

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**REALIZACE ZAVLAŽOVACÍHO SYSTÉMU FOTBALOVÉHO
HŘIŠTĚ**

Martin Hrb

Bakalářská práce
2016

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Hrb**
Osobní číslo: **I12065**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Realizace automatického zavlažovacího systému fotbalového hřiště**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Úkolem je navrhnout a realizovat systém automatického chodu čerpadla, které je součástí zavlažovacího systému fotbalového hřiště. Konkrétně bude třeba pomocí snímačů hladiny zamezit chodu čerpadla naprázdno a naprogramováním vhodného časování zajistit spuštění zavlažovacího systému v požadovanou dobu. Za tímto účelem bude v rámci práce realizován software pro ovládání běhu čerpadla (v libovolném programovacím jazyku resp. vývojovém prostředí).

Teoretická část:

Rešerše zadaného tématu a popis technického řešení způsobu programového spuštění čerpadla.

Implementační část:

Vývoj software pro ovládání a časování běhu čerpadla ve zvoleném vývojovém prostředí.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BALÁTĚ, J. 2004. Automatické řízení. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura. 663 s. ISBN 80-7300-148-9.

BLÁHA, J.; BRADA, K. 1997. Příručka čerpací techniky. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1997. 289 s. ISBN 80-01-01626-9.

MELICHAR, J.; BLÁHA, J. 2007. Problematika soudobé čerpací techniky. 1. vyd. Praha: ČVUT. 265 s. ISBN 978-80-01-03719-5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Libor Kupka, Ph.D.

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2015**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20. 04. 2016

Martin Hrb

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu, kterým byl Ing. Libor Kupka, Ph.D., za veškeré rady, které mi poskytl a čas který mi věnoval. Také bych chtěl poděkovat své rodině za finanční a morální podporu během studia. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat společnosti DSH - projekt s.r.o., která mi poskytla pracoviště, obzvláště zaměstnancům Janu Štachovi a Petru Wolfovi za užitečné připomínky.

V Pardubicích dne 20. 04. 2016

Martin Hrb

ANOTACE

Práce se zabývá automatickým chodem čerpacího systému. Byl navrhnut a sestaven řídicí systém, který tento chod bude zajišťovat. Také je zde realizován řídicí software, který zajišťuje správný chod systému, byla provedena i jeho úspěšná simulace. Součástí práce je i popis veškerého použitého hardwaru a softwaru.

KLÍČOVÁ SLOVA

logické řízení, čerpací technika, automatizovaný chod čerpadla, inteligentní relé.

TITLE

IMPLEMENTATION OF WATERING SYSTEM FOR FOOTBALL GROUND

ANNOTATION

This work's topic is automating a pumping system. Control system hardware and software were designed to maintain proper functionality. Software simulation was successfully performed on the control system software. Work includes description of all used hardware and software.

KEYWORDS

Logical control, Pumping equipment, Pumping automation, Smart relay.

Obsah

Seznam zkratek	8
Seznam značek	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
ÚVOD	12
1 ČERPACÍ TECHNIKA	13
1.1 ČERPADLA	13
1.2 CHARAKTERISTIKA ČERPACÍHO SYSTÉMU	13
1.3 PROVOZ ČERPADEL	16
1.4 SPOUŠTĚNÍ ČERPADEL	18
1.4.1 Rozběh a doběh čerpadel	20
1.4.2 Zatěžování při rozběhu a doběhu čerpadla	20
2 TEORIE ŘÍZENÍ	22
2.1 LOGICKÉ ŘÍZENÍ	23
2.1.1 Logické funkce	24
2.1.2 Hradlová logika	25
2.2 KLOPNÉ OBVODY	28
2.3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	30
3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	33
3.1 POUŽITÝ HARDWARE	35
3.2 SOFTWARE	42
3.2.1 ZelioSoft2	42
3.2.2 Řídicí program	45
4 ZÁVĚR	52
LITERATURA	53
Seznam příloh	54

Seznam zkratek

AC	střídavý proud
AKO	astabilní klopný obvod
AND	konjunkce (logický součin)
BKO	bistabilní klopný obvod
DC	stejnoseměrný proud
FBD	schéma funkčních bloků
IEC	mezinárodní elektrotechnická komise
LD	LADDER (kontaktní plán)
MKO	monostabilní klopný obvod
NAND	negovaný logický součin
NC	pomocný rozpínací kontakt
NO	pomocný spínací kontakt
NOR	negovaný logický součet
NOT	invertor (negace)
OR	disjunkce (logický součet)
PLC	programovatelný logický automat
SFC	vývojové schéma
XOR	exkluzivní disjunkce

Seznam značek

<i>A</i>	vstup logického hradla
<i>B</i>	vstup/výstup logického hradla
<i>C</i>	výstup logického hradla
<i>I</i>	elektrický proud, A
<i>Q</i>	průtok, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ výstup RS klopného obvodu
<i>R</i>	vstup RS klopného obvodu
<i>S</i>	vstup RS klopného obvodu
<i>Y</i>	měrná energie, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$
<i>U</i>	elektrické napětí, V
<i>V</i>	objem, m^3
<i>g</i>	tíhové zrychlení, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
<i>h</i>	výška hladiny, m
<i>n</i>	otáčky (frekvence otáčení), s^{-1}
<i>x</i>	nezávislá logická proměnná
<i>y</i>	logický proměnná
ρ	hustota kapaliny, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Seznam obrázků

Obr. 1.1 – Průsečík charakteristik čerpadla a potrubí	14
Obr. 1.2 – Provozní pole hydrodynamického a hydrostatického čerpadla	16
Obr. 1.3 – Průsečík momentových charakteristik elektrického motoru a čerpadla	17
Obr. 1.4 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu	18
Obr. 1.5 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu	19
Obr. 1.6 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu	19
Obr. 2.1 – Rozdíl mezi ovládním a regulací	23
Obr. 2.2 – Schematická značka hradla NOT	25
Obr. 2.3 – Schematické značky hradel OR a NOR	26
Obr. 2.4 – Schematické značky hradel AND a NAND	27
Obr. 2.5 – Schematická značka hradla XOR	27
Obr. 2.6 – RS klopný obvod realizovaný hradly NOR	29
Obr. 2.7 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC	31
Obr. 3.1 – Rozložení systému	33
Obr. 3.2 – Schéma zapojení rozvaděče	36
Obr. 3.3 – Zelio SR2B121BD	37
Obr. 3.4 – Spínaný stabilizovaný zdroj AXSP3P01	38
Obr. 3.5 – Stykač LC1D09BL	38
Obr. 3.6 – Motorový spouštěč GZE08	39
Obr. 3.7 – Zapojený rozvaděč	42
Obr. 3.8 – Grafický programovací jazyk LADDER	43
Obr. 3.9 – Grafický programovací jazyk FBD	44
Obr. 3.10 – Výběr modulu	46
Obr. 3.11 – Nastavení časových událostí	47
Obr. 3.12 – Nastavení porovnávacího členu	50

Seznam tabulek

Tab. 2.1 – Pravdivostní tabulka hradla NOT	25
Tab. 2.2 – Pravdivostní tabulka hradel OR a NOR	26
Tab. 2.3 – Pravdivostní tabulka hradel AND a NAND	27
Tab. 2.4 – Pravdivostní tabulka hradla XOR	28
Tab. 2.5 – Tabulka přechodů RS klopného obvodu	29

ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je soudobá čerpací technika a její bezpečný automatický chod.

Cílem je navrhnout a realizovat systém automatického chodu čerpadla, který bude součástí zavlažovacího systému fotbalového hřiště. Automatický chod bude zajištěn vhodným nastavením parametrů hodin, které budou určovat začátek a konec čerpacího cyklu. Bezpečný chod čerpání bude zajišťovat snímač hladiny, který zabrání chodu čerpadla naprázdno a jeho zničení. Pro zefektivnění bude součástí systému další snímač hladiny a snímač vlhkosti půdy. Snímač hladiny zjistí před každým čerpacím cyklem, zda je ve studni dost vody a zda má vůbec čerpání smysl. Snímač vlhkosti půdy bude zjišťovat, jestli není půda vlhká, a tedy není zavlažování zbytečné. O zpracování všech signálů a spínání čerpadla se bude starat inteligentní relé naprogramované pomocí vývojového prostředí Zelio Soft 2.

Teoretická část práce je rozdělena do tří hlavních kapitol, první se zabývá čerpací technikou, popisem čerpadel, charakteristikou čerpacího systému a provozem čerpadel. Druhá kapitola je věnována teorii řízení, je v ní popsáno logické řízení, logická hradla, klopné obvody a PLC. Ve třetí kapitole je popsáno zapojení fyzického systému, popis součástek, popis funkce a tvorba řídicího programu.

1 ČERPACÍ TECHNIKA

1.1 ČERPADLA

Čerpadlo je aktivní prvek v čerpacím systému dodávající energii čerpané kapalině. V praxi se nejčastěji používají hydrodynamická čerpadla. Čerpadlo je popsáno charakteristikou.

Hydrodynamické čerpadlo

Tento druh čerpadla je založen na nepřímém přenosu energie. Na hřídel čerpadla je přiváděna mechanická energie, kterou vytváří elektromotor a v oběžném kole je přeměněna na energii kinetickou. Tato energie je pak ve spirální skříní transformována na energii tlakovou (hydraulickou). Hydrodynamická čerpadla mají při chodu velký počet otáček.

Hydrodynamické čerpadlo není tvrdým zdrojem průtoku. Štítkové údaje na čerpadle vyjadřují jeho parametry při optimální účinnosti. V okolí tohoto bodu by pak mělo být čerpadlo provozováno.

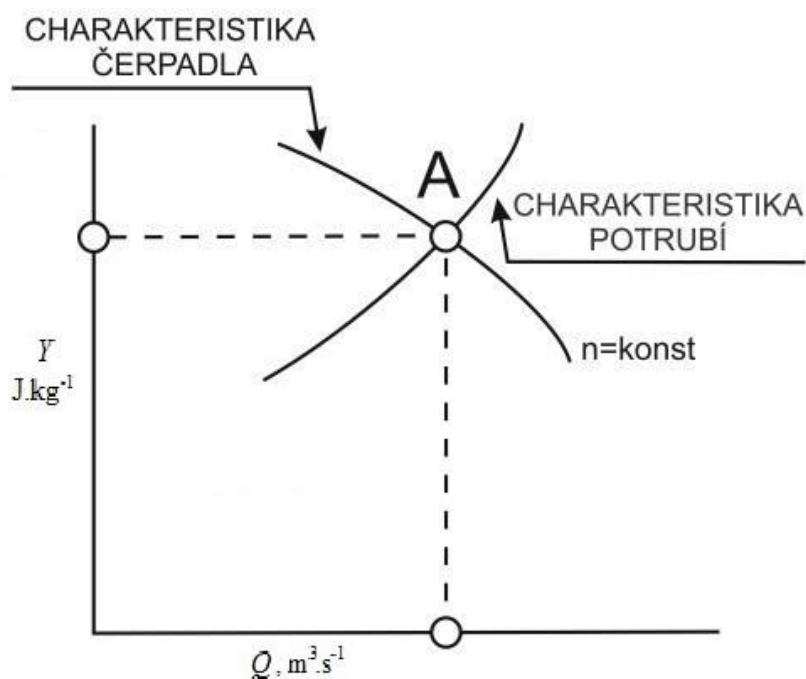
Hydrostatické čerpadlo

Hydrostatické čerpadlo je založeno na objemovém principu, s přímou přeměnou mechanické energie v potenciální hydraulickou energii. K přepravě tekutiny dochází periodickým zmenšováním a zvětšováním objemu, do kterého je kapalina nasávána a následně vytlačována. Mechanická energie elektromotoru je na pístu transformována na energii tlakovou (hydraulickou). Hydrostatické čerpadlo je tedy tvrdým zdrojem průtoku kapaliny, štítkové údaje na čerpadle proto vyjadřují skutečný průtok (Blejchař, 2010).

1.2 CHARAKTERISTIKA ČERPACÍHO SYSTÉMU

Čerpací systém se skládá ze dvou částí, pasivní a aktivní. Energeticky aktivní částí je čerpadlo, předávající kapalině potřebnou energii k její přepravě. Pasivní složkou je vodovodní síť tzv. řad, v němž se spotřebovává energie dodaná kapalině čerpadlem. Při ustálené dopravě kapaliny jsou obě části čerpacího systému v energetické rovnováze. Objemový průtok Q a měrná energie Y jsou pro potrubí i čerpadlo stejné.

Tyto parametry jsou ve vzájemné vazbě, grafické vyjádření této vazby je charakteristikou. Charakteristika potrubí určuje, kolik Y musí, být kapalině dodáno při daném Q . Charakteristika čerpadla udává, jakou Y čerpadlo poskytuje při daném Q . Provozní hodnoty Q a Y jsou určeny průsečíkem charakteristik čerpadla a potrubí. Hydraulický výkon P_h je definován hlavními parametry Q a Y a hustotou čerpané kapaliny ρ



Obr. 1.1 – Průsečík charakteristik čerpadla a potrubí

$$P_h = \rho \cdot Q \cdot Y, \quad (1.1)$$

kde P_h – hydraulický výkon, W,
 ρ – hustota kapaliny, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
 Q – objemová průtok, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 Y – měrná energie, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-3}$.

Mírou pohybu kapaliny v potrubí je rychlost v nebo Q . Pohyb kapaliny je doprovázen hydraulickými ztrátami, tyto ztráty ovlivňují její průtok systémem. Měrná energie ztrátová Y_z slouží k překonání ztrát v energeticky pasivní části, tedy potrubí. Pokud se nachází kapalina v systému v klidu $Q = 0$, nedochází k žádným hydraulickým ztrátám a $P_h = 0$, měrná energie potrubí je potom rovna měrné energii statické Y_{st}

$$Y_{st} = \frac{\Delta p}{\rho} + g \cdot \Delta h, \quad (1.2)$$

kde Y_{st} – statická měrná energie, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-3}$,

Δp – rozdíl tlaků, Pa,

g – tíhové zrychlení, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,

Δh – rozdíl poloh hladin, m.

Podle (1.2) je Y_{st} dána rozdílem tlaků a rozdílem výšek hladin na obou koncích potrubí. Při proudění kapaliny systémem dochází k již zmíněným hydraulickým ztrátám Y_z , v tomto případě je Y dána

$$Y = Y_{st} \pm Y_z, \quad (1.3)$$

kde Y_z – měrná energie ztrátová, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-3}$.

V případě průtoku vyvolaného čerpadlem přísluší Y_z znaménko +, kapalině se přidává Y čerpadlem, k uvedení kapaliny do pohybu. Hodnota součtu ($Y_{st} + Y_z$) je tedy Y dodávanou kapalině hydraulickým strojem. Průtoku vyvolanému Y_{st} bude přiřazeno znaménko –, kapalině se odebrává Y , která je využívána například k roztočení turbíny. Hodnota rozdílu ($Y_{st} - Y_z$) je tedy Y odebíranou kapalině hydraulickým strojem.

