřen bude v potrubí tlak vyvolaný čerpadlem. V takovém případě je možné připojení například úderového nebo rotačního postřikovače a zavlažovat tak relativně velké zahradní plochy. Ve schématu je toto místo umístěno za ručně ovládaným ventilem označeným „V2“.

Druhým odběrným místem, které je primárně určeno k zavlažování, je potrubí vedené přímo z nádrže obsahující ručně ovládaný ventil „V1“, za kterým je připojena řídicí jednotka pro zavlažování (nejedná se o řídicí jednotku čerpadla a řídicího systému). Ve schématu je tato jednotka označena písmeny „ŘJ“. Tato jednotka je určena k řízení zavlažování zahradního skleníku a její konkrétní volba je uvedena v kapitole 5.2.

Díky možnosti kombinace nastavení ventilů, režimů čerpadla a samostatné řídicí jednotky „ŘJ“ lze za pomoci jednoho domácího systému teoreticky zajistit jak automatické zavlažování skleníku (které potřebuje přesnou a periodickou závlahu), tak i případné ruční zavlažování velké zahradní plochy (která nevyžaduje příliš časté zavlažování). (Lze ale uvážit i možnost úplné automatizace ve smyslu použití elektricky ovládaných ventilů „V3“ a „V2“ a instalaci výsuvných postřikovačů na zahradní plochu. Pak by bylo možné automatické zavlažování jak skleníku, tak i zahradní plochy současně bez zásahu člověka. Náročnost na řídicí systém by pak byla vyšší.)

Pro správný chod řídicího systému je nezbytná zpětná vazba. Tu poskytují celkem čtyři snímače hladiny umístěné po dvou v nádrži a čerpaném místě. Jeden ze snímačů signalizuje mezní stav, čímž rozumíme nedostatek vody ve studni nebo naplnění nádrže (snímač je ve schématu označen „NH“ pro nádrž a „SD“ pro studnu). Druhý snímač pak slouží k zamezení nesprávného chodu čerpadla v automatickém režimu důsledkem kolísání výšky hladiny (snímač je ve schématu označen „ND“ pro nádrž a „SH“ pro studnu). Přidáním těchto dvou snímačů lze realizovat hysterezní chování chodu čerpadla vůči výšce hladiny. Volba jednotlivých snímačů výšky hladiny je provedena v kapitole 5.2.

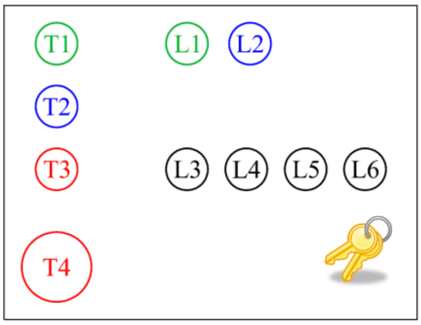


Obr. 13 Schéma řešené úlohy.

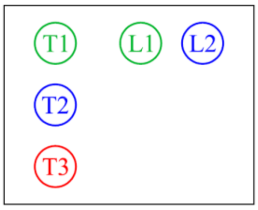
Řídicí systém zavlažování lze ovládat ze tří ovládacích panelů, z nichž jeden je hlavní a ostatní jsou vedlejší. Na hlavním ovládacím panelu jsou umístěna čtyři tlačítka, bezpečnostní spínač ovládaný klíčem a šest signalizačních prvků (LED). První tři tlačítka slouží popořadě k manuálnímu zapnutí čerpadla, zapnutí automatického režimu a vypnutí. Čtvrtým tlačítkem je nouzové vypnutí celého systému a odpojení napájení čerpadla (přímé vypnutí stykače napájení čerpadla). Pro zapnutí čerpadla či automatického režimu je vyžadován sepnutý bezpečnostní spínač klíčem. Vypnutí lze provést i bez použití bezpečnostního klíče ze kteréhokoliv ovládacího panelu. Signalizační LED jsou na panelu popsány a zobrazují chod čerpadla, aktivní automatický režim a stavy snímačů výšky hladiny ve studni i v nádrži. Vedlejší ovládací panely jsou navzájem totožné a obsahují pouze tlačítko pro manuální zapnutí čerpadla, automatického režimu, tlačítko pro vypnutí a LED indikátory chodu čerpadla a aktivního automatického režimu. Tato úprava je z důvodu úspory rozvodů vodičů.

Schéma návrhu hlavního panelu je zobrazeno na Obr. 14 a schéma návrhu vedlejšího panelu na Obr. 15. V těchto schématech je pro tlačítko použito označení „T“

a příslušné číslo. Tlačítko „T1“ je zeleně označené tlačítko určené pro manuální spuštění čerpadla, modré tlačítko „T2“ slouží k zapnutí automatického režimu, červené tlačítko „T3“ slouží k vypnutí zavlažovacího systému a stejnou barvou označené tlačítko „T4“ je nouzové vypnutí (odstaví přívod elektrické energie). Symbol zlatých klíčů označuje spínač spínaný klíčem. LED indikátory jsou označeny písmenem „L“, příslušným číslem a příslušnou barvou. Indikátor „L1“ udává chod čerpadla (blikání signalizuje chybu), indikátor „L2“ udává zapnutý automatický režim, indikátor „L3“ udává kritickou hladinu ve studni, indikátor „L4“ udává nízkou hladinu ve studni, indikátor „L5“ udává nízkou hladinu v nádrži a indikátor „L6“ udává plnou nádrž.



Obr. 14 Schéma navrhovaného hlavního panelu.



