

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

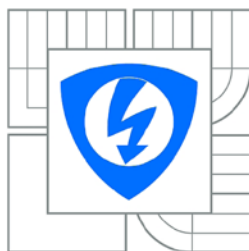
**ŘÍZENÍ A VIZUALIZACE PROVOZNÍCH
VELIČIN FYTOTRONOVÝCH KOMOR**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ADAM BAUDYŠ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Elektroenergetika

Student: Bc. Adam Baudyš

ID: 119352

Ročník: 2

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Řízení a vizualizace provozních veličin fytotronových komor

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Literární rešerše - srovnání ovládání pomocí kompaktního řídicího systému s alternativními způsoby řízení.
2. Návrh řízení fytotronové komory prostřednictvím řídicího systému AMiNi 2DS.
3. Návrh vizualizačního a uživatelského rozhraní v softwaru Promotic.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Jan Škoda, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

BAUDYŠ, A. Řízení a vizualizace provozních veličin fytotronových komor. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2013, 69 stran.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

Řízení a vizualizace provozních veličin fytotronových komor

Adam Baudyš

vedoucí: Ing. Škoda, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

Control and visualization of operational parameters of growth chambers

by

Adam Baudyš

Supervisor: Ing. Škoda, Ph.D.

Brno University of Technology, 2013

Brno

ABSTRAKT

V této práci došlo k nastínění principů a způsobů regulace fyzikálních veličin za cílem co nejefektivnějšího pěstování rostlin. Na základě zjištěných faktů byl zvolen a naprogramován způsob ovládání fytotronové komory v PLC AMiNi2DS. Pro přístup k datům a možnostem nastavení byly také zhotoveny SCADA a HMI. Závěrem byl zhotoven manuál pro obsluhování zařízení a softwaru osobami seznámenými.

KLÍČOVÁ SLOVA: růstová, fytotronová, PLC, vizualizace, HMI, SCADA, rostliny, zavlažování, regulace teploty, regulace osvětlení, regulace ovzduší

ABSTRACT

In the thesis I outlined principles and ways of physical values regulation with the goal of the most efficient cultivation of the plants. Pursuant to identified facts I chose and programmed way of growth cabinet control in PLC AMiNi2DS. To access relevant data and possibilities of adjustment I also created SCADA and HMI. In conclusion I created manual for operating the device and software for acquainted people.

KEY WORDS: growth, PLC, visualization, HMI, SCADA, plants, irrigating, watering, temperature control, lighting control, air control

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
1 ÚVOD	12
2 FYTOTRONOVÉ KOMORY.....	15
2.1 ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ ROSTLIN	16
2.2 ZAVLAŽOVÁNÍ.....	20
2.2.1 KAPKOVACÍ POTRUBÍ.....	20
2.2.2 BODOVÉ ZAVLAŽOVÁNÍ.....	21
2.2.3 MIKROPOSTŘIK	21
2.2.4 HYDROPONIE	21
2.3 REGULACE TEPLoty, KLIMATIZACE A KONCENTRACE PLYNŮ V OVZDUŠÍ	22
2.4 SHRNUtÍ.....	24
3 PLC SYStÉM	25
3.1 HISTORIE	25
3.2 MOŽNOSTI NÁHRADY PLC A SROVNÁNÍ.....	25
3.2.1 ŘÍZENÍ SPÍNACÍMI PŘÍSTROJI VYUŽÍVAJÍCÍMI ELEKTROMAGNETISMUS	25
3.2.2 ŘÍZENÍ OBSLUHOU	26
3.2.3 ŘÍZENÍ OPTIMALIZOVANÝM OBVODEM.....	26
3.2.4 ŘÍZENÍ PLC ZAŘÍZENÍM	26
3.2.5 VÝBĚR ZPŮSOBU ŘÍZENÍ	27
3.3 SHRNUtÍ.....	27
4 ŘÍZENÍ FYTOTRONOVÉ KOMORY.....	28
4.1 PLC SYStÉM AMINI2DS	28
4.1.1 SEZNÁMENÍ SE SYStÉMEM	28
4.1.2 PROGRAM PLC.....	29
4.1.3 SCADA.....	46
4.1.4 HMI	47
4.2 SHRNUtÍ.....	48
5 ZÁVĚR.....	49
POUŽITÁ LITERATURA	51
PŘÍLOHY	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1: Osvětlování listového salátu LED světlem (vlevo) a žárovkou (vpravo) po 14 dnech[16]	12
Obr. 1-2: Osvětlování listového salátu LED světlem (vlevo) a žárovkou (vpravo) po 21 dnech[16]	13
Obr. 1-3: Ilustrační znázornění propojení staveb a rostlin.....	14
Obr. 2-1: Ilustrační znázornění fytotronové komory [12]	15
Obr. 2-2: Ilustrační termografický snímek LED světelného zdroje [3]	16
Obr. 2-3: Závislost účinnosti absorpce světla na vlnové délce světla [10]	17
Obr. 2-4: Kapkový potrubí [6]	20
Obr. 2-5: Bodový kapkovač (vlevo) a mikrozavlažovač (vpravo)[7][8]	21
Obr. 2-6: Ukázka kořenů rostlin pěstované hydroponií[15]	22
Obr. 2-7: Závislost fotosyntézy na teplotě rostliny [13]	23
Obr. 4-1: Náčrt systému AMiNi2DS s rozměry [9].....	28
Obr. 4-2: Schématické znázornění vstupů a výstupů systému AMiNi2DS [9]	29
Obr. 4-3: Náhled na software DetStudio 1.7.2.....	30
Obr. 4-4: Topologie řízení a regulace tepla.....	31
Obr. 4-5: PID regulátor pro regulaci teploty	32
Obr. 4-6: Kontrola správné regulace teploty v závislosti na čase	32
Obr. 4-7: Kontrola maximální teploty.....	33
Obr. 4-8: Topologie řízení a regulace světelné intenzity	35
Obr. 4-9: Regulace světelné intenzity.....	36
Obr. 4-10: Kontrola správné regulace intenzity osvětlení v závislosti na čase	36
Obr. 4-11: Topologie řízení a regulace plynů v ovzduší.....	38
Obr. 4-12: Regulace koncentrace kyslíku v ovzduší.....	39
Obr. 4-13: Kontrola správné regulace koncentrace kyslíku v závislosti na čase	39
Obr. 4-14: Regulace zavlažování	42
Obr. 4-15: Grafická závislost intenzity osvětlení na cirkulaci.....	45
Obr. 4-16: Úvodní obrazovka s popisky.....	47
Obr. 4-17: Ukázka úvodní obrazovky vizualizace Promotic.....	48

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1: Přepočtové koeficienty pro jednotlivé druhy světla [10]</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 2-2: Přepočítávací koeficienty fotometrických a fotosyntetických jednotek a indexů fotoperiodické radiace pro vybrané světelné zdroje [4]</i>	<i>19</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

SYMBOL	VÝZNAM	JEDNOTKA
IFPR	Indexem fotoperiodické radiace	-
Φ	Světelný tok	lm
E	Intenzita osvětlení	lx
k_{FAR}	Fotometrický koeficient	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{FAR} / \text{klx}$
$k_{\mu\text{mol}}$	Fotosyntetický koeficient	$\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} / \text{klx}$
$V(\lambda)$	Spektrální citlivost lidské oka	-
U	Napětí	V
ZKRATKA	VÝZNAM	
CO ₂	Oxid uhličitý	
PLC	Programovací logický automat (Programmable Logic Controller)	
ST	Programovací příkazový jazyk (Statement list)	
RS	Jazyk logických bloků	
HMI	Rozhraní mezi člověkem a strojem (Human Machine Interface)	
SCADA	Supervizní řízení a sběr dat (Supervisory Control And Data Acquisition)	
Y	Parametr přímky	
X	Parametr přímky	

1 ÚVOD

Rostliny jsou úzce spjaty s existencí všech živočichů a lidí. Představují neodmyslitelný článek v potravním řetězci a zároveň produkují organické látky a kyslík. Ke svému životu potřebují vodu, půdu, CO₂ a sluneční svit. S neustále navyšující se populací lidstva rostou i jeho nároky na zvýšenou produkci zemědělských plodin. Při běžném pěstování zemědělských rostlin je navíc zabíráno nemalé množství plochy úrodné půdy a zároveň je spotřebováno nezanedbatelné množství energie. Plochy úrodné půdy jsou ovšem omezené, čímž je omezená i kapacita pěstování rostlin. Proto je stále více patrná snaha pěstovat s co největší efektivností; tedy zvýšit produkci rostlin na stejné velké ploše půdy.

Bohužel zejména v nedávné minulosti k tomu docházelo pouze za cílem navýšit kvantitu bez ohledu na výslednou kvalitu, a to často pouze kvůli zvýšení zisku ze zemědělské produkce. Běžné způsoby založené na dodávání chemických látek, jako například tzv. umělých hnojiv, se používají řadu let a v dnešní době je tendence spíše tento způsob zefektivňování pěstování rostlin omezit nebo provádět co nejšetrněji. Nabízí se například metoda zvýšení produkce rostlin řízením dávkování veškerých potřebných přirozených látek a energie a případně určitou část energie vyrobit přímo až u rostliny.

Tímto způsobem můžeme zvýšit produkci rostlin během kalendářního roku, zvětšit velikost plodů a regulovat složení plodin bez použití tzv. dusičnanů. Takto lze tedy získat vyšší množství vypěstovaných plodin při zachování stejné kvality, a to z různých geografických oblastí s rozdílným klimatem. Tento způsob pěstování se neustále vyvíjí podrobnějším poznáváním rostlin a jejich potřeb. Například na Obr. 1-1 a Obr. 1-2 je znázorněný rozdíl v pěstování listového salátu pomocí LED světelného zdroje za využití kultivační metody Shigyo, která definuje způsob pěstování s ohledem na etapy života rostliny, oproti běžnému způsobu pěstby a použití klasické žárovky. [16]



Obr. 1-1: Osvětlování listového salátu LED světlem (vlevo) a žárovkou (vpravo) po 14 dnech[16]



Obr. 1-2: Osvětlování listového salátu LED světlem (vlevo) a žárovkou (vpravo) po 21 dnech[16]

Rostliny se ovšem nepěstují pouze za cílem získání plodin. „Lidé jsou od pravěku spojeni s přírodou. Rostlinné porosty pro ně vždycky byly místem ochrany před povětrnostními vlivy, nepřátelskými sousedy, před divokou zvěří. Znamenaly pro ně bezpečí a klid. Pocit pohody v zelené přírodě trvá dodnes. Zelená příroda poskytuje odpočinek od náročných úkolů. To je důvodem k tomu, že mnoho psychologů se dnes zabývá i vlivem rostlin na pracovištích, zejména tam, kde jsou vykonávány duševně náročné činnosti. V mnoha vědeckých pokusech, ale i na mnoha provozních pracovištích bylo prokázáno, že rostliny jsou duševně stimulujícím faktorem a že jejich přítomnost zvyšuje kreativitu, přesnost a rychlost vykonávání pracovních úkolů, příznivě ovlivňuje rozhodovací procesy a invenci pracovníků, snižuje únavu a výrazně tlumí nejrůznější stresové situace, zlepšuje pracovní pohodu a pocit uspokojení z vykonané práce. Tyto vlivy jsou tím citelnější, čím je vykonávaná práce duševně náročnější. Z těchto hledisek je přítomnost rostlin velmi efektivní tam, kde se tvoří složité výpočtové programy nebo se s nimi pracuje a kde značná část pracovní doby je vyplněna tvůrčí prací na počítačích. Některé výsledky takto zaměřených výzkumných projektů uvádějí, že větší citlivost na vliv rostlin se projevuje u žen.

Na pracovištích, kde jsou vykonávány běžné rutinní práce, zpravidla není výrazný vliv rostlin na výkonnost pozorován. Ale i zde rostliny ovlivňují některé fyziologické činnosti lidí. Rostliny se ve velké míře podílejí na tvorbě prostředí. Zvyšují vlhkost vzduchu, absorbují oxid uhličitý a „vydechují“ kyslík. Rostliny svými listy i kořenovým systémem též vstřebávají některé škodlivé plyny (formaldehyd, nikotin) a vážou na svůj povrch i prachové částice.

Vraťme se k psychologickému působení rostlin na člověka. Co je jeho příčinou? Především je to genetický dar našich dávných předků vyvolávající pocit bezpečí a dobré pohody v přírodě. Dále jsou to neustálé změny tvarů ve vývoji rostlinného světa, které i v nás vyvolávají touhu spět od počátku k neustálým změnám v našem životě, k dokonalosti, užitečnosti a líbivosti. A rovněž je to vliv rozmanitosti barev, které v nás vyvolávají různé pocity a touhu po kráse.

Současná psychologie přináší množství důkazů o vlivu barev na člověka. Barvy bezprostředně ovlivňují náladu i zdravotní stav lidí. Tyto poznatky jsou dnes využívány především při tvorbě a architektonickém řešení pracovních a bytových prostorů. Vhodnou volbou barev stropů a stěn, popř. i nábytku a jiných předmětů, se vytváří prostředí příznivě ovlivňující pobyt člověka v interiéru. Barvy stropů a stěn zůstávají po dlouhou dobu stejné, a tím se jejich

vlivy časem omezují. Je-li ale interiér osazen rostlinami, jejichž tvar a barvy se průběžně mění, vznikají stále nové vjemy, a působení barev se tak dynamicky opakuje.“ [11]

Jak je patrné v předchozí citaci, rostliny dokáží člověku zajistit nejen obživu, ale mají přímý vliv i na jeho zdravotní a psychický stav. Vzhledem k aktuálním poznatkům lze dodat rostlinám natolik vhodné množství energií, že lze urychlit jejich růst, prodloužit dobu kvetení apod. Tímto lze urychlit i produkci okrasných rostlin a celkově zjednodušit náročnost jejich pěstování. Též lze prodloužit dobu jejich života a regulací přijímaných energií je přimět k cíleným a dopředu zamýšleným událostem. Prostřednictvím efektivního zacházení lze docílit i celkového snížení spotřebovávané energie potřebné za obvyklých podmínek k přivedení rostliny do fáze květenství, případně k vytvoření a uzrání plodů. Jelikož se v posledních letech i architektura snaží více sblížit člověka s rostlinou, resp. obecně s přírodou, jsou tyto možnosti vítaným nástrojem regulace pěstby flóry člověkem.



Obr. 1-3: Ilustrační znázornění propojení staveb a rostlin

Jelikož je rozvoj znalostí o využívání energií jednotlivých rostlin a o spjatosti absorpce a produkce energií s jejich životem zcela zásadní a bezpodmínečná pro pochopení možnosti stimulace jejich produkce za výše popsaných předpokladů, je nutné poznat i ideální parametry prostředí umožňujícího vytvářet příhodné podmínky pro zachycení těchto událostí. Toto prostředí má primárně umožňovat fytotronová neboli růstová komora.

2 FYTOTRONOVÉ KOMORY

Jedná se o uzavřené komory vybudované za cílem pěstování rostlin především pro vědecké účely. Proto je v nich nutné zajistit přesné měření a řízení teploty, osvětlení, výměny vzduchu, obsahu plynů v ovzduší a zavlažování. Zároveň je potřebný individuální přístup ke každé rostlině v jednotlivých komorách a flexibilní systémové rozhraní pro rychlou a nenáročnou změnu nastavení lokálních podmínek v komoře v případě změny druhu rostliny. Prostřednictvím regulace výše zmíněných veličin můžeme ovlivňovat růst stonků rostlin, jejich listů, kořenů, květů a plodů. Zároveň lze rázovou regulací dotyčných veličin sledovat reakce rostlin na konkrétní události.



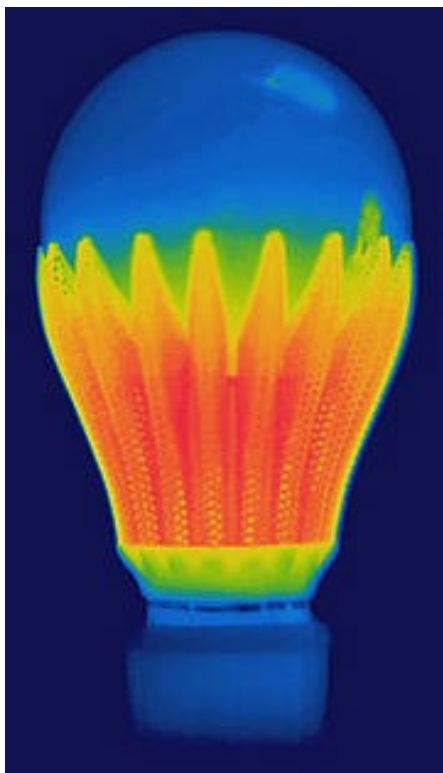
Obr. 2-1: Ilustrační znázornění fytotronové komory [12]

„Obecně stres je nežádoucí stav rostlin, které reagují na působení stresových faktorů aktivací obranných mechanismů. Stresové faktory můžeme obecně rozdělit do dvou skupin, na abiotické faktory a biotické faktory. Abiotické stresory jsou povahy fyzikální nebo chemické, mimo jiné sem patří příliš vysoká nebo příliš nízká ozáření, nedostatek vody i zaplavení stanoviště, zasolení půdy, vysoké nebo nízké pH půdního roztoku a extrémní teploty. Biotické stresory jsou povahy biologické a patří sem působení patogenů a konkurenčních druhů rostlin a poškození rostlin způsobené živočichy. Tyto vnější faktory způsobují rostlinám takzvaný primární stres. Primární stres indukuje stres sekundární, například vysoká teplota způsobuje vodní deficit, který poškozuje rostlinu. Mezi sekundární stres řadíme i stres oxidativní a osmotický, kdy v rostlině je narušena osmotická a iontová homeostáza, to vede ke ztrátě funkce a změně konformace proteinu a buněčných membrán (Wang et al., 2003). Průběh a výsledek stresové reakce závisí na charakteru a délce působení stresoru, ale i na momentálním ontogenetickém i fyziologickém stavu rostliny.“ [13] S ohledem na tyto fakta je více než podstatné přesné řízení.

2.1 Řízení osvětlení rostlin

„Požadavky rostlin na světlo závisejí na druhu rostliny a jejím původu. Dolní úroveň fotosyntetické ozáření dostatečující k růstu rostlin je asi $6 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Pro bližší představu se jedná o osvětlenost kolem 500 lx. Nejméně náročné rostliny bývají liány, které začínají růst pod stromy pralesů a dlouhou dobu musí vzdorovat nedostatku světla, než se dostanou do korun stromů, kde často na plném světle kvetou a přinášejí plody. Naopak nejvyšší nároky mají druhy pocházející z pouští a polopouští, kde rostou na plném slunci. Nároky těchto rostlin lze vyjádřit hodnotou asi $20 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (přibližně 1 500 až 2 000 lx).“ [5]

Při řízení osvětlení se nejedná pouze o regulaci intenzity osvětlení, ale také o regulaci vyzařujícího spektra. Změna vyzařujícího spektra se většinou provádí buď přepínáním mezi dílčími svítidly anebo použitím většího množství světelných zdrojů vyzařujících užší pásmo světelného spektra, jimiž lze při vhodné kombinaci sepnutí osvětlovat rostliny požadovaným rozsahem světelného spektra. Pro osvětlení se nyní většinou volí světelné zdroje na bázi PN přechodu neboli LED světla, a to kvůli provozním nákladům. Tyto světelné zdroje se na rozdíl od běžných světelných zdrojů zahřívají sice méně, ale teplo sálají na opačnou stranu. Tedy dochází k zahřívání patice a teplo nesálá stejným směrem jako světlo. Jak je patrné na Obr. 2-2, dochází k zahřívání především chladiče, na kterém je připevněn LED čip. Na opačné straně, ve směru kam LED vyzařuje světlo, dochází k minimálnímu zahřívání.

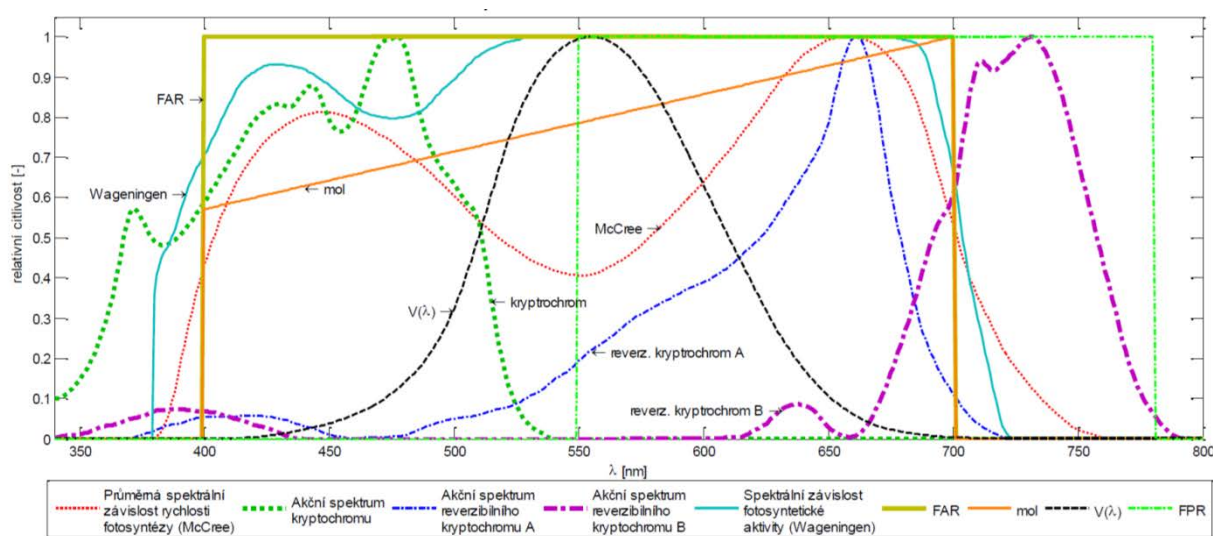


Obr. 2-2: Ilustrační termografický snímek LED světelného zdroje [3]

Vzhledem k velikosti čipu je nutné zadní stranu LED světelného zdroje opatřit chladičem. Prostřednictvím těchto chladičů můžeme přes médium odvést teplo na potřebné místo a tím provést řízený ohřev rostlin nebo přehřívát topné médium. Zároveň LED světla umožňují osvětlování rostlin zvolenou barvou a jsou zdrojem tzv. studeného světla, takže nedochází k nežádoucímu zahřívání rostlin, které nelze ovlivňovat nezávisle na osvětlování.

V minulosti bylo zjištěno odborníky ze Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně, že rostliny nejvíce využívají modrou a červenou barvu, kdežto zelenou barvu převážně odrážejí.

Tento jev lze vnímat i lidským okem, které zachycuje odražené spektrum světla od rostliny v zelené barvě a zbylé barvy vnímá v mnohem menší míře a dochází tedy k jejich absorpci. Odraznost zelené barvy se pohybuje v rozmezí 0,15-0,35 činitele odrazu. Následně bylo vědecky zjištěno, že červené světlo ovlivňuje vývin fotosyntetického aparátu a modré světlo ovlivňuje tvorbu chlorofylu, otevírání průduchů a fotomorfogenezi (neboli komplex vnějších i vnitřních světelných procesů utvářející vývoj rostliny). Tedy kombinací vhodně zvolené intenzity červené a modré barvy lze ideálně stimulovat kvetení, růst kořenů, růst listů, a to jak do množství, tak i do plochy listu apod. Toto ostatně znázorňuje Obr. 2-3, na kterém je patrná závislost absorpce hlavních pigmentů fotosyntézy na vlnové délce dopadajícího světla. Z grafického znázornění vyplývá, že k účinné absorpci dochází především při světle o vlnové délce 455 nm a 660 nm. Protože ovšem mají jednotlivé druhy rostlin odlišné pigmenty, případně mají odlišný jejich poměr, mohou být jednotlivé světelné zdroje optimální jen pro některé rostliny a nikoliv pro všechny jejich druhy. [1][2]



Obr. 2-3: Závislost účinnosti absorpce světla na vlnové délce světla [10]

Pro osvětlování rostlin se buď používají vícekanálové LED světla, nebo více typů LED světél integrovaných v jednom svítidle, anebo ultrafialové LED s transformací luminisforem. Vhodnost použití různých světelných zdrojů se hodnotí indexem fotoperiodické radiace IFPR, který vyjadřuje procentuální podíl vlnových délek 550 až 780 nm (FPR) a 400 až 700 nm (FAR). Ve své podstatě tento index vyjadřuje míru zářného spektra vhodný pro jednotlivé rostliny, ale již neřeší intenzitu jednotlivých vlnových délek, a tím pádem celkovou vhodnost pro jednotlivé rostliny. To lze posoudit pouze z grafů jednotlivých světelných zdrojů, ale pro přehlednost a jednotné určení je spíše vhodnější číselné vyjádření. V Tab. 2-1 je znázorněn způsob, jak grafické znázornění přepočítat na číselné hodnoty, resp. jak provést číselné vyjádření pro jednotlivé druhy světla. Jednotlivé názvy byly použity za cílem jasné charakteristiky světelného zdroje, tedy LED TEPLÁ odpovídá běžnému světelnému zdroji využívající LED technologii s teplotou chromatičnosti odpovídající tzv. teple bílému světlu (tedy teplotě cca 3000 K). Kdežto označení světelného zdroje PROTOTYP LED F značí jedinečný světelný zdroj s příslušným světelným spektrem.