Pokud nedochází ke změně polohy hladiny a změně velikosti tlaků je hodnota Y_{st} neměnná (nezávislá na průtoku). Y_z však na průtoku závislá je a to buď lineárně (laminární proudění) nebo kvadraticky (turbulentní proudění). V praxi převládá kvadratická závislost, při které Y_z dána

$$Y_z = k_p \cdot Q^2, \quad (1.4)$$

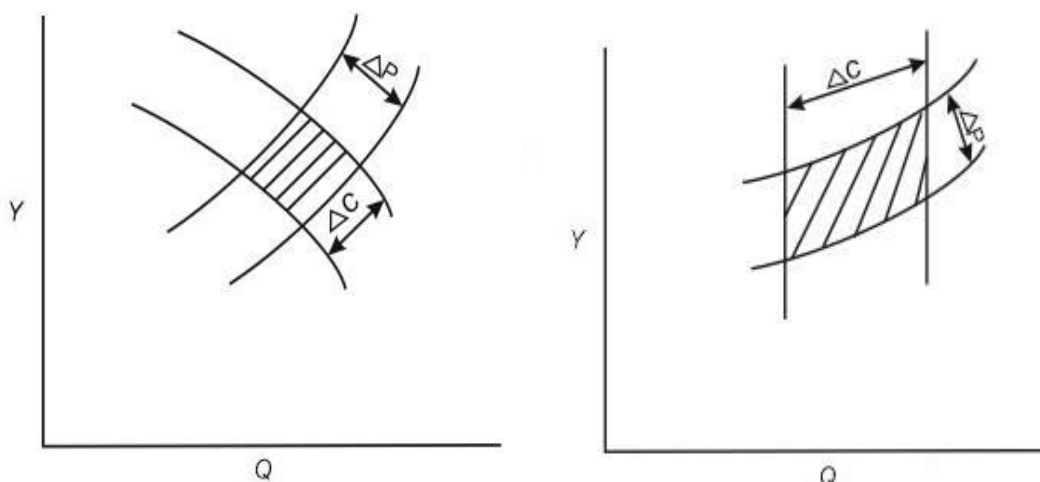
kde k_p – průtoková konstanta, l.

Ve vztahu (1.4) k_p je průtoková konstanta závislá na místních a délkových hydraulických odporech.

Vztah (1.3) udává energetickou rovnováhu mezi hydraulickým strojem a potrubím (pravá a levá strana rovnice). Tato rovnováha umožňuje chod hydraulickému systému v ustáleném pracovním stavu. Provozní stavy systému se mohou měnit v širokém rozmezí parametrů Q a Y . Sledování a posuzování vazby mezi Q a Y je vhodné odděleně, tedy zvlášť z hlediska potrubí a zvlášť z hlediska hydraulického stroje. Obě vazby jsou následně konfrontovány například graficky ve formě charakteristiky potrubí a hydraulického stroje. Tyto charakteristiky zachycují povahu spotřeby (potrubí) a dodávky (čerpadlo) energie (Melichar, 2007).

1.3 PROVOZ ČERPADEL

Je důležité, aby při chodu čerpadla probíhaly pracovní stavy stabilizovaně, v určitém rozsahu parametrů Q a Y . Spouštění a zastavování čerpacího procesu by mělo být kontrolované, kvůli možnosti redukovat rázy. V případě porušení pravidel správného provozu čerpadla je snížena účinnost čerpacího systému nebo může dojít k havárii.



Obr. 1.2 – Provozní pole hydrodynamického a hydrostatického čerpadla

Provozní pole čerpacího systému

Provozní pole čerpacího systému parametrů Q a Y je dáno požadovanou funkcí systému a je limitováno, jak ze strany čerpadla, tak i ze strany potrubí. Pracovní pole je tedy vymezeno změnami charakteristiky čerpadla ΔC a potrubí ΔP .

Ze strany čerpadla mohou být omezujícími činiteli: pokles účinnosti čerpadla, kavitační ohrožení (vznik dutin v kapalině), dovolená hranice tlaku kapaliny a příkonu motoru, u čerpadel s možností řízeného průtoku také rozsah průtoků, který je daný možnostmi regulačního zařízení.

U hydrostatických čerpadel se pokles účinnosti čerpadla z hodnoty optimálního parametru zvětšuje s rostoucí hodnotou rychloběžnosti. U hydrostatických je pokles účinnosti méně významný a je nezávislý na rychloběžnosti. Řízení Q a Y změnou natočení oběžných lopatek, tedy změnou charakteristiky čerpadla, významně ovlivní účinnost a kavitační vlastnosti čerpadla, tedy i hranice provozního pole čerpadla. Mezní hodnota Y_{\max} odpovídá nejvyššímu tlaku p kapaliny. U hydrostatických čerpadel musí být hranice p vymezena

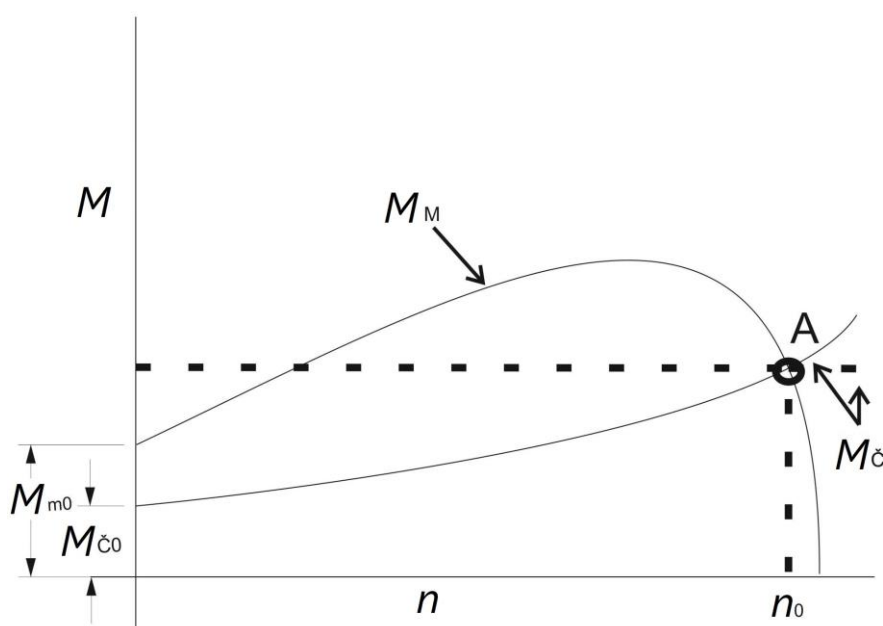
pojistným ventilem. U hydrodynamických čerpadel není toto ochranné opatření potřeba, z principu činnosti nemůže překročit přípustné pevnostní namáhání části systému. Maximální průtok hydrostatických čerpadel je určen geometrickým objemem, u hydrodynamických je limitován nebezpečím kavitace nebo přetížením hnacího motoru.

Ze strany potrubí mohou být omezujícími činiteli, kolísání hladin a tlaků v nádržích, tedy kolísání Y_{st} a změna hydraulických odporů v potrubním řadu.

Momentové charakteristiky.

Pro hladký rozběh čerpadla z klidu jsou důležité momentové charakteristiky. Tyto charakteristiky musí být ve stabilizujícím souladu, tedy charakteristika hnacího motoru a čerpadla. Důležitý je také stabilizující soulad charakteristiky parametrů Q a Y pro čerpadlo a potrubí. Tyto charakteristiky slouží k určení stability provozu daného čerpadla.

Důležité tedy je, aby momentové charakteristiky čerpadla a motoru splňovaly podmínky stabilního provozu čerpadla. Charakteristiky by se měly vzájemně ovlivňovat, například pokud by došlo k zakolísání n_0 a došlo by tak k rozdílu \pm momentu čerpadla, stabilizační reakce vyvolá rozdíl \pm momentu hnacího motoru. Při rozběhu motoru ($n = 0$ až n_0) musí být moment motoru větší než moment čerpadla, zejména při samém startu je to důležité. Pokud by však moment čerpadla byl větší než moment motoru, je možné moment motoru zvýšit například převodovkou, je možné i zmenšení momentu čerpadla, např. pootočením oběžných lopatek (Melichar, 2007).

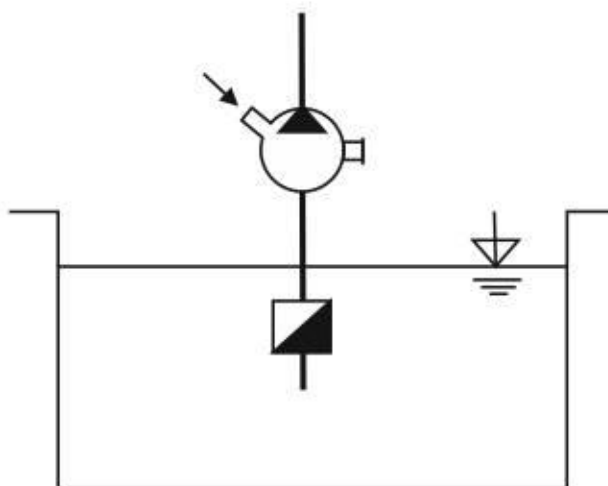


Obr. 1.3 – Průsečík momentových charakteristik elektrického motoru a čerpadla

1.4 SPOUŠTĚNÍ ČERPADEL

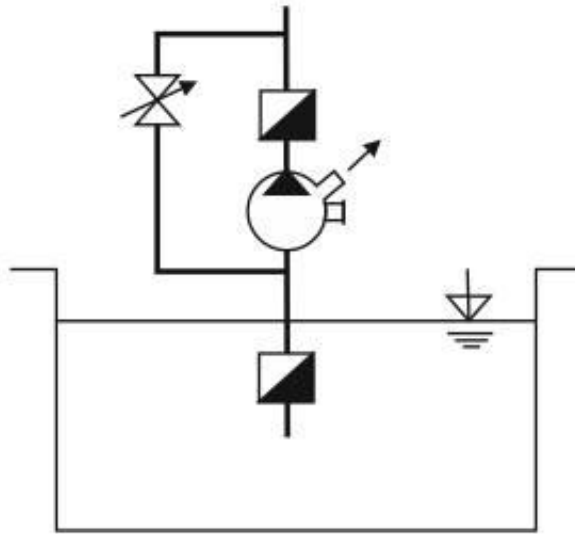
Spouštění je rozběh čerpadla z klidu tedy z nulových otáček ($n = 0$ až n_0) a jeho následné zatěžování ($Q = 0$ až Q_0) na určené parametry pracovního bodu při n_0 . U čerpadel, která jsou umístěna nad spodní hladinou, hrozí, že při absenci zpětné těsnící klapky na začátku sacího řadu během provozní přestávky může dojít k zavzdušnění čerpadla. U hydrodynamických čerpadel nedokáže rotační kolo svou rotací ve vzduchu vytvořit podtlak a tím zaplnit čerpadlo kapalinou ze spodní nádrže. Proto je nutné tato čerpadla před zahájením provozu odvzdušnit, tedy zaplnit kapalinou.

Ystrážek



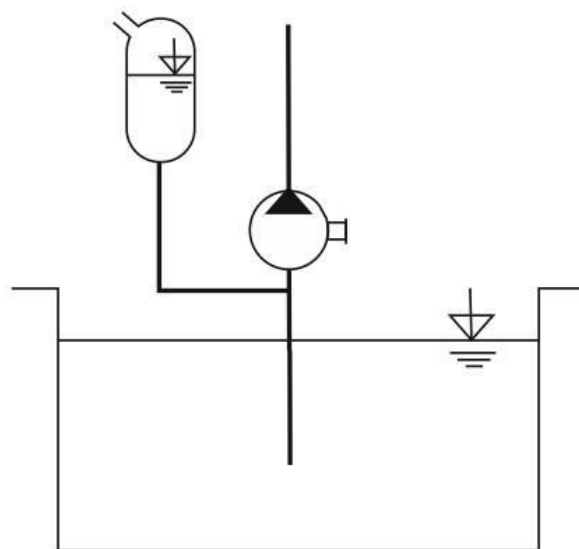
Obr. 1.4 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu

První možností, jak čerpadlo odvzdušnit, je pomocí nálevky a plnicího otvoru s kohoutkem, který se nachází v nejvyšším místě vnitřního prostoru čerpadla (spirále), tento otvor tedy slouží k odvzdušnění čerpadla (obr. 1.4). Druhou možností, je použití obtokového potrubí, kterou lze využít v případě, že v provozní přestávce čerpadla zůstalo výtlačné potrubí zaplněno kapalinou. Obtokové potrubí je připojeno k výtlačnému řadu, odvzdušňovací otvor musí být otevřený (obr. 1.5). V obou těchto případech musí mít čerpadlo zpětný uzávěr v sací části řadu (součást sacího koše), v druhém případě bývá ještě na výtlačku čerpadla zpětná klapka.



Obr. 1.5 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu

Větší čerpadla, případně čerpadla pro automatizované čerpací stanice, nepoužívají sací koše ani bočních řadů v sání z důvodu zhoršujících se podmínek provozu z hlediska kavitace. Takováto čerpadla se plní podtlakovým odvzdušněním, tzv. evakuací (obr. 1.6). U této možnosti je nejvyšší místo sacího řadu připojeno k evakuační nádobě, tato metoda odvzdušnění pracuje samočinně a odvádí vzduch z čerpadla i za provozu (vzduch uvolňující se z kapaliny v sacím řadu).



Obr. 1.6 – Způsoby zaplňování čerpadel kapalinou před zahájením provozu

V případě, že je čerpadlo umístěno pod spodní hladinou, je oběžné kolo trvale zaplněno kapalinou a nemusí se tedy řešit odvodušnění. Jedná se tedy provozně o jednodušší variantu spouštění čerpadla.

Není možné čerpadla spouštět, provozovat za sucha, jelikož hrozí zadření jejich pohyblivých částí v těsnících plochách. Výjimku tvoří snad jen speciální čerpadla, určená jak k dopravě kapalin, tak i plynů (Melichar, 2007).

1.4.1 Rozběh a doběh čerpadel

Rozběh čerpadla by měl být plynulý s co nejmenším příkonem hnacího motoru. Při doběhu čerpadla by mělo být zohledněno zmírnění pulsací tlaku a průtoku v potrubním řadu. Zátěž pohonu při rozběhu čerpadla je určena především typem čerpadla a způsobem jeho napojení na potrubní řad. Momentová charakteristika pohonu sleduje průběh zátěže při rozběhu a doběhu čerpadla.

Rozběh hydrostatického čerpadla je nejšetrnější probíhá-li s tlakově odlehčeným čerpadlem, s výtlakem napojeným na beztlakovou větev.

Rozběh hydrodynamických čerpadel je závislý na typu čerpadla a jeho napojení na výtlaký řad. U některých čerpadel se zavzdušňuje prostor oběžného kola, pro usnadnění rozběhu. Po rozběhu dojde k odvodušnění a vnitřní část čerpadla je plně zaplněna kapalinou. Toto opatření sníží diskové ztráty oběžného kola. V případě využití této metody rozběhu je samozřejmostí uzávěr výtlaku a přívod tlakového (kapalina musí být vytlačena) vzduchu, kterým bude čerpadlo před rozběhem zavzdušněno. Po dosažení n_0 není možné vypustit vzduch náraz, je nutné jej vypouštět postupně, aby náraz lopatek na hladinu nevedl k překročení možností hnacího motoru nebo jeho napájecích zdrojů.