Obr. 15 Schéma navrhovaného vedlejšího panelu.

5.2 Volba jednotlivých komponent

Pro zavlažování skleníku byla zvolena mikrozávlaha, konkrétně kapkovacím potrubím. Tento typ zavlažování je vhodný pro malé rostliny. Umožňuje přesné dávkování a rovnoměrnou distribuci vody. Snižuje spotřebu vody, je šetrný k rostlinám a způsobuje pouze zanedbatelnou erozi půdy oproti ostatním typům zavlažování. Dalším důvodem je snadná realizace a čistota okolí (nedochází k rozstřiku, tudíž oblast, která není určena k zavlažování, nebude vodou dotčena). Jelikož je zavlažovací systém skleníku navržen na principu samospádu, lze zvolit tenkostěnné kapkovací potrubí Dripline XF od firmy Rain Bird pro případ, že bude nádrž umístěna aspoň 6 metrů nad skleníkem. V opačném případě lze volit kapkovou trubku Azudline 160. Pro zavlažování zahradní plochy zle zvolit např. Gardena impulzní, kruhový a sektorový zavlažovač s kolíkem Comfort.

Jako řídicí jednotku zavlažování (označená ve schématu „ŘJ“) lze zvolit digitální ovládací jednotku Rain Bird řada WP: WP1. Tato jednotka je určená pro automatizaci kapkovacích potrubí a mikrozávlah jedné sekce. Důvodem je velmi snadná instalace

a jednoduché nastavení. Jednotka je napájena vlastní baterií a je vodotěsná. Umisťuje se společně s příslušným ventilem přímo na hadici. Podobně jako na Obr. 12.

Jako čerpadlo lze zvolit např. ponorné tlakové čerpadlo 5500/3 Classic GARDENA, vhodné pro hluboké studny (až 12 metrů) s jmenovitým výkonem 900 W, maximální výtlačnou výškou 30 metrů, maximálním výtlačnou kapacitou 5500 l/h a maximálním tlakem 3 bar. Pro případ hloubky studny do 7 metrů lze zvolit např. čerpadlo EUROPUMPS P 5400/40 s jmenovitým výkonem 1 kW, výtlačnou výškou 40 metrů, maximální výtlačnou kapacitou 5400 l/h a maximálním tlakem 6 bar.

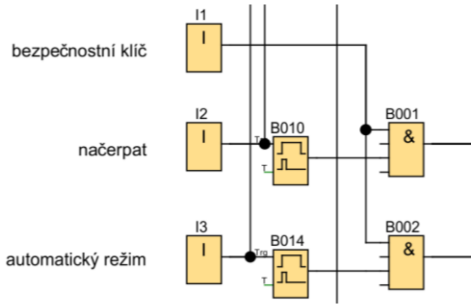
Z pohledu univerzálnosti a možného rozšíření bylo jako řídicí jednotka zvoleno PLC SIEMENS LOGO 12/24RC - 0BA6 s osmi vstupy a čtyřmi reléovými výstupy [16][15]. Toto PLC je součástí vybavení laboratoře Ústavu Automatizace a Informatiky VUT v Brně a je vhodné pro aplikaci řízení zavlažování. Z důvodu počtu výstupů bude nutné toto PLC rozšířit o přídavný IO modul (získáme další 4 vstupy a 4 výstupy). Program pro PLC byl vytvořen v prostředí LOGO! Soft Comfort [16].

Všechny snímače výšky hladiny lze volit stejného typu. Lze zvolit hladinový spínač, RSF43Y100RF, Cynergy3 který je vhodný pro tuto úlohu. Jedná se principielně o plovákový snímač, který je cenově velmi příznivě dostupný a umožňuje nastavení spínání a rozpínání jazýčkového spínače v závislosti na namontované poloze.

5.3 Řídicí program pro PLC

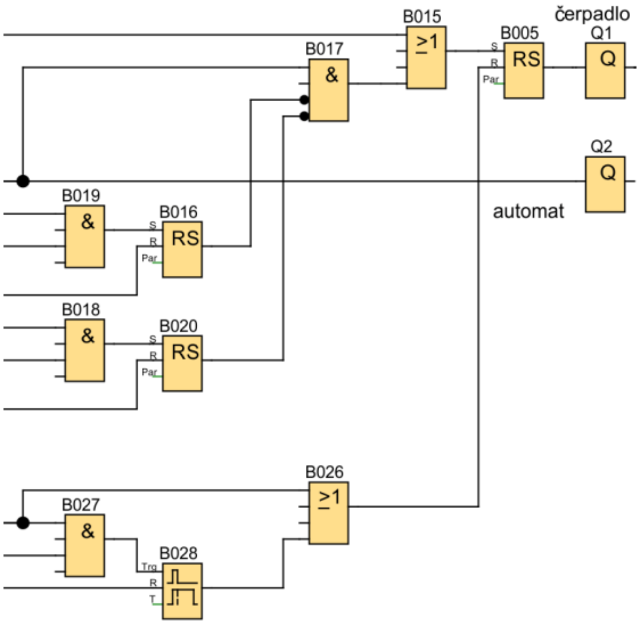
V této kapitole je popsán řídicí program, jehož blokové schéma je uvedeno v Příloze 1. Navržený program vychází z předpokladů a úvah provedených v kapitole 5.1. Příloha 2 obsahuje Tabulku přiřazení vstupů a Tabulku přiřazení výstupů. Tyto tabulky jsou určené k orientaci v programu a uvádí přiřazení vstupů a výstupů pro navržený program. Dále bude popsáno chování programu pro vybrané situace.