Tab. 2-1: Přepočtové koeficienty pro jednotlivé druhy světla [10]

Váhovací funkce		IFPR	Standard		McCree		Kryptochrom		Reverzibilní kryptochrom A		Reverzibilní kryptochrom B		Wageningen	
Druh světla			k _{FAR}	k _{μmol}	k _{FAR}	k _{μmol}	k _{FAR}	k _{μmol}	k _{FAR}	k _{μmol}	k _{FAR}	k _{μmol}	k _{FAR}	k _{μmol}
LED TEPLÁ		0,772	2,718	13,130	1,806	8,846	0,359	1,420	0,930	4,764	0,127	0,735	2,658	12,905
LED CHLADNÁ		0,518	3,075	13,934	2,025	9,199	0,879	3,379	0,727	3,664	0,105	0,610	2,947	13,451
LED MATNÁ		0,510	2,874	13,041	1,843	8,386	0,761	2,938	0,670	3,362	0,089	0,515	2,767	12,636
KOMPAKT. ŽÁŘIVKA		0,620	2,676	12,633	1,732	8,300	0,375	1,402	0,810	4,078	0,137	0,781	2,639	12,551
ŽÁROVKA 15W		1,624	4,274	21,942	3,587	19,019	0,340	1,343	1,871	10,012	2,695	16,329	4,366	22,579
ŽÁROVKA MODRÁ		6,095	9,364	46,922	11,311	61,526	2,579	10,220	2,466	13,697	33,878	207,927	10,458	54,291
ŽÁROVKA ŽLUTÁ		1,643	3,986	20,675	3,323	17,793	0,159	0,651	1,813	9,696	2,472	14,976	4,091	21,347
ŽÁROVKA ORANŽ.		1,894	5,074	27,062	4,570	24,951	0,040	0,166	2,622	14,149	3,758	22,766	5,263	28,196
ŽÁROVKA ČERVENÁ		5,222	20,599	115,650	25,816	148,039	0,011	0,043	10,849	60,418	61,158	374,020	23,495	132,901
XENON. VÝBOJKA		0,480	3,225	14,254	2,057	9,095	1,146	4,300	0,697	3,434	0,135	0,709	3,129	13,866
METHAL. VÝBOJKA 400W		0,618	3,367	15,572	2,304	10,787	0,893	3,375	0,957	4,889	0,269	1,547	3,299	15,304
VYSOKO-TLAKÁ SODÍKOVÁ VÝBOJKA 100W		0,974	2,317	11,341	1,456	7,184	0,157	0,608	0,834	4,198	0,119	0,706	2,303	11,289
PROTOTIP LED F		0,518	4,877	22,154	3,671	16,825	1,839	7,089	1,296	6,745	0,232	1,331	4,565	20,967
PROTOTIP LED H		0,599	4,369	20,322	3,276	15,403	1,330	5,136	1,329	6,929	0,238	1,372	4,146	19,479

„Potřebujeme-li měřit světelné toky Φ_{FAR} či $\Phi_{\mu\text{mol}}$ nebo intenzity osvětlení E_{FAR} či $E_{\mu\text{mol}}$ klasickými fotometrickými přístroji se spektrální citlivostí $V(\lambda)$, musíme především znát spektrum zdroje. Potom můžeme užít přepočtových koeficientů z Tab. 2-1 a dosazením do jednoduchého vzorce

$$\phi_{\text{FAR}, \mu\text{mol}, \dots} = \frac{\phi \cdot k_{\text{FAR}, \mu\text{mol}, \dots}}{1000}$$

případně

$$E_{FAR, \mu mol, ...} = \frac{E \cdot k_{FAR, \mu mol, ...}}{1000}$$

získáme požadovanou hodnotu. Vypočtené koeficienty jsou podíly mezi zářivým, případně fotonovým tokem a tokem světelným. Budeme-li jednotlivé zářivé či fotonové toky navíc váhovat citlivostmi podle Tab. 2-1, obdržíme tabulku přepočítávacích koeficientů, díky nimž můžeme změřit a spočítat účinné záření z hlediska jednotlivých fotoreceptorů.“ [10]

Osvětlování rostlin není výjimečné pouze použitými světelnými zdroji, ale i způsobem řízení. Osvětlení rostlin umělým osvětlením lze prodloužit denní světlo (asimilační), prodloužit květní indukce (fotoperiodické), nebo úplně nahradit denní svit (kultivační). Asimilačním osvětlením se dosahuje prodloužení přirozeného denního osvětlení rostliny umělým světelným zdrojem. To má za příčinu zvýšení růstu úrody, prodloužení doby produkce plodin, zlepšení kvality plodin apod. Ovšem tímto světelným zdrojem nelze řídit květní indukce, a tedy ani kvetení.

K tomu slouží fotoperiodické osvětlení, jímž se docílí osvětlení rostliny světelným zdrojem se spektrem odpovídajícím červené a tmavočervené barvě o až patnáctkrát nižší intenzitě, než má světelný zdroj pro asimilační osvětlení. Takto lze dosáhnout kvetení i v zimním období. Kultivační osvětlení má za cíl úplnou náhradu denního světla.

Denní světlo se ovšem neměří jenom ve světelné intenzitě, ale také v množství energie. Té by měl odpovídat i adekvátní přísun výživy, vody a CO₂. Tedy pokud dojde k dodání větší energie osvětlením, je nutné i zvýšit množství výživy, vody a CO₂. Pokud dojde k překročení tzv. saturačního ozáření, tak rostlina není schopna efektivně využít další dodanou energii. Lze říci, že rostlina je „nasyčená“ světelnou energií. [4][5][10]

Tab. 2-2: Přepočítávací koeficienty fotometrických a fotosyntetických jednotek a indexů fotoperiodické radiace pro vybrané světelné zdroje [4]

Koeficient		k _{FAR}	k _{μmol}	IFPR
Fyzikální rozměry		W·m ⁻² FAR/klx	μmol·s ⁻¹ ·m ⁻² /klx	-
Kompaktní a lineární zářivka	cool white, chladně bílá, CW, 842	2,73	12,2	0,45
	day light, denní světlo, D, 865	3,26	14,0	0,33
	Boilux, chladně bílá, 942	3,73	16,4	0,38
Halogenidové výboje	NDL, chladně bílá, 942	3,33	15,1	0,61
Zdroje LED	Master PAR 20, 4 000 K	3,15	14,8	0,63
	LD 06B W4F 4 000 K	3,23	15,0	0,60
	PAR 16 20d 5 600 K	3,35	15,1	0,52
	Hartman [5] R _a = 96 5 500 K	3,49	16,0	0,54
Denní světlo	globální záření jasno	3,97	18,1	1,10
	Záření modré oblohy	4,88	20,7	0,54

Pro naši fytotronovou komoru byly použity světelné zdroje odpovídající spektru LED MATNÁ v Tab. 2-1.

2.2 Zavlažování

Proces zavlažování je nezbytnou součástí pěstování rostlin, neboť jak bylo již výše řečeno, patří voda vedle půdy, CO_2 a světla mezi základní potřeby rostlin, bez kterých je jejich růst nemyslitelný. Důležité je udržování množství vody v půdě a v ovzduší v ideálním poměru. Nejvhodnější způsob zavlažování je proto prostřednictvím tzv. mikro-závlahu. Mikro-závlahu neboli kapkovací závlahu rozlišujeme podle způsobu závlahy na kapkovací potrubí, závlahu bodovou, podzemní a mikropostřik. Toto zavlažování se používá pro klasické pěstování rostlin v zemině. Ovšem existuje i tzv. hydroponie, kde dochází k pěstování rostlin bez zeminy a voda je nositelem veškeré výživy.

2.2.1 Kapkovací potrubí

Kapkovací závlaha zavlažuje s vyšší intenzitou a s menší spotřebou vody, než při běžném zavlažování. Vzhledem k nižšímu množství vody se voda proudící potrubím více ohřívá, nedochází k vyplavování živin z půdy, nenarušuje se struktura půdy a dochází k efektivnějšímu využití vody, resp. voda se tlakem sama nevytlačuje do hlubších částí půdy, ale zůstává v blízkosti kořenů rostlin. Zároveň je kapkovací potrubí rozprostřeno v blízkosti rostlin a dochází k zavlažení pouze prostoru kolem rostliny, což má příznivý vliv na spotřebu vody. Vzhledem ke svým vlastnostem je využití kapkovacích potrubí nejvhodnější na otevřená prostranství nebo pro větší skleníky či komory, resp. na místa, kde je nevhodné proniknutí vody do hlubší části půdy.

Kapkovací potrubí lze umístit i pod zem; toto potrubí musí být k tomuto účelu ovšem určeno. Umístěním potrubí pod úroveň povrchu půdy se zabrání jeho mechanickému poškození působením vnějších vlivů. Voda se také dostává pod povrch půdy přímo ke kořenům rostliny, které ji efektivně využijí. Množství vody odeslané přímo do půdy je mnohem menší než při použití kapkovacího potrubí na povrchu, natož při běžném zavlažování. V případě použití nadměrného množství vody dochází ke zbytečnému plýtvání, jelikož přebytečná voda není využita kořeny a proniká hlouběji do půdy, kde se již kořeny zavlažovaných rostlin nenachází. Dotyčné potrubí je chráněno i před sněhem a nemusí proto v zimním období docházet k jeho demontáži. Potrubí se musí pouze vypustit, aby uvnitř něj nedošlo k zamrznutí vody a zabránilo se tak možnému roztržení potrubí. [6]



Obr. 2-4: Kapkovací potrubí [6]

2.2.2 Bodové zavlažování

Bodové zavlažování pracuje na podobném principu, ale dochází k zavlažování určitých, konkrétně zvolených bodů, nikoliv celistvých ploch. Tento způsob je nejvhodnější pro zavlažování rostlin v květináčích, kde se voda dostane na dno květináče a následně je kořeny rostlin využita. [7]



Obr. 2-5: Bodový kapkovač (vlevo) a mikrozavlažovač (vpravo)[7][8]

2.2.3 Mikropostřik

Mikropostřik má na rozdíl od předešlých variant zavlažování za cíl pokrápět vodou i listy rostlin za cílem zbavit je usazeného prachu a nečistot, a tím také zpřístupnit průduchům v listech cestu k získání maxima CO_2 a světla a umožnit tak celkově snazší průběh fotosyntézy. Voda následně stéká z listů na půdu a tam se vsakuje. Za negativní hledisko lze považovat skutečnost, že v případě většího zahuštění plochy rostlinami může docházet ke stékání vody na několik konkrétních míst, a tak nedojde k rovnoměrnému rozprostření vody na ploše. Na druhou stranu tímto způsobem zavlažování dochází k odejmutí určitého tepla rostlinám, čímž lze zajistit dodatečnou regulaci tepla v případě nevyzpytatelného zvýšení teploty, např. prostřednictvím slunečního svitu. Samozřejmě by teplota vody měla odpovídat teplotě okolí.[8]

2.2.4 Hydroponie

Jedná se o pěstování rostlin bez zeminy, kde veškeré potřebné živiny jsou dodávány v živném roztoku. Tento proces přesně dávkuje živiny rostlině a tím i umožňuje regulovat její růst a vývoj plodů. Kořeny nemusí být natolik silné jako v zemině. Ideální je toto pěstování pro sazeničky, řezané květiny, ale i běžné rostliny po celou dobu jejich života. [18]



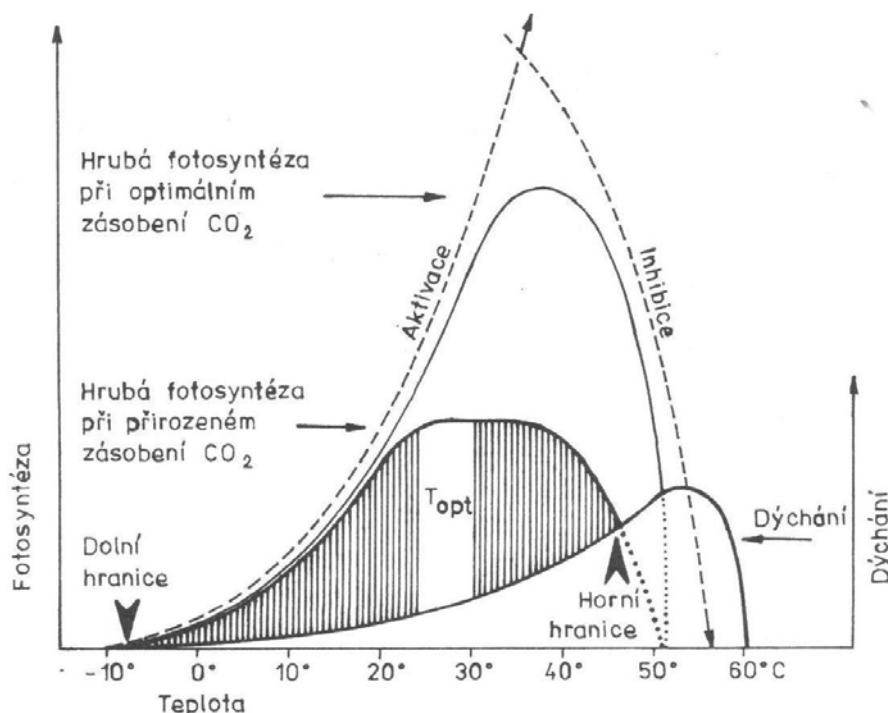
Obr. 2-6: Ukázka kořenů rostlin pěstované hydroponií[15]

2.3 Regulace teploty, klimatizace a koncentrace plynů v ovzduší

Každá rostlina vyžaduje v určitých etapách svého života různou teplotu. V přírodě teplo získává prostřednictvím záření Slunce ať už ve formě přímého slunečního svitu nebo z přenosu tepla ovzduším anebo mořskými proudy. Při pěstování rostlin v uzavřeném prostoru je nutné toto teplo rostlinám dodat uměle, a to v přiměřené míře, aby nedošlo k poškození rostliny.

Rostliny sice mají tzv. tepelnou bariéru, kterou představuje schopnost odolat určitému teplu, aniž by došlo k poškození rostliny, avšak i tyto bariéry mají svoje „limity“ a při jejich překročení již může dojít k poškození rostliny. Rostliny jako poikilotemní organismy, tedy organismy, jež nedokáží udržovat konstantní tělesnou teplotu a přijímají teplo z okolí s nízkým odporem, mají tepelnou bariéru citlivější a slabší než organismy homoiotermní. Rostliny regulují svou teplotu otevíráním průduchů, uvolňováním tekutiny do okolí anebo regulací složení látek v listech, čímž jsou schopny ovlivnit odražení slunečního svitu. Tyto schopnosti jim ale umožňují regulovat jejich teplotu jen v omezené míře.

Teplo má i přímý vliv na fotosyntézu viz Obr. 2-7. Jak je patrné z této grafické závislosti, jedná se spíše o orientační znázornění, jelikož tato závislost je u každé jednotlivé rostliny rozdílná.



Obr. 2-7: Závislost fotosyntézy na teplotě rostliny [13]

Pro vytvoření přijatelného a pokud možno i příjemného tepla prostředí je nutné vybrat vhodné vytápění. V základu lze vybírat vytápění podle média a prostupu tepla k rostlině. Jako médium můžeme použít buď kapalinu anebo plyn. Jako nejběžnější systém se okamžitě nabízí vytápění běžnými radiátory apod. Jelikož většinou mají jednotlivé fytotronové komory menší rozměry a umísťují se do budov, je ale vhodnější vytopit přímo tyto budovy na hodnotu nejnižšího požadovaného teplotu jednotlivé rostliny a pro další přísun tepla zajistit jeho dodatečnou dodávku přes klimatizační systém. Uvedené ovšem platí za předpokladu absence tepelně izolačních prvků dotyčné komory. Pochopitelně je možné použít i další způsoby vytápění, jako například infračervené osvětlení apod. Vzhledem k malým rozměrům fytotronových komor je pro rostliny nicméně výhodnější použití rovnoměrného ohřevu, který zajistí proudící vzduch. Poněvadž ve venkovních prostorách dochází k ohřevu rostliny prostřednictvím přeměny dopadající světelné energie na tepelnou energii, je na zváženu, jestli neprovádět ohřev půdy. Sluneční energie se ovšem přeměňuje i v jiných místech, než pouze v místě růstu rostliny, a vytvářejí se tak i tzv. teplé vzdušní proudy, takže by měl být i tak zachován ohřev prostřednictvím proudícího vzduchu.

Prostřednictvím rovnoměrného ohřevu lze zároveň zajistit i cirkulaci vzduchu a tedy regulaci poměru jednotlivých plynů v ovzduší. Vzduch se přesouvá od místa s vyšším tlakem do místa nižšího tlaku a dochází tak k vyrovnávání tlaku v celém prostoru. V případě nedostatečných tlakových rozdílů způsobených teplem lze použít i tzv. nucenou cirkulaci. Tato cirkulace pracuje na principu vytvoření tlakových rozdílů za a před zařízením, např. ventilátorem. Vzhledem k velikosti tlakových rozdílů dochází k výraznější cirkulaci než u předešlé přirozené cirkulace.

V případě více komor je mezi nimi možné provádět odčerpávání dílčími ventilátory nebo ventilátorem centrálním. Volba záleží na požadavcích ventilace, počtu komor a dalších aspektech – například jestli je požadováno neustálé přečerpávání vzduchu nebo se má ventilace aktivovat až po překročení nastavené veličiny, zda se teplota a vlhkost vzduchu bude regulovat přímo v komoře nebo prostřednictvím vzduchu, resp. jeho výměny, apod. Zároveň je vhodné, aby teplota odchozího vzduchu převyšovala teplotu vstupního vzduchu, což se provádí výměníkem.

Je poměrně nežádoucí, aby rostliny byly ohřívány přímo světelným zdrojem, jelikož by nedocházelo k prohřívání zastíněných částí rostliny a došlo by k neřízenému ohřevu rostlin a jejich možnému poškození. U menších komor ovšem může naopak vzniknout požadavek na chlazení namísto ohřevu, a to kvůli přebytečnému teplu, které se v malém prostoru může nashromážďovat.

2.4 Shrnutí

Fytotronová komora je zařízení určené pro výzkum růstu a pěstování rostlin. Jedná se o zařízení s možností přesné regulace příchozího světla o určitém spektru vlnové délky, vody, vzduchu a teploty. Aby takové regulování bylo možné, je zapotřebí vybrat vhodné světelné zdroje, způsoby zavlažování, vytápění a výměny vzduchu. Zároveň je správným dávkováním výše uvedených veličin možné zkracovat nebo prodlužovat jednotlivé „životní“ etapy rostliny, jako je kvetení, vývoj plodu, růst kořenů apod.

Momentálně se uplatňují světelné zdroje LED o požadovaném vyzařovacím vlnovém spektru. Jejich velkou výhodou je vyzařování tzv. studeného světla a jednoduchá regulace. Oproti tomu LED světla nemají ani podobné vyzařovací spektrum jako slunce. To lze částečně odstranit používáním více typů LED světel. U LED světel také dochází k nezanedbatelnému zahřívání na „zadní“ stranu, tedy v místě, kde je umístěna patice. Tento nežádoucí projev lze odstranit dodatečným chladičem a přebytečné teplo nashromážděné na patici lze využít k případnému vytápění okolí.

U zavlažování je nutné mít na zřeteli zamezení vyplavování živin z půdy, obnažování kořenů apod. Zabránit těmto negativním jevům spojeným s běžným způsobem zavlažování lze tzv. mikro-závlahou. Pracuje na stejném principu jako běžné zavlažování, avšak důraz je dán na vyšší počet zdrojů zavlažování a menší množství spotřebovávané vody. Mikrozávlaha se dělí na kapkovací, bodové zavlažování a mikropostřik. Každá rostlina po čase vyžaduje tzv. „opláchnutí“, tedy zbavení listů prachu a nečistot, k čemuž dobře poslouží právě mikropostřik. Kapkovací zavlažování je oproti tomu ideálním zavlažováním pro kořeny se zohledněním rovnoměrnosti zavlažení.

Podstatnou a nedílnou součástí efektivního pěstování rostlin je také klimatizace, která zajišťuje cirkulaci vzduchu; tedy možnou regulaci poměru plynů v ovzduší a i případnou regulaci tepla. Jelikož všechny rostliny jsou poikiloterním organismem, tak jakákoliv prudká změna teploty by jim mohla způsobit šok a stres, čímž může dojít k poškození plodů, květů nebo dokonce samotného stonku či listů rostliny. Proto je vhodné měnit teplotní podmínky v okolí rostliny postupně a jen s mírným nárůstem (poklesem). Také je vhodné zajistit rovnoměrné rozptýlení tepla v celém těle rostliny a předejít ohřátí jen některých jejích částí.

3 PLC SYSTÉM

PLC neboli programovatelný logický automat slouží primárně pro ovládání systémů v průmyslu. PLC je vybaven procesorem, paměťovou částí a obvody pro příjem a vysílání dat. Tyto data může vysílat přes analogové nebo digitální rozhraní, prostřednictvím něhož lze získat dostatečné množství informací o ovládaném systému a řízením výstupů jej podle naprogramovaného algoritmu ovládat.

3.1 Historie

Poté co v roce 1831 Michael Faraday objevil elektromagnetickou indukci a Thomas Alva Edison s Nikolou Teslou se zásadním způsobem zasadili o zkvalitnění elektrických stejnosměrných a střídavých strojů, bylo nutné umožnit i základní ovládání těchto strojů. Mezi první ovládací prvky patří vypínač, který tehdy spíše připomínal páku a musel se ovládat v izolačních rukavicích. V okamžiku rozšíření elektřiny i do průmyslu vyvstala poptávka po důmyslnějších způsobech ovládání, mezi něž patří například stykače, časová relé apod. Tato zařízení se ještě dnes výjimečně používají pro řízení v průmyslu, ale spíše se uplatňují zařízení kombinující klasické přístroje s programovatelným automatem. Největší nevýhodou klasických přístrojů je nutnost jejich velkého počtu a poměrně složité montáže, která způsobuje nepřehlednost a znamená výraznou komplikaci při změně programu. Také nedokáží pracovat s digitálním signálem. Ale v domácnostech si stále drží dominantní postavení především kvůli jednoduchým aplikacím a díky tomu i nízké pořizovací ceně. Jejich nesmírnou výhodou je jednoduchý princip fungování a z toho vyplývající i poměrně velká spolehlivost.

V 60. letech minulého století se firma Bedford Associates rozhodla vytvořit programovatelný systém s jednodušším systémem, který by umožnil flexibilní a rychlou změnu ovládání systému. Výsledkem bylo PLC s názvem MODICON. Pro možnost vytváření složitějších systémů bylo nutné zavést komunikaci mezi PLC systémy, díky čemuž se zvýšilo pokrytí aplikací těchto automatů. V 80. let byl zaveden GM protokol, který zajistil první standardizování komunikace mezi PLC. 90. léta přinesla standardizování programovacího jazyka a snahu o zlepšení uživatelského rozhraní.

3.2 Možnosti náhrady PLC a srovnání

Tato práce se zabývá naprogramováním PLC za účelem automatického provozu fytotronových komor. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o řízení světla, tepla a vzduchotechniky na základě naměřených hodnot v jednotlivých uzavřených prostorech. Krom toho existují i další možnosti jak provádět řízení a ovládání fytotronových komor.

3.2.1 Řízení spínacími přístroji využívajícími elektromagnetismus

Jedním z těchto možností je použití spínacích přístrojů založených na elektromagnetickém principu, jako jsou relé, stykače, vypínače apod. Tyto přístroje pracují na jednoduchém systému magnetických a mechanických sil, což zvyšuje jejich spolehlivost a odolnost proti vnějším elektromagnetickým silám. A jelikož pracují na jednoduchém principu uplatňujícím se již řadu desetiletí, jsou tyto přístroje i poměrně levné, neboť jejich výroba je rozšířená a zaběhnutá.

Klasické přístroje ovšem dosahují značně velkých rozměrů a při jejich složení v celistvý systém jsou jejich nároky na prostor značně vysoké. Navíc k funkčnosti celého systému je zapotřebí i zvážit způsob zapojení jednotlivých přístrojů. Takže výsledný systém složený z jednotlivých přístrojů a jejich propojení by byl natolik velký, že by zabíral řadově místnosti.

Také by byl i poměrně složitý na ovládání a při změně některé funkce systému by muselo dojít ke změně zapojení přístrojů. A i když jsou jednotlivé přístroje poměrně levné, požadovaný počet přístrojů u složitějších systémů včetně spojů by byl natolik velký, že výsledná cena takového systému by byla mnohonásobně vyšší než koupě samotného PLC.

3.2.2 Řízení obsluhou

Druhá varianta, a to řízení lidskou obsluhou, představuje z hlediska pořizovacích nákladů nejlevnější možnost. Druhou otázkou závisící na individuálních podmínkách jsou ale náklady provozní, tj. zejména mzda zaměstnanců. Jedná se o variantu uplatňovanou časově ještě dříve než řízení spínacími přístroji. Sice každý systém potřebuje určitou obsluhu nebo servis, ale k eliminaci chyb obsluhy je vhodné odstranit úkony, kdy se právě význam lidského faktoru projevuje nejvíce, a snížit dobu a nutnost těchto úkonů člověkem. Ovšem zda se snažit o plně automatizovaný provoz či ne je zcela jiné téma.