U čerpadel s možností natočení oběžných lopatek se při rozběhu sníží zatížení napájecí sítě zmenšením úhlu natočením oběžných lopatek asi o polovinu, na samém začátku rozběhu však natočení lopatek nehraje velkou roli, protože zde rozhodují odpory v ložiscích rotoru.

O spouštění čerpadla rozhodují vzájemná konfigurace charakteristik potrubí a čerpadla závislost příkonu (momentu) čerpadla na průtoku a druh hnacího motoru (Melichar, 2007).

1.4.2 Zatěžování při rozběhu a doběhu čerpadla

Z klidového stavu do ustáleného provozního stavu se čerpací systém dostává spuštěním čerpadla, tedy rozběhem z nulových otáček $n = 0$ na $n = n_0$ a hydraulickým

zatěžováním z nulového průtoku $Q = 0$ na $Q = Q_0$. Do ustáleného pracovního bodu se může čerpací systém dostat třemi způsoby.

Prvním způsobem je rozbíhání na n_0 při $Q = 0$, tedy bez hydraulického zatížení. Měrná energie narůstá do své maximální hodnoty, následuje pozvolné otevírání potrubního řadu na výtlaku čerpadla z nulové hodnoty Q až na hodnotu Q_0 . Doba spouštění čerpadla je rozdělena na dvě části, obě tyto části mohou být řízeny samostatně, jak doba rozběhu čerpadla, tak i doba zatěžování čerpadla. Výhodné pro větší výkony.

Druhým způsobem je připojení obtokové větve potrubí, která je při rozběhu zcela otevřená. Rozběh čerpadla na n_0 a hydraulické zatížení čerpadla probíhají současně při snížené Y . Tedy rozběh a zatěžování probíhají při nejmenším momentu. Po dosažení n_0 se obtokové potrubí uzavírá.

Třetím způsobem je použit místo ventilu, který je použit v prvním případě, zpětnou klapku, z důvodu působení tlaku p ve výtlačném potrubí úměrnému Y_{st} . U tohoto způsobu odpadá regulování výtoky čerpadla, je vhodnější pro čerpadla menších výkonů. Zpětná klapka se začne otevírat až ve chvíli, kdy měrná energie čerpadla Y_c svou velikostí překoná Y_{st} . Aby tento stav nastal, je potřeba dosáhnout hodnoty $n = n'$, tedy otáček zániku průtoku. Hydraulické zatěžování čerpadla při rozběhu tedy tvá v rozmezí n' až n_0 . V některých případech může nastat situace, při které má potrubí nulovou hodnotu Y_{st} . V takovémto případě probíhá zatěžování po celou dobu spouštění čerpadla. Čím menší je Y_{st} , tím více se třetí způsob odklání od prvního.

Při vybírání jednoho z těchto tří způsobů je důležité dívat se na velikost a typ čerpadla, hnací motor a charakteristiky potrubí. Se znalostí těchto parametrů je možné vybrat způsob, který bude co nejméně zatěžovat rázy hnací i hydraulické části čerpadla.

Způsoby jedna a dva jsou si podobné v tom, že oba manipulují při spouštění čerpadla s hodnotou průtoku (Melichar, 2007).

2 TEORIE ŘÍZENÍ

Svět se stále snaží zefektivnit a ulehčit práci, za pomoci nových pracovních metod, které budou šetřit čas a peníze. Jednotlivé pracovní úkony musí být co nejkratší a nejjednodušší, aby vyžadovaly co nejméně lidských sil. Těchto parametrů je docilováno především oborem automatizace. K tomuto oboru dovedla lidstvo touha usnadnit si fyzickou práci, jakož i snaha vyhnout se rutinní a duševně náročné a vysilující práci. Činnost člověka přebírají automaty, počítače a prvky umělé inteligence. Tento složitý proces, při němž je lidská řídicí činnost nahrazována činností různých přístrojů a zařízení se nazývá automatizace. V průběhu let se automatizace vyvíjela, nejdříve se člověk začal osvobozovat od namáhavé a opakující se fyzické práce (mechanizace – např. přechod z ručního na strojní obrábění). Později s postupným vývojem techniky se začal osvobozovat i od řídicí duševně náročné práce (automatizace – např. přechod ze strojního obrábění s lidskou obsluhou na číslicově řízené obráběcí stroje). Následovalo vytváření automatizovaných řídicích systémů, které běží bez jakékoli účasti člověka na řízení nebo systémů, kde člověk do řízení zasahuje jen velmi málo (např. volí nebo potvrzuje další uplatňovaný způsob řízení).

Základem automatizace je řízení. Řízení je působení na řízený systém tak, aby se dosáhlo požadovaného výsledku. Podle toho, jak řízení provádíme, rozlišujeme řízení ruční a automatické. Typickým příkladem je řízení letadla člověkem a autopilotem. U automatického řízení rozlišujeme přímé řízení, řídicí proces probíhá bez přívodu energie (regulace výšky hladiny dána silou, kterou působí plovák plováku) a nepřímé řízení s přívodem energie (Švarc, 2002).

Důležitým hlediskem pro dělení řízení je, zda výsledek řízení je anebo není zpětně kontrolován, zda má řízení zpětnou vazbu. Podle toho rozlišujeme ovládání (dopředné řízení) a regulaci (zpětnovazební řízení).

Dopředné řízení je řízení bez zpětné kontroly (bez zpětné vazby). Řízení otevřeného obvodu, vychází se pouze z předem známých informací o řízeném objektu a nijak se nekontroluje skutečný stav.

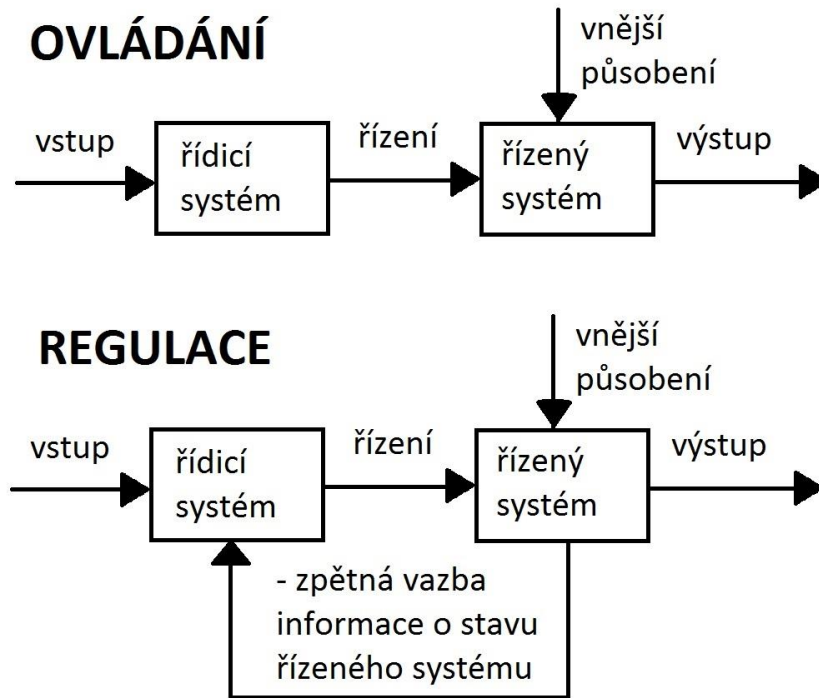
Možno použít tam, kde lze s jistotou tvrdit, že výstupní veličina řízeného systému bude přesně taková, jakou ji předpokládá řídicí systém – logické řízení (spínače, výtahy, semaforey), vztah mezi výstupem a vstupem řízeného systému je popsán logickými funkcemi.

Zpětnovazební řízení spočívá v udržování určité fyzikální veličiny na konstantní hodnotě nebo jinak podle nějakého pravidla se měnící hodnotě. Během regulace se zjišťují

hodnoty této veličiny a srovnávají se s hodnotou, kterou má mít. Podle zjištěných odchylek se zasahuje do regulačního procesu v tom smyslu, aby se odchylky odstranily (Kupka, 2015).

Některé nevýhody zpětnovazebního řízení:

- Regulační zásah začíná až ve chvíli, kdy vznikla nenulová regulační odchylka. Dokonalá regulace, kdy se regulovaná veličina neodchýlí od žádané hodnoty při změnách žádané hodnoty či poruchové veličiny, je tak v principu vyloučena.
- Zpětnovazební řízení samo o sobě neobsahuje prostředky pro kompenzaci známých či měřitelných poruchových vlivů.
- V některých situacích nelze regulovanou veličinu kontinuálně měřit, zpětnovazební řízení tak nelze vůbec realizovat.



Obr. 2.1 – Rozdíl mezi ovládáním a regulací

2.1 LOGICKÉ ŘÍZENÍ

Logické řízení je činnost, při níž se logickým obvodem zpracovávají informace o řízeném procesu, kterými se ovládají příslušná zařízení tak, aby se dosáhlo požadovaného cíle. Využívá se k řízení dvouhodnotových veličin. Působí tak, že jsou vždy jen dvě možnosti: motor běží / neběží, světlo svítí / nesvítí, atd. Podobně i informace o stavu objektu jsou

dvouhodnotové veličiny: hladina je nad / pod minimální hodnotou, půda je nad / pod hranicí vlhkosti, atd. Dvouhodnotové veličiny jsou vyjadřovány hodnotami 0 a 1. Jsou analogické s proměnnými výrokové logiky, a proto jsou vztahy mezi proměnnými nazývány logické funkce a řídicí obvody pracující na tomto principu jsou logické řídicí obvody (Švarc, 2002).

2.2.1 Logické funkce

Logické veličiny nebo logické proměnné mohou nabývat konečného počtu hodnot. Na těchto proměnných je založena logická algebra, soustava pravidel, která určuje popis vztahů mezi logickými proměnnými. Tato pravidla popisují nejčastěji logické operace, tedy vlastní úkony logické algebry. Zvláštním druhem logických proměnných jsou dvouhodnotové proměnné. Tyto veličiny, mohou nabývat pouze dvou hodnot, nejčastěji se tyto hodnoty označují jako 0 a 1. To jsou také nejčastěji se vyskytující logické veličiny v technice: napětí není – napětí je, motor neběží – motor běží, atd.

Logická algebra, založená na dvouhodnotových veličinách se také nazývá Booleova algebra, ta používá tři základní funkce a to negaci, konjunkci a disjunkci. Základním požadavkem Boolovy algebry je každou logickou funkci minimalizovat, tedy vyjádřit ji co možná nejjednodušeji, nejmenším možným počtem základních logických funkcí. Tímto je docíleno jednodušší realizace, je spotřebováno méně prvků, proto je realizace úspornější. Funkce jedné proměnné a funkce více proměnných

$$y = f(x), \quad (2.1)$$

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.2)$$

kde f – logická funkce,
 x – nezávislá logická proměnná vstupu,
 y – výsledná logická proměnná.

Nejjednodušším případem jsou logické funkce jedné proměnné. V podstatě existují čtyři, avšak praktický význam má pouze jedna funkce z těchto čtyř a to negace, která patří k nedůležitějším logickým funkcím. Negace má vždy opačnou hodnotu na y než na x

Funkce dvou a více proměnných. Je jich šestnáct, stejně jako u funkcí jedné proměnné nejsou všechny běžně používány. Podrobnější popis těchto funkcí, které se běžně používají, je u logických hradel, která tyto funkce realizují (Švarc, 2002).

- OR
- NOR

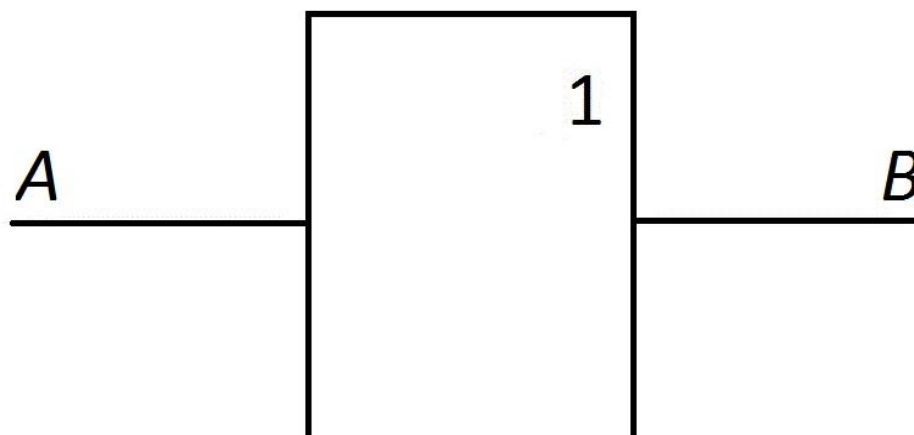
- AND
- NAND
- XOR

2.2.2 Hradlová logika

Řídicí software jsem vytvořil ve vývojovém prostředí FBD, jako soustavu za sebou propojených bloků převážně logických hradel a RS klopných obvodů, proto věnuji v této části pozornost jejich rozdělení a funkci. Logické hradlo je základním stavebním kamenem logických obvodů, provádí logickou operaci. Běžně má každé hradlo několik vstupů a jediný výstup. Výstupní hodnota je dána jednou ze základních logických operací, kterou dané hradlo provádí. Malým kolečkem se označuje negace (překlopí z 1 do 0) vstupu či výstupu (Jančík, 2013).

NOT

Nejjednodušší z hradel, toto hradlo obrátí logickou hodnotu vstupu. Je-li vstup neaktivní (log. 0), pak na výstupu bude aktivní (log. 1), a je-li vstup aktivní, pak bude výstup neaktivní.



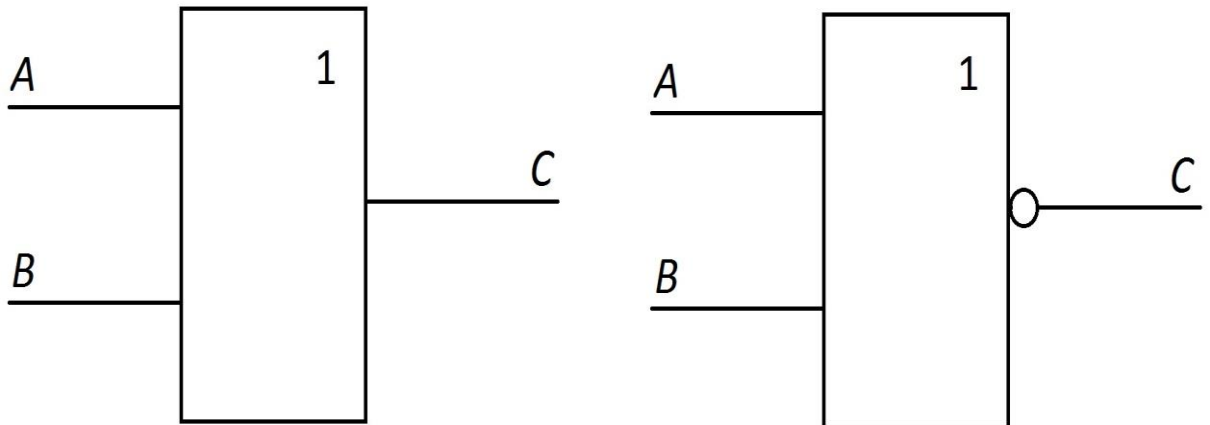
Obr. 2.2 – Schematická značka hradla NOT

Tab. 2.1 – Pravdivostní tabulka hradla NOT

Vstup	Výstup
0	1
1	0

OR, NOR

Hradlo OR má aktivní výstup, právě tehdy je-li aktivní alespoň jeden vstup. Výstup je neaktivní, právě tehdy jsou-li všechny vstupy neaktivní. Hradlo NOR je hradlo OR s negovaným výstupem, tedy výstup je aktivní, pokud jsou všechny vstupy neaktivní, pokud je alespoň jeden vstup aktivní, pak je výstup neaktivní.