Bez sepnutého bezpečnostního spínače klíčem není možné čerpadlo ani automatický režim spustit z žádného panelu. Teprve po vložení klíče a uvedení spínače do polohy sepnuto lze ovládat řídicí systém. Vypnout jej lze však vždy i bez použití bezpečnostního klíče tlačítkem T3. Po vypnutí nepůjde čerpadlo zvolenou dobu (5 sekund) znovu spustit. Toto je realizováno pomocí zapojení zobrazeném v oblasti 1 v příloze 2 (Obr. 16).



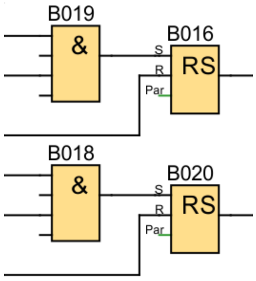
Obr. 16 Oblast 1.

Pro chod čerpadla musí být splněny základní podmínky, které jsou dostatek vody ve studni a nenaplněná nádrž. Toto je hlídáno snímači SD a NH a zobrazeno na hlavním panelu indikací L3 a L6. Pokud nejsou splněny tyto podmínky, při stisku tlačítka T1 nedojde k zapnutí čerpadla a indikace L1 třikrát zabliká. V opačném případě dojde k uvedení čerpadla do chodu (indikace L1 svítí) do té doby, než se změní již zmíněné podmínky, nebo uživatel ručně čerpadlo vypne. Čerpadlo je řízeno RS klopným obvodem viz příloha 1 oblast 4 (Obr. 17).



Obr. 17 Oblast 4.

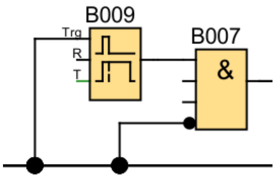
V případě automatického režimu tomu tak není. Automatický režim se spouští tlačítkem T2, a pokud dojde k jeho spuštění, na panelech svítí indikátor L2, pokud nedojde k jeho spuštění indikace L1 třikrát zabliká. Tento režim lze spustit nezávisle na výškách hladin, protože v případě nevyhovujících podmínek automatický režim vyčká na podmínky příznivé a pak uvede čerpadlo do chodu. Čerpání se ukončí po naplnění nádrže nebo v případě kritické hladiny ve studni. Aby nedocházelo k nesprávnému a příliš častému zapínání a vypínání čerpadla vlivem drobného kolísání hladiny, jsou použity další snímače ND a SH. Pokud automatický režim naplní nádrž, opětovné čerpání zahájí, až když hladina klesne pod ND. Toto chování je realizováno pomocí dvou RS klopných obvodů viz Oblast 3 příloha 1 (Obr. 18). Případně pokud přestal čerpat vlivem kritické hladiny ve studni, bude pokračovat teprve, až hladina dosáhne SH. Obě varianty jsou ještě paralelně jištěny časovači (katalog výrobce udává maximální počet zapnutí čerpadla 30x za hodinu). Ty jsou však nastaveny jen na krátkou dobu (dvou minut), slouží především jako ochrana čerpadla a pojistka proti selhání snímačů. Paralelní blokace chodu čerpadla časovači je aktivní pouze v případě automatického režimu. V případě manuálního režimu lze čerpadlo spustit pouze v závislosti na výškách hladin.



Obr. 18 Oblast 3.

Mezi jednotlivými režimy (manuální a automatický režim) lze libovolně přecházet, pokud jsou splněny podmínky pro jednotlivé z nich (pokud ne, L1 třikrát zabliká a k přechodu nedojde, systém zůstane v původním režimu). Pokud je systém v režimu automat, ale nečerpá z důvodu čekání na signál ND, lze stisknutím tlačítka T1 přejít na manuální řízení (dojde k vypnutí automatického režimu a spuštění čerpadla). Po dočerpání se čerpadlo vypne. Popřípadě lze takto spustit čerpadlo a vrátit se stisknutím tlačítka T2 do automatického režimu. Systém pak dočerpá nádrž a zůstane v režimu automat.

Při přechodu jednotlivých režimů (automatického na manuální) je důležité získat takový signál, který bude udávat, že skutečně došlo k vypnutí daného režimu. Pro tuto funkci bylo pro požadované chování vyžadováno použití takového zapojení, které nejprve vyčká na vstupní signál a teprve po jeho přerušení se objeví logická 1 na jeho výstupu. Toto lze například realizovat pomocí zvoleného zapojení uvedeného na Obr. 19 (Příloha 1 oblast 5).

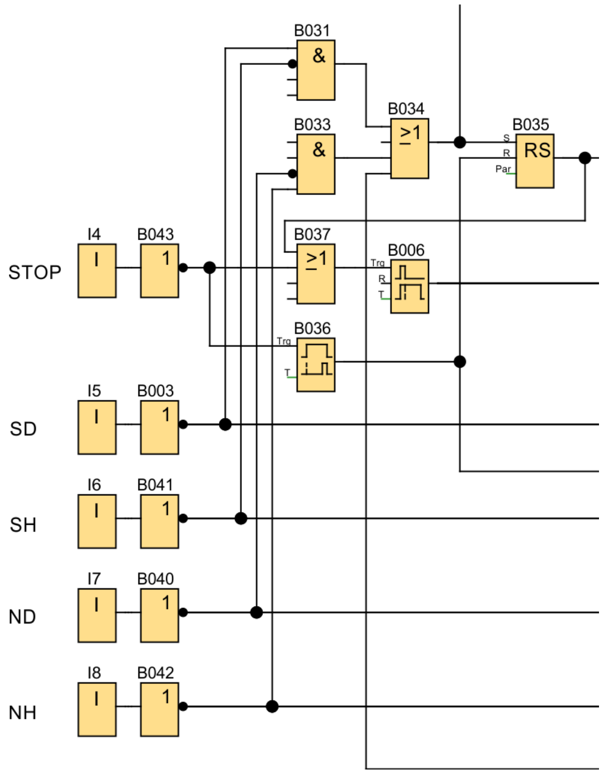


Obr. 19 Oblast 5.

