

Modernizace jednokomorových líhní OBO-075

Modernization Of The Single - Chamber Incubators OBO-075

Bc. Petr Jurčíček

Diplomová práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav aplikované informatiky
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr JURČÍČEK**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Modernizace jednokomorových líhni OBO-075**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s podmínkami lihnutí bažantích kuřat a s principem činnosti jednokomorových předlíhni a dolíhni OBO-075.
2. Navrhněte způsob regulace teploty a vlhkosti v předlíhni a dolíhni tak, aby byly zajištěny životní podmínky zárodka.
3. Navržený systém doplňte zabezpečovacím zařízením tak, aby byly trvale zajištěny životní podmínky pro vývoj zárodka.
4. Navržený systém realizujte a ověřte jeho činnost v praxi.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. MIESLER, R.: Průvodce umělým odchovem ptáků. Epava, 2005. ISBN 8086297306.
2. BASTIAN, P.: Praktická elektrotechnika. Europa – Sobotáles, Brno, 2004. ISBN 808670615X.
3. HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001. ISBN 80-7318-131-2 (brož.).
4. KLAUS, T.: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005. ISBN:80-86706-13-3.
5. HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004. ISBN 80-86706-08-7.
6. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
7. ĎADO, S., KREIDL, M.: Senzory a měřicí obvody. ČVUT, Praha, 1999.
8. <http://www.bioska.cz/>

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření


Datum zadání diplomové práce:

20. února 2009

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2009

Ve Zlíně dne 13. února 2009


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo modernizovat dnes již technicky zastaralé automatické líhně určené pro umělé líhnutí kuřat bažantů. Modernizace spočívá v návrhu a realizaci moderního číslicového řídicího systému (PLC) doplněného vhodnými senzory a akčními členy pro udržování optimálních životních podmínek uvnitř líhně.

Klíčová slova:

Bažant, kuře bažanta, líheň, PLC, programovatelný automat, servopohon, teplota, relativní vlhkost, snímač teploty, snímač relativní vlhkosti, spojitá regulace

ABSTRACT

The main goal of this graduation thesis was modernization of the incubators, quite technical obsolete in these days, which are primarily determinate for forced incubation of the pheasants. The basis of the modernization was proposal and realization of the modern digital control system (Programmable logic controller), which have been couplet with suitable sensors and actuators for upkeeping of the optimal living conditions within the incubator.

Keywords:

Pheasant, poult, incubator, PLC, programmable logic controller, servomotor actuator, temperature, relative humidity, temperature sensor, relative humidity sensor, continuous regulation

Děkuji Doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za vzorné vedení mé diplomové práce, odbornou pomoc a užitečné rady a připomínky. Dále děkuji Bc. Martinu Sobolíkovi jakožto mému kolegovi a spolupracovníkovi na této diplomové práci. Děkuji také Ing. Aloisu Minaříkovi a Petru Dvořákovi za neocenitelnou technickou podporu a pomoc během realizace této práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TEORIE UMĚLÉHO LÍHNUTÍ KUŘAT BAŽANTŮ	12
2 PŘEDLÍHEŇ OBO-075	20
3 DOLÍHEŇ OB1-025	24
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
4 NÁVRH A VÝBĚR ŘÍDICÍHO SYSTÉMU	27
4.1 POŽADAVKY NA ŘÍDICÍ SYSTÉM.....	27
4.2 ŘÍDICÍ SYSTÉM A PLC TECOMAT FOXTROT	28
4.2.1 Základní modul PLC Tecomat Foxtrot	30
4.2.2 Přehled periferních modulů využitých pro modernizaci líhni.....	33
5 PRINCIP MĚŘENÍ A REGULACE TEPLoty UVNITŘ LÍHNÍ	43
5.1 MĚŘENÍ TEPLoty	43
5.2 REGULACE TEPLoty	45
6 PRINCIP MĚŘENÍ A REGULACE VLHKOSTI UVNITŘ LÍHNÍ	48
6.1 MĚŘENÍ VLHKOSTI.....	48
6.2 REGULACE VLHKOSTI	51
7 ŘÍZENÍ POLOHY KLAPKY VZDUCHOTECHNIKY	55
8 DVOUKANÁLOVÁ TRIAKOVÁ STMÍVACÍ JEDNOTKA	58
8.1 PRINCIP FÁZOVÉHO ŘÍZENÍ TRIAKU	58
8.2 BLOKOVÉ SCHÉMA A POPIS STMÍVACÍ JEDNOTKY.....	60
8.2.1 Blokové schéma stmívací jednotky.....	60
8.2.2 Zdroj napájecího napětí	60
8.2.3 Zdroj synchronizačních impulsů	60
8.2.4 Vstupní dělič napětí.....	61
8.2.5 Výkonná jednotka MCU (Microcontroller Unit)	61
8.2.6 Popis softwarového vybavení mikrokontroléru	63
8.2.7 Koncový stupeň s filtrací.....	64
9 JEDNOKANÁLOVÁ STMÍVACÍ JEDNOTKA	66
9.1 BLOKOVÉ SCHÉMA STMÍVACÍ JEDNOTKY	67
9.1.1 Napájecí část	67
9.1.2 Generátor synchronizačních impulsů.....	68
9.1.3 Vstupní dělič napětí.....	68
9.1.4 Výkonová část stmívací jednotky.....	69
9.1.5 Tepelná ochrana výkonových polovodičových prvků.....	69
9.1.6 Výkonná jednotka MCU (MicroController Unit)	70
10 MODERNIZACE SYSTÉMU AUTOMATICKÉHO NAKLÁPĚNÍ LÍSEK S VEJCI	72