Celý systém by pak byl složen ze senzorů v jednotlivých komorách, což je stejné jako v případě jiných variant řízení. Navíc by zde ale musely být přístroje znázorňující naměřené hodnoty a vypínače či tlačítka pro manuální ovládání a případně i přístroje umožňující regulaci. Veškeré operace, mezi něž patří určování podmínek sepnutí a vypnutí, plynulá regulace apod. by ručně prováděla obsluha.

Zda je tato varianta technicky nebo finančně výhodná se musí zhodnotit u každého projektu zvlášť s přihlédnutím k lokálním podmínkám na trhu práce. Ovšem vzhledem k obvyklé výši průměrné mzdy a pořizovacích cen přístrojů, jakož i rizika selhání lidského faktoru, lze zejména z dlouhodobého hlediska dovozovat, že tato metoda není příliš výhodná, nepřichází-li ovšem v úvahu možnost nakupení více úkolů pro daného pracovníka, než jen pouze řízení, což se dnes uplatňuje například u vrátných.

3.2.3 Řízení optimalizovaným obvodem

Další možností je obvod vytvořený přímo na daný konkrétní systém. Tato zařízení se většinou skládají z mikroprocesoru, spínacích součástek atd. Jelikož jsou tato zařízení vyráběna na zakázku, tak způsoby jejich řízení jsou uzpůsobeny přání zákazníka, od něhož se odvíjí složitost zařízení a jeho cena. Největší nevýhodou tohoto typu řízení je jedinečnost použitých a vyrobených zařízení, což může být i příčinou vzniku problémů při servisu a softwarových úpravách. Pro jednotlivá zařízení se vytváří jeden ovládací program a případně jeden vizualizační program, takže vzhledem k jejich jedinečnosti bývají rozhraní často nedostatečně vyladěná a objevují se i chyby v softwarovém rozhraní. Kvůli jejich individualitě zákazník mnohdy nemůže ani počítat s opravou v podobě aktualizace.

3.2.4 Řízení PLC zařízením

Jak bylo popsáno výše, tyto systémy byly primárně určeny k řízení rozsáhlých průmyslových systémů. Vývojem nových technologií, rozšiřující se poptávce a konkurenci klesly ceny mnohem níže oproti původním hodnotám. Momentálně se tyto systémy aplikují i u malých firem a domácností, např. pro řízení klimatizace. Jejich nespornou výhodou je používání logických bloků nebo jazyka basic k programování. Oproti optimalizovaným obvodům mají výraznou výhodu v neutrálnosti přístupu a v univerzálním programování. To zajišťuje další rozvíjení a doladování celého zařízení. Navíc pokud dojde k rozvíjení systému, tak protože většina PLC zařízení umožňuje komunikaci s dalším PLC zařízením, je možné levnější rozšíření rozvinutějšího průmyslového systému.

3.2.5 Výběr způsobu řízení

V dnešní době se pro obecné řízení používají všechny zmíněné postupy. Hlavním cílem je zajištění spolehlivého a ekonomického řízení. V ekonomické části se nebere ohled pouze na pořizovací cenu, ale i na provozní náklady. Každá aplikace má individuální rozsah a řešení. Proto je nutné znát veškeré možné postupy vytvoření řízení a podle jejich vlastností vybrat jeden určitý systém nebo kvalitně a spolehlivě provést kombinaci více systémů.

Vzhledem k potřebám rostlin ve fytotronových komorách zmíněných výše je vhodný automatický provoz zajišťující neustálé měření a řízení teplot, vlhkosti, světelné intenzity, zavlažování a případně poměru plynů v ovzduší. Pro tento případ je optimálním řešením PLC zařízení. Umožňuje vytvoření přehledného a jednoduchého řízení složitých systémů a i ovládání přes vizuální prostředí. Jedná se o program pracující na rozhraní PC nebo notebooku, který umožňuje zasílání instrukcí PLC systému. Pokud je PLC systém vybaven rozhraním ethernet, je možné prostřednictvím komunikačních rozhraní ovládat systém nejen prostřednictvím PC nebo notebooku, ale i prostřednictvím internetu v rámci webových stránek. Běžný pracovník tedy může přes internet ovládat celý PLC systém z jakéhokoli místa, v reálném čase a bez ohledu na operační systém svého osobního PC nebo notebooku. V této práci bude bližší pozornost věnována PLC systému AMiNi2DS vytvořeného společností AMiT s.r.o.

3.3 Shrnutí

Programovatelný logický automat neboli PLC představuje komplex výpočetních jednotek s interní pamětí, jež umožňují vytvoření systému poměrně složitěho logaritmu, ale přitom s jednoduchým ovládáním a přehledným zobrazením měřených a jiných hodnot v softwarovém rozhraní. I když PLC existují přes 50 let, tak poměrně vysoké pořizovací náklady případně zájemce stále nutí zvažovat i jiné možnosti a varianty.

Je jistě pravdou, že je zbytečné investovat do drahého systému pro ovládání jednoduchých zařízení nevyžadujících měření a následné vyhodnocení podle definovaného logaritmu, jako například rozsvěcování světel v rodinném domě. Případně je možné i v některých situacích stále využít tzv. lidskou sílu na vykonávání některých úkolů, které může uspokojivým způsobem plnit řádně proškolený zaměstnanec jako sekundární činnost při své běžné práci (např. hlídač na vrátnici). Mnoho výrobců s odkazem na finanční úspory a obdobné důvody nepoužívají ve svých zařízeních PLC systémy, ale vlastní optimalizované obvody, které postupně rozvíjí a vylepšují. V konečném důsledku znamená ovšem opakované vytváření vlastního obvodu pro jedno konkrétní zařízení, které se nevyrábí sériově, větší finanční náročnost, než se může při prvním pohledu na pořizovací náklady zdát, a také větší komplikovanost s ohledem na případnou potřebu dalšího rozvoje (a tedy změn) zařízení.

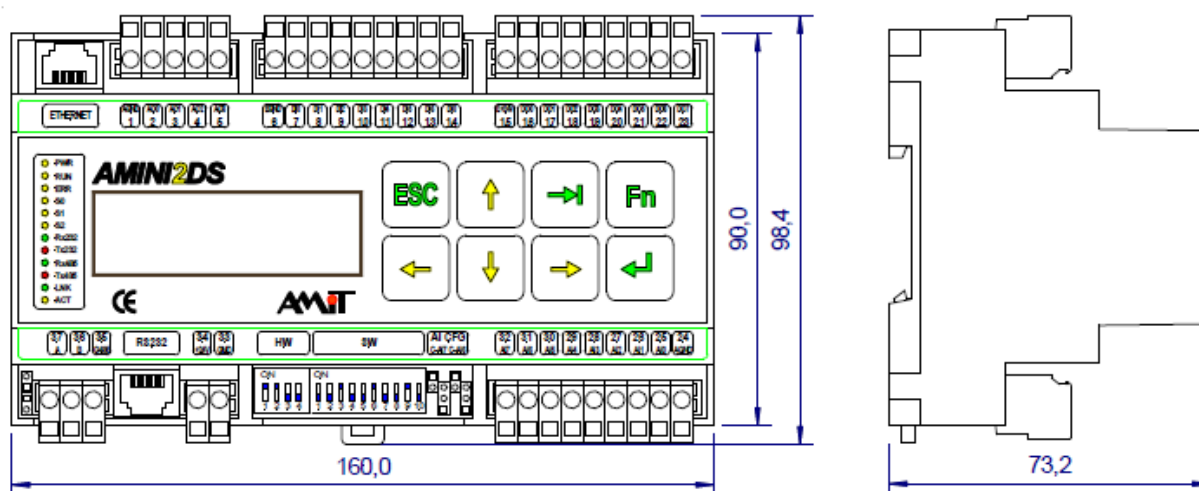
4 ŘÍZENÍ FYTOTRONOVÉ KOMORY

4.1 PLC systém AMINI2DS

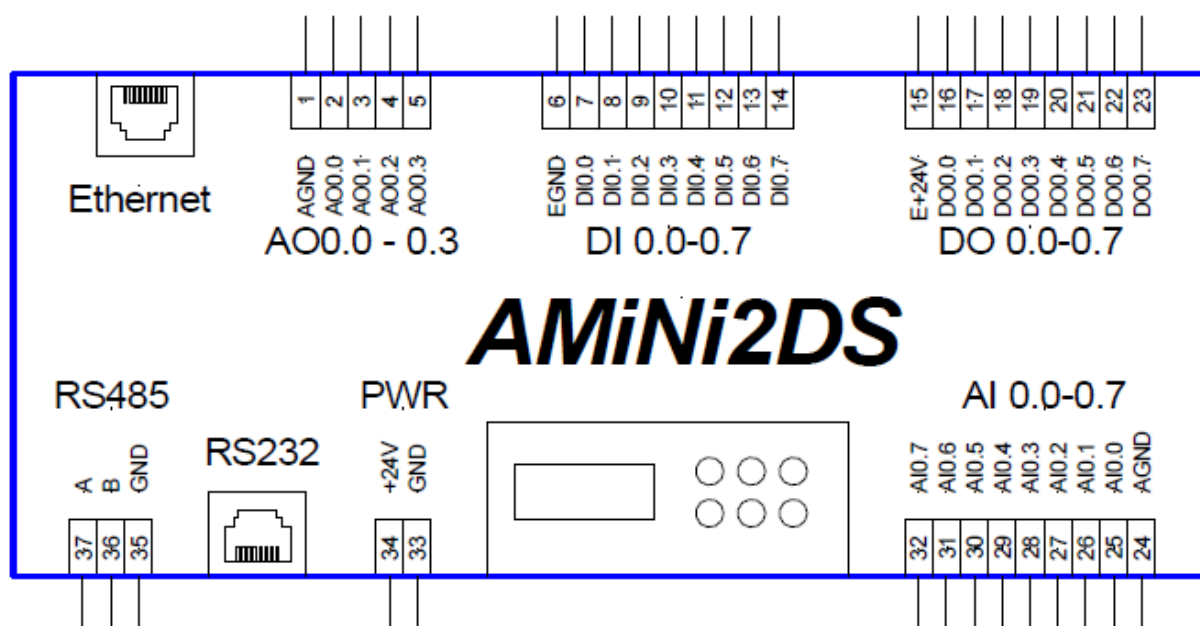
Jak již bylo výše popsáno, tyto (PLC) systémy mají univerzální použití, a je tedy vhodné použít je kdekoli, kde se plánuje vývoj, provádění změn systému využívajících zařízení a komplexní řízení. Jelikož se fytotronové komory budou používat za cílem výzkumu pěstování rostlin, je nutné zajistit jednoduché, mobilní a hlavně rychlé ovládání s možností dálkového přístupu přes webové či jiné univerzální softwarové rozhraní.

4.1.1 Seznámení se se systémem

AMiNi2DS má obecné určení, resp. jeho výrobce společnost AMiT s.r.o. jej nijak nespécializoval pro konkrétní užití a závisí tedy čistě na uživateli, jakým způsobem zařízení naprogramuje. Zařízení má 5 analogových výstupů 0 až 10 V, 8 analogových vstupů 0 až 10 V, 8 digitální vstupů a 8 digitálních výstupů 24 V, viz Obr. 4-1 a Obr. 4-2. Veškeré digitální kontakty jsou galvanicky odděleny. Pro komunikaci je zařízení vybaveno rozhraním Ethernet a RS232.



Obr. 4-1: Náčrty systému AMiNi2DS s rozměry [9]



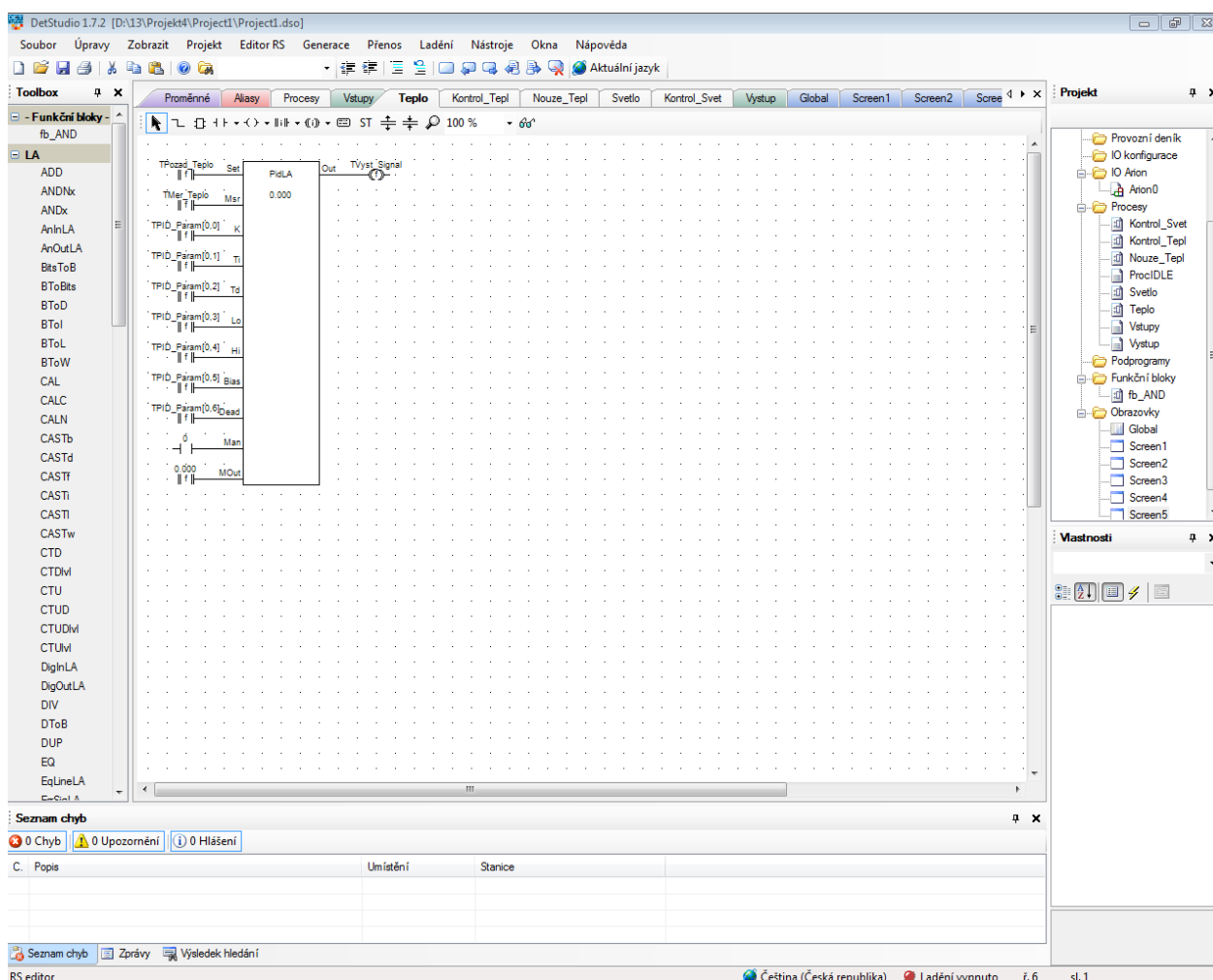
Obr. 4-2: Schématické znázornění vstupů a výstupů systému AMiNi2DS [9]

4.1.2 Program PLC

Vytvoření softwarového rozhraní pro PLC systém probíhá v programu DetStudio 1.7.2. Jak je níže znázorněno na Obr. 4-3, programovací rozhraní umožňuje provádět programovou výbavu PLC systému prostřednictvím tzv. logických bloků, statement list, jejich kombinace a jazyku logických adres.

Jazyk statement list, dále jen ST, je programovací jazyk relativně se podobající jazyku C++. Bohužel neumožňuje u mnohých příkazů složitější zápis a je tedy nutné vytvoření řady logických a číselných proměnných. Jazyk logických bloků, dále jen RS, je jazyk využívající grafické znázornění jednotlivých příkazů, takže dochází k vytváření schémat s logickými bloky, které si uživatel může vytvářet i sám prostřednictvím libovolného jazyka. Jednotlivé uživatelské bloky nelze přímo na sebe napojovat, ale lze je propojovat pouze přes jiný logický blok. Jazyk RS nevyžaduje takové množství proměnných pro zpracování dat v procesech. Na stranu druhou je relativně rozsáhlý a může se jevit nepřehledně až zmateně. Proto je někdy vhodná kombinace jednotlivých jazyků procesů a dokonce i v určitých případech kombinace jazyků přímo v procesu.

Je nutné si uvědomit proces výpočtů. V případě neošetřené chyby (např.: dělení nulou apod.) může dojít k vyhodnocení natolik závažné chyby, že systém nebude pokračovat v následujících příkazech daného procesu a přikročí k výpočtům v následujícím procesu. Proto je vhodné rozdělit celý soubor příkazů do jednotlivých procesů. Takto může dojít k vyvarování se úplné nefunkčnosti celého PLC systému kvůli jedné neošetřené chybě. Navíc pro případ kontroly či úpravy příkazů se i systém stává přehlednější, jak pro autora dané softwarové výbavy, tak i pro jinou osobu.



Obr. 4-3: Náhled na software DetStudio 1.7.2

4.1.2.1 Načtení vstupů

Aby bylo možné provádět regulaci, je nejdůležitější provést načtení všech vstupů PLC, přičemž takto lze získat měřená data. Jelikož se veličiny neměří přímo, ale prostřednictvím jiné veličiny, je nutné uvést jednak elektrický rozsah a fyzický rozsah hodnot. Aby byla zajištěna kompatibilita i s jinými měřicími prvky, tyto hodnoty jsou měnitelné i v průběhu provozu aplikace. Úprava hodnot je možná na PC, protože PLC má omezené rozměry displaye a nemohlo by být provedeno vytvoření přehledného a jednoznačného rozhraní.

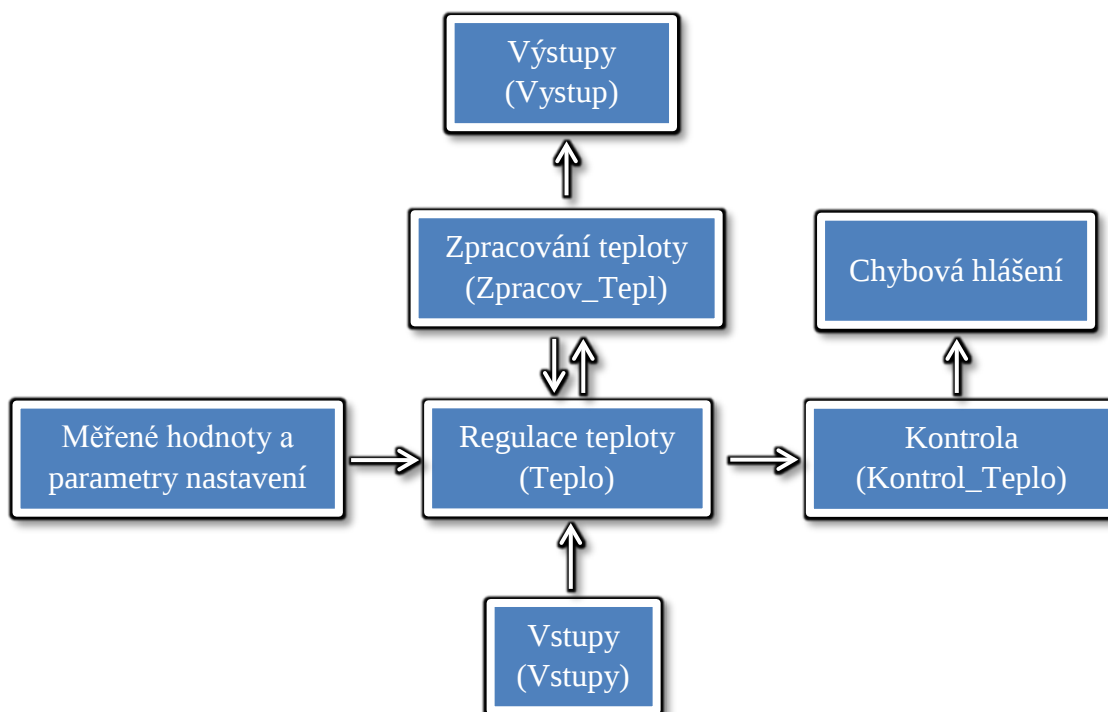
```
//načtení analog. vstupu měření teploty a přiřazení k TMer_Teplo
AnIn #Ni10001_0, TMer_Teplo, 10.000, Vstup_Param[0,0], Vstup_Param[0,1],
Vstup_Param[0,2], Vstup_Param[0,3]
//načtení analog. vstupu měření osvětlení a přiřazení SMer_Svetlo
AnIn #Ni10001_1, SMer_R, 10.000, Vstup_Param[1,0], Vstup_Param[1,1],
Vstup_Param[1,2], Vstup_Param[1,3]
AnIn #Ni10001_2, SMer_G, 10.000, Vstup_Param[2,0], Vstup_Param[2,1],
Vstup_Param[2,2], Vstup_Param[2,3]
AnIn #Ni10001_3, SMer_B, 10.000, Vstup_Param[3,0], Vstup_Param[3,1],
Vstup_Param[3,2], Vstup_Param[3,3]
//načtení analog. vstupu měření složek v ovzduší a přiřazení VMer_Vzduch
AnIn #Ni10001_4, VMer_O, 10.000, Vstup_Param[4,0], Vstup_Param[4,1],
Vstup_Param[4,2], Vstup_Param[4,3]
AnIn #Ni10001_5, VMer_N, 10.000, Vstup_Param[5,0], Vstup_Param[5,1],
Vstup_Param[5,2], Vstup_Param[5,3]
AnIn #Ni10001_6, VMer_CO, 10.000, Vstup_Param[6,0], Vstup_Param[6,1],
Vstup_Param[6,2], Vstup_Param[6,3]
```

```
//načtení analog. vstupu měření složek v zavlažování a přiřazení ZMer_Voda
AnIn #Ni10001_7, ZMer_Voda, 10.000, Vstup_Param[7,0], Vstup_Param[7,1],
Vstup_Param[7,2], Vstup_Param[7,3]
```

4.1.2.2 Řízení teploty

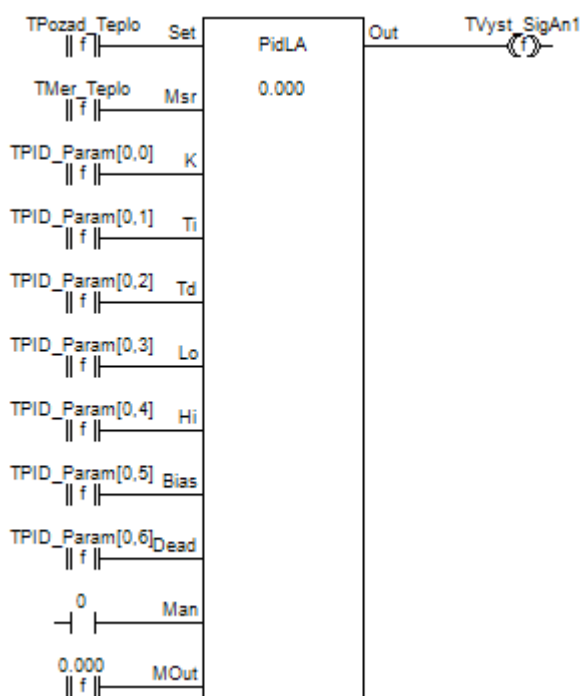
Pro řízení teploty byl využit logický blok PID regulátor, který umožňuje obsluhu individuálním nastavením dle požadovaných potřeb. Zároveň bylo nutné vytvořit kontrolní proces, jenž by hlídal maximální a minimální přípustnou teplotu za účelem vyvarování se chyby lidského faktoru, např. zadání chybné požadované teploty. Také zde dochází k posuzování řídicího signálu a měřené teploty, čímž lze detekovat případnou poruchu vytápění.

V Obr. 4-4 je znázorněná topologie řízení a regulace teploty. V závorkách je napsán název procesů, v nichž se odehrávají dotyčné úkony. Chybová hlášení jsou řešena přímým zápisem do proměnných v procesu Kontrol_Teplo. Měřené hodnoty a parametry pro nastavení jsou ukládány automaticky po dokončení nastavení jejich hodnot.



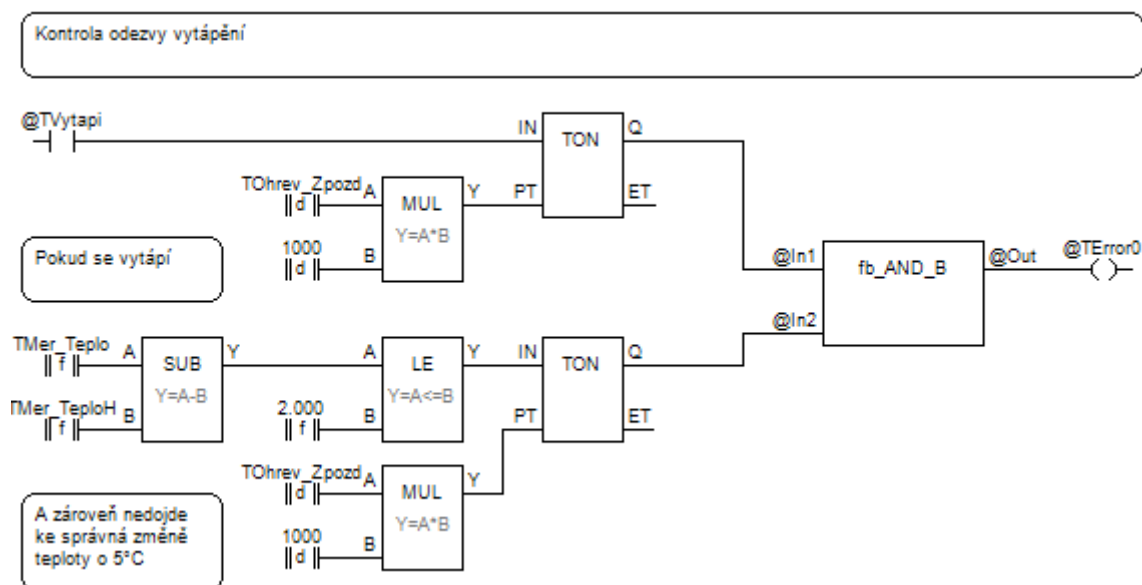
Obr. 4-4: Topologie řízení a regulace tepla

Jak již bylo zmíněno výše, regulace teploty byla provedena prostřednictvím PID regulátoru, kde nebyla využita možnost přímého nastavení výstupu, viz Obr. 4-5.