Obr. 2.3 – Schematické značky hradel OR a NOR

Tab. 2.2 – Pravdivostní tabulka hradel OR a NOR

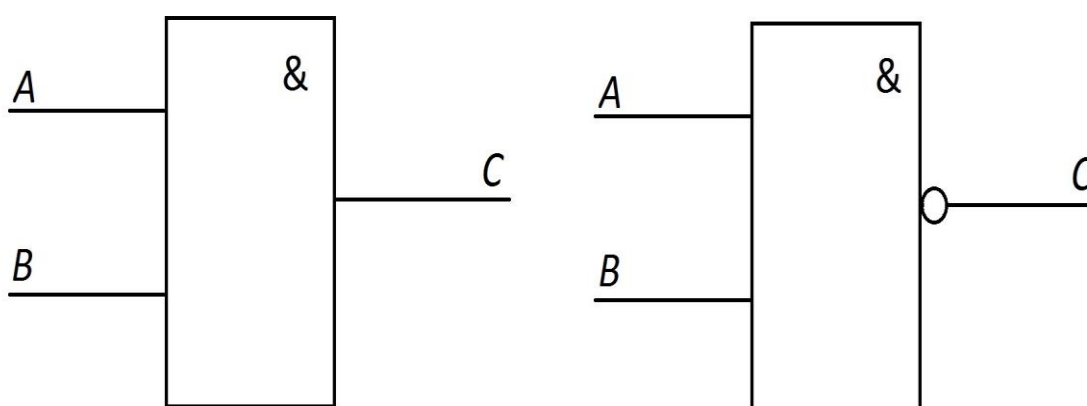
OR			NOR		
Vstup A	Vstup B	Výstup C	Vstup B	Vstup A	Výstup C
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

AND, NAND

Hradlo AND má aktivní výstup, jsou-li všechny vstupy aktivní a neaktivní výstup pokud je alespoň jeden vstup neaktivní. Hradlo NAND je hradlo AND s negovaným výstupem a má aktivní výstup, je-li alespoň jeden vstup neaktivní, jsou-li všechny vstupy aktivní, je výstup neaktivní.

Tab. 2.3 – Pravdivostní tabulka hradel AND a NAND

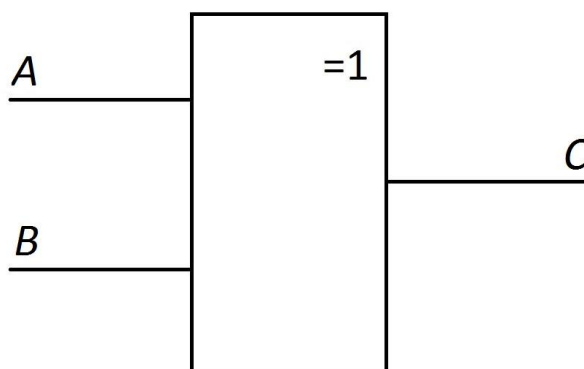
AND			NAND		
Vstup <i>A</i>	Vstup <i>B</i>	Výstup <i>C</i>	Vstup <i>B</i>	Vstup <i>A</i>	Výstup <i>C</i>
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1



Obr. 2.4 – Schematické značky hradel AND a NAND

XOR

Hradlo XOR má aktivní výstup, pokud vstupy nabývají rozdílných hodnot, je-li jeden vstup aktivní a druhý neaktivní. Pokud oba vstupy nabývají stejné hodnoty, jsou-li oba neaktivní nebo oba aktivní, je výstup neaktivní.



Obr. 2.5 – Schematická značka hradla XOR

Tab. 2.4 – Pravdivostní tabulka hradla XOR

Vstup <i>A</i>	Vstup <i>B</i>	Výstup
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

2.2 KLOPNÉ OBVODY

Klopné obvody jsou elektrické obvody skládající se většinou z několika hradel. Jejich výstup může nabývat dvou odlišných stavů, podobně jako logická hradla. Dělí se na AKO, MKO, BKO a Schmittův klopný obvod.

AKO nemá stabilní stav, neustále osciluje (kmitá) mezi oběma stavy, rychlost oscilace závisí na nastavení časové konstanty.

MKO má jeden stabilní stav, ve kterém setrvává většinu času a jeden nestabilní, do tohoto stavu je možné obvod překlopit vstupním impulzem, obvod setrvá stanovený čas v tomto stavu a po uběhnutí tohoto času se vrátí zpět do stabilního stavu. Tento obvod se používá například jako zpožďovací prvek.

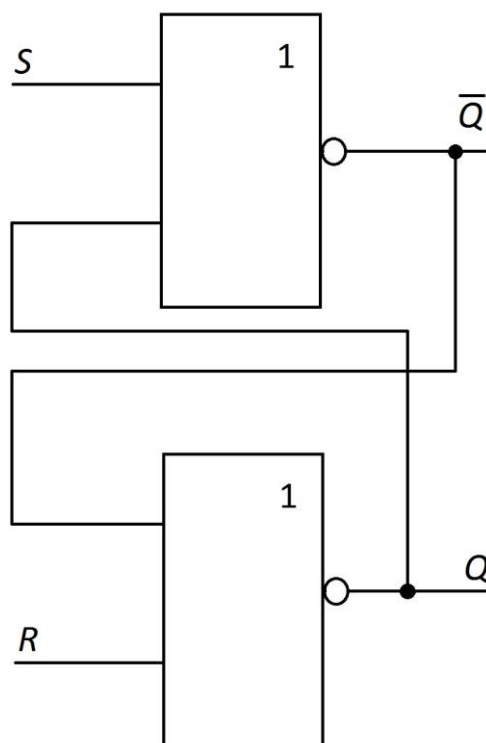
Schmittův klopný obvod slouží k úpravě tvaru signálu. Jeho významná vlastnost je hystereze, určité pásmo necitlivosti, které zabraňuje častému překlápění stavů. Využívá se například při regulaci teploty, kdy by se topení neustále zapínalo a vypínalo při dosažení žádané teploty.

BKO má dva stabilní stavy, vždy se nachází v jednom z nich. Mezi těmito stavy lze libovolně přepínat pomocí vstupních signálů, zvolený stav na výstupu zůstává celou dobu až do doby než je vstupními signály znovu přepnut. Jedná se o jednoduchý paměťový prvek s nejmenší kapacitou, tedy jeden bit. Patří sem obvody typu RS, JK, D, T. Ve svém programu používám RS klopný obvod, proto přiblížím jeho činnost.

RS

Je základním a nejjednodušším klopným obvodem, skládá se ze dvou hradel (většinou hradla NOR, avšak je možné použít i hradla NAND, toto zapojení si žádá negaci vstupů hradla), která jsou zapojena se zpětnou vazbou (výstup prvního hradla je přiveden na jeden ze vstupů druhého hradla a výstup druhého hradla je přiveden na jeden ze vstupů prvního hradla, jak je vidět na obr. 2.6).

Vstupy jsou označeny jako set (S) a reset (R). Logická 1 přivedená na vstup S nastaví výstup Q do logické 1. Je-li logická 1 přivedena na vstup R je nastaven výstup Q do logické 0. Logická 0 na vstupech, ať už na S nebo na R , nemění hodnotu výstupu. Logická 1 na obou vstupech vede na takzvaný zakázaný stav, v praxi se tento případ dá řešit. V programu Zelio Soft 2 je možné nastavit, který ze vstupů má prioritu, tedy která operace se provede, pokud bude logická 1 na obou vstupech (Jančík, 2013).



Obr. 2.6 – RS klopný obvod realizovaný hradly NOR

Tab. 2.5 – Tabulka přechodů RS klopného obvodu

Q počáteční	S	R	Q výsledné
0	0	0	0
0	1	0	1
0	0	1	0
0	1	1	Zakázaný stav
1	0	0	1
1	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	Zakázaný stav

2.3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelné automaty, neboli PLC (Programovatelný Logický Kontrolér), programovatelné řídicí systémy učené k řízení průmyslových a technologických systémů a procesů. Starší a menší typy PLC byly zaměřeny především na úlohy logického řízení. První PLC se v automatizaci začaly používat kolem roku 1970. Jejich první využití bylo pro řízení strojů, jako náhrada za reléovou logiku. Postupně se staly komplexnějšími a dnes je možné se s nimi setkat v nejrůznějších oborech. Nejen v tradiční strojírenské výrobní technologii včetně manipulační a dopravní techniky, ale i energetice (regulace v elektrárnách, v kotelnách). Uplatnění najdou rovněž i v chemických výrobních, farmacii, v zemědělských výrobních, atd.

Výhodou PLC je univerzálnost jejich použití, dávno již neslouží pouze k řešení logických úloh, a řízení spojitých veličin již není pouze záležitostí spojitých PID regulátorů. Řídicím programem lze řešit i obtížné úlohy, například takové, u kterých dochází k vzájemnému ovlivnění různých regulovaných veličin, slouží také k optimalizaci technologického procesu. Některé PLC pracují také s fuzzy logikou (logické výroky ohodnocují mírou pravdivosti, může operovat se všemi hodnotami z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$), tím se rozšiřuje škála možného použití PLC, například pro diagnostiku a bezpečnostní techniku.

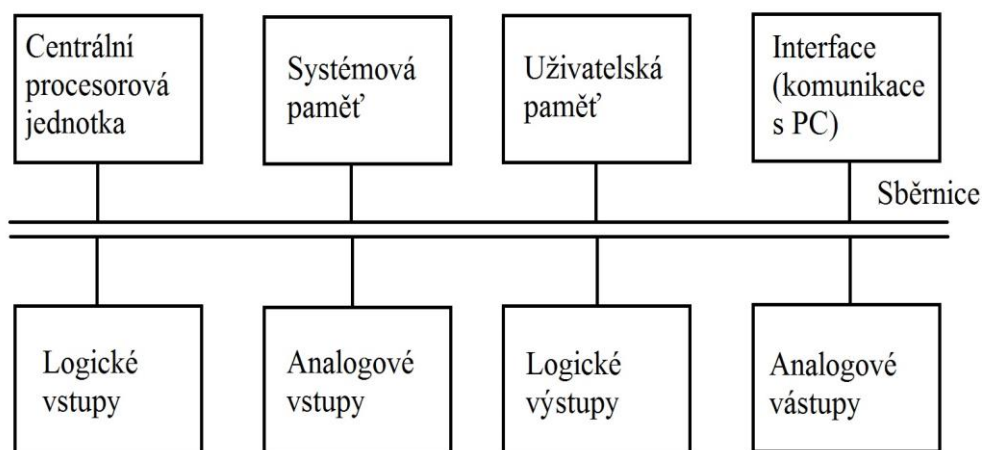
Blokové schéma PLC na obr. 2.7 znázorňuje vnitřní strukturu automatu. Funkční bloky jsou zde propojeny prostřednictvím sběrnice. Běžná struktura se skládá z těchto bloků: centrální procesorová jednotka, systémová paměť, uživatelská paměť, interface propojení s PC a množství analogových a binárních (logických) vstupů a výstupů. Uživatel si skutečnou sestavu volí tak, aby vyhovovala co nejlépe řešené úloze. Pokud bude řešit úlohu, ve které bude použito pouze logické řízení, bude pro takovou úlohu stačit PLC s pouze binárními vstupy a výstupy, je tedy pouze logickým systémem. Může být však také sestaven pouze jako analogový systém.

Na binární vstupy se mohou připojovat tlačítka, přepínače, snímače s dvouhodnotovým charakterem signálu (dvouhodnotové snímače tlaku, teploty nebo hladiny). Binární výstupy jsou určeny k buzení cívek relé, stykačů, elektromagnetických spojek, pneumatických a hydraulických převodníků, k ovládání signálů, ale i ke stupňovitému řízení pohonů a frekvenčních měničů.

Analogové vstupy a výstupy slouží k manipulaci se spojitými veličinami. K analogovým vstupům lze připojit například snímače teploty (obvykle odporové, polovodičové nebo termočlánky), snímače tlaku, vlhkosti, hladiny, ale i většinu inteligentních přístrojů s analogovými výstupy. S pomocí analogových výstupů lze ovládat spojitě

servopohony a frekvenční měniče, ale třeba i ručičkové měřicí přístroje a jiné spojitě ovládané akční členy.

Centrální procesorová jednotka PLC slouží k realizaci souboru instrukcí a systémových služeb, zajišťuje také základní komunikační funkce, s nadřazeným systémem a s programovacím přístrojem. Obsahuje mikroprocesor a řadič, který je zaměřený na rychlé provádění instrukcí.



Obr. 2.7 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC

Paměťový prostor PLC je rozdělen na dvě části, je rozdělován centrální procesorovou jednotkou. První část je systémová paměť, ve které jsou uloženy uživatelské registry, čítače a časovače, komunikační, časové a jiné systémové proměnné. Druhá část je určena pro uložení uživatelského programu (řídícího programu) a během vykonávání programu se nemění. Tato část paměťového prostoru se nazývá uživatelská paměť.

Jelikož prvním účelem PLC byla realizace logických úloh neboli náhrada za pevnou logiku, obsahuje každé PLC sadu instrukcí pro zpracování základních logických operací (operace logického součtu a součinu, negace, dále také instrukce pro realizaci paměťových funkcí a klopných obvodů např. RS, pro zápis výsledku nebo mezivýsledku na adresované místo). V souboru instrukcí PLC se dále nachází instrukce pro aritmetiku a operace s čísly.