11	REALIZACE SIGNALIZACE HAVARIJNÍCH STAVŮ LÍHNÍ	74
11.1	HLÍDÁNÍ POŽADOVANÉ TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI	74
11.2	HLÍDÁNÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ VENTILÁTORŮ A TOPENÍ	75
11.3	PŘENÁŠENÍ ZPRÁV O PORUCHOVÝCH STAVECH LÍHNÍ POMOCÍ SÍTĚ GSM	77
12	GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ PRO OVLÁDÁNÍ AUTOMATICKÝCH LÍHNÍ	79
	ZÁVĚR	80
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ (CONCLUSION)	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK	88
	SEZNAM PŘÍLOH	89

ÚVOD

Modernizace automatických líhni bažantů v Míškovicích u Holešova byla podmíněna jejich stářím a technickým stavem, který již nezaručoval bezproblémové líhnutí bažantů. Líhně byly vyrobeny firmou BIOS Sedlčany již koncem 70. let. Je tedy zřejmé, že jsou v současnosti notně zastaralé a náročné na svou obsluhu.

Líhňářské sdružení v Míškovicích je vybaveno dvěma typy líhni. Předlíhně jsou určeny pro počáteční stadia inkubace bažantích vajec. Těchto líhni je v současnosti umístěno v budově celkem pět a kapacita každé z nich činí 7000 bažantích vajec. Vejce jsou do předlíhni nasazována každý týden, přičemž je nasazována vždy jedna třetina celkové kapacity předlíhně. Vejce jsou v předlíhni inkubována 21 dní za specifické teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Tři dny před předpokládaným klubáním mládřat jsou vejce přemístěna do dolíhni, jež jsou konstruovány pro konečné stadium líhnutí mládřat, kterým je proklování vaječné skořápky a vyklubání z vejce ven. Počet dolíhni je stejný jako v případě předlíhni.



Obr. 1. Myslivecké líhňářské sdružení v Míškovicích u Holešova.

Je tedy zřejmé, že na správném a bezproblémovém chodu předlíhni i dolíhni jsou závislé desetitisíce mládřat bažantů. Cílem tohoto projektu je proto především

zautomatizovat takové procesy, které byly doposud vykonávány lidskou obsluhou, společně se zdokonalením systému udržování požadované teploty a vlhkosti uvnitř líhní. Úkolem lidské obsluhy byl častý dohled nad líhněmi, kontrola a nastavení požadovaných hodnot a okamžité řešení případných havárií. Tato obsluha se v minulosti dopouštěla častých chyb, které měly za následek citelné snížení líhnivosti vajec nebo v horším případě úhyn všech zárodků uvnitř vajec nasazených v líhni.

Projekt zahrnuje celkovou modernizaci a automatizaci všech předlíhní a také částečnou automatizaci všech dolíhní. Jeho náplní je návrh a realizace přesného měření teploty a relativní vlhkosti uvnitř líhní a současně jejich regulace pomocí vhodného řídicího systému. Dalším bodem je automatizované řízení větrání líhní založené na posuvné vzduchotechnické klapce. Posledním bodem projektu je realizace poruchové signalizace všech líhní, která je přenášena na mobilní telefon jejich obsluhy. Tak mohou být řešeny všechny mimořádné situace v krátkém čase a v libovolné denní době, například i v noci, kdy obsluha není v budově fyzicky přítomna.