Pro případ zaseknutí spouštěcích tlačítek je provedeno ochranné opatření pomocí bloků „wiping relay“, díky kterému je nutno pro opakované poslání signálu zapnutí přerušení vstupního signálu (uživatel musí nejprve tlačítko uvolnit a znovu jej stisknout). U vypínacích tlačítek je systém navržen opačně. Při stisknutém (zaseknutém) tlačítku vypnutí nelze systém zapnout v jakémkoli režimu.

Pokud řídicí jednotka zaznamená signál ze snímače hladiny NH dříve než ND nebo pokud zaznamená dříve SD než SH, pak se jedná o nereálnou situaci. Jednotka tuto skutečnost vyhodnotí jako chybu a zablokuje se. Blokace je indikována blikáním indikátoru L1 (čtyřikrát zabliká v delších časových intervalech než je tomu u indikace dříve uvedených chyb). V ideálním případě by měla chybová indikace blikat neustále, to je však nežádoucí z důvodu omezené životnosti relé, které použité PLC obsahuje.

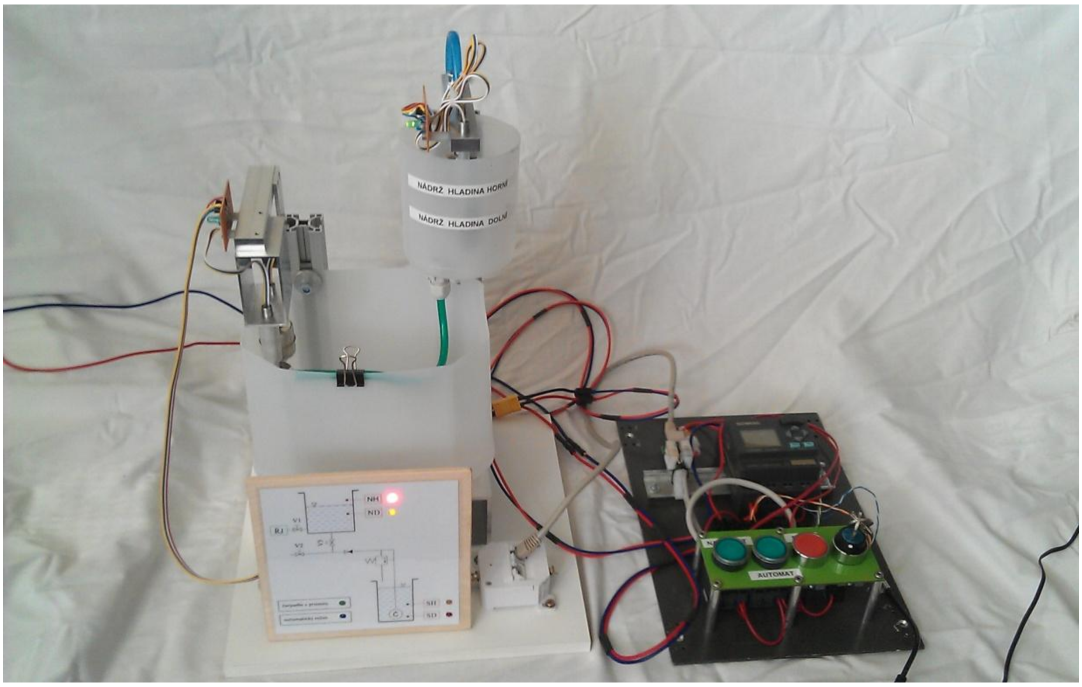
Proto je počet bliknutí omezen a cyklus blikání bude zopakován v případě stisknutí tlačítek T1 nebo T2. Pro zrušení této blokace je nutné provést reset jednotky. Reset lze provést stiskem tlačítka T3 po dobu delší pěti sekund a je doporučeno zkontrolovat stavy a funkčnost snímačů. Při úspěšném odblokování indikace L1 jednou blikne, poté nepůjde ještě dalších pět sekund spustit žádný z režimů. Ke stejné blokaci dojde, pokud čerpadlo bude v chodu nepřetržitě déle, než zvolený čas (např. 24 h, případně výrobce udává maximální dobu nepřetržitého chodu u daných typů čerpadel). Tento časovač je prakticky uživatelem nezaznamenatelný, jelikož doba zavlažování pravděpodobně nepřesáhne povolenou dobu chodu čerpadla. Časovač však zabezpečuje ještě druhý možný nebezpečný stav a tím je skutečnost, že je nepravděpodobné, aby čerpadlo bylo v chodu neadekvátně dlouhou dobu. Pokud by se stalo, že čerpadlo poběží po dobu delší než je několikanásobek doby potřebné pro zavlažování, je možné usuzovat, že pravděpodobně došlo k blíže nespecifikované chybě a tudíž dojde k blokaci a vypnutí čerpadla. Dalším nežádoucím stavem je možnost ucpání potrubního systému. V takovém případě by pojistný ventil přepouštěl čerpanou kapalinu zpět do studny, ale řídicí systém by tuto chybu na základě snímačů výšky hladin nezaznamenal a čerpadlo by tak běželo po neomezenou dobu. I z tohoto důvodu je proto tento časovač nezbytný. Pro opětovné spuštění a odblokování jednotky je vyžadována kontrola systému uživatelem a odblokování řídicí jednotky stejným postupem (stiskem tlačítka T3 po dobu delší pěti sekund). Toto blokování čerpadla realizuje RS klopný obvod viz oblast 2 příloha 1 (Obr. 20).