PLC mohou také poskytovat velmi výkonné instrukce pro komplexní operace, nebo instrukce pro realizaci regulátorů a jejich automatického seřizování, pro fuzzy logiku a fuzzy

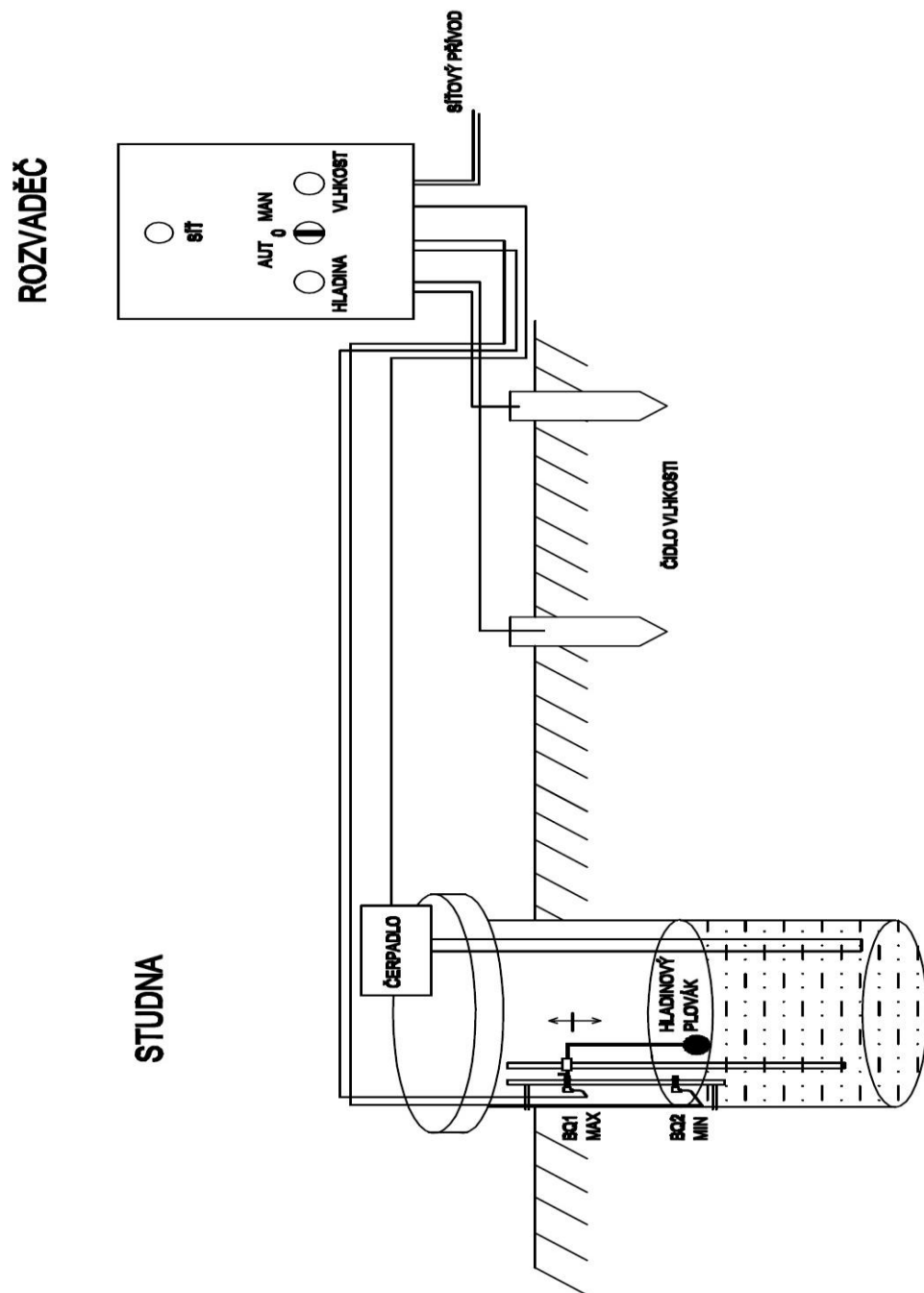
regulaci, pro operace s daty a datovými strukturami, pro realizaci ucelených funkčních bloků apod. Tyto specializované instrukce usnadňují a zrychlují programování (nabízejí již hotové bloky provádějící danou funkci) a současně zvyšují výkon PLC.

K programování PLC existují specializovaná vývojová prostředí, původně navržené pro realizaci logických funkcí. Prostředí LD a FBD budou důkladněji popsána v pododdíle ZelioSoft2, tento software byl použit k realizaci řídicího programu v praktické části. Jednotlivá prostředí u různých výrobců si jsou podobná, nikoliv však stejná. Z tohoto důvodu není možná přenositelnost řídicího programu mezi PLC různých výrobců. Ta je možná pouze u PLC stejného výrobce (Švarc, 2002).

- Vývojové prostředí mnemokódů je obdobou assembleru u počítačů a je také strojově orientován. To znamená, že každé instrukci PLC systému odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka. Tyto jazyky jsou často používané, zejména profesionálními programátory.
- Vývojové prostředí kontakt plán (LD) je grafický. Program se zobrazuje ve formě schémat používaných při práci s reléovými a kontaktními prvky. Jazyk je výhodný při programování nejjednodušších logických operací a v případech, kdy s ním pracují lidé, kteří neznají tradiční počítačové programování.
- Vývojové prostředí logických schémat (LBD) je opět grafický. Základní logické operace popisuje funkčními bloky. Vychází vstříc uživatelům, zvyklým na kreslení logických schémat.
- Vývojové prostředí strukturovaného textu je obdobou vyšších programovacích jazyků pro PC (např. Pascalu nebo C). Umožňuje úsporný a názorný zápis algoritmů.

3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Vytvořený systém automatického chodu čerpadla se skládá z několika částí, z nichž každá bude zajišťovat určitou funkci. Jak je vidět na obr. 3.1 (rozložení systému). Ve studni jsou umístěny dva indukční proximity (přítomnostní) snímače, čerpadlo je umístěno na studni (nad hladinou čerpané kapaliny), vodivostní čidlo je zasunuto v půdě a rozvaděčová skříň je umístěna v zahradním přístřešku vedle studny a je propojena se snímači i čerpadlem.



Obr. 3.1 – Rozložení systému

PLC, jakožto součást rozvaděče, je mozkiem celého systému. Jeho úkolem bude vyhodnocovat příchozí vstupní signály ze snímačů a přepínače, generovat časový signál, během kterého se bude zavlažovat a jeho řídicí program bude tyto údaje vyhodnocovat a na jejich základě ovládat čerpadlo.

Systém je vybaven i přepínačem chodů. Ten slouží k přepínání mezi ručním čerpáním a automatickým chodem. PLC je naprogramováno, aby signál z přepínače v poloze ručního čerpání vyhodnotil podmínky zahájení čerpání (signály ze snímačů) a čerpal celou dobu, kterou setrvává přepínač v této poloze. Naproti tomu v poloze automatického chodu čeká PLC vždy na příchod reálného časového signálu, během kterého se čerpá.

Snímače umístěné ve studni slouží ke zjištění výšky hladiny. Snímač BQ1 bude sledovat horní hladinu – minimální množství vody ve studni, při kterém má smysl čerpat. Snímač BQ2 bude sledovat spodní hladinu, tato hladina je určena začátkem sacího potrubí, úroveň hladin při které dojde k zastavení čerpadla, aby nedošlo k jeho zavzdušnění a následnému zadření. Těmito snímači bude tedy stanovena hodnota spodní a horní hladiny.

Zjištění horní hladiny bude důležité pro systém pouze při jeho startu, proto PLC pracuje s údajem o horní hladině pouze právě při startu čerpání. Snímač horní hladiny je do systému umístěn z důvodu zefektivnění čerpacího systému (nemá cenu, aby pět minut po začátku čerpání došla voda). Pokud bude dostatek vody při aktivaci hodinového signálu, čerpadlo bude spuštěno. Následný pokles hladiny během čerpání pod horní hladinu již systém nijak nevyhodnocuje a čerpá do konce časového signálu (v automatickém režimu).

Naproti tomu úroveň spodní hladiny vyhodnocuje systém během celé doby svého chodu. Tímto snímačem je zajišťována bezpečnost čerpání. Dojde-li během čerpání k poklesu vody ve studni pod spodní hladinu, PLC vypne čerpadlo. PLC spustí čerpadlo znovu až s příchodem nového časového signálu. Toto omezení slouží také k zajištění bezpečného provozu čerpadla; časté vypínání a zapínání může vést k poškození čerpadla.

Snímače nebudou ve studni umístěny přímo v úrovni vodní hladiny, ale budou umístěny v horní části. Poloha výšky hladiny bude převáděna na polohu praporek (z elektricky vodivého materiálu), na který budou snímače reagovat. Převádění výšky hladiny na výšku praporek bude zajišťovat pohyblivá tyč, uchycená ve zdi a připevněná k hladinovému plováku.

V případě dostatečného množství vody bude praporek v pozici horního snímače, ten má v takovémto stavu aktivní výstup, spodní čidlo bude mít výstup naopak neaktivní. S klesající vodní hladinou bude klesat i praporek. Spodní čidlo se aktivuje v případě, že praporek klesne k jeho pozici.

Při tvorbě řídicího programu pro PLC bude nutné dbát na správné použití logických úrovní signálů. Je-li dostatek vody pro spuštění čerpání, vrchní snímač má aktivní výstup a spodní neaktivní. Čerpadlo běží, hladina vody klesne pod horní úroveň, ale neklesne pod spodní, oba snímače mají neaktivní výstup, čerpadlo může dál čerpat. Voda klesne pod spodní hladinu, horní snímač má neaktivní výstup, spodní má výstup aktivní – čerpadlo je zastaveno.

Snímání vlhkosti půdy, značený BQ3, zefektivní chod čerpacího systému, např. v deštivých dnech bude šetřeno s vodou. Tento snímač vlastní konstrukce (10 VDC zdroj se dvěma elektrodami), zjišťuje vlhkost pomocí měření vodivosti půdy. Čím je půda vlhčí, tím větší bude napětí mezi elektrodami. Na vstup PLC bude přiváděn analogový signál, který musí být zpracován řídicím programem.

Celý systém je napájen ze sítě, přes rozvaděč.

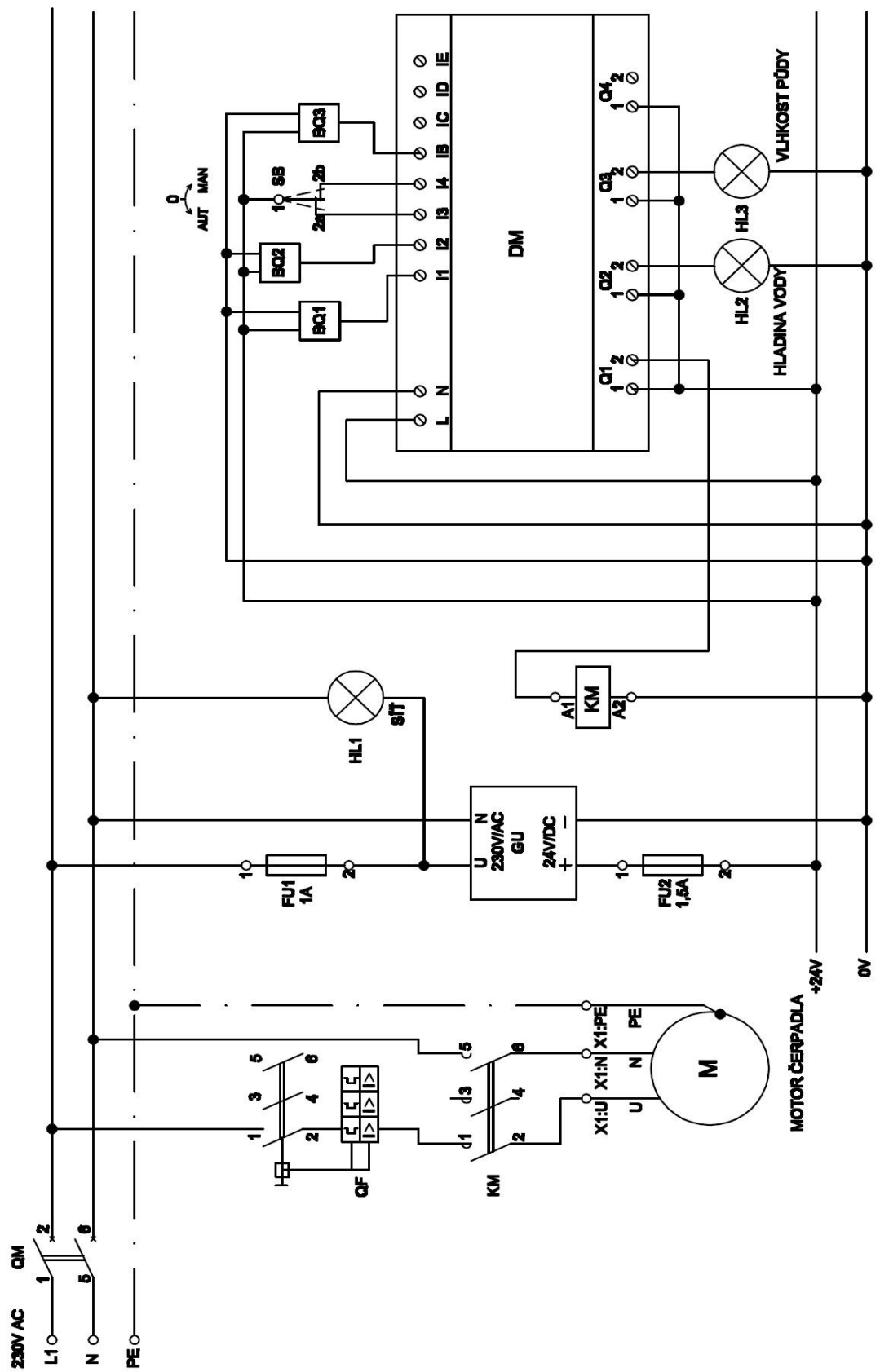
3.1 POUŽITÝ HARDWARE

V tomto oddílu budou popsány všechny komponenty, použité při realizaci automatického zavlažovacího systému. Bude popsána jejich funkce, úloha v systému a také jejich propojení se zbylými komponenty systému.

Jednotlivé komponenty jsou propojeny vodiči, ty mají podle úrovně U různě barevné izolace a pomocí žlutých popisovacích dutinek je vždy popsáno, které dva kontakty jsou vodičem propojeny. Vodiče světle modré barvy jsou určeny pro U 230 VAC nulový vodič N, černé barvy jsou určeny pro U 230 VAC Fáze L1 a tmavě modré barvy jsou určeny pro U 24 VDC.

Systém je uložený v rozvaděčové skříni typu Thalasa PLM s rozměry: výška 300 mm, šířka 250 mm a hloubka 160 mm. Zapojení rozvaděče je zakresleno ve schématu obr. 3.2. Většina komponent (automat, zdroj, svorky, atd.) je usazena ve skříni na nerezové desce, osazené dvěma lištami DIN.

Systém byl původně navrhován pro řízení třífázového čerpadla, nakonec bude použit pro čerpadlo jednofázové. Snadným rozšířením systému o několik svorek a propojení nevyužitých kontaktů u spouštěče, stykače a vypínače, by systém šel použit i pro třífázové čerpadlo.



Obr. 3.2 – Schéma zapojení rozvaděče

PLC

PLC použitý v rozvaděči je inteligentní relé Zelio typu SR2B121BD, který má 8 vstupů, 4 digitální (24 V) vstupy a 4 kombinované (10 V) vstupy (tyto vstupy jsou použity jako vstupy binární i analogové), 4 spínané (24 V) výstupy, displej a zdroj hodinového signálu reálného času, ve schématu je PLC značen DM. Je umístěn v rozvaděčové skříni na horní DIN liště. PLC slouží v systému k provádění řídicího programu (vytvořeného v programovacím prostředí ZelioSoft2), tedy k vyhodnocování vstupních signálů ze snímačů, přepínače a generování časového signálu, pro který je definován automatický nebo ruční chod čerpadla. Automat tyto signály vyhodnotí a provede některou z naprogramovaných činností, sepne přes stykač motor čerpadla nebo rozsvítí jednu z varovných signálek (málo vody ve studni, vlhká půda).