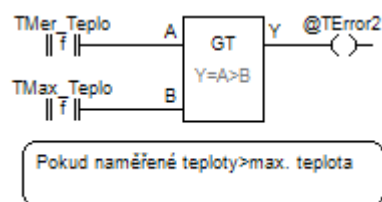


Obr. 4-5: PID regulátor pro regulaci teploty

Kontrola správné regulace v závislosti na čase je znázorněná v Obr. 4-6. Jak je patrné, možná setrvačnost na změnu teploty o 2°C se nastavuje v sekundách. Přesné rozmezí nastavení zpoždění je 0 - 9999 s. Ovšem je nutné si uvědomit, že k tomuto zpoždění je nutné přičíst i zpoždění PLC systému způsobené zpracováním výpočtu. V tomto vyhodnocení byl použit uživatelsky vytvořený blok AND (fb_AND_B) pro vyhodnocení logických parametrů. Pro kontrolu dosažení maximální teploty postačí pouhé srovnání dvou údajů, viz Obr. 4-7. Kontrola chlazení a minimální teploty byla provedena obdobně a není ji proto třeba zobrazovat.



Obr. 4-6: Kontrola správné regulace teploty v závislosti na čase



Obr. 4-7: Kontrola maximální teploty

Doposud bylo veškeré naprogramování provedeno v jazyce RS, ale v procesu Zpracov_Tepl se používá jazyk ST. Z důvodu přehlednosti a ujasnění si mnohých postupů bylo přikročeno k vysvětlení příkazů formou poznámky vedle konkrétního příkazu. Funkce jsou vyznačené modrou barvou, poznámky zelenou, struktura funkcí a příkazy jsou černou a parametry příkazů jsou zeleno-modrou. Vysvětlivky jsou psány formou poznámky vedle příkazu.

```

GetTime NONE, Time, TimeChange//Time=čas;2. bit TimeChanges=impulz při změně
minuty

Let @TVytapi=(TVyst_SigAn1>0)//Zjištění vytápění
Let @TNecinnost=(TVyst_SigAn1==0)//Zjištění nečinnosti
Let @TChladi=(TVyst_SigAn1<0)//Zjištění chlazení

Let @Day=(B==366)//Pokud je 367. den (počítá se od 0)
If @Day
    Let B=0//tak se počítání dnů vynuluje
EndIf

If TimeChange.1//Pokud dojde ke změně minuty
    Let X=Float(Time[2,0])*3600+Float(Time[1,0])*60//tak přepočteš celkový
čas na sekundy
    Let @NoZeroValue=X>0//a čas bude větší než nula (půlnoc/neaktivní)
    If @NoZeroValue
        For V, 0.000, 4.000, 1.000//cyklus hledání odpovídajícího času v úkonech
            Let @Time=(X==TDenPT[B,V])//Pokud odpovídá okamžitý čas s časem
úkonu
                If @Time
                    Let TPozad_Teplo=TDenP[B,V]//tak se запиše hodnota do
požadované
                    Let @EndCycle=(TDenP[B,V] == 2147483646)//toto znamená
konečná hodnota
                    Let @Time=False
                EndIf
            EndFor
        EndIf
    EndIf
EndIf

```

V tomto procesu se vyhodnocuje stav vytápění a chlazení. Zároveň se zjišťuje požadovaná hodnota teploty. Vyberáme z 5 úkonů na den a z 366 dnů.

V procesu Vystup je také použit jazyk ST. Tento proces zpracovává jednotlivá data, výstupní hodnotu zvětšuje v poměru podle nastavení hodnot. Následně dochází k zápisu na digitální výstupy pulzní šířkovou metodou. Tato metoda je omezena na periodu 1600 ms a po jeho překročení dojde v případě nutnosti vytápění či chlazení k trvalému sepnutí kontaktů. Zároveň je nutné provést tzv. vyprázdnění, aby nedošlo k zaplnění výstupu. Pak by totiž výstup intenzivně vysílal impulzy s posledně známými parametry.

```

//-----
//!!!Teplo!!
//-----
If @TVytapi//Pokud se vytápí

```

```

Let TVyst_SigAn2=TVyst_SigAn1*(M)//tak výstupní hodnota pro ohřev bude
zvětšena M-krát
else
Let TVyst_SigAn2=0//jinak se nevytápí
EndIf

If @TChladi//Pokud se chladí
Let TVyst_SigAn3=TVyst_SigAn1*(-N)//tak výstupní hodnota pro chlazení bude
zvětšena N-krát (mínus kvůli záporné výstupní hodnotě z PID regulátoru)
else
Let TVyst_SigAn3=0//jinak se nevytápí
EndIf

Let TVyst_SigAn6=TVyst_SigAn2//Slouží pro zobrazení (vysvětlení níže)
Let TVyst_SigAn7=TVyst_SigAn3//Slouží pro zobrazení (vysvětlení níže)

PulseOut #D000_1, 1, TVyst_SigAn2, TVyst_SigAn4, 1600.000, 0, NONE.0 //Tímto
způsobem nedojde k nashromáždění dat a tím k zacyklení výstupu

PulseOut #D000_0, 1, TVyst_SigAn3, TVyst_SigAn5, 1600.000, 0, NONE.0

Let TVyst_SigAn2=0//nulování hodnot kvůli zabránění zacyklení, proto použití
proměnných pro zobrazení
Let TVyst_SigAn3=0
//Zápis aktuální měř. teploty do měř. teploty(2) pro vyhodnocení změn teploty
Let TMer_TeploH=TMer_Teplo

```

4.1.2.3 Řízení intenzity osvětlení

U světelných zdrojů se neprovádí přímé řízení PLC systémem, ale ty jsou řízeny přes určitý řídící meziklánek, resp. měnič, stejně jako v případě řízení vytápění. Typ měniče závisí na typu použitého světelného zdroje. Daný světelný zdroj by mělo být umožněno řídit, tj. výrobce by světelný zdroj měl vyrábět technologií umožňující měnit vstupní parametry jako je napětí, frekvence atd. za cílem měnit světelný výkon zdroje.

Pro řízení světelné intenzity byla zvolena lineární charakteristika řídícího signálu. Pro určení požadovaných hodnot podle vzorce 4.2 je již nutné osvětlovat rostliny, takže právě pro případ zapínání osvětlení tento vzorec nefunguje a je nutné nastavit osvětlení na určitou hodnotu. I v tomto případě ale existuje řešení podle vzorce 4.3.

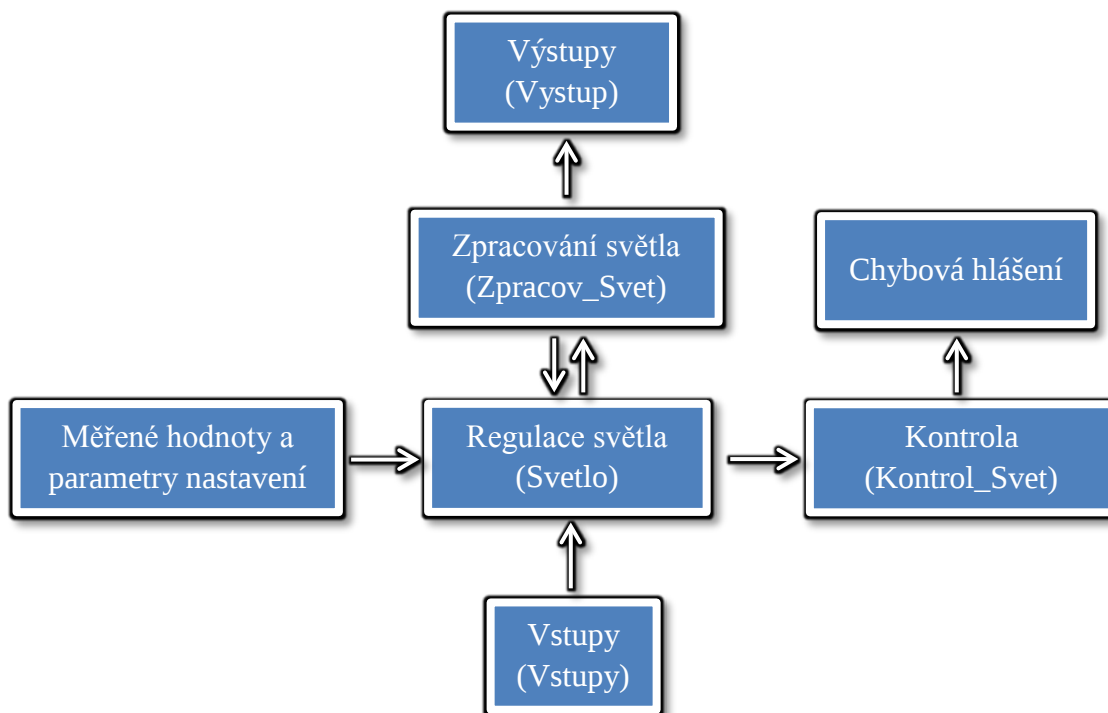
$$\frac{E_{mer}}{U_{aktual}} = \frac{E_{pozad}}{U_{pocit}} (lx, V; lx, V) \quad (4.1)$$

$$U_{pocit} = \frac{E_{pozad}}{E_{mer}} \cdot U_{aktual} (V; lx, lx, V) \quad (4.2)$$

$$U_{pocit} = \frac{E_{pozad}}{E_{max}} \cdot U_{max} (V; lx, lx, V) \quad (4.3)$$

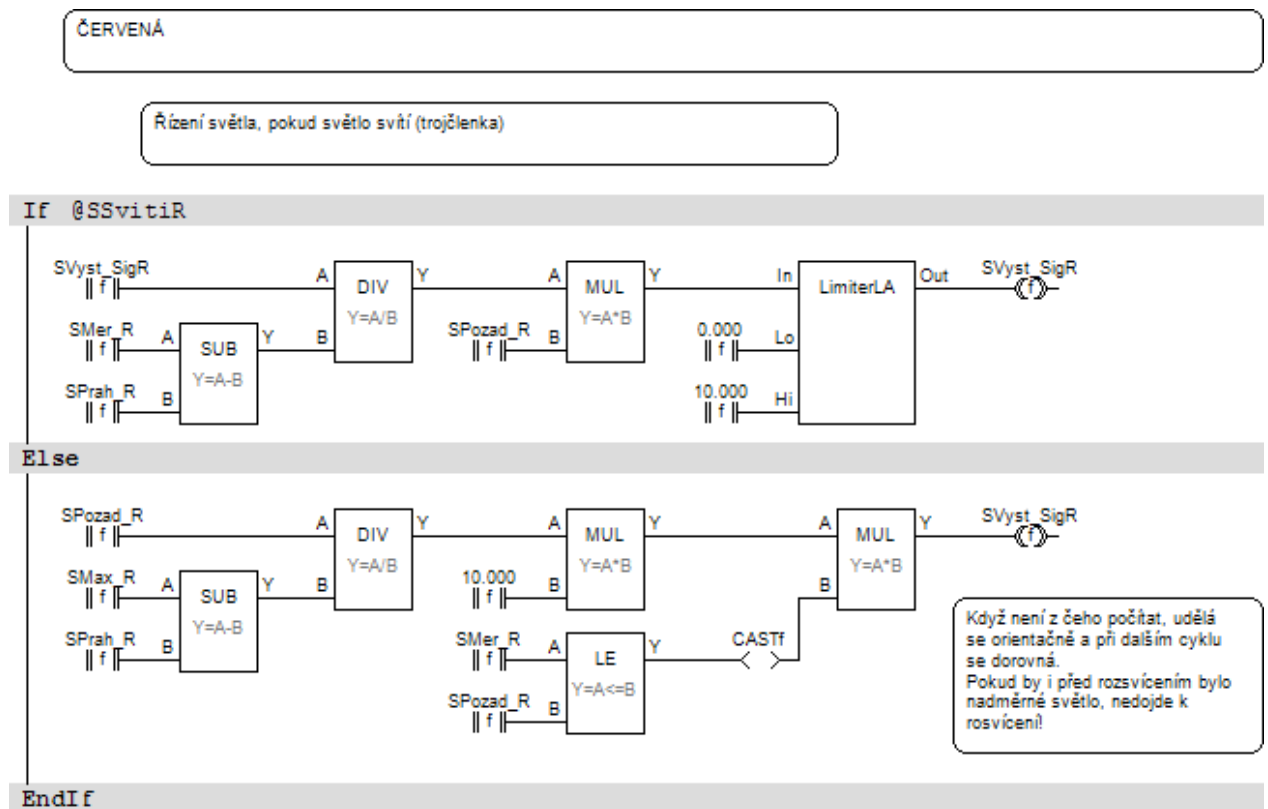
,kde U_{pocit} je počítaná hodnota řídícího signálu pro získání požadované intenzity osvětlení, E_{pozad} je požadovaná intenzita osvětlení, E_{mer} je naměřená intenzita osvětlení, U_{aktual} aktuální hodnota napětí řídícího signálu a E_{max} je maximální intenzita osvětlení při maximálním řídícím signálu U_{max} , tedy 10V.

Světlo se na rozdíl od tepla neakumuluje v pevné hmotě. Když je dán nedostatečný výkon topného tělesa, prodlouží se doba vytápění. Pokud je nedostatečný světelný výkon zdroje, musí dojít k jeho navýšení. Tento případ je ovšem nutné ošetřit a obsluhu zařízení předem informovat.



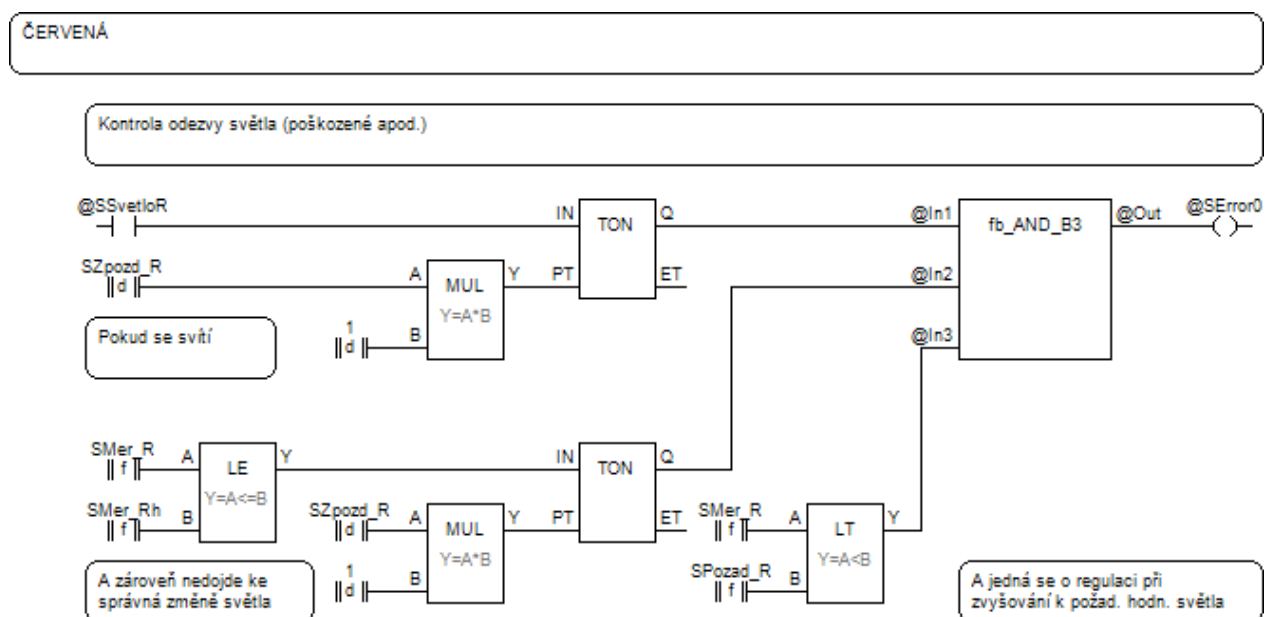
Obr. 4-8: Topologie řízení a regulace světelné intenzity

V procesu Svetlo je počítáno požadované napětí na analogovém výstupu přes postup popsany vzorci 4.1 až 4.3. Celý tento proces je znázorněn na Obr. 4-9, avšak zde je uvedena varianta pouze pro červený světelný zdroj. Pro modrý a zelený světelný zdroj platí obdobný proces znázorněný na Obr. 4-9. Zároveň se předpokládá, že se bude provádět měření pouze nejdůležitějšího spektra daného světelného zdroje, což bude s největší pravděpodobností provedeno spektrálním filtrem na snímači. Také je nutné provést ošetření, kdy je intenzita osvětlení vyšší než požadovaná, a to pro případ, že by cizí světelný zdroj osvětlil rostlinu a následně by docházelo ještě k dalšímu zvýšení intenzity osvětlení nad požadovanou míru. Tento krok je řešený pro případ, že světelný zdroj ještě nesvítí. V případě, že by došlo k takovému navýšení světelné energie působící na rostlinu v průběhu osvětlení, dojde k automatickému stažení řídicího signálu, a tím i k poklesu světelného toku světelného zdroje a tedy i intenzity osvětlení rostliny až na nulovou hodnotu.



Obr. 4-9: Regulace světelné intenzity

Kromě samotné regulace je nutná i kontrola správné změny regulace intenzity osvětlení. Kontrola změny intenzity osvětlení v závislosti na čase se provádí obdobně jako u regulace teploty. Jak je patrné z Obr. 4-10, setrvačnost je zde v milisekundách a lze nastavovat v rozmezí 0-9999 ms. Tento proces provádí kontrolu pouze pro případ, že je měřená intenzita osvětlení nižší než požadovaná.



Obr. 4-10: Kontrola správné regulace intenzity osvětlení v závislosti na čase

V procesu Zpracov_Svet se provádí běžné zpracování dat, tedy vyhodnocení stavů a zavádění požadované hodnoty z databáze profilů stejně jako tomu je u zpracování dat teplot.

Pouze se nezpracovává jen jedna veličiny, ale postupně všechny tři veličiny, a to pro každý světelný zdroj zvlášť. I v tomto procesu se vybírá z 5 úkonů na den a z 366 dnů.

Při bližším prohlédnutí je patrný logický blok fb_AND_B3, jehož předpona „fb“ napovídá, že se jedná o uživatelský blok, resp. se jedná o běžný blok AND se třemi logickými vstupy vytvořenými uživatelem.

```

Let @SSvetloR=(SMer_R-SPrah_R)>0//Zjišťuje, jestli svítí podle měř. světla
Let @SSvetloG=(SMer_G-SPrah_G)>0
Let @SSvetloB=(SMer_B-SPrah_B)>0

Let @SSvitiR=SVyst_SigR>0.01//Zjišťuje, jestli svítí podle výstupu
Let @SSvitiG=SVyst_SigG>0.01
Let @SSvitiB=SVyst_SigB>0.01

Let @SNSvitiR=SVyst_SigR<=0.01//Zjišťuje, jestli se nesvítí podle výstupu
Let @SNSvitiG=SVyst_SigG<=0.01
Let @SNSvitiB=SVyst_SigB<=0.01

If TimeChange.1//Pokud dojde ke změně minuty
    If @NoZeroValue//a čas bude větší než nula (půlnoc/neaktivní)
        For V, 0.000, 4.000, 1.000//cyklus hledání odpovídajícího času v úkonech
            Let @Time=(X==SDenPT_R[B,V])//Pokud odpovídá okamžitý čas s časem
            úkonu pro červené světlo
                If @Time
                    Let SPozad_R=SDenP_R[B,V]//tak se запиše hodn. do požadované
                    hodn. pro červené světlo
                    Let @EndCycle=(SDenP_R[B,V] == 2147483646)//toto znamená
                    konečná hodnota
                    Let @Time=False
                EndIf
                Let @Time=(X==SDenPT_G[B,V])
                If @Time
                    Let SPozad_G=SDenP_G[B,V]
                    Let @EndCycle=(SDenP_G[B,V] == 2147483646)
                    Let @Time=False
                EndIf
                Let @Time=(X==SDenPT_B[B,V])
                If @Time
                    Let SPozad_B=SDenP_B[B,V]
                    Let @EndCycle=(SDenP_B[B,V] == 2147483646)
                    Let @Time=False
                EndIf
            EndFor
        EndIf
    EndIf

```

Jak je patrné, v tomto procesu nedošlo k využití proměnných diagnostikujících detekci vypnutého světla, stejně jako se u vytápění detekuje nečinnost. Tyto i další proměnné byly zavedeny z důvodu přípravy systému na jeho rozšíření.

V procesu Vystup je nakonfigurovaný zápis hodnot do analogových výstupů a uložení poslední známé změřené hodnoty za cílem kontroly. Jelikož se na rozdíl od regulace teploty zapisují data do analogových výstupů, není nutné tzv. vyprazdňování (metoda popsána u regulace teploty).

```

//-----
//!!Světlo!!
//-----
//RED
AnOut #A000_0, SVyst_SigR, 10.000, 0.000, 10.000, 0.000, 10.000

```

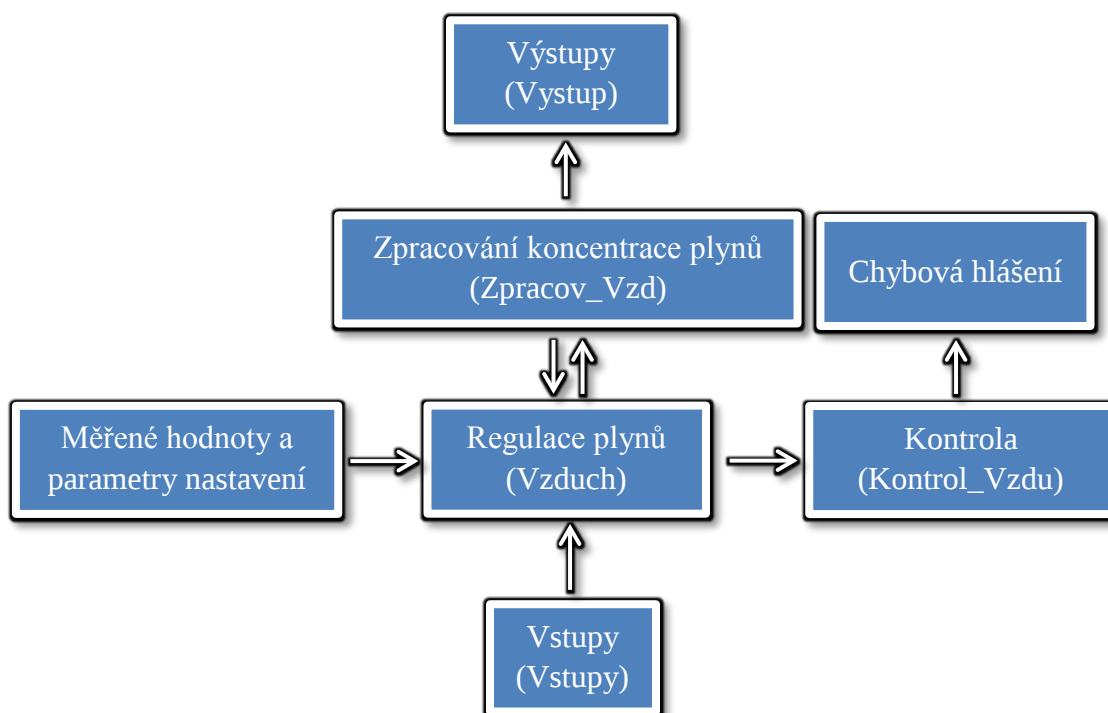
```
//Zápis do sekundární proměnných
Let SMer_Rh=SMer_R

//GREEN
AnOut #A000_1, SVyst_SigG, 10.000, 0.000, 10.000, 0.000, 10.000
//Zápis do sekundární proměnných
Let SMer_Gh=SMer_G

//BLUE
AnOut #A000_2, SVyst_SigB, 10.000, 0.000, 10.000, 0.000, 10.000
//Zápis do sekundární proměnných
Let SMer_Bh=SMer_B
```

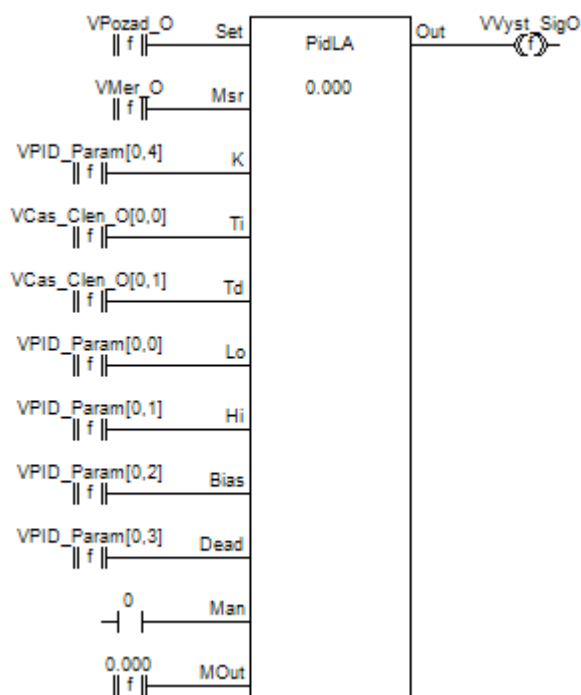
4.1.2.4 Řízení koncentrace plynů v ovzduší

V této části bylo přikročeno k měření veličiny koncentrace plynů v ovzduší v procentech, kde bude v procentech řízena a měřena koncentrace kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého. Vzhledem k přehlednosti a omezeným možnostem značení chemických prvků a chemických sloučenin bylo přikročeno k označení kyslíku jako O, dusíku jako N a oxidu uhličitého jako CO. Jak je zřejmé, byly vynechány spodní indexy a čísla značící počet molekul nebyla ani dána do běžného textu.