Obr. 20 Oblast 2.

6 TESTOVÁNÍ

Navržený program byl nejprve testován pomocí počítačové simulace v prostředí programu LOGO! Soft Comfort. Po úspěšném virtuálním testu byl v laboratoři sestaven reálný zjednodušený model uvažovaného zavlažovacího systému určený k testování řídicí jednotky a navrženého programu. Tato sestava byla testována na možnou kombinaci vstupů (uvažovaných možných situací). Testování potvrdilo očekávané požadované chování řídicího systému. Ukázka testovacího modelu je uvedena na Obr. 21.



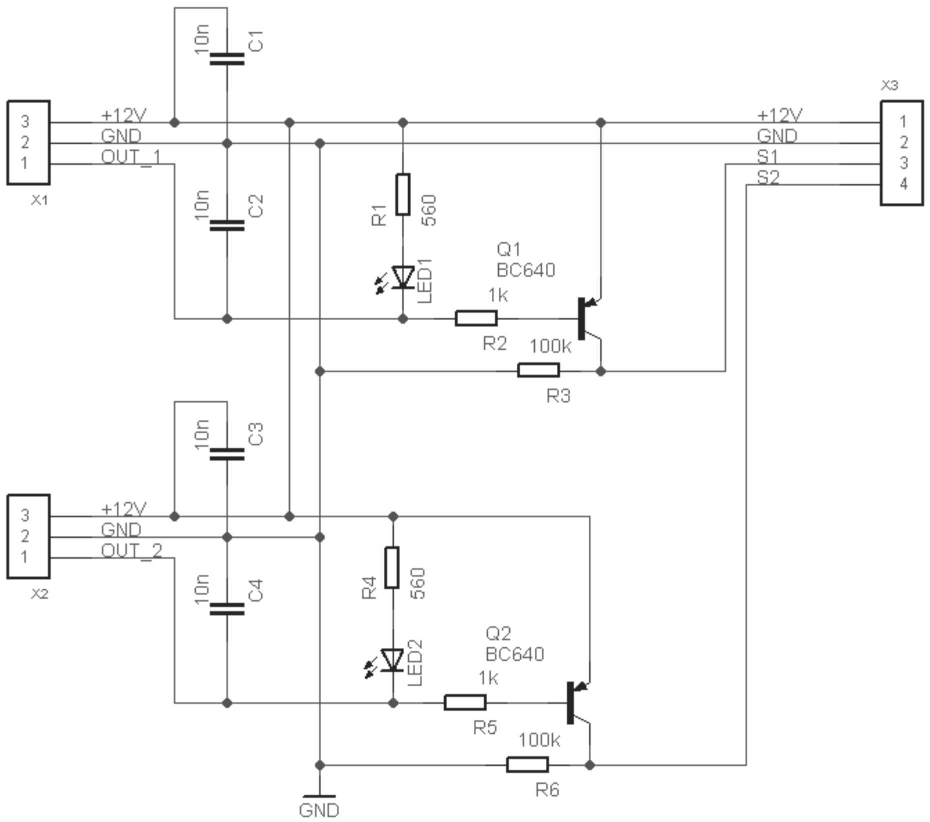
Obr. 21 Ukázka testovacího modelu.

Jako model čerpadla bylo použito čerpadlo se vstupním napětím 12 V a průtokem 1,6 l/min při odběru proudu 1 A (čerpadlo ze systému automobilových ostřikovačů skel). Jako snímače výšky hladiny byly použity vyrobené plovákové snímače pro toto testování. Snímače se skládají z plováku s magnetickým kroužkem uvnitř plováku a integrovaného obvodu Hallovy sondy (Infineon TLE4945L) detekující přítomnost magnetického kroužku. Jako řídicí jednotka pro testování bylo použito zvolené PLC (LOGO! 0BA6).

Z důvodu vyšší bezpečnosti provozu řídicího systému je vhodné zapojení snímačů hladiny v nádrži takovým způsobem, aby při ztrátě signálu ze snímače (například přerušením vodičů) řídicí systém uvažoval tu nepříznivější situaci ze všech možných. Proto jsou snímače v nádrži zapojeny tak, aby posílaly signál řídicí jednotce v případě, že hladina nedosahuje jejich úrovně. Je tedy nutné tento signál před vstupem (dalším členem) nebo po vstupu (softwarově) do řídicí jednotky upravit. Díky tomuto zapojení docílíme toho, že pokud dojde k porušení vodičů, řídicí systém se bude chovat,

jakoby byla nádrž plná a v žádném provozním režimu nedojde ke spuštění čerpadla. Obdobně jsou zapojeny snímače hladin ve studni. Zde jsou však snímače zapojeny tak, aby posílali signál do řídicí jednotky, pokud hladina dosahuje jejich úrovně. Opět pokud dojde ke ztrátě signálu, řídicí jednotka bude vycházet ze stavu, že čerpadlo nemá dostatek vody ve studni a tudíž nedojde v žádném z režimů ke spuštění čerpadla. Na stejném principu je založeno i zapojení tlačítka T3 (stop). Toto tlačítko musí být realizováno jako rozpínací a opět pro spuštění chodu čerpadla či automatického režimu jednotka musí tento signál neustále dostávat, aby v případě přerušení vodičů od stop tlačítka jednotka vycházela z předpokladu, že není dovoleno čerpat.