Obr. 3.3 – Zelio SR2B121BD

Napájení automatu zajišťuje spínaný stejnosměrný stabilizovaný zdroj 24 V / 1,3 A. Je využito šest z osmi vstupů automatu, všechny čtyři digitální vstupy, na které jsou přivedeny dva indukční snímače, které budou zajišťovat množství vody ve studni (detektory přítomnosti), a dva kontakty přepínače, kde každý z nich znázorňuje jeden ze dvou stavů (automatický chod čerpadla, ruční spouštění čerpadla). Na jeden analogový vstup je přiveden snímač vlhkosti, který měří vlhkost pomocí vodivosti půdy (mezi dvěma elektrodami); vyhodnocení tohoto analogového signálu bude zajištěno programově. Na druhý analogový vstup bude přivedena hodnota určená k porovnání s hodnotou snímače vlhkosti. Využity jsou tři výstupy automatu, první výstup přes stykač ovládá chod čerpadla, druhý a třetí výstup slouží ke spínání varovných červených signálek; tyto signálky slouží k upozornění, že je půda příliš vlhká a tedy je čerpání zbytečné nebo je ve studni málo vody, a proto není čerpání

možné. V obou těchto případech v automatickém režimu nedochází ke spuštění čerpadla. Nejsou využity všechny vstupy a výstupy, je tedy možné v budoucnu systém ještě rozšířit.

Zdroj



Obr. 3.4 – Spínaný stabilizovaný zdroj AXSP3P01

Použitý spínaný stabilizovaný zdroj je typu AXSP3P01 230 V / 24 V / 1,3 A, převádí střídavé síťové napětí U 230 VAC na stejnosměrné U 24 VDC, ve schématu značen GU. Je umístěn v rozvaděčové skříni na horní DIN liště. Slouží k napájení automatu, snímačů, přepínače a varovných signálů. Tento zdroj je k síti připojen přes pojistku, další pojistka je i na jeho 24 V výstupu. Napájení snímačů, přepínače a signálů je v rozvaděči řešeno přes pomocné svorky.

Stykač



Obr. 3.5 – Stykač LC1D09BL

Stykač je třífázový, typu LC1D09BL s vestavěným odrušovacím modulem, se sníženou spotřebou 2,4 W, ovládaný cívkou 24 VDC s kontakty cívky A1, A2, na kterou je připojen první výstup automatu, určený k ovládnání motoru čerpadla. Ve schématu je stykač značen jako KM. Využity jsou pouze dva kontakty, fáze značena ve schématu L1 230 VAC a nulový vodič značený ve schématu N. Slouží ke spínání motoru čerpadla.

Spouštěč motoru

Motorový spouštěč typu GZE08 je třífázový s nastavitelným proudem motoru čerpadla od 2,5 A do 4 A, ve schématu značený QF. Je umístěn v rozvaděčové skříni na horní DIN liště. Funkce motorového spouštěče je v ochraně motoru čerpadla před přetížením. Je využit pouze jeden kontakt fáze L1 230 VAC.



Obr. 3.6 – Motorový spouštěč GZE08

Snímače

Snímače použité pro sledování výšky hladiny ve studni jsou indukční proximity snímače typu M18, s napájením od 12 VDC do 48 VDC, detekce přítomnosti do vzdálenosti 8 mm. Jak je popsáno výše, s jejich pomocí budou ve studni definovány horní a dolní hladina. Sledování těchto dvou hladin a vyhodnocování jejich stavu zajistí bezpečný a efektivní chod čerpadla. Snímač horní hladiny je připojen přes svorky na první vstup PLC. Snímač spodní hladiny je připojen na druhý vstup PLC.

Cívka snímače generuje magnetické pole, toto pole vystupuje ze snímače, vyskytuje-li se v blízkosti snímače kovový (elektricky vodivý) předmět dojde k deformaci magnetického pole, v důsledku indukování vířivých proudů v kovovém praporku. Velmi odolné snímače, odolné vůči prachu, vlhkosti, proto jsou vhodně pro použití ve studni.

Snímač vlhkosti půdy bude řešen vlastním návrhem, který se bude sestávat ze dvou elektrod vložených do půdy. Tyto elektrody budou připojeny na 10 VDC zdroj, vlhkost bude na základě experimentu (každá půda může mít jiné vodivostní vlastnosti, bude potřebná tedy kalibrace) určena rozdílem napětí mezi elektrodami v suché půdě (0 V) a elektrodami ve vodě (10 V). Tento senzor (elektrody a zdroj) bude řešen mimo rozvaděč, ze svorek na rozvaděči povede napětí pro 10 V zdroj a do rozvaděče bude přiváděn analogový signál s hodnotou aktuální vodivosti půdy. Tento analogový signál bude zpracováván řídicím programem. Pro jeho zpracování bude nutné přivedení druhého analogového signálu, který bude předem nastavený a neměnný. Tento signál bude určovat vodivost, při které považujeme danou půdu za vlhkou.

Vypínač

Použitý vypínač 3 P / 20 A, typu VBF01, s černou pákou, ve schématu značen QM. Je umístěn na boční straně rozvaděčové skříně. Na tento vypínač je přivedeno síťové napětí, které je z něj dál rozvedeno do zbytku rozvaděče, na zdroj 24 VDC a napájení motoru čerpadla. Slouží k odpojení celého systému od U . Za tento vypínač je připojena bílá signálka, která slouží k signalizaci, zda je systém pod U nebo není.

Přepínač

Použitý přepínač je typu ZB5AD3, třípolohový se dvěma rozpínacími kontakty. Přepínač je umístěn uprostřed dveřního panelu rozvaděčové skříně. Prostřední poloha je neaktivní, přepnutí do levé polohy aktivuje funkci automatického chodu čerpadla (vyhodnocování signálů ze snímačů a časového signálu), přepnutí do pravé polohy aktivuje ruční spuštění čerpadla (i zde se vyhodnocují signály ze snímačů, jen není potřeba časový signál; čerpá se po celou dobu, kterou setrvává přepínač v pravé poloze). Rozpínací kontakty jsou v prostřední poloze oba aktivní, přepnutí do jedné z poloh rozepne patřičný kontakt, ten se stane neaktivním, automat tedy musí reagovat na logickou nulu (řešeno řídicím programem).

Signálky

Použité červené signálky jsou typu XB5AVB4, LED 24 VDC. Jsou použity dvě a umístěny každá z jedné strany přepínače na dveřním panelu rozvaděčové skříně. Pravá signálka je připojena na třetí výstup automatu a signalizuje, že čerpadlo není v provozu z důvodu příliš vlhké půdy (je zbytečné zalévat). Levá signálka je připojena na druhý výstup automatu a signalizuje, že čerpadlo není v provozu, protože ve studni není dostatek vody (mohlo by dojít k zavzdušnění čerpadla a jeho následnému zadření).

Použitá bílá signálka je typu XB5AVB41, žárovka 230 VAC. Tato signálka je umístěna na dveřním panelu rozvaděčové skříně nad přepínačem, je připojena za vypínač a signalizuje, zda je systém pod U . Pokud by byla nutná manipulace se systémem (rozšíření systému o další snímač nebo rozšíření pro třífázový motor), je potřeba systém vypínačem odpojit od U , signálka poskytuje kontrolu, zda k odpojení došlo.

Pojistky

Přístrojové trubičkové pojistky, první pojistka je značena ve schématu FU1 1 A, chrání stabilizovaný zdroj 24 VDC na straně přívodu ze sítě 230 VAC. Druhá pojistka je značena ve schématu FU2 1,5 A, je na straně výstupu 24 VDC. Nacházejí se na spodní liště DIN.

Svorky

Svorky typu Wieland jsou umístěny v rozvaděčové skříně na spodní liště DIN. Svorky jsou využity v celém systému pro snadnější a přehlednější propojování jednotlivého hardwaru. Rozděleny jsou do 4 částí pojmenovaných X0 až X3. Část X0 slouží k přivedení AC síťového U na vypínač, část X1 slouží k propojení čerpadla se stykačem. Část X2 je vyhrazena pro napájení snímačů a připojení jejich výstupů na vstupy automatu, část X3 byla přidána pro snadnější a přehlednější připojení napájecího DC U signálkám a přepínači.

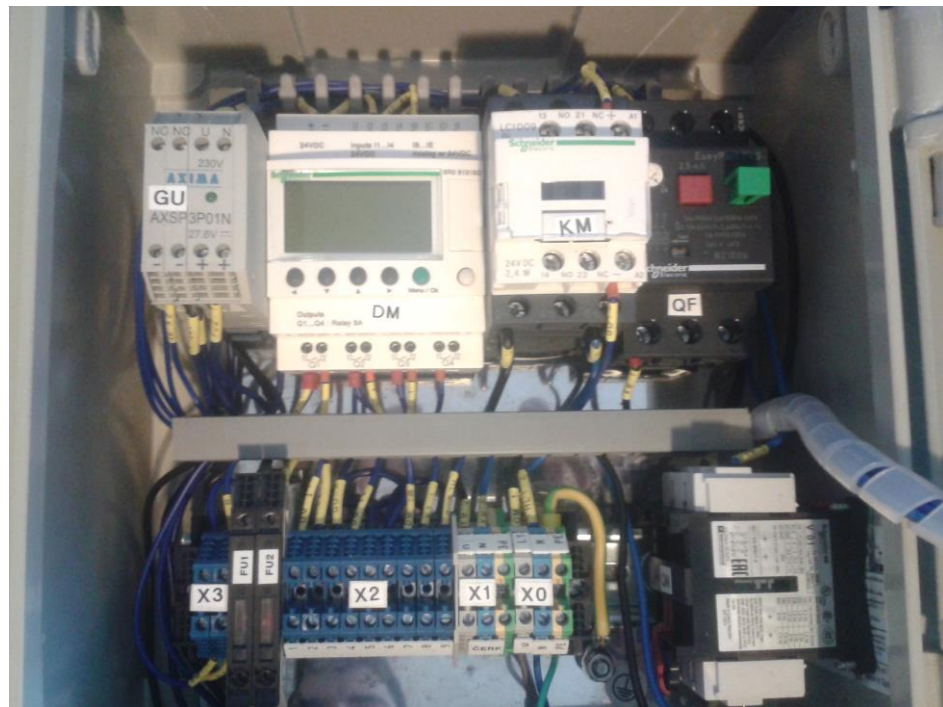
Čerpadlo

Použité čerpadlo je značky Gardena, typu 3000 / 4, jednofázové 230 VAC. Díky většímu sacímu výkonu a tlaku je toto čerpadlo ideální pro zavlažování, zvyšování tlaku nebo k přečerpávání, či vyčerpávání vody z vodovodu, dešťové vody nebo chlorované vody z bazénu. Čerpadlo je umístěno nad hladinou, hrozí u něj tedy zavzdušnění (a následné zadření při spuštění) během čerpací přestávky. Na konci sacího potrubí se nachází sací koš se zpětnou klapkou, díky které k zavzdušňování nedochází. K zavzdušnění proto může dojít pouze z výtlačné strany, avšak z vlastních zkušeností s provozem tohoto čerpadla vím, že k němu nedochází, je-li čerpadlo alespoň jednou denně v provozu (řídící program je vytvořen tak aby se čerpalo 2x denně), proto není potřeba čerpadlo při automatickém chodu odvzdušňovat. V případě ručního čerpání nebo delší pauzy mezi čerpáními (půda bude delší dobu vlhká po vytrvalém dešti) je možno čerpadlo odvzdušnit pomocí nálevky a plnicího otvoru.

Kabel

Pro naprogramování PLC (nahrání řídicího programu z PC do PLC) je potřebný kabel SR2USB01. Tento kabel je určen pro použití s programem ZelioSoft2. Tento program je dostupný zdarma, kabel stojí asi 2 000 Kč. Program samotný nelze bez sběrnice použít, zakoupením sběrnice je v podstatě zaplacen i program Zelio.

Zapojení rozvaděče by mělo být zřejmé ze schématu obr. 3.2 a fotografie zapojeného rozvaděče obr. 3.7.



Obr. 3.7 – Zapojený rozvaděč

3.2 SOFTWARE

3.2.1 ZelioSoft2

Programovací prostředí Zelio Soft je určeno k návrhu aplikace pro malý řídicí systém Zelio Logic. Umožňuje snadný a rychlý návrh díky přehlednému grafickému prostředí.

Profesionální software Zelio Soft je k dispozici zdarma a v českém jazyce. Díky kvalitní simulaci většiny funkcí poskytuje všem jedinečnou možnost naučit se programovat malý řídicí systém Zelio Logic bez nutnosti zakoupení samotného přístroje.

Lze využít jednoho ze tří programovacích jazyků, které jsou definovány normou IEC 61131-3, a to jsou LD, FBD, SFC. Prostředí Zelio Soft poskytuje vysoký uživatelský komfort a díky intuitivnímu ovládní je vhodné i pro začátečníky.

Výhody:

- Intuitivní ovládní
- Velké množství funkčních bloků (usnadnění tvorby aplikace)
- 3 programovací jazyky (LD, SFC, FBD)

LD

Základní programovací prostředek pro většinu PLC, tedy i pro ty, které nejsou definované normou IEC 61131-3. Grafické prostředí, kde jsou bitové operace prováděny pomocí posloupnosti vzájemně propojených ovládacích a výstupních kontaktů relé. Složitější příkazy a funkce typu čítač, časovač, přesun dat či aritmetické operace jsou vkládány v podobě bloků s vývody.