I. TEORETICKÁ ČÁST

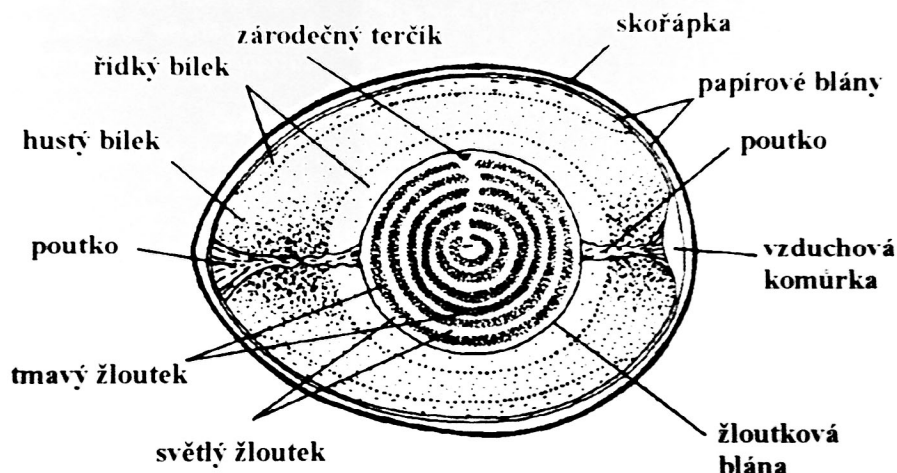
1 TEORIE UMĚLÉHO LÍHNUTÍ KUŘAT BAŽANTŮ

Pro nepřetržitý a bezproblémový běh umělého líhnutí bažantů musí být zajištěno dostatečné množství oplodněných a kvalitativně vyhovujících vajec. K tomuto účelu slouží tzv. chovná hejna bažantů. Každé chovné hejno je složeno ze slescic bažantů, ke kterým jsou ve vhodném poměru přiřazeni kohouti bažantů. Poměr, ve kterém jsou kohouti a slepice, je volen takovým způsobem, aby byla pokud možno všechna snesená vejce oplodněná. Je pochopitelné, že pouze z oplodněných vajec je dále možný vývoj zárodku a následně kuřete bažanta. Specifický případ však tvoří bažanti královští, u kterých se v chovném hejnu připouští pouze jeden kohout. To je dáno chováním a temperamentem tohoto druhu bažanta. Proces sběru, uskladnění i líhnutí vajec obou druhů bažantů je však stejný.



Obr. 2. Chovné hejno bažanta obecného.

Vejce různých druhů ptáků se mohou lišit svou velikostí, tvarem, barvou nebo tloušťkou skořápky. Lze však obecně konstatovat, že anatomie všech ptačích vajec, a tedy i vajec bažantů, je stejná. Struktura ptačího vejce je patrná z obrázku 3.



Obr. 3. Skladba ptačího vejce.

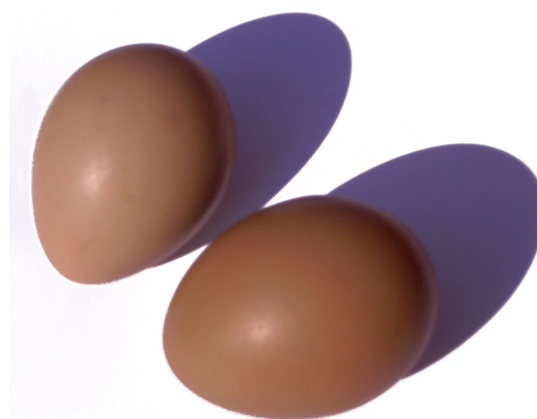
Obal celého vejce, který tvoří uzavřenou nádobu a současně chrání vnitřní části vejce, je vaječná skořápka. Ta se skládá z několika vrstev a díky své konstrukci a geometrickému tvaru poskytuje maximální pevnost při tlaku z vnějšího prostředí, ale snadno se prolomí při úsilí vyvíjeném kuřetem zevnitř. Podle [1] tvoří nejvrchnější vrstvu skořápky ochranný film, tzv. kutikula. Kutikula je silná přibližně 0,5-12,8 μm , je složená z cukrů, tuků a bílkovin a tvoří voskový (mucinový) povlak. Ten chrání nevyvinutý zárodek před bakteriemi a současně slouží pro regulaci příjmu a odparu vody vejcem. Pod kutikulou leží tvrdá vápenitá krystalická vrstva složená z kolmo na sebe navazujících krystalů vápníku o výšce 3-8 μm . Střední část vaječné skořápky je tvořena houbovitou vrstvou, která je současně nejmasivnější. Tato vrstva může nabývat tloušťky až 200 μm a je tvořena masivními dlouhými vápenitými sloupci. Z podobných sloupců se skládá i nejvnitřnější vrstva skořápky, která současně slouží i jako zdroj vápníku vyvíjejícímu se mláděti. Skořápka je protkána sítí vzájemně propojených vzduchových kanálků (pórů), které zárodku umožňují dýchání a příjem a výdej vody, ale i průnik bakterií. Hustota těchto kanálků je dvakrát větší na tupém konci vejce, kde se nachází vzduchová komůrka a kudy se také mládě proklube, než na ostrém konci.