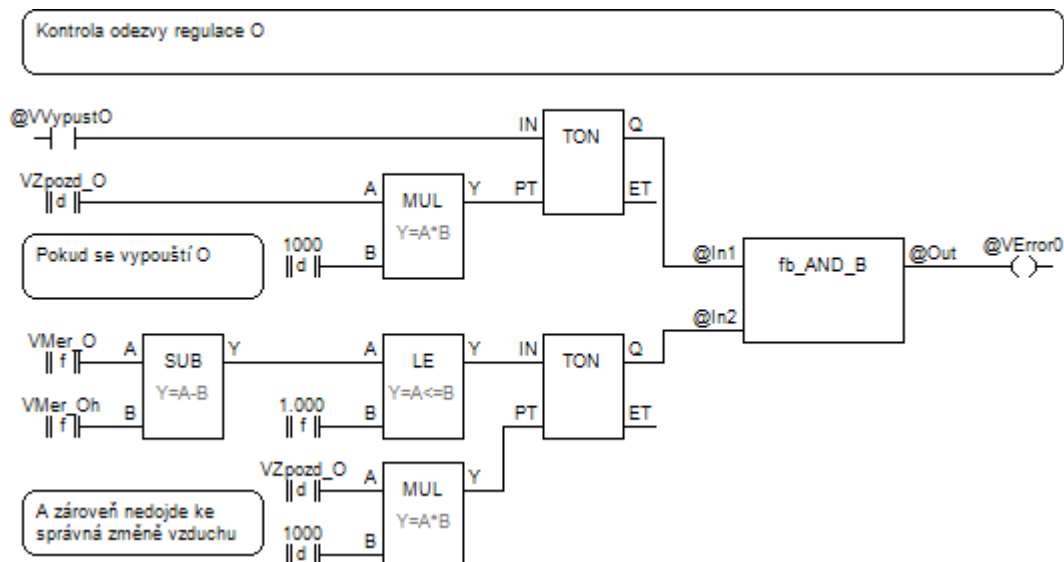
Obr. 4-11: Topologie řízení a regulace plynů v ovzduší

Jednotlivé řízení koncentrace plynů předpokládá pulzní dávkování konkrétních plynů se setrvačností v řádech desítek sekund až 16 minut a 39 sekund.



Obr. 4-12: Regulace koncentrace kyslíku v ovzduší

Jak je viditelné na Obr. 4-12 v procesu Vzduch dochází k samostatnému řízení koncentrace jednotlivých plynů nezávisle na sobě, a to i z důvodu nezávislosti při výskytu chyby, kde by došlo kromě zasažené regulace plynu k ovlivnění regulace ostatních plynů. Pro regulaci všech plynů jsou zbylé parametry regulace totožné, a to kromě integračního a derivačního členu. Jelikož bude docházet k měření v prostoru fytotronové komory a k vypouštění plynů budou sloužit tlaková zařízení, není zaručeno měření a regulace koncentrace plynů se stejnou setrvačností.



Obr. 4-13: Kontrola správné regulace koncentrace kyslíku v závislosti na čase

Kontrola odezvy je obdobná jako u předchozích regulací a opět se zde počítá se setrvačností v jednotkách sekund. A stejně jako u regulace, i zde je kontrola provedena nezávisle pro jednotlivé plyny.

```
Let @VVypustO=(Vvyst_SigO>0)//Zjišťuje vypouštění kyslíku
Let @VNecinO=(Vvyst_SigO==0)//Zjišťuje "nečinnost" kyslíku
```

```

Let @VVypustN=(VVyst_SigN>0)//Zjišťuje vypouštění dusíku
Let @VNecinN=(VVyst_SigN==0)//Zjišťuje "nečinnost" dusíku

Let @VVypustCO=(VVyst_SigCO>0)//Zjišťuje vypouštění oxidu uhličitého
Let @VNecinCO=(VVyst_SigCO==0)//Zjišťuje "nečinnost" oxidu uhličitého

Let @V0dpust=bool(VVyst_SigO<0) or bool(VVyst_SigN<0) or
bool(VVyst_SigCO<0)//Pokud je jednoho plynu příliš, dojde k odpuštění vzduchu
(všech plynů)

If TimeChange.1//Pokud dojde ke změně minuty
    If @NoZeroValue//a čas bude větší než nula (půlnoc/neaktivní)
        For V, 0.000, 4.000, 1.000//cyklus hledání odpovídajícího času v úkonech
            Let @Time=(X==VDenPT_O[B,V])//Pokud odpovídá okamžitý čas s časem
            If @Time
                Let VPozad_O=VDenP_O[B,V]]//tak se zapíše hodn. do
                Let @EndCycle=(VDenP_O[B,V] == 2147483646)//toto znamená
                Let @Time=False
            EndIf
            //Vše se opakuje pro dusík a oxid uhličitý
            Let @Time=(X==VDenPT_N[B,V])
            If @Time
                Let VPozad_N=VDenP_N[B,V]
                Let @EndCycle=(VDenP_N[B,V] == 2147483646)
                Let @Time=False
            EndIf
            Let @Time=(X==VDenPT_CO[B,V])
            If @Time
                Let VPozad_CO=VDenP_CO[B,V]
                Let @EndCycle=(VDenP_CO[B,V] == 2147483646)
                Let @Time=False
            EndIf
        EndFor
    EndIf
EndIf

```

Dochází k obdobnému zpracování dat; jediný rozdíl je ovšem u zpracování přebytku plynů. V okamžiku, kdy dojde ke snaze libovolného PID regulátoru ke snížení koncentrace plynů, aktivuje se „odpuštění plynů“, což znamená, že dojde k nucenému vypuštění ovzduší fytotronové komory do jejího okolí, čímž dojde ke snížení koncentrace dotýčných plynů v komoře. Bohužel při tomto vypuštění dojde k odebrání i ostatních plynů v nespecifikovatelném poměru, takže následně musí dojít k jejich dorovnání na požadovanou hodnotu. Při častějším odpouštění bude mít tento proces neblahý vliv na nároky zásobníků těchto plynů, proto je možno v rámci nastavení citlivosti regulace upravovat i citlivost odpouštění.

```

//-----
//!!!Vzduch!!
//-----
If @VVypustO//Pokud se vypouští kyslík
Let VVyst_SigO2=VVyst_SigO//dojde k zápisu do vysílací proměnné
else
Let VVyst_SigO2=0//jinak se řídicí hodnota vynuluje
EndIf

If @VVypustN//Pokud se vypouští dusíku
Let VVyst_SigN2=VVyst_SigN//dojde k zápisu do vysílací proměnné

```

```

else
Let VVyst_SigN2=0//jinak se řídící hodnota vynuluje
EndIf

If @VVypustCO//Pokud se vypouští oxidu uhličitého
Let VVyst_SigC02=VVyst_SigC0//dojde k zápisu do vysílací proměnné
else
Let VVyst_SigC02=0//jinak se řídící hodnota vynuluje
EndIf

PWM 0x000C, VVyst_Sig02, VPerid, 0.000, 999.000, #D000_2//Pulzní šířková
modulace se vstupem VVyst_Sig02 a periodou VPerid
Let VVyst_Sig02=0
//Tímto způsobem nedojde k nashromáždění dat a tím k zacyklení výstupu

PWM 0x000C, VVyst_SigN2, VPerid, 0.000, 999.000, #D000_3
Let VVyst_SigN2=0

PWM 0x000C, VVyst_SigC02, VPerid, 0.000, 999.000, #D000_4
Let VVyst_SigC02=0

BinOut @V0dpust, 0x0000, #D000_5//V případě požadavku odpust dojde k sepnutí
dig. výstupu 5

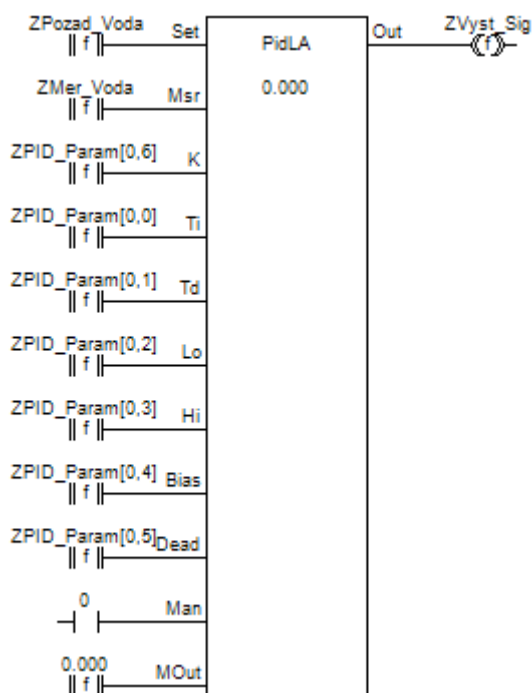
Let VMer_0h=VMer_0//ukládání hodnot pro budoucí kontrolu
Let VMer_Nh=VMer_N
Let VMer_COh=VMer_CO

```

V procesu Vystup je proveden zápis výstupních hodnot, čímž se zabrání zápisu záporné hodnoty v případě odpouštění plynů za splnění prvních podmínek znázorněných v uvedeném kódu. Následně je použita pulzní šířková modulace pracující v sekundách, jelikož se předpokládá dávkování plynů z tzv. tlakových bomb. Vzhledem k setrvačnosti celého systému se jedná o zcela dostačující hodnotu. Následně je i v tomto procesu nutné „vyprazdňování“ za cílem zabránění zacyklení funkce PWM. Poté následuje uložení hodnot z momentálního výpočtu do proměnné pro vyhodnocení kontroly v následujícím výpočtu.

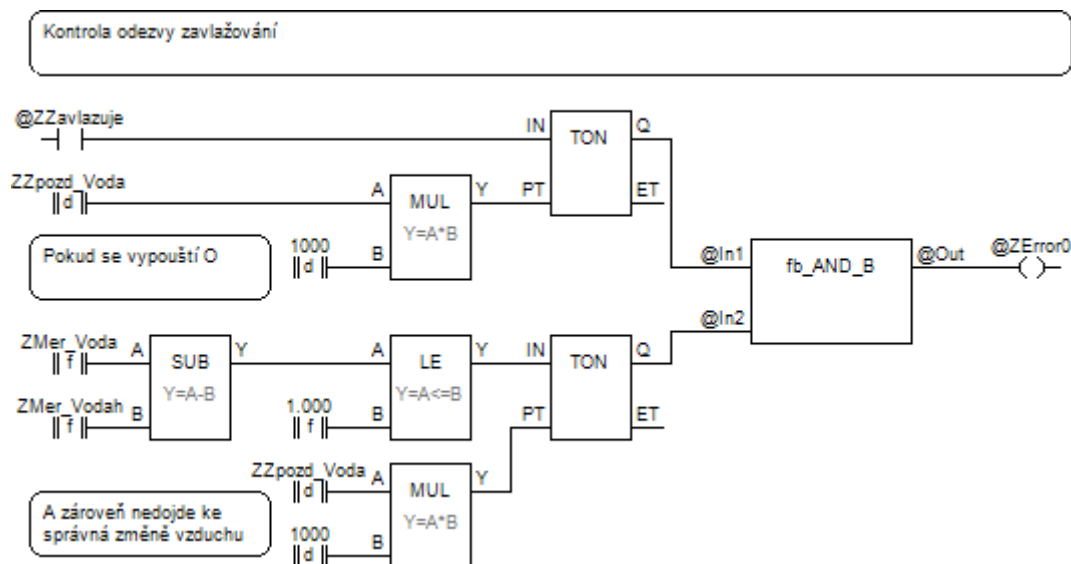
4.1.2.5 Řízení zavlažování

Zavlažování je proces podobný regulaci koncentrace plynů. I zde se hlídá maximální možná hladina a v případě nutnosti dochází k odpouštění vody. Stejně tak dochází k měření dat v procentech.



Obr. 4-14: Regulace zavlažování

Kontrolní proces zavlažování Kontrol_Zavl předpokládá použití zeminy pro pěstování rostlin, a proto se zde počítá se setrvačností v řádu sekund až stovek sekund; konkrétně 0 až 16 minut a 36 sekund. V případě využití hydroponie je nutné provést testovací provoz za cílem otestování nejen setrvačnosti a vlivu přebytku vody v tomto případě, ale také kontroly celkové regulace živinného roztoku.



Zpracování dat je opět obdobné jako u předchozích procesů stejného charakteru. Zjišťuje se tedy úroveň regulace, nečinnosti a případně nutnost odpuštění vody. Necitlivá mez se nastavuje citlivostí regulace. Následně dojde k prohledání profilu zavlažování v rámci určitého dne, a pokud dojde k nalezení času odpovídajícímu aktuálnímu času, dojde k zápisu hodnot z profilu do proměnné požadovaných hodnot. Jelikož se jedná o poslední proces pracující s profilem, dojde i k vyhodnocení událostí dne. Pokud dojde v tomto procesu nebo v nějakém z předchozích procesů k nastavení konečné hodnoty (nastavení proměnné @EndCycle na hodnotu true), dojde k restartování počítání dnů, a tím i k nastavení proměnné na 1. den. Zároveň pokud dojde k impulsu označující změnu dne, dojde k navýšení proměnné B o 1.

Dále je patrné vyhodnocování logických členů a zpracovávání dat profilů. Tento proces byl vložen do tohoto procesu, jelikož se jedná o poslední proces a slouží k vyhodnocení ukládání profilů 0 až 5 do základního profilu (viz příloha 3.8). Celý kód končí třemi tečkami, což znázorňuje opakování dotyčného vyhodnocení i pro zbylé profily.

```

Let @ZZavlazuje=ZVyst_Sig>0//Zjišťuje zavlažování
Let @ZNStop=ZVyst_Sig==0//Zjišťuje nečinnost regulace
Let @Z0dpouset=ZVyst_Sig<0//Zjišťuje odpouštění

If TimeChange.1//Pokud dojde ke změně minuty
    If @NoZeroValue//a čas bude větší než nula (půlnoc/neaktivní)
        For V, 0.000, 4.000, 1.000//cyklus hledání odpovídajícího času v úkonech
            Let @Time=(X==ZDenPT[B,V])//Pokud odpovídá okamžitý čas s časem
úkonu
                If @Time
                    Let ZPozad_Voda=ZDenP[B,V]//tak se zapíše hodn. do
požadované hodn.
                    Let @EndCycle=(ZDenP[B,V] == 2147483646)//toto znamená
konečná hodnota
                    Let @Time=False
                EndIf
            EndFor
        EndIf
    EndIf
//Vyhodnocení dne
If @EndCycle//pokud u nějakého procesu je konec
    Let B=0//restartuje se časový plán (nastaví se na 1. den)
    Let @EndCycle=bool(0)
EndIf
If TimeChange.3//Pokud dojde ke změně dne
    Let B=B+1//přičte se ke konst. B jednička
EndIf

//Uložení profilu
Let @Profil0=Profil==0
Let @Profil1=Profil==1
Let @Profil2=Profil==2
Let @Profil3=Profil==3
Let @Profil4=Profil==4
Let @Profil5=Profil==5

If @Profil0
    MtxCopy TDenP, NONE, NONE, PTep10, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy TDenPT, NONE, NONE, PTep1T0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenP_R, NONE, NONE, PSvet_R0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenPT_R, NONE, NONE, PSvetT_R0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenP_G, NONE, NONE, PSvet_G0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenPT_G, NONE, NONE, PSvetT_G0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenP_B, NONE, NONE, PSvet_B0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy SDenPT_B, NONE, NONE, PSvetT_B0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy VDenP_0, NONE, NONE, PVzduch_00, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy VDenPT_0, NONE, NONE, PVzduchT_00, NONE, NONE, NONE, NONE,
NONE.0
    MtxCopy VDenP_N, NONE, NONE, PVzduch_N0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    MtxCopy VDenPT_N, NONE, NONE, PVzduchT_N0, NONE, NONE, NONE, NONE,
NONE.0
    MtxCopy VDenP_CO, NONE, NONE, PVzduch_CO0, NONE, NONE, NONE, NONE,
NONE.0
    MtxCopy VDenPT_CO, NONE, NONE, PVzduchT_CO0, NONE, NONE, NONE, NONE,
NONE.0
    MtxCopy ZDenP, NONE, NONE, PZavla0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0

```

```

    MtxCopy ZDenPT, NONE, NONE, PZavlazT0, NONE, NONE, NONE, NONE, NONE.0
    Let Profil=-1
EndIf

...

V procesu Vystup před zápisem hodnot pulzní šířkovou modulací dochází k vyhodnocení
stavu regulace a poté dojde k uložení hodnot zavlažování pro jejich následné vyhodnocení.

//-----
//!!Zavložování!!
//-----
If @ZZavlazuje
    Let ZVyst_Sig2=ZVyst_Sig
Else
    Let ZVyst_Sig2=0
EndIf

PulseOut #D000_6, 1, ZVyst_Sig2, ZVyst_Sig3, 1600.000, 0, NONE.0 //Tímto
způsobem nedojde k nashromáždění dat a tím k zacyklení výstupu
Let ZVyst_Sig2=0

Let #D000_7=@Z0dpoustet

Let ZMer_Vodah=ZMer_Voda//ukládání měř. hodn. pro vyhodnocení

```

4.1.2.6 Řízení cirkulace

Jelikož je dána snaha o co nejrychlejší homogenní prohrátí komory, rozptýlení plynů a případné vlhkosti během zavlažování, tak je vhodné vytvořit závislost mezi cirkulací v komoře a regulovanou hodnotou. Optimální řešení představuje vytvoření profilů a jejich měnění prostřednictvím dotyčné závislosti v průběhu života rostliny. Bohužel z důvodu již tak vyššího zatížení PLC to není možné. Navíc není ani možné měření z důvodu nedostatku analogových vstupů. Z těchto důvodů dojde pouze k určení hodnoty ze závislosti a jejímu následnému zápisu na analogový výstup.

Charakteristika znázorněná na Obr. 4-15 je rozdělená na 4 části. Každou část můžeme vyjádřit rovnicí přímky (viz vzorec 4.4) s definovanou mezí rozsahu. Z této rovnice můžeme určit rovnici pro výpočet hodnoty cirkulace.

$$Y_C = \operatorname{tg} \varphi \cdot X_0 + Q \quad (\%; -, \%, \%) \quad (4.4)$$

, kde Y_C je počítaná hodnota cirkulace a Q je konstanta posunutí přímky po ose Y .

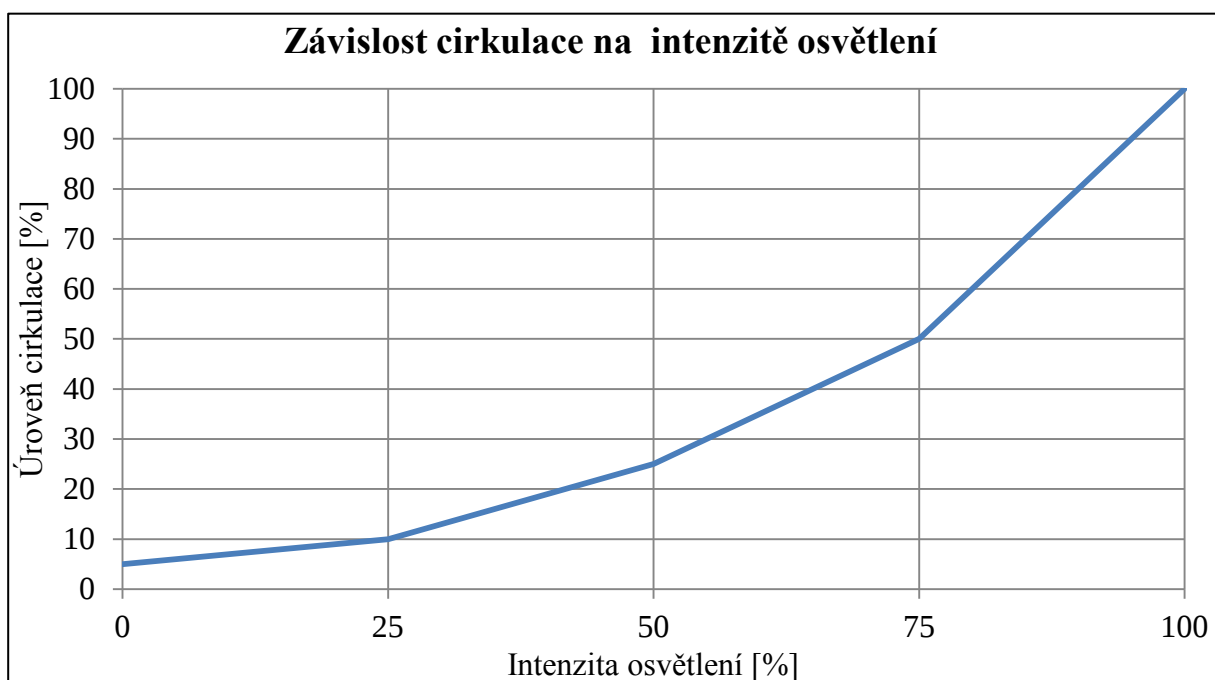
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Y}{X} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (-; \%, \%, \%, \%) \quad (4.5)$$

$$X_0 = X_C - X_1 \quad (\%; \%, \%) \quad (4.6)$$

$$Q = Y_1 \quad (\%; \%) \quad (4.7)$$

$$Y_2 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \cdot (X_C - X_1) + Y_1 \quad (\%, \%, \%, \%, \%, \%, \%, \%, \%) \quad (4.8)$$

, kde X_1 je začátek části charakteristiky osy X, X_2 je konec části charakteristiky osy X, Y_1 je začátek části charakteristiky osy Y, Y_2 je konec části charakteristiky osy Y, Y_C je počítaná hodnota cirkulace a X_C je změřená hodnota intenzity osvětlení.



Obr. 4-15: Grafická závislost intenzity osvětlení na cirkulaci

Celý proces nezávisle vyhodnocuje úroveň cirkulace, resp. úroveň činnosti klimatizační jednotky vytvářející cirkulaci v komoře, a to vzhledem k jednotlivým regulovaným veličinám. Dále dojde k výběru maximální úrovně cirkulace z důvodu vyhovění požadavku na maximální cirkulaci. Z tohoto důvodu je zbytečné uvádět celý obsáhlý kód, ale postačí uvést pouze podstatnou část kódů. Proto byla zvolena regulace cirkulace ve vztahu k měření intenzity osvětlení a bude i názorně zobrazeno zpracování 3 složek světla.