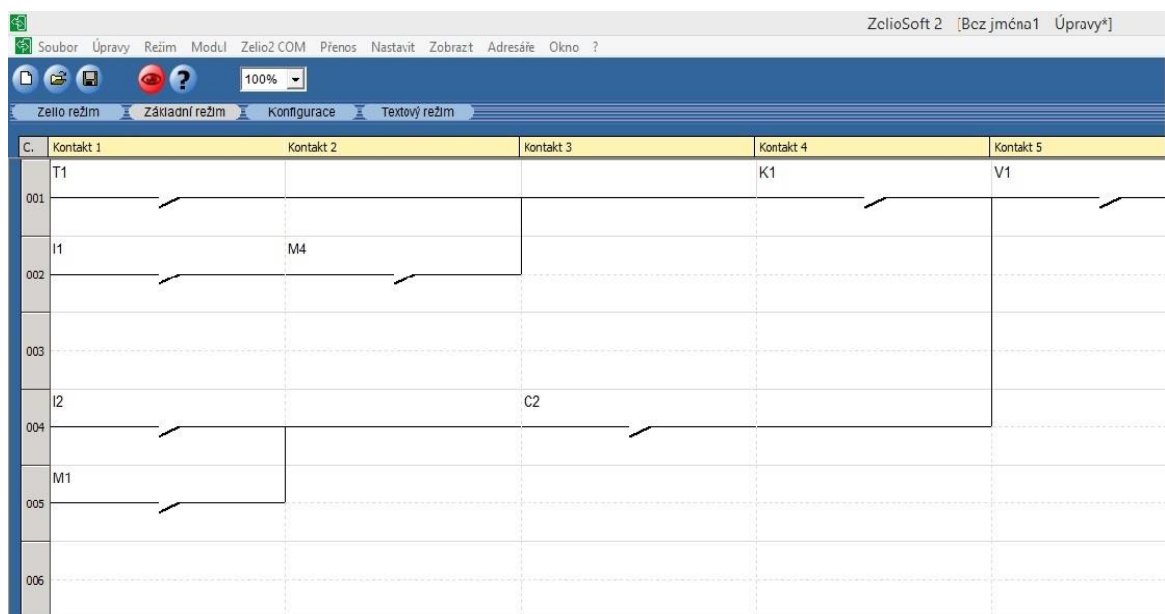
LADDER vychází z reléové logiky, ve které se místo mikrokontrolérů nebo integrovaných logických obvodů používá soustava vzájemně propojených relé. S jejich pomocí lze snadno realizovat logické funkce AND (sériové propojení kontaktů typu NO) a OR (paralelní připojení kontaktů NO) či NAND a NOR (použití kontaktů typu NC).

Výhody tohoto programovacího jazyku jsou:

- Jasně definovaná posloupnost zápisu (nelze ji porušit).
- Přehlednost zápisu (u menších programů).
- Velmi rychlé programování logických operací s funkcemi čítání a časování.
- Vhodné pro zpracovávání velkého počtu logických signálů (vstupů a výstupů).

Nevýhody tohoto programovacího jazyku jsou:

- Je méně vhodný pro aritmetické operace a práce s daty.
- S narůstající složitostí programu rychle narůstá jeho délka.
- Může být hůře pochopitelný pro klasické programátory.



Obr. 3.8 – Grafický programovací jazyk LADDER.

FBD

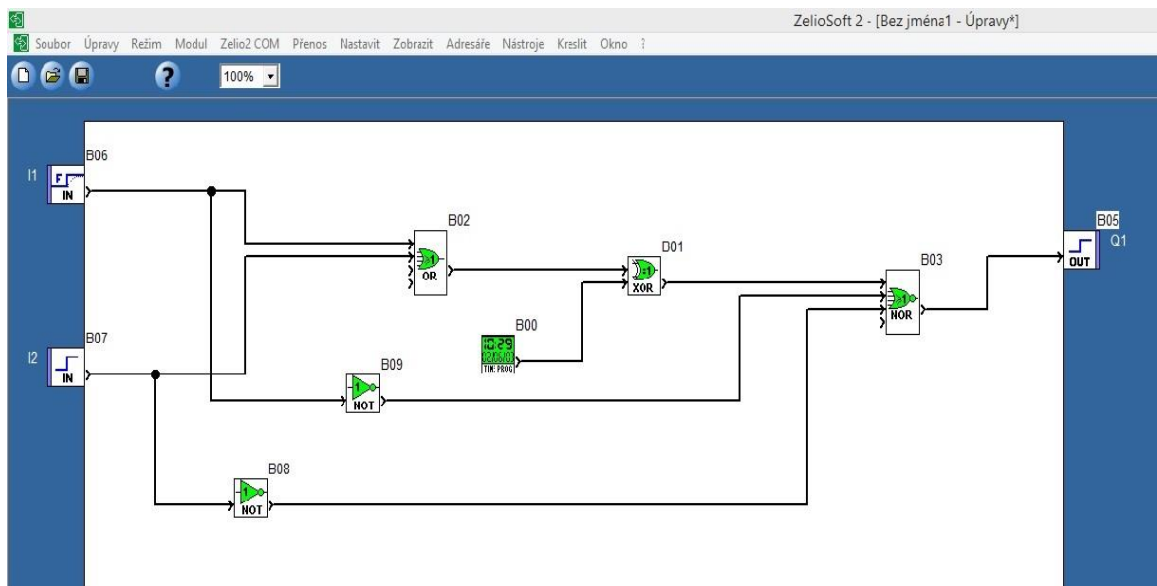
Posloupnost programu vyjadřuje soustavou za sebou propojených bloků, které realizují různé funkce, vše je organizováno do řádků (linií) podobně jako v LADDER režimu. Jedná se vlastně o prostředí, které řeší logické operace pomocí logických hradel AND, OR a dalších, místo sériového a paralelního propojování kontaktů relé.

Výhody tohoto programovacího jazyku jsou:

- Logické operace v podobě hradel.
- Přehledný zápis programu.
- Vhodný pro zpracování velkého počtu logických signálů (vstupů a výstupů).

Nevýhody tohoto programovacího jazyku jsou:

- Méně vhodný pro složitější zpracování analogových signálů.
- Nevýhodný pro hromadnou manipulaci s velkým množstvím dat.
- Nevhodný pro programování složitých algoritmů.



Obr. 3.9 – Grafický programovací jazyk FBD

SFC

Je graficky orientovaný zápis pro snadné určení chování programu, tedy jeho běh a reakce na situace, které je potřeba rozhodnout. Prakticky určuje chování programu na základě splnění rozhodovacích podmínek. Tvorba vývojového diagramu (Vojáček, 1997-2014).

3.2.2 Řídicí program

Požadavky na program

Řídicí program pro PLC byl tvořen v prostředí FBD softwaru ZelioSoft2. Vytvářen byl tak, aby systém splňoval všechny požadované funkce. Pro spuštění automatického režimu je třeba příchod signálu z přepínače, aktivující tento režim. Systém zůstává v automatickém režimu celou dobu, kterou setrvává přepínač v dané poloze. PLC čeká na aktivaci časového signálu, který ohraničuje čerpací cyklus. Na začátku čerpacího cyklu provede PLC kontrolu vlhkosti půdy. Pokud je půda vlhká, nemá cenu čerpat (pršelo, je zavlaženo z předchozího cyklu) a nemá cenu čekat, zda během hodiny (čerpacího cyklu) půda vyschne, v takovém případě bude PLC čekat do konce čerpacího cyklu bez aktivace čerpadla (kdyby během čerpacího cyklu půda vyschla, čerpadlo se již nespustí). Spuštění čerpadla je možné až s příchodem nového čerpacího cyklu. Nastane-li tento případ, rozsvítí PLC varovnou signálku značící příliš velkou vlhkost půdy.

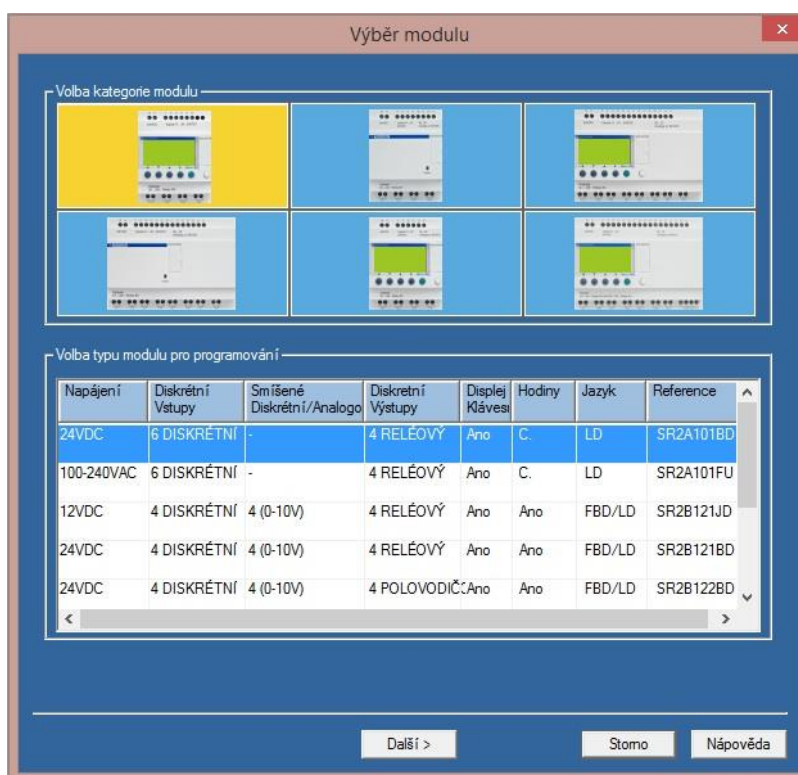
Na začátku každého čerpacího cyklu dochází také ke kontrole dostatečného množství vody ve studni (výstup snímače horní hladiny je aktivní). Pokud aktivní není, je ve studni málo vody a nemá cenu čerpadlo spouštět, např. jen na pět minut, ani čekat jestli se během hodiny studna naplní. Mohlo by dojít k jejímu naplnění pět minut před koncem čerpacího cyklu a v takovém případě nemá znovu spuštění čerpadla smysl. Proto PLC stejně jako v případě vlhkosti čerpadlo zablokuje až do začátku příštího čerpacího cyklu, kdy bude znovu zkontrolována horní hladina. V případě, že ve studni je vody dostatek, PLC spustí čerpadlo. V průběhu čerpání bude PLC kontrolovat, zda je ve studni dostatek vody. Pokud voda dojde, bude čerpání zastaveno, aby nedošlo k chodu čerpadla na prázdno a jeho následnému zničení. Nastane-li tento případ během čerpacího cyklu, čerpadlo je znovu zablokováno a jeho opětovné spuštění je možné až v příštím čerpacím cyklu. Tato funkce chrání čerpadlo před častým spínáním (zapínáním a vypínáním), které může čerpadlo poškodit. Nastane-li jeden z případů nedostatku vody ve studni, rozsvítí PLC varovnou signálku značící nedostatek vody ve studni.

Nedojde-li během čerpacího cyklu voda, je čerpací cyklus ukončen časovým signálem, který se přepne do neaktivního stavu. Čerpání může být také ukončeno pomocí signálu z přepínače, jeho přepnutím do nulové polohy nebo přepnutím do ručního režimu.

Režim ručního čerpání je aktivován signálem z přepínače. Při přepnutí do tohoto režimu PLC nečeká na hodinový signál, ale rovnou vyhodnotí podmínky nutné pro spuštění čerpadla; v případě jejich splnění zahájí čerpání, až do vyčerpání vody nebo do přepnutí

přepínače z polohy ručního čerpání. Podmínky pro ruční chod čerpadla se liší od těch pro automatický chod. Kontrola vlhkosti půdy není v tomto režimu nutná, obsluha vidí stav vlhkosti půdy a může sama vyhodnotit, zda je potřeba čerpat. V tomto režimu bude tedy možno spustit čerpadlo i při zvýšené vlhkosti, pokud obsluha vyhodnotí, že je to potřeba (využití např. při kropení trávníku před zápasem, zavlažování různých druhů zeleniny, které potřebují rozdílné množství vláhy). Kontrola dostatečného množství vody na začátku čerpání v tomto režimu opět nebude potřeba. Čerpadlo se spustí i při menším množství vody než je horní hladina, dojde k rozsvícení varovné signálky značící nedostatek vody a obsluha vyhodnotí, zda má čerpání smysl. Kontrola spodní hladiny ve studni po celou dobu čerpání v ručním režimu zůstává stejná jako v režimu automatickém. Efektivní využití systému je v ručním režimu závislé především na obsluze a jejím vyhodnocení situace. Ohrožení čerpadla chodem naprázdno a zadřením však nehrozí. K častému spínání čerpadla může dojít, avšak musel by to být úmysl obsluhy.

Vytvoření nového programu

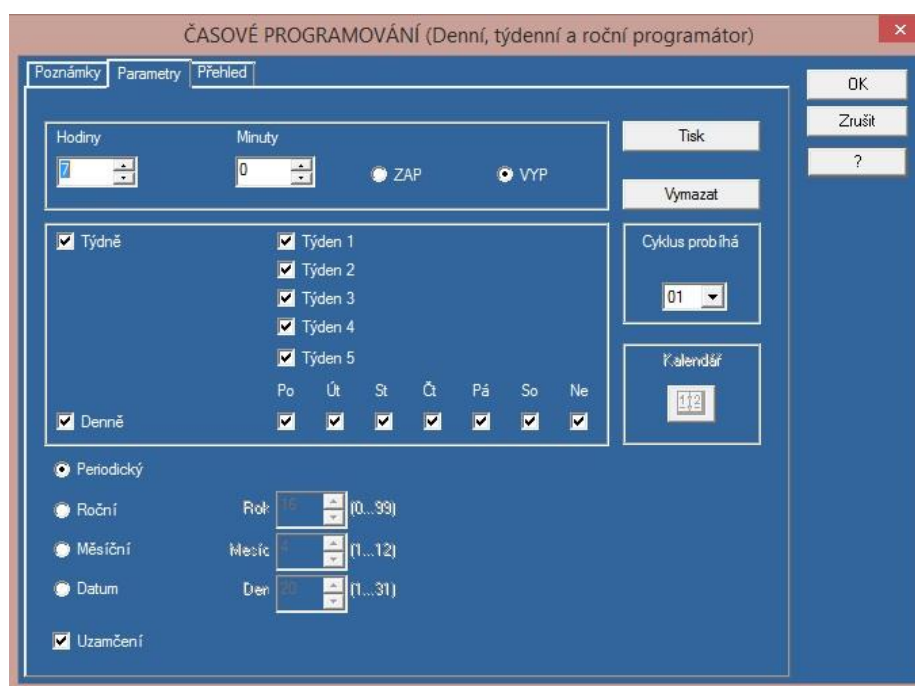


Obr. 3.10 – Výběr modulu

Při spuštění programu ZelioSoft2 je nutné zvolit možnost vytvořit nový program. Objeví se okno s výběrem modulu. Okno, v němž je potřeba vybrat takové inteligentní relé Zelio, které má být programováno. Uživatel si vybírá ze šesti kategorií modulů, umístěných v

horní polovině okna. Ve spodní polovině okna si poté vybírá typ modulu pro programování, tedy jaké má modul napájení, počet binárních vstupů, počet kombinovaných vstupů, zda má displej a klávesnici, jestli disponuje hodinami, jakým prostředím jde programovat a typ modulu v tomto případě SR2B121BD. Zvolená konfigurace je potvrzena tlačítkem další. V následujícím okně je možné přidat modulu nějaké rozšíření, pro tento typ modulu nejsou rozšíření však k dispozici. Zvolená konfigurace je potvrzena tlačítkem další. V posledním okně uživatel volí, jaké programovací prostředí použije. Tlačítkem další je potvrzen výběr a spuštěno vybrané prostředí, nyní je možno začít programovat. Okno pro výběr modulu je vidět na obr. 3.10.