Pro úpravu signálů z IO ze snímačů hladiny, které mají indikaci stavu na výstupu realizovanou pomocí otevřeného kolektoru, byla realizována elektronika pro úpravu signálu. Na Obr. 22 je zobrazeno schéma zapojení této elektroniky. Konektor X1 a X2 slouží pro připojení snímačů, konektor X3 slouží pro připojení k řídicímu PLC.



Obr. 22 Schéma zapojení elektroniky pro úpravu signálu.

Samotné testování proběhlo na PLC bez připojeného rozšiřujícího IO z důvodu zjednodušení napájecí soustavy experimentu. Dostupný IO modul vyžaduje napájení DC 24V, řídicí jednotka umožňuje napájení DC 12 V nebo 24 V, snímače jsou konstruovány pro napájení DC 12 V a čerpadlo je napájeno z laboratorního zdroje s regulací napětí a proudu. Rozšiřující IO modul by byl případně použit jen pro indikaci stavů snímačů, jež v modelu přebírá indikace na panelu modelu. Po vynechání IO

rozšiřujícího modulu nemusel být realizován zdroj napájení DC 24 V. Snímače i řídicí PLC jsou napájeny z jednoho zdroje DC 12 V. Z důvodu ochrany čerpadla proti přehřátí byla při testování zvolena maximální hodnota napájecího napětí čerpadla 3 V. Na testovacím standu byly testovány následující možné stavy soustavy a jejich zpracování řídicí jednotkou (Tab. 1 a Tab. 2). Uvedené tabulky nezohledňují časový sled událostí. Tabulka Tab. 1 udává stav čerpadla (Q1) a automatického režimu (Q2). Vychází z předpokladu (výchozí stav) vypnutého automatického režimu a zastaveném čerpadle. Pojednává tedy o spuštění čerpadla. Tabulka Tab. 2 udává taktéž stav čerpadla a automatického režimu, ale vychází z výchozího stavu, že je čerpadlo v provozu (ať už spuštěno manuálně nebo automatickým režimem). Pojednává tedy o zastavení čerpadla.

Tab. 1 Pravdivostní tabulka - spuštění čerpadla.

vstupy:								výstupy:	
I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	Q1	Q2
1/0	1/0	1/0	0	1/0	1/0	1/0	1/0	0	0
0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	0	0
1	1	0	1	1	1/0	1/0	1	1	0
1	1	0	1	0	1/0	1/0	1	0	0
1	1	0	1	1	1/0	1/0	0	0	0
1	1	0	1	0	1/0	1/0	0	0	0
1	0	1	1	1	1/0	1/0	1	1	1
1	0	1	1	0	1/0	1/0	1	0	1
1	0	1	1	1	1/0	1/0	0	0	1
1	0	1	1	0	1/0	1/0	0	0	1

poznámka: 1/0 - nezáleží na daném vstupu

Po minimalizaci lze pro spuštění čerpadla psát (rovnice 1):

$$Q1 = I1 \cdot I4 \cdot I5 \cdot I8 \cdot (I2 + I3) \tag{1}$$

Tab. 2 Pravdivostní tabulka - zastavení čerpadla.

vstupy:								výstupy:	
I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	Q1	Q2
1/0	1/0	1/0	0	1/0	1/0	1/0	1/0	0	0
0	1/0	1/0	1	1	1/0	1/0	1	1	*
0	1/0	1/0	1	1	1/0	1/0	0	0	*
0	1/0	1/0	1	0	1/0	1/0	1	0	*
0	1/0	1/0	1	0	1/0	1/0	0	0	*
1	1	0	1	1	1/0	1/0	1	1	0
1	1	0	1	0	1/0	1/0	1	0	0
1	1	0	1	1	1/0	1/0	0	0	0
1	1	0	1	0	1/0	1/0	0	0	0
1	0	1	1	1	1/0	1/0	1	1	1
1	0	1	1	0	1/0	1/0	1	0	1
1	0	1	1	1	1/0	1/0	0	0	1
1	0	1	1	0	1/0	1/0	0	0	1

poznámka: * - původní stav, 1/0 - nezáleží na daném vstupu

Po minimalizaci lze pro vypnutí čerpadla psát (rovnice 2):

$$\overline{Q1} = \overline{I4} + \overline{I5} + \overline{I8} \tag{2}$$

Výsledky testování potvrdily vhodný návrh řídicích algoritmů pro PLC. V rámci testování byly odladěny některé simulační nedostatky spočívající zvláště v nesprávném časování některých sousledných dějů, které se nedaly simulačně jednoznačně určit.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout řídicí systém domácího zavlažování sestávajícího se z jednoho odběrného místa s čerpadlem, jednoho zásobníku užitkové vody a více odběrných míst. Byla požadována možnost manuálního a automatického řízení a bylo požadováno zajistit nutnou senzoriku pro zabezpečení ochrany a řádného chodu zařízení.

Tato práce v prvních kapitolách pojednává o problematice zavlažování. Popisuje rozdělení zavlažování a udává vhodnost použití pro jednotlivé typy. Dále se zabývá volbou vhodných zavlažovacích komponent a uvádí jejich použití, výhody a nevýhody. Také jsou zde uvedeny aspekty pro volbu čerpadla a jeho možné pohony.