Jedná se o proces Cirkulace. Jelikož dochází k regulaci 3 barev světla, musí se nejprve zpracovat jejich hodnota za cílem získání jedné konkrétní hodnoty a z ní následně bude určena hodnota cirkulace. Za tímto účelem může uživatel vybrat ze dvou možností, jak zpracovat dotyčné 3 hodnoty barev světla, a to zda se má vybrat maximální hodnota nebo spočítat hodnota střední. Poté musí dojít k ošetření případné chyby měření nebo nastavení, aby požadovaná cirkulace nebyla větší jak 100%. Nyní už jen stačí určit, ve které části závislosti cirkulace a intenzity osvětlení se nachází průsečík měřené hodnoty s křivkou a pak se již získá hodnota cirkulace.

```
//-----světlo
If @CHodnSvet//Pokud má být vybrání max. hodn. ze 3 složek světél
    Let CVstup[0,2]=max(SMer_R,SMer_G,SMer_B)/CMax_Hodn[0,2]*100//výběr max.
    hodn. ze 3 složek světél
Else
    Let CVstup[0,2]=(SMer_R+SMer_G+SMer_B)/3/CMax_Hodn[0,2]*100//výpočet
    průměrné (střední) hodnoty
```

EndIf

```
Let @CHodnMax=CVstup[0,2]>100//Pokud by cirkulace byla větší než 100%
if @CHodnMax
```

```
Let CVstup[0,2]=100//tak se změní na 100%
```

EndIf

```
//Hledání části char. vzhledem k regulované hodn. (světlo)
```

```
Let @P1=CPozad_X3[0,0]<=CVstup[0,2]
```

```
Let @P2=CPozad_X3[0,1]<=CVstup[0,2]
```

```
Let @P3=CPozad_X3[0,2]<=CVstup[0,2]
```

```
Let @P4=CPozad_X3[0,3]<=CVstup[0,2]
```

```
Let @P5=CPozad_X3[0,4]<=CVstup[0,2]
```

```
//Použití na využívanou oblast char. definovaného vzorce
```

```
if @P1
```

```
Let CVyst_Sig[0,2]=(CPozad_Y3[0,1]-CPozad_Y3[0,0])/(CPozad_X3[0,1]-
CPozad_X3[0,0])*(CVstup[0,2]-CPozad_X3[0,0])+CPozad_Y3[0,0]
```

```
EndIf
```

```
if @P2
```

```
Let CVyst_Sig[0,2]=(CPozad_Y3[0,2]-CPozad_Y3[0,1])/(CPozad_X3[0,2]-
CPozad_X3[0,1])*(CVstup[0,2]-CPozad_X3[0,1])+CPozad_Y3[0,1]
```

```
EndIf
```

```
if @P3
```

```
Let CVyst_Sig[0,2]=(CPozad_Y3[0,3]-CPozad_Y3[0,2])/(CPozad_X3[0,3]-
CPozad_X3[0,2])*(CVstup[0,2]-CPozad_X3[0,2])+CPozad_Y3[0,2]
```

```
EndIf
```

```
if @P4
```

```
Let CVyst_Sig[0,2]=(CPozad_Y3[0,4]-CPozad_Y3[0,3])/(CPozad_X3[0,4]-
CPozad_X3[0,3])*(CVstup[0,2]-CPozad_X3[0,3])+CPozad_Y3[0,3]
```

```
EndIf
```

```
if @P5
```

```
Let CVyst_Sig[0,2]=(CPozad_Y3[0,5]-CPozad_Y3[0,4])/(CPozad_X3[0,5]-
CPozad_X3[0,4])*(CVstup[0,2]-CPozad_X3[0,4])+CPozad_Y3[0,4]
```

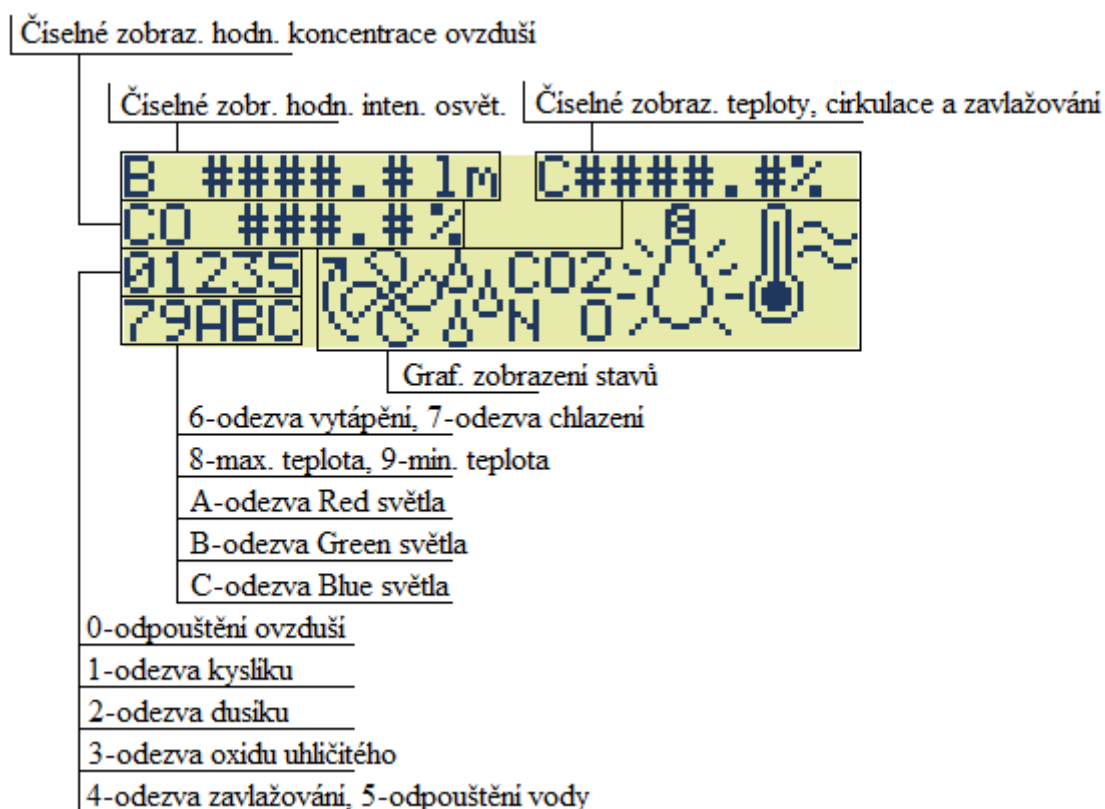
```
EndIf
```

Výše bylo uvedeno, že ostatní části kódu jsou stejné, pouze se týkají jiné měřené hodnoty. V případě měření pouze jedné hodnoty pochopitelně schází výběr ze střední a maximální hodnoty. Zároveň u vytápění a chlazení není brána v úvahu absolutní hodnota teploty, ale teplotní navýšení nebo pokles oproti požadované teplotě.

4.1.3 SCADA

SCADA je zkratka z anglického názvu Supervisory Control And Data Acquisition, tzn. supervizní řízení a sběr dat. Jedná se o nadstavbu řídicího systému v PLC, a tedy základní způsob zobrazení dat přímo v PLC. Toto zobrazení může být jak na display, tak i pomocí jiných zařízení – např. LED diody mohou podle kombinace rozsvícení znázorňovat určité hodnoty apod. [18]

PLC systém AMiNi2DS je vybaven displayem a 9 ovládacími tlačítky, čímž umožňuje základní ovládání systému a diagnostiky stavů. Bohužel dotýčný display není nijak zvlášť velký, a proto ovládání některých parametrů a vlastností je často provedeno pro nouzový přístup (nefunkční počítač) anebo k nim není vůbec přístup, takže úplný provoz bez využití počítače není možný. Je však možný provoz, kdy by byl počítač využíván pouze výjimečně pro nastavení dotýčných dat.



Obr. 4-16: Úvodní obrazovka s popisky

Na Obr. 4-16 je patrné, že na úvodní obrazovce jsou zobrazeny veškeré potřebné údaje. Z důvodu nedostačujících rozměrů bylo přistoupeno k postupnému přepínání mezi parametry a hlášeními o chybách tak, aby nedošlo k omezení uživatele při čtení údajů; tedy nikdy se postupně nezobrazí více jak 3 parametry. Zároveň se na jedné pozici přepíná více chybových hlášení (např. 4 a 5), ale tyto chyby se nikdy nemohou vyskytnout naráz. Dále byl zpracován návod pro obsluhu – viz Příloha č.1.

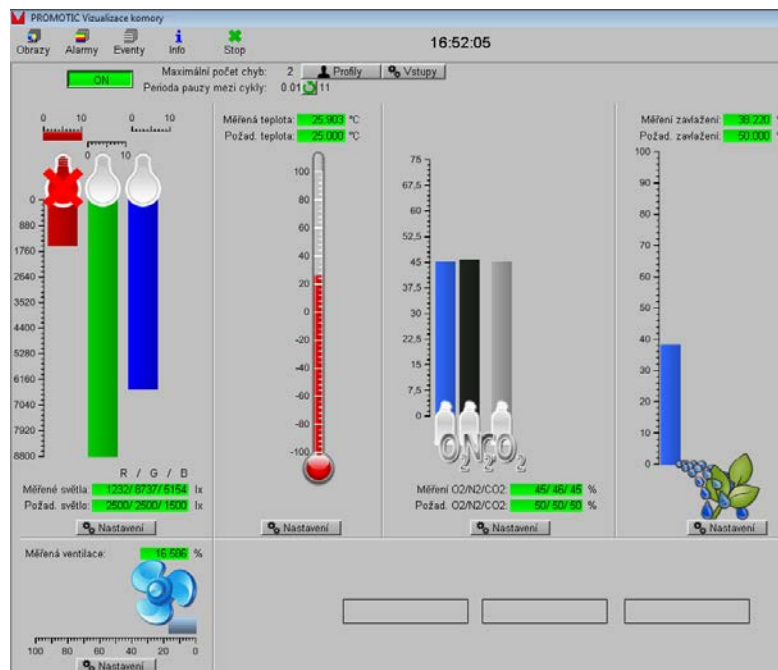
Zároveň probíhá základní operace s profily. Celá struktura byla provedena především za účelem dosažení vysoké spolehlivosti, takže byl vytvořen profil, ke kterému není běžně přístup (dále základní profil). Z tohoto profilu se načítají požadované hodnoty a následně provádí regulace požadované veličiny. V případě nutnosti lze tento profil měnit přes vizualizační část v PLC, ale o tom se uvažuje pouze jako o poslední možnosti. Pro běžný proces jsou vypracovány další profily značené 0 až 5. Tyto profily lze kdykoliv měnit ve vizualizaci na PC. Po dokončení a provedení kontroly uživatelem je dána možnost uložit vybraný profil do základního profilu, což odráží snahu vyvarovat se lidské chybě při zadávání regulačních hodnot do základního profilu. Ukládání lze provádět i během vizualizace na PLC, avšak již není možné provádět úpravu jednotlivých profilů.

4.1.4 HMI

HMI je zkratka Human Machine Interface, tzn. rozhraní mezi člověkem a strojem, což je v praxi softwarové rozhraní na osobním počítači, notebooku, tabletu či telefonu a umožňuje ovládání PLC. [18]

Tato vizualizační část byla zpracována v programu Promotic 8.2.6. Prvotním cílem bylo vytvořit přehledné rozhraní i pro osobu seznámenou a zajištění kvalitní komunikace HMI s PLC. Proto byly pro varovná hlášení vytvořeny obrázky znázorňující jejich význam a tyto obrázky pro

zaujetí pozornosti i blikají. Také měřené hodnoty jsou pro lepší čitelnost graficky znázorněné. Z důvodu zajištění kvalitní komunikace mezi HMI a PLC nemůže docházet k načítání dvou parametrů naráz a ani k současnému zápisu dvou parametrů. Proto se některé obrazovky načítají i 3 sekundy a je nutné toto brát v úvahu. Úvodní obrazovka (viz Obr. 4-17) má rozlišení 1024x768 pixelů, avšak ostatní obrazovky mají rozlišení 800x600 pixelů.



Obr. 4-17: Ukázka úvodní obrazovky vizualizace Promotic

4.2 Shrnutí

Pro řízení a ovládání fytotronové komory byl zvolen PLC systém AMiNi2DS od společnosti AMiT s.r.o. Tato jednotka je vybavena displejem pro přímé ovládání zařízení, které nachází uplatnění i mimo běžný provoz – například při poruše nebo selhání ovládacího rozhraní spravovaného přes jiné zařízení, jakým je například PC. Jak bylo podrobně popsáno výše, tato jednotka bude provádět vyhodnocení a řízení řady veličin za cílem pěstování rostlin ve fytotronových komorách.

V průběhu práce s PLC systémem proběhlo naprogramování regulace teploty, intenzity osvětlení, koncentrace kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého, zavlažování a cirkulace zajišťující rovnoměrné rozptýlení tepla, plynů, vlhka. Jelikož došlo k vytvoření programu ovládání obecné fytotronové komory, byly pokládány vyšší požadavky na regulaci. Pokud by došlo k nesrovnalostem měřených a výstupních dat s daty v programu (např. zavlažování by se provádělo měřením a regulací vlhkosti v g/m³), předpokládá se převod v měničích měřících a regulačních systémů. Za cílem získání maximální kvality výtvaru je nutné provádět dodatečná ladění, doplňovat dodatečně požadované funkce, možnosti propojení více systému apod. Bohužel tyto záležitosti nelze předem odhadnout a zahrnout do programování bez dlouhodobého testování a užívání. Z důvodu dodatečného rozšiřování a upravování programu PLC jinou osobou byl proto proveden důkladný popis celého programu.

Dále je stručně popsán SCADA a HMI. Aby bylo možné pracovníky s tímto systémem řádně seznámit, byl vytvořen manuál s dostatečnými obrazovými podklady a systém byl podrobně popsán z pohledu použití. Zde již popis naprogramování nebyl proveden z důvodu rozsahu celého

kódu. Jelikož bylo naprogramování zpracováno po vzoru společnosti AMiT, tak v případě nutnosti ani zde nebudou větší problémy s úpravami.

5 ZÁVĚR

Rostliny patří k nejstarším organismům na Zemi a historii lidstva doprovází na každém kroku. Kromě dávání plodin a výroby kyslíku rostliny mají prokazatelně i pozitivní psychologický vliv na člověka a slouží jako zdroj důležité suroviny – dřeva. Vlivem globálních klimatických změn, změn výše a intenzity spodních pramenů v půdě, finančním nárokům atd. se stále vytváří nové požadavky na úroveň co nejefektivnějšího pěstování. Při přihlédnutí k závislosti člověka na rostlinách a jejich blahodárných účincích je více než vhodné získat více znalostí o rostlinách a jejich životě. Proto se tato práce nejprve věnuje obecnému seznámení se s rostlinami, s jejich potřebami a se způsoby jejich pěstování, a to ve vztahu k řízení fytotronové komory. Na základě toho byl popsán význam osvětlování rostlin, regulace tepla, klimatizace a způsobů zavlažování.

Jelikož ovšem přichází v úvahu i jiné způsoby řízení komory než přes PLC systém, byly zhodnoceny jednotlivé způsoby řízení, a to od klasických spínacích zařízení, zařízení založených na magnetickém poli, až po vytvoření optimalizovaného obvodu.

Závěrem došlo k seznámení s PLC systémem AMiNi2DS, určeného pro řízení fytotronových komor, a s jeho programovacím rozhraním. U řízení teploty bylo nutné brát ohled na možnost vystavení rostliny stresu nebo dokonce riziku vzniku poškození při nevhodném nastavení teploty. Proto byl jako regulující modul zvolen PID článek, aby bylo možné nastavit rychlost změny teploty, a tím zajistit plynulost její změny. U osvětlování je nutné provést i přepočít požadovaného osvětlení na požadované napětí a promítnout tuto hodnotu na úroveň řídicího signálu. Před zapnutím osvětlení nelze získat žádnou hodnotu z řídicího signálu pro přepočít a je tedy nutné provést rozsvícení na hodnotu definovanou maximální intenzitou osvětlení dotyčného světelného zdroje. Zároveň světlo se na rozdíl od tepla v prostoru za normálních podmínek neakumuluje a zařízení tedy musí upozornit obsluhu, že na požadovaný světelný tok má světelný zdroj nedostatečný výkon. Dále byla popsána regulace koncentrace plynů v ovzduší, přičemž se konkrétně jednalo o regulace koncentrace kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého. Jelikož se předpokládá dávkování uvedených plynů z tlakových bomb, byl vybrán pulzně šířkový modulátor pracující v rámci jednotek až stovek sekund. Na rozdíl od regulace teploty nebo intenzity osvětlení nelze provést snížení regulované veličiny přímou regulací a je nutné provést odpuštění ovzduší z prostoru fytotronové komory. Regulace zavlažování byla obdobou regulace teploty a koncentrace plynů v ovzduší. V případě využití zavlažování bez zeminy, tedy hydroponií, se předpokládá použití výživových roztoků přímo v zavlažování a nikoliv jejichdodatečné dávkování. Poslední regulací je regulace cirkulace, neboli regulace ventilace zajišťující cirkulaci ovzduší v prostoru fytotronové komory. Ta již nemohla být proměřována kvůli hardwarovým omezením, a tedy dochází k „pouhému“ nastavení závislosti a regulovaných veličin. Tato závislost se provádí postupným nastavováním hodnot v tabulce pro jednotlivé regulované veličiny a následně se vybere největší úroveň cirkulace.

U všech regulací, kromě regulace cirkulace se z měřených hodnot vyhodnocují případná možná varovná hlášení jako překročení maximální teploty, odpuštění ovzduší, dávkování kyslíku, osvětlení apod. A poněvadž se požadavky rostliny v průběhu jejího života mění, byly zpracovány i tzv. profily, neboli databáze hodnot, času a pořadového čísla dne. Podle aktuálních časových hodnot dochází k vyhodnocení a případné změně požadovaných hodnot podle této

databáze. Dotyčné profily umožňují zapsat 5 úkonů (změn požadovaných hodnot) na den a 366 dnů. V případě potřeby lze provést nastavení a dotyčné profily ukončit o půlnoci libovolného dne. Bohužel pro hardwarová omezení nemohlo dojít k nastavení většího rozsahu profilů.

Každý lidský výtvar se musí otestovat časem a praxí. A jelikož není možné vytvořit napoprvé dokonalý výtvar a tato práce vychází ze snahy se alespoň přiblížit spolehlivé funkčnosti, byl zpracován podrobný popis programu PLC za cílem umožnit libovolné osobě úpravu tohoto programu podle jejích požadavků, a tím docílit možnosti ošetření veškerých nedostatků, které se projeví až v důsledku dlouhodobějšího provozu. Zároveň byl zpracován podrobný manuál k ovládání tzv. SCADA a HMI a veškerá varovná a stavová hlášení byla zpracována takovým způsobem, aby byla srozumitelná i pro osobu bez technického vzdělání, čímž se umožňuje pracovat na systému již osobě seznámené.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KUKULIŠ, JAROSLAV A JANA MOKRÍČKOVÁ. VLIV INTENZITY A SPEKTRÁLNÍHO SLOŽENÍ UMĚLÉHO SVĚTLA NA KULTIVACI ROSTLIN. SVĚTLO 2011/3 [ONLINE]. 2011, č. 3, s. 52-54 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.ODBORNECASOPISY.CZ/RES/PDF/43809.PDF](http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/43809.pdf)
- [2] SATORA, ONDŘEJ A LUKÁŠ KLOZAR. LED SYSTÉM OSVĚTLENÍ PRO ROSTLINY S NASTAVITELNÝM SPEKTRÉM VYZAŘOVÁNÍ. ELEKTROREVUE [ONLINE]. 2012, ROČ. 14, Č. 4 [CIT. 2013-05-17]. DOI: 1213-1539. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.ELEKTROREVUE.CZ/CZ/DOWNLOAD/LED-SYSTEM-OSVETLENI-PRO-ROSTLINY-S-NASTAVITELNYM-SPEKTR-EM-VYZAROVANI/](http://www.elektrorevue.cz/cz/download/led-system-osvetleni-pro-rostliny-s-nastavitelnym-spektr-em-vyzarovani/)
- [3] MEETING NEEDS THE WAY TO LOW CARBON REVOLUTION. WWF [ONLINE]. 4.10.2010. 2010 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.WWF.ORG.NZ/?5321/MEETING-NEEDS-THE-WAY-TO-LOW-CARBON-REVOLUTION](http://www.wwf.org.nz/?5321/MEETING-NEEDS-THE-WAY-TO-LOW-CARBON-REVOLUTION)
- [4] OSVĚTLENÍ Z POHLEDU ROSTLIN. SVĚTLO 2010/4 [ONLINE]. 2010, č. 4, s. 42-44 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.ODBORNECASOPISY.CZ/RES/PDF/41827.PDF](http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41827.pdf)
- [5] ZÁŘIVKA PRO PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN. PETR, MAREK. PMDD.MRP-CZ [ONLINE]. 2010 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://PMDD.MRP-CZ.COM/ZARIVKY-PRO-PESTOVANI-ROSTLIN-CLANEK-11](http://pmdd.mrp-cz.com/zarivky-pro-pestovani-rostlin-clanek-11)
- [6] KAPKOVÁ ZÁVLAHA. AGF-ZAVLAHY [ONLINE]. 2009 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.AGF-ZAVLAHY.COM/AUTOMATICKE-ZAVLAZOVACI-SYSTEMY/KAPKOVA-ZAVLAHA/](http://www.agf-zavlahy.com/automaticke-zavlazovaci-systemy/kapkova-zavlahy/)
- [7] ÚSPORNÉ ZAVLAŽOVÁNÍ SKLENÍKU. RECEPTY PRIMA NÁPADŮ [ONLINE]. 2012 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.RECEPTYPRIMANAPADU.CZ/ZAHRADE/PESTOVANI-ROSTLIN/387-USPORNE-ZAVLAZOVANI-SKLENIKU.HTM](http://www.receptyprimanapadu.cz/zahrada/pestovani-rostlin/387-usporne-zavlazovani-skleniku.htm)
- [8] MIKROZÁVLAHA A ARGO. HUNTER: ZÁVLAHOVÉ SYSTÉMY [ONLINE]. 2009, 17.5.2013 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://ZAVLAHY.IRIMON.CZ/CLANEK_MIKRO_1](http://zavlahy.irimon.cz/clanek_mikro_1)
- [9] AMiNi2DS: NÁVOD NA OBSLUHU [ONLINE]. 2008 [CIT. 17.5.2013]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.AMIT.CZ/DOCS/CZ/AMINI/AMINI2S_G_CZ_100.PDF](http://www.amit.cz/docs/cz/AMINI/AMINI2S_G_CZ_100.PDF)
- [10] ŠKODA, JAN A MICHAL KRBAL. OSVĚTLOVACÍ ROSTLIN RŮZNÝMI ZDROJI SVĚTLA. ELECTRIC POWER ENGINEERING 2012. 2012, č. 13, s. 1193-1198. DOI: 978-802-1445-147.
- [11] OSVĚTLOVÁNÍ OKRASNÝCH ROSTLIN V INTERIÉRU. SVĚTLO. 2010, č. 4, s. 45-49. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.ODBORNECASOPISY.CZ/RES/PDF/41828.PDF](http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41828.pdf)
- [12] BUILDING IMAGE: GROWTH CHAMBERS. GMI [ONLINE]. 2010-2013 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.GMI.OEAW.AC.AT/DOWNLOADS/BUILDING-IMAGES](http://www.gmi.oew.ac.at/downloads/building-images)
- [13] MÁHRLOVÁ, ZUZANA. VLIV TEPLoty NA PROCESY FOTOSYNTÉZY A RŮST C3 A C4 ROSTLIN VE VÝUCE NA BIOLOGIE NA ŠKOLÁCH. PRAHA, 2010. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://KFRSERVER.NATUR.CUNI.CZ/STUDIUM/BAKALAR/PRACE/BP_MAHRLLOVA.PDF](http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/bakalar/prace/BP_Mahrlova.pdf). BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE, KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ BIOLOGIE ROSTLIN. VEDOUcí PRÁCE DOC. RNDR. JANA ALBRECHTOVÁ, PH.D.
- [14] SDK AND YAMAGUCHI UNIV. DEVELOP NEW CULTIVATION METHOD. SHOWA DENKO [ONLINE]. 2012 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.SDK.CO.JP/ENGLISH/NEWS/12822/12869.HTML](http://www.sdk.co.jp/english/news/12822/12869.html)

-
- [15] PŘÍSPĚVKY OZNAČENÉ ŽIVNÝ ROZTOK: AEROPONICS. HYDROPONICS EQUIPMENT [ONLINE]. 2012 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z:
[HTTP://WWW.HYDROPONICSEQUIPMENT.CO/TAG/NUTRIENT-SOLUTION/](http://www.hydroponicequipment.co/tag/nutrient-solution/)
- [16] SYROVÁTKA, TOMÁŠ. PĚSTOVÁNÍ KVĚTIN, ORCHIDEJÍ, ZELENINY A HUB V SAMOZAVLAŽOVACÍCH TRUHLÍCÍCH. 1. VYD. PRAHA: GRADA, 2012, s. 17-18. ISBN 978-80-247-4252-6.
- [17] CO ZNAMENÁ SCADA/HMI?. RELIANCE [ONLINE]. 2013 [CIT. 2013-05-17]. DOSTUPNÉ Z:
[HTTP://WWW.RELIANCE.CZ/CS/PRODUCTS/WHAT-DOES-SCADA-HMI-MEAN](http://www.reliance.cz/cs/products/what-does-scada-hmi-mean)

PŘÍLOHY

Příloha č.1 – Manuál k AMiNi2DS pro ovládání fytotronové komory

Příloha č.2 – CD na zadní straně diplomové práce

Obsah: Obsah: DP.pdf

PLC.rar

Promotic.rar

PŘÍLOHA Č.1 – MANUÁL K AMiNi2DS PRO OVLÁDÁNÍ FYTOTRONOVÉ KOMORY

1 ÚVOD

Tento manuál slouží k nastavení parametrů a ovládání PLC AMiNi2DS. Jako standardní přístupové rozhraní pro ovládání a regulaci se předpokládá osobní počítač nebo notebook. V případě neočekávané situace může dojít k ovládání přímo prostřednictvím ovládacího rozhraní PLC AMiNi2DS, byť se jedná o méně komfortní způsob ve srovnání s ovládáním PC či notebookem.

2 HMI

Zkratka HMI znamená Human Machine Interface, tzn. rozhraní mezi člověkem a strojem. V praxi se softwarové rozhraní používá na osobním počítači, notebooku, tabletu či telefonu a umožňuje ovládat prostřednictvím PLC konkrétní systém nebo zařízení.