Nastavení času



Obr. 3.11 – Nastavení časových událostí

Programátor má v prostředí FBD možnost vytvářet svůj program pomocí funkčních bloků z pěti kategorií, vstupní, FBD, SFC, LOGIC a výstupní. Nastavení časového signálu pro automatický chod (ohraničení čerpacího cyklu), je provedeno za pomoci generátoru denního, týdenního a ročního programátoru. Tento blok umožňuje definovat až padesát jedna událostí. Události jsou děleny na dva základní typy: zapnout přepnutí z logické nuly do logické jedničky a vypnout přepnutí z jedničky do nuly. Každá událost může mít jinak definovaný čas svého opakování. Je možno nastavit událost s ročním opakováním nebo s měsíčním, avšak pro pravidelné zavlažování je potřeba každodenní chod systému, pro takový

případ slouží možnost periodického opakování. V této možnosti lze nastavit, ve kterých dnech v týdnu a kterých týdnech v měsíci se bude daná událost provádět. Pro zavlažovací systém je důležité, aby zaléval každý den, ráno a večer, dovolí-li to ostatní podmínky, proto budou nastaveny čtyři podmínky. U všech podmínek bude nastaveno periodické opakování s aktivací každý den v týdnu, každý týden v měsíci. Dále bude nastaveno v kolik hodin se má událost provést a zda má dojít k zapnutí či vypnutí, tlačítkem tisk se událost uloží do paměti programátoru. Dvě události budou sloužit k zapínání, dvě k vypínání. Výstup tohoto bloku bude přiveden na vstup hradla AND, které ho bude vyhodnocovat spolu s dalšími podmínkami chodu. Nastavení časového programátoru je na obr. 3.11

Do prvních 4 vstupů budou vloženy bloky diskretních vstupů, do pátého a šestého budou vloženy bloky analogových vstupů. Do prvního až třetího výstupu budou vloženy bloky diskretního výstupu. Binární vstupy tři a čtyři jsou určeny pro přepínač. Přepínač je s rozpínacími kontakty, v neaktivním stavu je signál na vstupu jedna v aktivním stavu nula. Pomocí hradla NOT ne potřeba oba tyto signály převrátit. Zinvertovaný signál třetího vstupu (poloha přepínače pro automatický chod) je připojen na vstup stejného hradla AND, ke kterému je připojen i denní týdenní a roční programátor. Zinvertovaný signál čtvrtého vstupu (poloha přepínače pro ruční čerpání) je přiveden na vstup nového hradla AND. Pro ruční čerpání a automatický chod budou dvě oddělené větve programu. Tyto větve budou nakonec spojeny hradlem OR, které už bude spínat výstup ovládací čerpadlo. Půjde o řídicí větev. Program se bude rozvětvovat do dvou dalších větví a to větví signalizačních, kde jedna bude sloužit pro signalizaci vlhkosti a druhá k signalizaci nedostatečného množství vody ve studni.

Zpracování signálu snímače horní hladiny

Signál z prvního vstupu představující horní hladinu ve studni je vyhodnocován pouze na začátku čerpacího cyklu, jeho stav ať už nula nebo jednička musí být uložen po celou dobu čerpacího cyklu, pozdější překlopení stavu v průběhu čerpání nesmí mít vliv na probíhající cyklus. K udržení těchto stavů je použito RS klopných obvodů.

Pro udržení logické jedničky je použit jeden obvod RS s hodnotou vstupu určující stav horní hladiny připojeným na vstup S (při dostatečném množství vody na začátku cyklu je výstup paměti logická jednička). Ve větvi programu určené pro automatický chod je na vstup R přiveden invertovaný signál z denního týdenního a ročního programátoru (vypnutí časového signálu vynuluje paměť, během chodu není s pamětí manipulováno). Výstup RS obvodu je veden na hradlo AND, kontrolující další podmínky pro spuštění motoru (čas a přepínač). Ve větvi pro ruční spuštění není udržení logické jedničky důležité, jak bylo zmíněno v

podmínkách. V tomto režimu je čerpadlo spuštěno i v případě, že voda nedosahuje horní hladiny.

K udržení logické nuly jsou použity dva obvody RS. Stav nula je důležitý pro obě větve programu a bude tedy řešen v obou. Ve větvi automatického chodu bude invertovaný výstup časového signálu přiveden na vstup S prvního obvodu a na vstup R druhého obvodu (obvody jsou nastaveny s prioritou na R). Invertovaný signál ze snímače horní hladiny bude připojen na vstup R prvního obvodu, výstup prvního obvodu bude připojen na vstup S druhého obvodu, výstup druhého obvodu je připojen na vstup hradla AND. Jelikož hradla v prostředí FBD mají pevně daný počet vstupů (pro AND to jsou čtyři), byly tedy již vyčerpány všechny čtyři. Připojím se výstupu prvního hradla AND na vstup druhého hradla AND v podstatě dojde k rozšíření vstupů hradla AND v automatické větvi na sedm. Zinvertovaný signál tohoto paměťového bloku povede na signalizační větev výšky hladiny. Ve větvi ručního chodu je zapojení obdobné jen na vstup S prvního obvodu a na vstup R druhého je přiveden neinvertovaný signál z ručního kontaktu přepínače. Výstup je pak veden pouze na signalizační větev pro nedostatek vody (čerpadlo bude spuštěno, ale dojde k rozsvícení signálky).

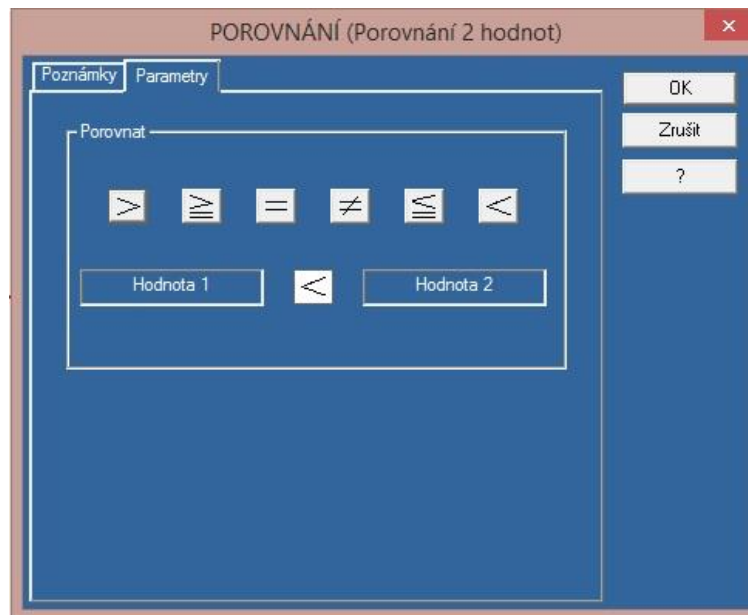
Zpracování signálu snímače spodní hladiny

Signál ze snímače spodní hladiny je v aktivním stavu (dostatek vody) nulový. Na rozdíl od signálů z přepínače nemusíme invertovat a můžeme využít stavu logické jedničky, v případě, že voda ve studni není. S hodnotou tohoto signálu se pracuje po celou dobu čerpání a k vypnutí čerpadla dochází vždy v případě, že během čerpacího cyklu dojde voda. Opětovné zapnutí je možné až v příštím čerpacím cyklu. Stačí nám tedy jediný RS obvod, pro uložení stavu malého množství vody ve studni. Ve větvi automatického chodu má tento obvod připojený vstup S na invertovaný časový signál a vstup R je přiveden signál ze snímače spodní hladiny. Výstup je připojen na vstup hradla AND vyhodnocujícího i další podmínky. Ve větvi ručního chodu je zapojení stejné, jen na vstup S je připojen neinvertovaný signál z kontaktu přepínače pro ruční čerpání. Výstup je připojen na vstup hradla AND, které vyhodnocuje i invertovaný signál z přepínače.

Zpracování signálu snímače vlhkosti půdy

Analogové vstupy mohou nabývat dvě stě padesáti šesti hodnot v rozmezí od 0 V do 10 V. Pro zpracování a převedení analogového signálu na binární bude použito porovnávacího členu. Tento člen porovnává dva analogové signály, v tomto případě bude porovnávat aktuální naměřené U mezi elektrodami v půdě s hodnotou napětí, která bude určena experimentem a bude pro danou půdu představovat hodnotu U , při kterém je půda

vlhká a nemá smysl čerpat. Porovnávací člen má dva analogové vstupy a jeden binární, logická jednička na jeho vstupu povoluje porovnání. Porovnávány jsou hodnoty dvou analogových vstupů. Porovnávací člen umí porovnávat, která hodnota je větší nebo jestli si jsou rovny. Jeho výstup je aktivní, je-li dané porovnání pravdivé, např. obě hodnoty si jsou rovny a v porovnávacím členu je jako podmínka nastavena rovnost. Nastavení porovnání na obr. 3.12.



Obr. 3.12 – Nastavení porovnávacího členu

V programu bude na první analogový vstup přivedena hodnota ze snímače vlhkosti, na druhý vstup bude přivedena hodnota udávající hranici vlhkosti dané půdy. V porovnávacím členu bude nastavena podmínka, určující, že první hodnota musí být menší než druhá. V automatické větvi na binární vstup bude přiveden časový signál, v ruční větvi bude přiveden na binární vstup invertovaný signál z kontaktu přepínače, pro ruční chod.

V průběhu automatického čerpání bude vyhodnocován signál určující, zda je půda vlhká, pouze na začátku čerpacího cyklu. Zapojení RS paměťových členů bude podobné jako v případě kontrolování horní hladiny, pouze místo signálů vedených ze snímače hladiny budou dané vstupy RS obvodů připojeny na výstup porovnávacího členu. A pro uložení nuly bude na první vstup S připojený invertovaný signál z přepínače. V ručním režimu není vlhkost brána jako podmínka ke spuštění čerpadla, nebude ovládat spouštění motoru, výstupy z paměťových RS obvodů budou vedeny pouze do signalizační větve s určením k rozsvícení varovné signálky.

Řídicí větev

Podmínky ve větvi automatického i ručního čerpání jsou vyhodnoceny hradly AND. Všechny podmínky musí být splněny, aby bylo danému režimu dovoleno spuštění čerpadla. Výstup hradla AND automatické větve je připojen na hradlo OR, výstup hradla AND ruční větve je připojen na vstup stejného hradla OR. Výstup tohoto hradla je přiveden na první výstup PLC. Obě větve jsou nakonec spojeny hradlem OR, které má aktivní výstup a spouští čerpadlo právě tehdy, je-li alespoň jedna větev programu (jeden chod systému) aktivní.

Signalizační větev – nedostatek vody

Do této větve jsou přivedeny signály z paměťových členů držících neaktivní hodnotu pro hladinové snímače, tyto signály jsou invertovány, přes hradlo OR sečteny a přivedeny spolu se signálem aktivujícím čerpací cyklus, na vstupy hradla AND, jak pro automatickou tak pro ruční větev (automatická musí mít na vstupy AND přiveden signál časový i signál z kontaktu přepínače pro automatické čerpání). Výstupy těchto dvou AND jsou přivedeny na vstupy hradla OR, jeho výstup je pak propojen s druhým výstupem PLC. Pokud nastane problém s výškou vodní hladiny, rozsvítí se patřičná signálka.

Signalizační větev – vlhká půda

Tato větev je podobná té předchozí, pouze vyhodnocuje jen jeden signál (půda je vlhká). Tento neaktivní signál je znovu invertován, ale není s ničím sčítán, a je přiveden na hradla AND pro obě řídicí větve. Jejich výstupy jsou sečteny přes OR a ovládají třetí výstup PLC. Pokud bude při spuštění čerpacího cyklu půda vlhká, dojde k rozsvícení patřičné signálky.

Tento program bude nahrán do inteligentního relé Zelio a bude provádět řízení čerpadla. Vytvořený program je uložen na CD příloha A.

4 ZÁVĚR

Přínosem této bakalářské práce je zvýšení bezpečnosti a efektivity chodu čerpadla. Jeho automatický chod je bez potřeby zásahu uživatele. Z toho pramení i úspora času pro uživatele, který nemusí každý den zapínat a vypínat čerpadlo, čekat u něj po celou dobu čerpání, aby kontroloval, zda nedošlo k vyčerpání vody a zavzdušnění čerpadla. Varovné signálky také ihned odhalí uživateli nedostatek vody ve studni nebo vysokou vlhkost půdy.

Teoretická část je věnována problematice čerpací techniky a teorii řízení. Jejím účelem je seznámit čtenáře se základními pojmy vyskytujícími se v praktickém řešení, např. co jsou to logická hradla a jak fungují.

Praktická část práce popisuje řešení daného problému pomocí vytvoření systému splňujícího zadané podmínky. Věřím, že mnou navržený a realizovaný systém splňuje všechny požadavky. Praktická část je také věnována popisu programu ZelioSoft2, s jehož pomocí by měl být čtenář schopný vytvořit vlastní řídicí program.

Řídicí program byl podroben simulaci nejdříve v prostředí ZelioSoft2 a poté nahrán do PLC a podroben zkoušce. Výstupy reagovaly na příchozí vstupní signály, tak jak měly a systém je tedy provozuschopný.

Během vytváření systému nastaly jisté komplikace a systém byl sestaven k použití s jednofázovým motorem místo s třífázovým. Z důvodu úšetření financí nebyl koupen snímač vlhkosti půdy, ale byl navržen za pomoci komponent, které jsem měl zdarma k dispozici.

LITERATURA

- BLEJCHAŘ, T.; DRÁBKOVÁ, S. 2010. *Čerpací technika a potrubí: návody do cvičení*. [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. [cit. 26. 03. 2016]. 76 s. ISBN 978-80-248-2205-1. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3xbDZrd7LAhUmApoKHXMzBWwQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.338.vsb.cz%2FPDF%2FBlechar-Drabkova-CTaPNDC.pdf&usg=AFQjCNGQzvxvuthXW_dlby8EkqmsKUwgkQ.
- JANČÍK, D. 2013. *Hradla, klopné obvody RS, Polovodičové paměti*. [online]. itnetwork.cz. [cit. 26. 3. 2016]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/hardware-pc/hardware/maturitni-otazky-technicke-vybaveni-pocitace-hradla-klopne-obvody-rs-a-polovodicove-pameti/>
- KUPKA, L. 2015. *Základy mechatroniky*. Pardubice: Osobní sdělení.
- MELICHAR, J.; BLÁHA J. 2007. *Problematika soudobé čerpací techniky: vybrané partie*. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. 265 s. ISBN 978-80-01-03719-5.
- ŠVARC, I. 2002. *Základy automatizace*. [online]. Učební texty pro kombinovanou formu bakalářského studia. VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství. [cit. 26. 3. 2016]. 102 s. Dostupné z: <https://akela.mendelu.cz/~xmateasa/TKY/ZakladyAutomatizace.pdf>
- VOJÁČEK, A. 1997-2014. *Programovací režimy pro PLC dle IEC 61131-3 (CoDeSys)*. [online]. Automatizace.hw.cz Praha: HW server. [cit. 26. 3. 2016]. ISSN 1803-6392. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/programovaci-rezimy-pro-plc-dle-iec-61131-codesys>.

PŘÍLOHY

A - CD

Příloha k bakalářské práci

Realizace zavlažovacího systému fotbalového hřiště

Martin Hrb

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Schémata ve formátu PDF
- 3 Řídicí program vytvořený v prostředí ZelioSoft2
- 4 Fotodokumentace celého rozvaděče
- 5 Fotodokumentace řídicího programu