V další části práce je pojednáno o řídicích systémech automatického zavlažování. Je zde uvedeno základní rozdělení automatického řízení, v praxi používané řídicí systémy pro zavlažování, senzory používané pro řízení zavlažování a jsou zde popsány základní používané vybrané snímače.

V kapitole 5. Návrh koncepce domácího zavlažování jsou uvedeny požadavky řešeného zavlažovacího systému a je zde uveden popis a schéma této úlohy. Dále jsou popsány možnosti takto navrženého systému, návrh řídicích panelů a jednotlivých funkcí. V následující podkapitole je pak provedena volba konkrétních jednotlivých komponent zavlažovacího systému, která vychází z předchozích částí této práce.

V předposlední kapitole je popsán navržený a vytvořený řídicí program pro PLC. Je zde pojednáno o jeho jednotlivých funkcích, možnostech, bezpečnostních opatřeních a jeho chování v závislosti na okolních podmínkách.

Na závěr byl nejprve daný řídicí systém virtuálně testován pomocí počítačové simulace v prostředí LOGO!Soft Comfort a po úspěšném testu byl poté sestaven zjednodušený reálný model uvažovaného systému zavlažování a bylo provedeno testování možných situací (kombinací vstupů) v laboratoři Ústavu automatizace a informatiky na Fakultě strojního inženýrství v Brně.

Testování bylo zdařilé a tím bylo prověřeno správné (požadované a předpokládané) chování navrženého řídicího systému pro domácí zavlažování.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázka vhodného rozmístění [7]. 19
Obr. 2 Ukázka střiku postřikovače Hunter [8]. 20
Obr. 3 Ukázka výsuvného postřikovače [9]. 21
Obr. 4 Ukázka úderového postřikovače [9]. 21
Obr. 5 Ukázka kapénkového zavlažování [10]. 21
Obr. 6 Ukázka kapkovacího potrubí [8]. 22
Obr. 7 Ukázka mikropostřiku [10]. 22
Obr. 8 Ukázka čerpací stanice Rain Bird větší aplikace [9]. 24
Obr. 9 Ukázka ponorného čerpadla s plovákovým spínačem [11]. 24
Obr. 10 Ukázka řídicí jednotky Hunter [8]. 26
Obr. 11 Ukázka řídicí jednotky Rain Bird [9]. 26
Obr. 12 Ukázka velmi snadného automatického řízení [9]. 26
Obr. 13 Schéma řešené úlohy. 33
Obr. 14 Schéma navrhovaného hlavního panelu. 34
Obr. 15 Schéma navrhovaného vedlejšího panelu. 34
Obr. 16 Oblast 1. 35
Obr. 17 Oblast 4. 36
Obr. 18 Oblast 3. 37
Obr. 19 Oblast 5. 37
Obr. 20 Oblast 2. 38
Obr. 21 Ukázka testovacího modelu. 39
Obr. 22 Schéma zapojení elektroniky pro úpravu signálu. 40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Pravdivostní tabulka - spuštění čerpadla 41
Tab. 2 Pravdivostní tabulka - zastavení čerpadla 42

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] EAGRI: Z historie plánování ve vodním hospodářství. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. [online]. 5.4.2004. [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/z-historie-planovani-ve-vodnim.html

[2] RainBird: About Rain Bird. [online]. [cit. 2013-11-11]. Dostupné z: http://www.rainbird.com/corporate/index.htm

[3] RMpro s. r. o.: O nás. [online]. [cit. 2013-11-01]. Dostupné z: http://www.rmpro.cz/zavlahy-brno.html

[4] Hunter: Company overview. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: http://www.hunterindustries.com/corporate/who-we-are/company-overview

[5] Gardena: O společnosti Gardena. [online]. [cit. 2014-01-12]. Dostupné z: http://www.gardena.com/cz/about-gardena

[6] RMpro s.r.o.: Automatické zavlažovací systémy. [online]. [cit. 2013-11-01]. Dostupné z: http://www.rmpro.cz/zavlahy-zahrad-brno.html

[7] Pangeatrade. [online]. [cit. 2014-02-01]. Dostupné z: http://www.pangeatrade.cz/

[8] Hunter: Katalog produktů 2014. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: http://digital.turn-page.com/i/213669

[9] Rain Bird: Katalog produktů 2013. [online]. [cit. 2013-11-01]. Dostupné z: http://www.ittec.cz/cs/site/Download_zavlazovani/zavlahy_katalog/rainbird_katalog_2013.pdf

[10] RMpro s.r.o.: Mikrozávlahy. [online]. [cit. 2013-11-01]. Dostupné z: http://www.rmpro.cz/mikrozavlahy.html

[11] Česká zahrada: Čerpadla. [online]. [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: http://www.ceskazahrada.cz/

[12] ŠVARC, Ivan, Miloš ŠEDA a Miluše VÍTEČKOVÁ. *Automatické řízení*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 324 s. ISBN 978-80-214-3491-2.

[13] VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE FAKULTA CHEMICKO-INŽENÝRSKÁ: MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ TECHNIKA. KADLEC, Karel a Miloš KMÍNEK. [online]. [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: http://uprt.vscht.cz/ucebnice/mrt/

[14] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. 2., přeprac. vyd. Praha: BEN, 2004, 663 s. ISBN 80-730-0148-9.

[15] Manuál LOGO! 0BA6[online]. [cit. 2014-01-02]. Dostupné z:

http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=7ef3b879ac&ctxp=doc_manualy.

[16] Manuál LOGO! Soft Comfort V6.0 [online]. [cit. 2014-01-02]. Dostupné z:
http://www1.siemens.cz/ad/current/file.php?fh=d6aa88fd13&aid=1912875.