Kompletní vizualizační rozhraní bylo zpracováno v programu Promotic verze 8.2.6. Vzhledem k systémovým možnostem jednotlivých metod a funkcí je nutné akceptovat řadu omezení. Nemůže dojít k načítání nebo odeslání více dat zároveň a musí být k dispozici dostatek času pro jejich zpracování. Proto je patrné postupné načítání dat a vzhledem k náročnosti načtených dat je zaznamenatelná též časová prodleva zpracování veškerých dat. Pro případ práce s nedostatečně výkonným počítačem je možné nastavení časové pauzy mezi jednotlivými cykly načítání dat, tj. nedostatečný výkon PC lze kompenzovat nastavením delší časové prodlevy zpracování dat. Vedle tohoto parametru je umístěno tlačítko znázorňující tzv. restart. Jeho aktivací dojde k restartování pořadí načítání dat parametrů. Číslo načítaného objektu je uvedeno vlevo od tohoto tlačítka. V případě, že by došlo k zastavení změn dotýčných čísel načítání objektů, je nutné provést manuální restart. Vlevo se nachází spouštěcí tlačítko OFF červené barvy; při zapnutí se zbarví do zelené barvy a nápis se změní na ON. Tímto tlačítkem se provádí spínání a vypínání komunikace s PLC AMiNi2DS. Je ovšem nutné dbát na volný komunikační kanál, v opačném případě nedojde k připojení, i když systém bude značit opačný stav.

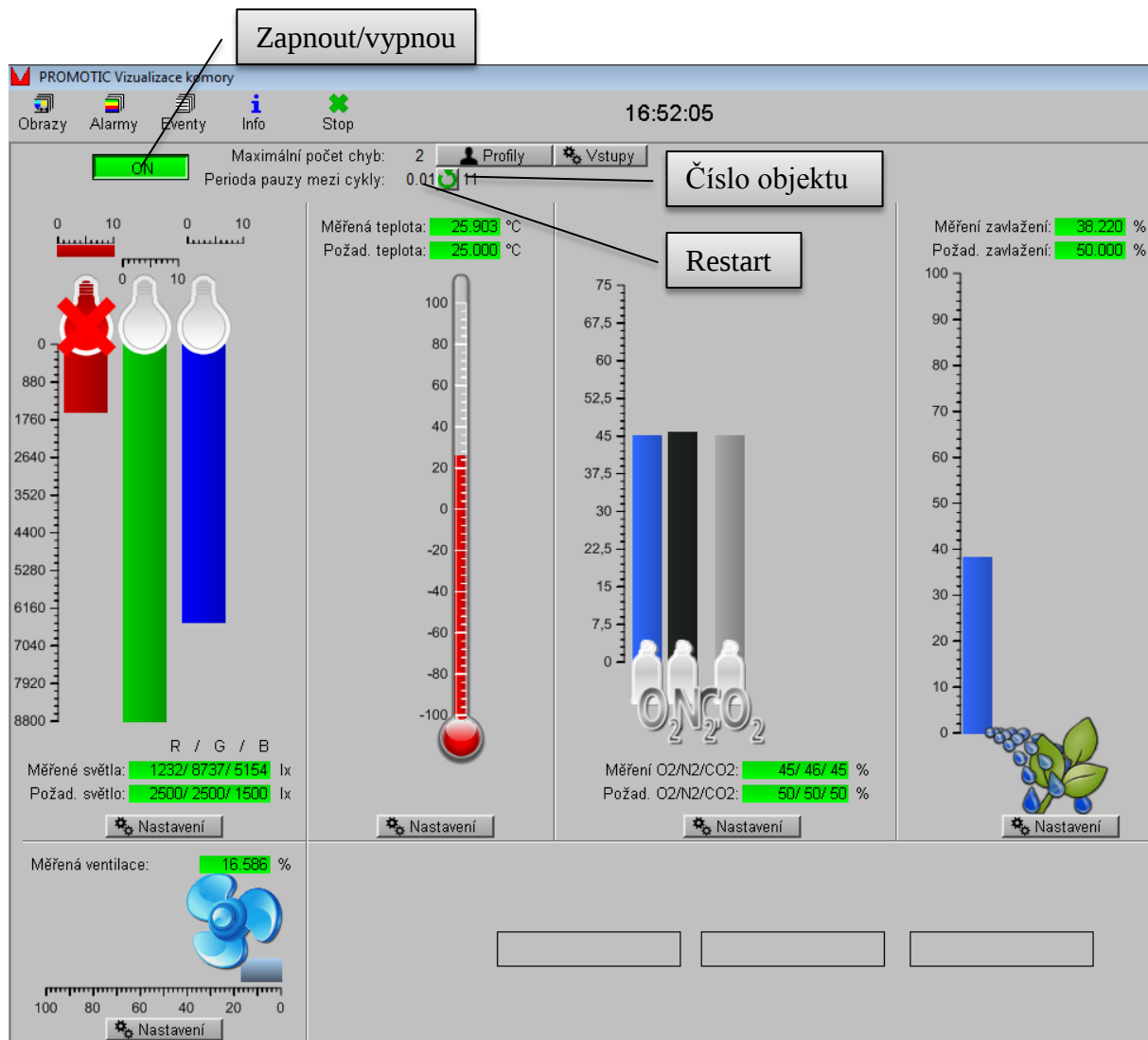
Pokud dojde ke správnému načtení dat, zbarví se objekt zobrazující konkrétní data do zelené barvy; v opačném případě změní barvu do červené. To samé platí i pro změnu a následný zápis jednotlivých hodnot v objektu parametru. Není-li parametr zbarven, nenačítá se z PLC. Jelikož se varovná hlášení nenačítají do žádných viditelných prvků, ale pouze se zobrazují pomocí blikajících obrázků, dojde v případě chybného načtení k zobrazení obdélníku červené barvy v dolní části obrazovky.

Tento systém indikace chyb a varovných hlášení je u všech obrazovek stejný. V případně výskytu chyb proveďte kontrolu, zda nedošlo k připojení více zařízení nebo softwarů k PLC, případně zda je počítač k PLC řádně připojen. Jinak kontaktujte správce sítě.

2.1 Úvodní obrazovka

Struktura a způsob zobrazení dat v úvodní obrazovce na Obr. 2-1 má uživateli zajistit přehled o základních datech a dění v celém systému. Na obrazovce je zaznamenán přehled všech veličin a grafické znázornění jejich velikosti. Zároveň je znázorněn stav probíhající regulace (jestli dochází k vytápění, chlazení, apod.). Součástí zobrazení jsou i blikající varovná hlášení.

V případě potřeby může dojít k nastavení profilů, vstupních parametrů anebo regulace jednotlivých veličin. Na Obr. 2-1 jsou patrné prázdné tři obdélníky v pravé dolní části obrazovky. Při běžném zobrazení nejsou patrné, ale v případě chybného načtení varovných hlášení se zbarví do červené barvy.



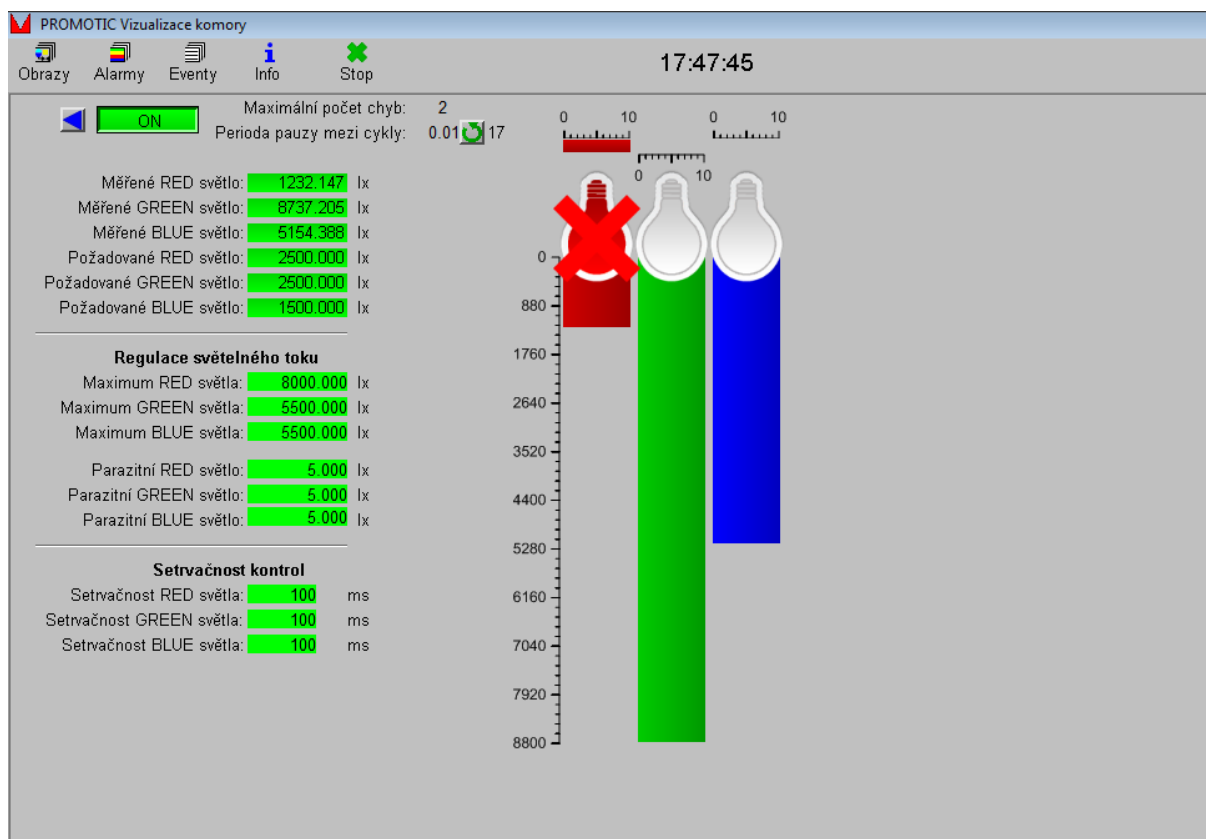
Obr. 2-1: Úvodní obrazovka

2.2 Nastavení regulace intenzity osvětlení

V této obrazovce dochází k nastavení maximálních hodnot světelného zdroje, parazitních hodnot a setrvačnosti pro jednotlivé světelné zdroje zvlášť. Jednotlivé barvy světelných zdrojů jsou pouze ilustrační a ve skutečnosti může být na dané pozici světelný zdroj libovolného světelného spektra, a tedy i barvy. Měřené a požadované hodnoty se nedají měnit. Svislá stupnice značí změřené světlo dopadající na fotobuňku. Velikost této osy je závislá na maximální hodnotě světelného zdroje a současně na maximální změřené hodnotě. Vertikální osy a jejich hodnoty

značí úroveň napětí na analogovém výstupu. Zabarvený světelný zdroj znázorňuje sepnutí, šedivá barva označuje vypnutý zdroj. Červeným křížkem přeškrtnutý světelný zdroj znázorňuje výskyt chyby v regulaci, tedy i přes požadavek zvýšení intenzity osvětlení nedošlo ke změně nebo dokonce došlo i k poklesu osvětlení během doby uvedené pod setrvačností. Dotyčná doba je navíc prodloužena setrvačností PLC a jeho programu.

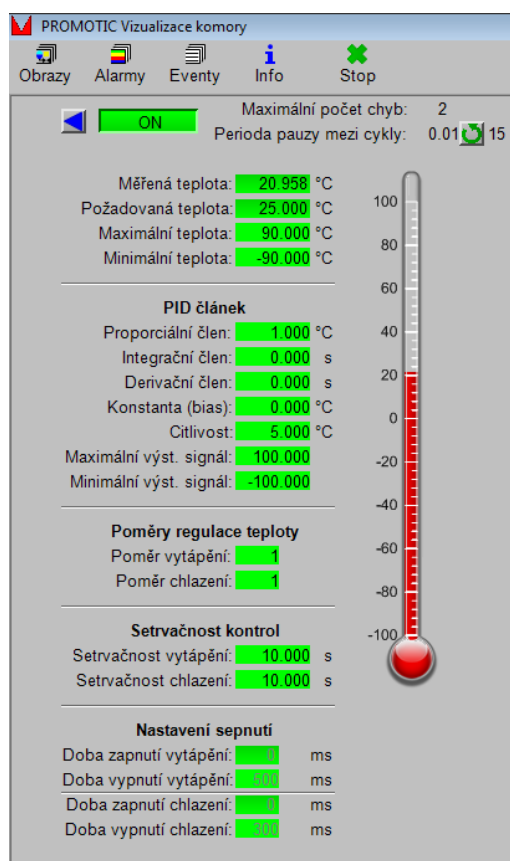
Modrá šipka směřující vlevo znázorňuje návrat do úvodní obrazovky.



Obr. 2-2: Obrazovka regulace teploty

2.3 Nastavení teploty

V této obrazovce jsou informativní parametry s měřenou a požadovanou teplotou. Také je možné provádět nastavení PID regulátoru, poměru vytápění a časů zapnutí a vypnutí. Poměr vytápění a chlazení definuje případnou požadovanou asymetrii signálů na výstupních kontaktech PLC. Doba zapnutí a vypnutí definuje časy pro pulzní šířkovou modulaci. Nastavením maximální a minimální teploty se definuje bezpečná tepelná hladina a v případě jejího překročení dojde k varovnému hlášení – viz Obr. 2-4. To samé platí pro případ nesprávné regulace o 2°C za dobu uvedenou v objektu setrvačnosti kontrol. Těž dochází k signalizaci vytápění a chlazení.



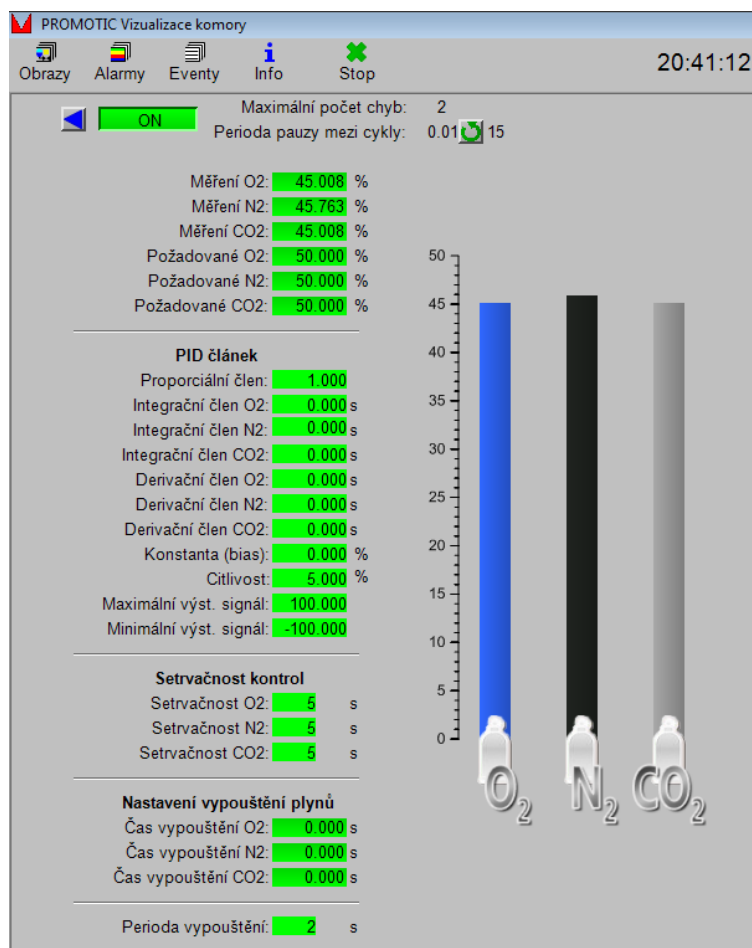
Obr. 2-3: Obrazovka nastavení teploty



Obr. 2-4: Popis varovných hlášení v obrazovce nastavení teploty

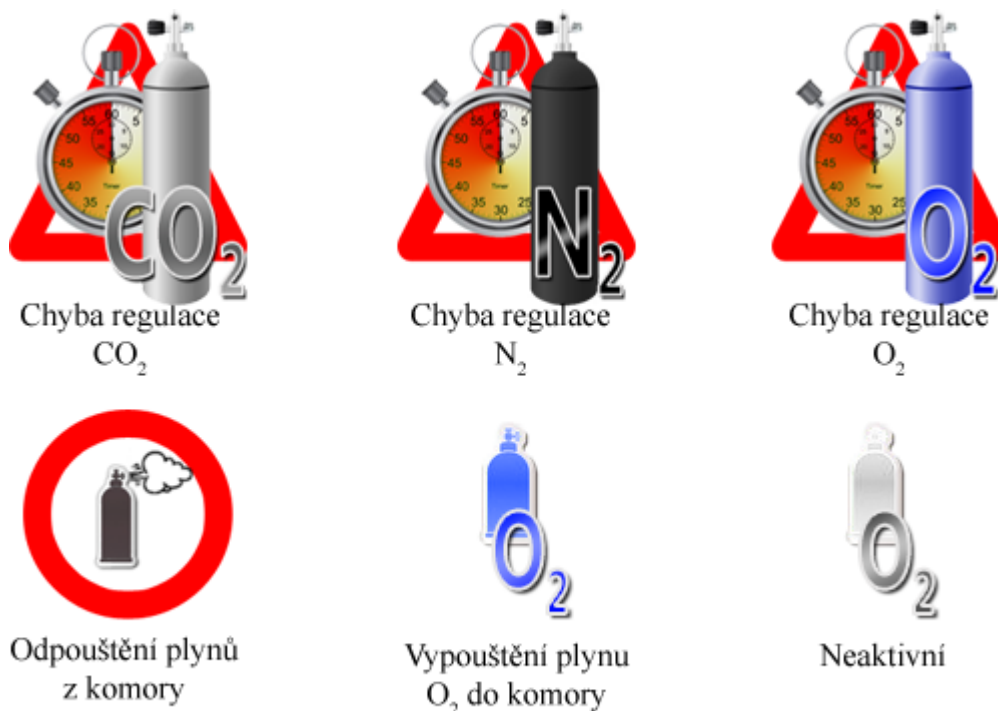
2.4 Nastavení koncentrace plynů v ovzduší

V této obrazovce dochází k obdobnému nastavování jako u předešlé obrazovky. Měřené a požadované hodnoty jsou pouze informativní a nelze je měnit. Následuje nastavení parametrů PID regulátoru s možností nastavení integračních a derivačních členů pro jednotlivé složky plynů, a to samostatně. Časy vypouštění ovzduší komory jsou opět pouze informativní parametry; perioda je nastavitelný parametr. Osa hodnot grafického znázornění změřených hodnot se přizpůsobuje největší změřené hodnotě. Zároveň dochází k signalizaci vypouštění jednotlivých plynů do komory, a to zabarvením příslušné tlakové láhve se značkou plynu.



Obr. 2-5: Obrazovka nastavení koncentrace plynů v ovzduší

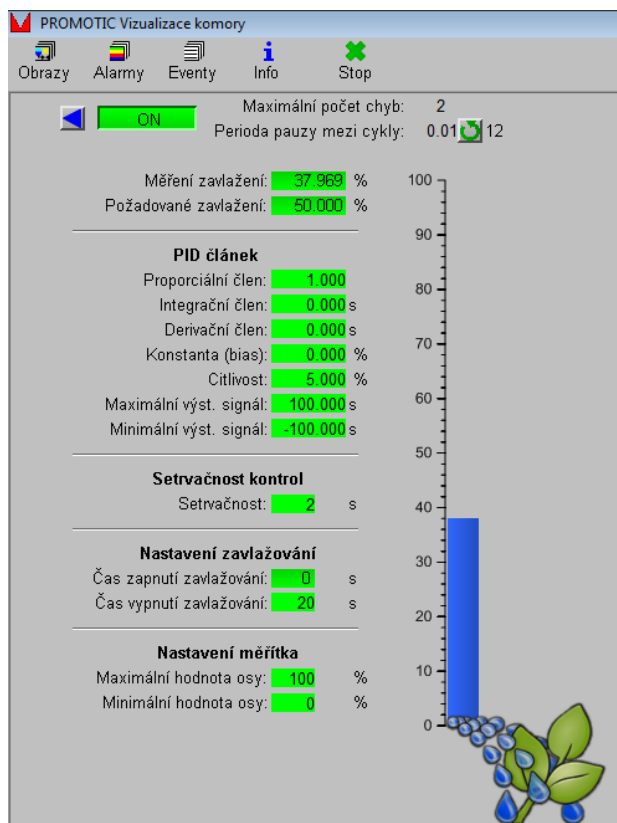
Parametry setrvačnosti uvádí požadovanou rychlost regulace v případě naměřené nižší hodnoty, než jakou je požadovaná hodnota. Pokud dojde k překročení nastaveného limitu, bude zahájeno odpouštění plynů mimo prostor komory. Tato mez je definovaná požadovanou hodnotou a citlivostí PID regulátoru. V případě nesplnění podmínek regulace nebo odpouštění plynů dojde k varovnému hlášení – viz Obr. 2-6.



Obr. 2-6: Popis varovných hlášení v obrazovce nastavení koncentrace plynů

2.5 Nastavení zavlažování

V této obrazovce dochází k informativnímu zobrazení měřených a požadovaných hodnot, nastavení parametrů PID regulátoru, setrvačnosti a hodnot osy grafického znázornění měřené úrovně zavlažování – viz Obr. 2-7. Dále se nastavuje čas vypnutí a pouze informativně se zobrazuje čas zapnutí. Veškeré parametry mají stejné vlastnosti jako u předešlých obrazovek. Tedy setrvačnost udává maximální čas na změnu zavlažení o 1%, jinak dojde k varovnému hlášení – viz Obr. 2-8, přičemž se zobrazí stejné hlášení u překročení horní meze citlivosti, čímž dojde k požadavku na odpuštění vody z fytotronové komory. Časy zapnutí a vypnutí udávají parametry na výstupu digitálního kontaktu PLC.



Obr. 2-7: Obrazovka nastavení zavlažování

Chyba regulace
zavlažování

Zavlažování

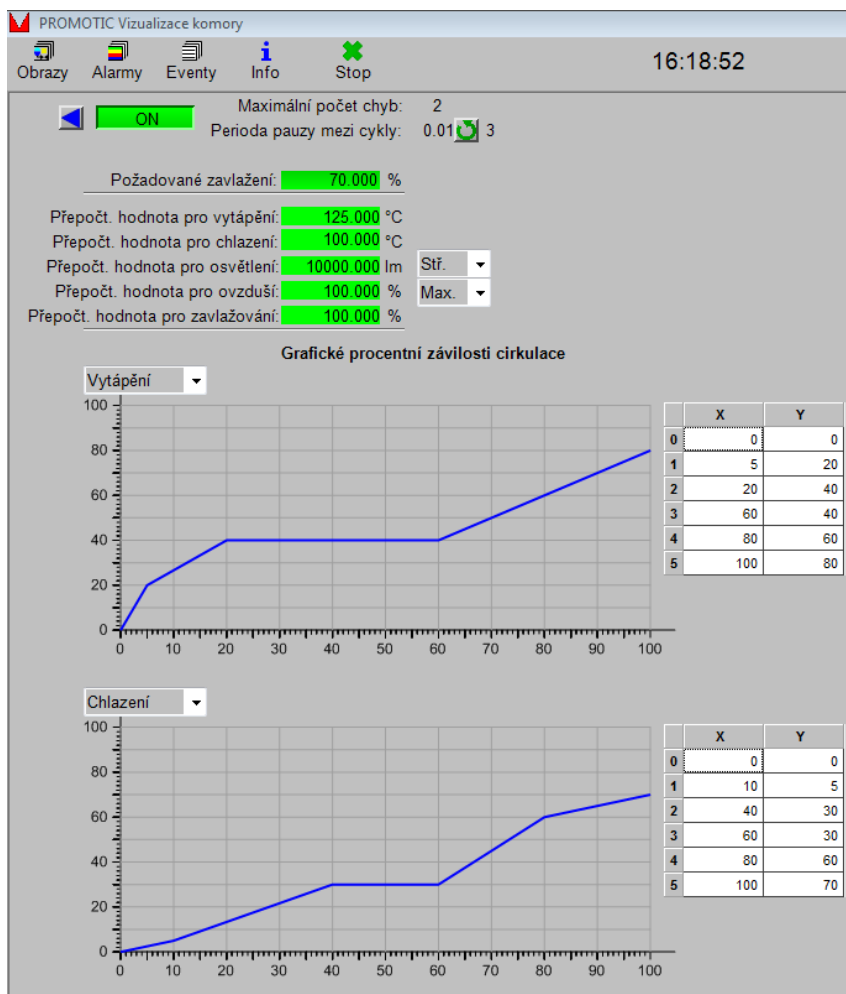


Odpuštění vody

Obr. 2-8: Popis varovných hlášení v obrazovce nastavení zavlažování

2.6 Nastavení cirkulace

Cirkulací se má na mysli ventilátor umístěný ve fytotronové komoře tak, aby docházelo k rovnoměrnému rozptýlení tepla, koncentrace jednotlivých plynů a vlhkosti – viz Obr. 2-9. Cirkulace se měří a nastavuje v procentech, a je tedy nutný převod veličin. Při převodu se zadávají hodnoty regulovaných veličin odpovídající 100% těchto veličin. Důležitou výjimku představuje teplota, u které se nepočítá s absolutní hodnotou, ale rozdílem teplot oproti teplotě požadované. Tedy 0% teploty odpovídá hodnotě požadované teploty. Pro lepší přehlednost je umožněno nastavování dvou závislostí cirkulace na měřené hodnotě naráz, čímž je dosaženo možnosti vzájemného porovnávání.



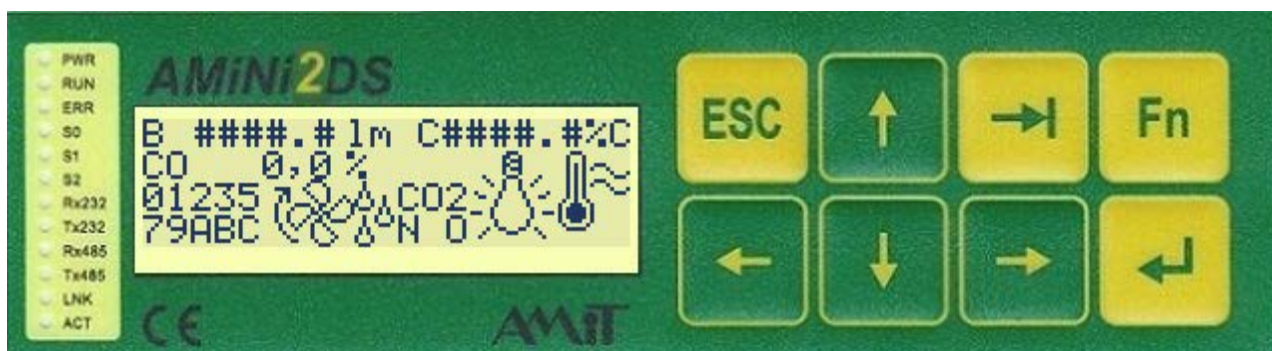
Obr. 2-9: Obrazovka nastavení cirkulace

Je nutné brát na vědomí, že vzhledem k hardwarovému omezení není možné měřit cirkulaci, a tedy ani provádět její kontrolu. Pro případ výskytu chyby v nastavení hodnot je provedena definice maximální velikosti, takže žádná hodnota nemůže být větší jak 100%.

3 SCADA

Zkratka SCADA je odvozena z anglického názvu Supervisory Control And Data Acquisition, tzn. supervizní řízení a sběr dat. Jedná se o nadstavbu řídicího systému v PLC a tedy základní zobrazení dat přímo v PLC. Toto zobrazení může probíhat jak na display, tak i pomocí jiných zařízení – např. LED diody můhou kombinací rozsvícení LED znázorňovat určité hodnoty apod.

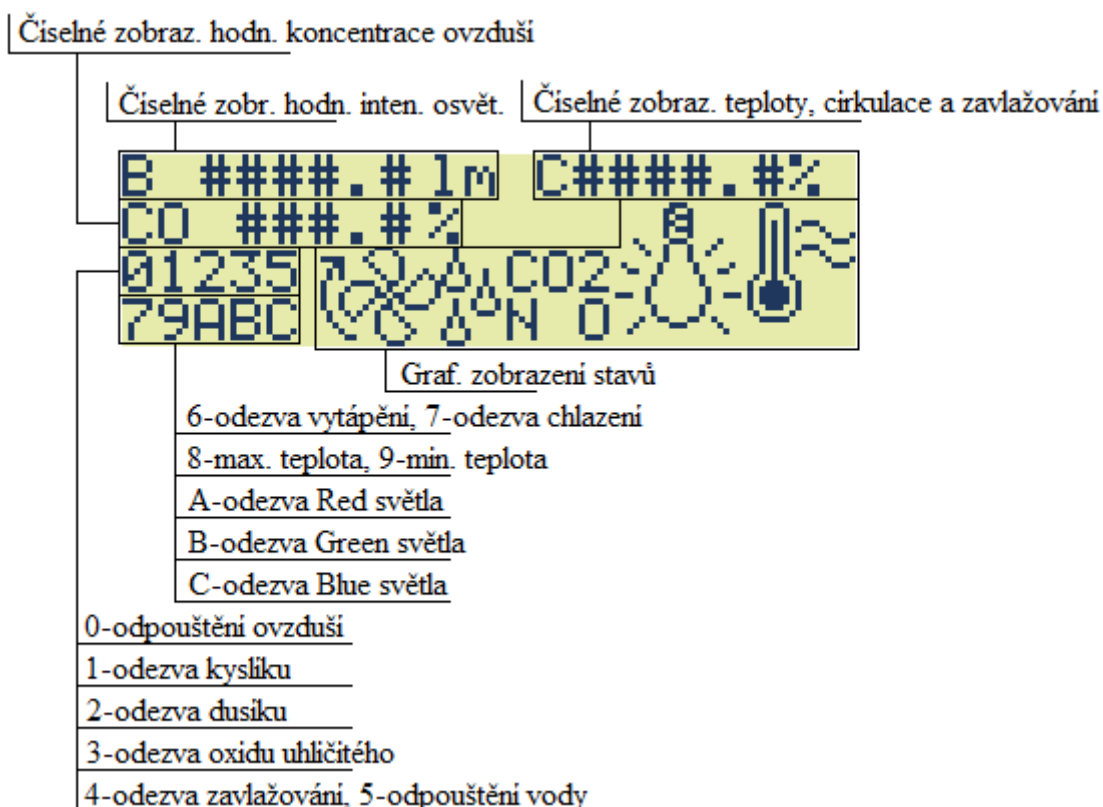
PLC systém AMiNi2DS je vybaven displayem a 9 ovládacími tlačítky (viz Obr. 3-1), čímž umožňuje základní ovládání systému a diagnostiky stavů (vytápění, chlazení atd.). Bohužel dotyčný display není nijak rozměrný, a tak je ovládání některých parametrů a vlastností provedeno pro nouzový přístup (nefunkční počítač) anebo k nim není vůbec přístup, takže úplný provoz bez využití počítače není prakticky možný.



Obr. 3-1: Display a ovládací tlačítka AMiNi2DS

3.1 Úvodní obrazovka

Na Obr. 3-2 je patrné, že na úvodní obrazovce jsou zobrazeny veškeré potřebné údaje. Z důvodu nedostačujících rozměrů bylo přistoupeno k postupnému přepínání mezi vybranými parametry a hlášeními o chybách, aby nedošlo k omezení čtení údajů. Tedy nikde se postupně nepromítnou více jak 3 parametry za sebou. Zároveň na jedné pozici se přepíná více chybových hlášení (např. 4 a 5), ale tyto chyby se nikdy nemohou vyskytnout naráz.

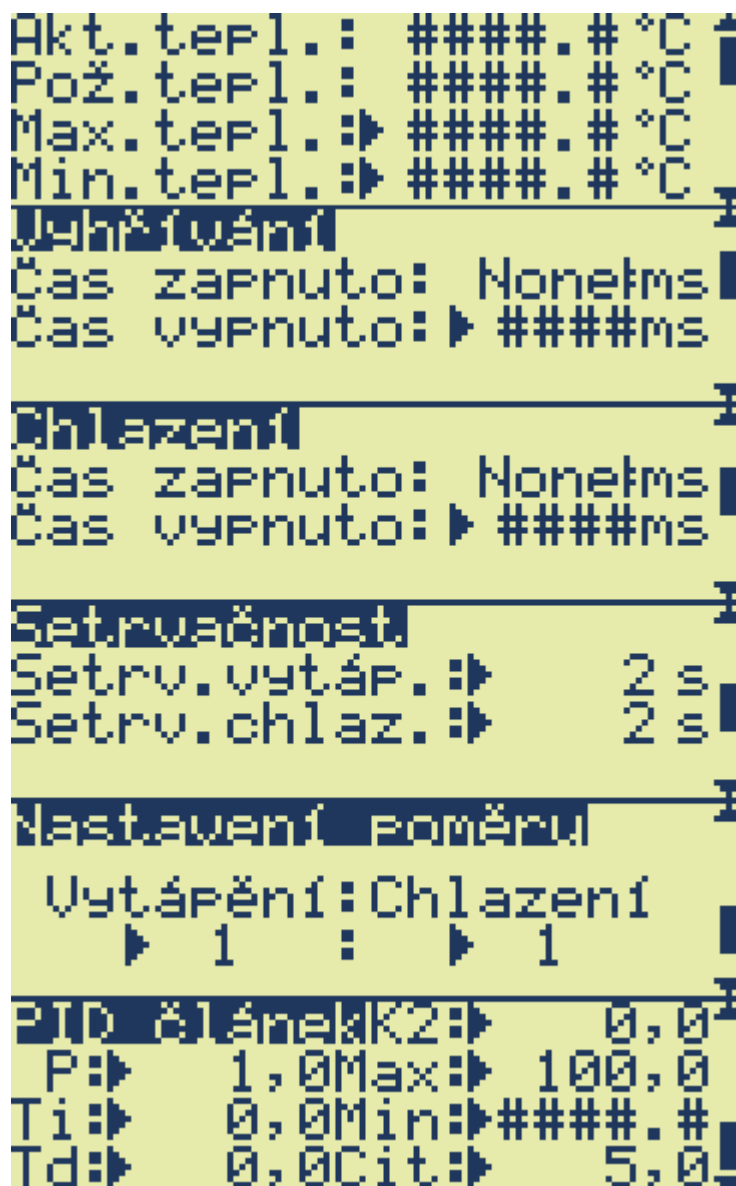


Obr. 3-2: Úvodní obrazovka s popisky

Po kliknutí na tlačítko Enter se uživateli zobrazí menu, v němž se pohybuje vertikálními šipkami. Po zvolení příslušné kategorie se zobrazí informační a ovládací parametry. Dále proběhne rozebrání jednotlivých kategorií a jejich parametrů. Za cílem zjednodušeného zobrazení budou jednotlivé obrazovky z kategorií sloučeny, čím vznikne soubor obrázků. Jednotlivé obrazovky budou odděleny vodorovnou čarou po celé jejich délce. Číselné parametry budou zobrazeny v náhledu „programování“, tedy místo čísel dojde k zobrazení hodnoty, nulové nebo znaky definující formát.

3.2 Nastavení teploty

V tomto rozhraní dochází nastavení PID regulátoru za cílem správné nastavení regulace teploty. Zároveň zde dochází k nastavení maximálních teplot za cílem případného hlášení, doby sepnutí, času vypnutí apod.



Obr. 3-3: Všechny obrazovky Nastavení teploty

Na první obrazovce je zobrazena aktuální a požadovaná teplota. Požadovanou teplotu lze měnit pouze v rámci nastavení profilů teplot. Max. tepl. vyjadřuje maximální povolenou teplotu, po jejímž překročení dojde k chybovému hlášení překročení maximální teploty. Min. tepl. vyjadřuje minimální teplotu; opět za cílem varování před chybovým hlášením překročení minimální teploty.

Druhá a třetí obrazovka informují o době sepnutí a vypnutí, přičemž se jedná o informaci výstupního digitálního kontaktu. Jelikož se většinou u PID regulátoru nastavuje stejná kladná i záporná výstupní hodnota kvůli symetrii řízení a zároveň může být vznesen požadavek ze strany měniče na jinou hodnotu u jednoho výstupu, lze případnou asymetrii v sepnutí nastavovat poměrem v páté obrazovce.

Ve třetí obrazovce se nastavuje setrvačnost vytápění a chlazení. Setrvačnost vytápění definuje maximální dobu navýšení teploty o 2°C během vytápění. Podobně definuje maximální dobu pro snížení teploty o 2°C i setrvačnost chlazení. V případě nesplnění požadavku dojde k chybovému hlášení dotyčné regulace.

V šesté obrazovce je zobrazeno nastavení PID regulátoru, kde P značí proporciální člen, Ti integrační člen, Td derivační člen, K2 tzv. bias (hodnota, která se přičítá k celé charakteristice), Min a Max značí maximální a minimální výstupní hodnotu ve stupních a Cit značí citlivost regulátoru ve stupních.

3.3 Nastavení světla

V této kategorii dochází k nastavení veškerých parametrů regulovaných světelnými zdroji. Je nutné si uvědomit, že nedochází k měření intenzity osvětlení dopadajícího na rostlinu, ale osvětlení měřících senzorů, případně senzorů jiné světelné veličiny, která bude v měniči převedena na intenzitu osvětlení.



Obr. 3-4: Všechny obrazovky Nastavení světla

První až třetí obrazovka fungují na stejném principu, pouze se jedná o regulaci různých světelných zdrojů. Jsou zde uvedeny parametry informující o aktuálních hodnotách intenzity osvětlení a požadované intenzitě osvětlení. Dále se zde nastavuje maximální intenzita osvětlení dotyčného světelného zdroje. Z této hodnoty se počítá výstupní hodnota v případě rozsvěcování. Jelikož systém nemá možnost spočítat výstupní hodnotu napětí, provede výpočet výstupní hodnoty podle maximální intenzity osvětlení konkrétního světelného zdroje. Poslední hodnotou je prahové světlo. Tato hodnota znázorňuje parazitní světlo, a tím prahovou hodnotu, kdy se uvažuje nulová měřená intenzita osvětlení.

Čtvrtá obrazovka nastavuje setrvačnost regulace jednotlivých světelných zdrojů, tedy za jaký maximální čas dojde k požadované změně světelného toku světelného zdroje, a tím i intenzity osvětlení. Do tohoto parametru se musí zahrnout i setrvačnost celého regulačního systému.

3.4 Nastavení ovzduší

V této kategorii dochází k regulaci koncentrace plynů dusíku, kyslíku a oxidu uhličitého v ovzduší fytotronové komory. Je nutné dbát na umístění senzorů koncentrace plynů v komoře, jelikož v případě nevhodného umístění by mohlo dojít k špatnému vyhodnocení a tím k nežádoucímu odpouštění plynů z komory. Zároveň, pokud tyto senzory budou měřit v jiných jednotkách než v procentech, je nutné provést převod v měnicích.

Aktuální O:	0,0%	↑
Požadovan. O:	0,0%	↓
Int. člen O:	0,0	
Der. člen O:	0,0	
Aktuální N:	0,0%	↑
Požadovan. N:	0,0%	↓
Int. člen N:	0,0	
Der. člen N:	0,0	
Aktuál. CO2:	0,0%	↑
Požadov. CO2:	0,0%	↓
Int. čl. CO2:	0,0	
Der. čl. CO2:	0,0	
Setrvačnost		
Setrvačnost O:	0 s	↓
Setrvačnost N:	0 s	↓
Setrvač. CO2:	0 s	↓
PID & perioda		
P:	0,0	Cit: 5,0
K2:	0,0	Max: 100,0
T:	0,0	Min: ####.#

Obr. 3-5: Všechny obrazovky Nastavení ovzduší

První tři obrazovky provádí nastavení integračních a derivačních členů u jednotlivých PID regulátorů plynů. Zároveň se i zde nalézá informativní zobrazení o změřené a požadované hodnotě koncentraci plynů.

Ve čtvrté obrazovce je setrvačnost rovnoměrného rozptýlení plynů v prostoru komory a je uváděn čas, za jak dlouho dojde ke zvýšení koncentrace o 1% u určitého plynu. Pokud k požadovanému navýšení nedojde, bude vysláno chybové hlášení o regulaci konkrétního plynu.

V poslední obrazovce dochází k nastavení parametrů PID regulátoru; parametry jsou obdobné jako u předchozích PID regulátorů – tedy P je proporciální člen, K2 je tzv. bias neboli přičítající konstanta s jednotkou procenta, Cit je citlivost regulátoru, Max je nejvyšší výstupní

hodnota, Min nejnižší výstupní hodnota. T v tomto případě značí periodu vysílacího signálu digitálního výstupu PLC.

3.5 Nastavení závlahy

V této části dochází k regulaci zavlažování, které je měřeno v procentech.



Aktu. zavl.:	0,0%
Poža. zavl.:	0,0%
Setr. zavl.:	0 s
Čas vyp.:	0,0ms
PID Alánek K2:	
P:	0,0
Cit:	5,0
Ti:	0,0
Max:	100,0
Td:	0,0
Min:	####.#

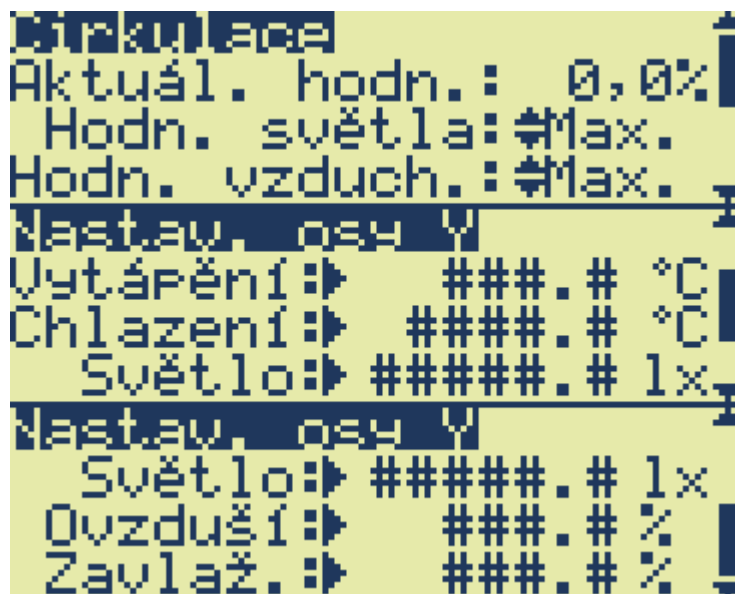
Obr. 3-6: Všechny obrazovky Nastavení závlahy

V první obrazovce se nalézá informativní zobrazení o měřené a požadované závlaze v procentech. Následně se zde nachází možnosti nastavení setrvačnosti zavlažování, a tedy čas, do kterého by se při zavlažování měla závlaha zvýšit o 1%. Čas vypnutí je parametr pro výstupní digitální kontakt.

V druhé obrazovce je patrné nastavování PID regulátoru, stejně jako u předchozích nastavení. Tedy P znázorňuje proporciální člen, Ti integrační člen, Td derivační člen, K2 tzv. bias v procentech, Cit citlivost regulátoru v procentech, Max maximální výstupní hodnotu v procentech a Min minimální výstupní hodnotu v procentech.

3.6 Nastavení cirkulace

V této části dochází k nastavení parametrů pro cirkulaci, avšak z důvodu omezení hardwaru není možné provádět měření.



Obr. 3-7: Všechny obrazovky Nastavení cirkulace

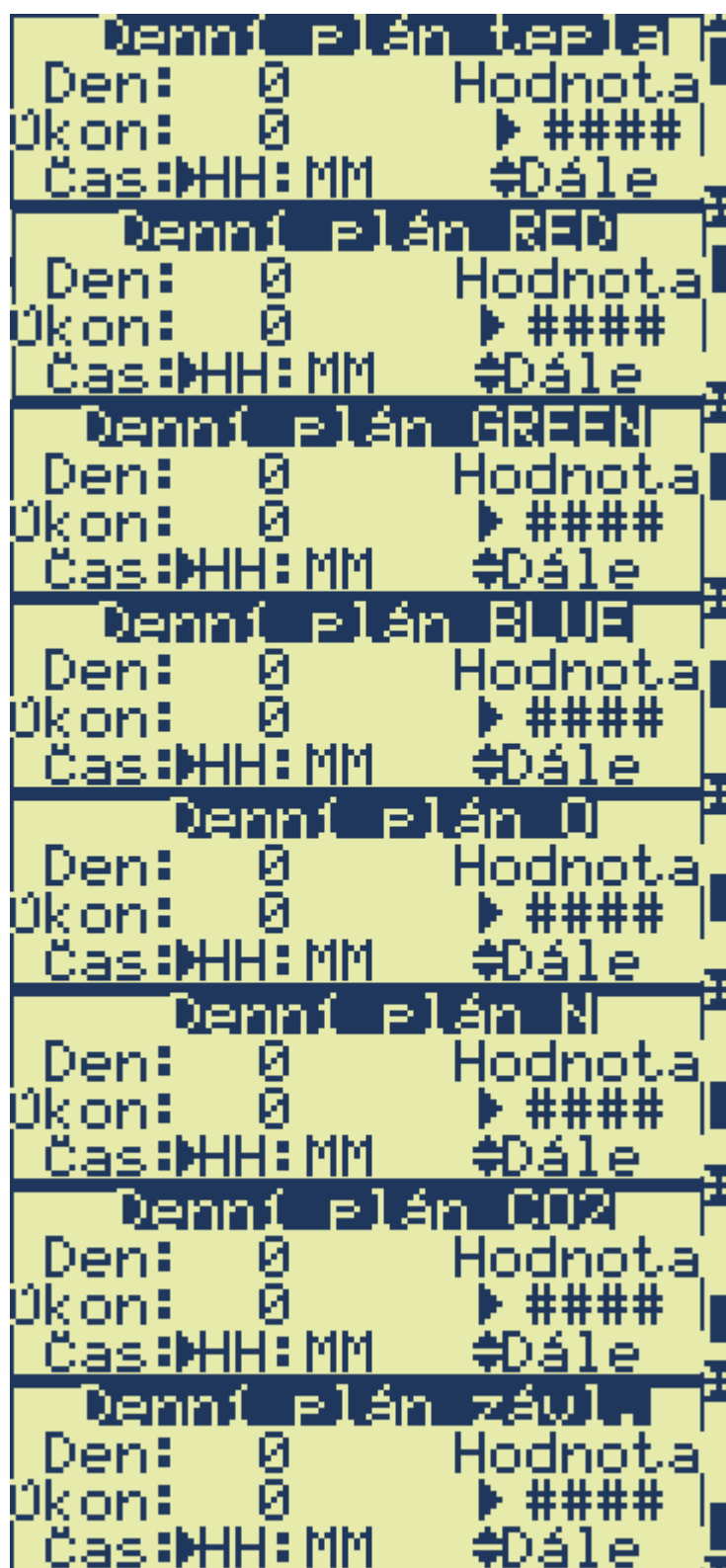
V první obrazovce probíhá zobrazení měřených hodnot cirkulace a nastavení typu výpočtu pro osvětlení a regulaci plynů. Jelikož u obou regulací se počítá s druhy veličin, je nutné provést volby jejich zpracování. Může tedy dojít k výběru nejvyšší hodnoty intenzity osvětlení, příp. koncentrace, výběrem volby Max. nebo výběrem Stř. dojde k vypočítání střední hodnoty těchto veličin.

Ve druhé a třetí obrazovce dochází k nastavování stoprocentních hodnot. Tedy hodnot, jež odpovídají 100% dané veličiny. Před případným zvýšením hodnoty nad 100% je vytvořena ochrana, která neumožní počítat nad 100%. U nastavování vytápění je nutné si uvědomit, že se nejedná o absolutní teplotu, ale o teplotu nad požadovanou hodnotou. U chlazení je tomu obdobně.

3.7 Nastavení profilů

V této části dochází k nastavování hodnot všech veličin a časů základních profilů, tedy profilů, z jejichž hodnot se podle času přímo volí požadované hodnoty.

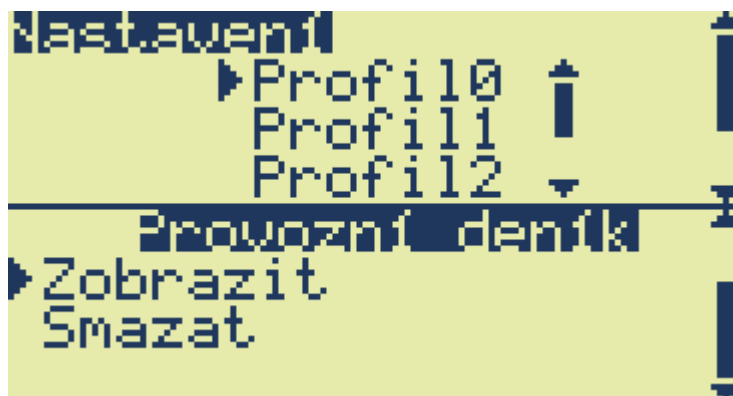
Jak je patrné na Obr. 3-8, každá obrazovka má rámeček. Při běžném prohlížení tento rámeček není zobrazen. Po stisku tlačítka FN dojde k jeho zobrazení a značí editaci v dané obrazovce. Horizontálními šipkami uživatel mění den a vertikálními šipkami úkon. Tlačítkem TAB se přesouvá ve výběru hodnot pro editaci. Poslední parametr je označen názvem „Dále“. Tento název poukazuje na běžné pokračování. Pokud uživatel chce zvolit dotýčný den jako poslední, přepne tlačítko na název „Konec“. Touto změnou zvolený den v čase 23:59 je posledním dnem ve všech profilech.



Obr. 3-8: Všechny obrazovky Nastavení profilů

3.8 Nastavení

Tato záložka umožňuje uložení z 6 různých profilů jeden konkrétní profil do profilu základního. Zároveň umožňuje náhled a mazání tzv. provozního deníku, který ukládá posledních 50 provozních a chybových hlášení.



Obr. 3-9: Všechny obrazovky Nastavení

První obrazovka značí výběr profilu pro uložení do základního profilu, resp. zvolený profil bude nakopírován do základního profilu. Základní profil, jak bylo vysvětleno výše, je profil, z něhož se podle času a dne vybírají data a ukládají jako požadované hodnoty k jednotlivým veličinám. Při vstupu do obrazovky nebude patrná šipka značící výběr. Po stisku tlačítka ENTER dojde k zobrazení dotyčné šipky, a tím i ke znázornění možnosti výběru profilu. Pro zrušení výběru profilu stiskněte tlačítko ESC.

V druhé obrazovce je dána možnost zobrazení a smazání provozního deníku. Možnost výběru volby se provádí stejně jako u předchozí obrazovky. V okamžiku zobrazení provozního deníku bude ve vrchní části obrazovky zobrazen čas a pořadové číslo zobrazeného hlášení. V případě probíhající tvorby dotyčného hlášení bude pořadové číslo označeno hvězdičkou.