SEZNAM PŘÍLOH

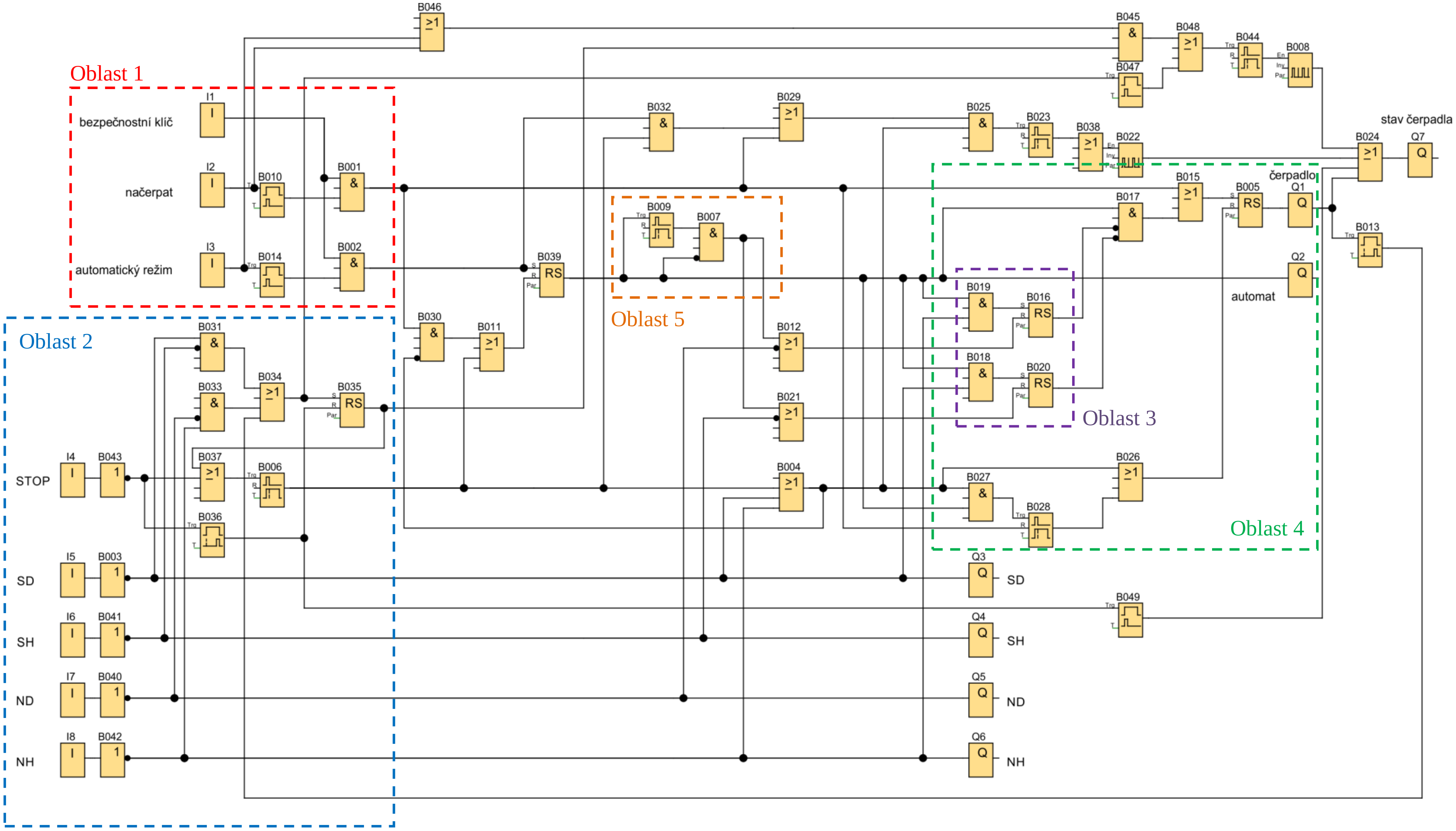
Příloha 1 – schéma řídicího programu LOGO! Soft Comfort

Příloha 2 – tabulky přiřazení vstupů a výstupů pro navržený program

Příloha 3 – přiložené CD-R médium, které obsahuje:

- elektronickou verzi této bakalářské práce ve formátu PDF,
- zdrojový kód (program) řídícího software.

Příloha 1 – schéma řídicího programu LOGO! Soft Comfort



Příloha 2 – tabulky přiřazení vstupů a výstupů pro navržený program

Tabulka přiřazení vstupů		
název:	použité označení:	vstup:
bezpečnostní klíč	bezpečnostní klíč	I1
tlačítko pro manuální zapnutí čerpadla	načerpat; T1	I2
tlačítko pro zapnutí automatického režimu	automatický režim; T2	I3
tlačítko pro vypnutí	STOP; T3	I4
Snímač výšky hladiny mezní pro studnu	SD	I5
Snímač výšky hladiny pro studnu	SH	I6
Snímač výšky hladiny pro nádrž	ND	I7
Snímač výšky hladiny mezní pro nádrž	NH	I8

Tabulka přiřazení výstupů		
název:	použité označení:	výstup:
výstup určený pro ovládání čerpadla	čerpadlo	Q1
LED indikátor chodu automatického režimu	automat; L2	Q2
LED indikátor SD	SD; L3	Q3
LED indikátor SH	SH; L4	Q4
LED indikátor ND	ND; L5	Q5
LED indikátor NH	NH; L6	Q6
LED indikátor chodu čerpadla	stav čerpadla; L1	Q7