Pod skořápkou se nachází dvě vrstvy tzv. papírových blan – vnější a vnitřní. Ty jsou také, podobně jako skořápka, průchozí pro plyny a vodu, přičemž se na tupém konci vajíčka rozestupují a tvoří vzduchovou komůrku. Vzduchová komůrka se tvoří během chlazení vejce po jeho snesení a umožňuje mláděti dýchat poté, co prolomí vnitřní membrány v průběhu líhnutí.

Vnitřní tekutý obsah vejce je tvořen bílkem, ve kterém se nachází vlastní žloutková koule. Bílek je tvořen především vodou (cca 90%) a bílkovinami (cca 10%) a obsahuje také minerální látky a vitamíny. Za optimálních podmínek je všechn spotřebován a využit mládětem během jeho inkubace. Podle [1] je bílek uložen ve čtyřech vrstvách, přičemž nejvrchnější vrstvu tvoří tzv. řídký (tekutý) bílek, pod kterým je vrstva hustého bílku a opět následuje vrstva řídkého. Poslední vrstva se nachází kolem žloutku a vystupují z ní tzv. chalázy. Chalázy jsou zkroucená poutka tvořená hustým bílkem. Jejich hlavní funkcí je tlumení otřesů a nastavování žloutku tak, aby zárodečný terčík směřoval vždy nahoru, pod teplo vycházející z těla rodiče. Řídký bílek umožňuje snadnější otáčení žloutku, obsahuje antibakteriální látky a současně je zdrojem živin pro embryo.

Žloutek je zásobárnou živin pro vyvíjející se zárodek. Je složen z vody, tuků a bílkovin. Žloutková koule je tvořená z vrstev tmavého na tuky bohatého žloutku a ze žloutku světlého, který je chudý na tuky i na vaječný pigment. Z jádra žloutkové koule vystupuje k povrchu tekutý sloupec tvořený vitelinem, na jehož vrcholu se nalézá zárodečný terčík z tzv. tvořivého žloutku. Z něho se následně vyvíjí zárodek. Díky nižší hustotě žloutku oproti bílku, což je dáno obsahem tuků, se žloutek přemisťuje vždy k vrchní straně vajíčka. Zárodečný terčík má ještě nižší hustotu než žloutek, proto vždy po otočení vejce vyplave k vrchní straně skořápky, přes kterou získává teplo od rodiče a navíc se dostává k jiné části žloutku, z níž získává nové živiny.

Slepice začínají snášet vejce již od druhé poloviny března. V případě bažantů obecných jsou vejce hnědá, o velikosti přibližně čtyř až pěti centimetrů. Slepice těchto bažantů snáší 7-14 vajec do jedné snůšky.



Obr. 4. Vejce bažanta obecného.

Slepice bažantů královských snášejí vejce světle hnědé barvy, která jsou přibližně stejné velikosti jako u bažantů královských. Do jedné snůšky snášejí 8-14 vajec.



Obr. 5. Vejce bažanta královského.

Vejce jsou snášena slepicemi na holou zem pod speciálními přístřešky, které slepicím slouží jako útočiště. Toto řešení je výhodné současně z několika hledisek. Slepice svá vejce snáší na jedno místo, což výrazně ulehčuje jejich sběr a v případě deštivého počasí jsou tato vejce v suchu. Čistota vajec při jejich sběru je velice důležitá, protože každé vejce obsahuje na svém vnějším povrchu ochranný film - kutikulu. Ta chrání nevyvinutý zárodek před bakteriemi, které by jinak mohly vniknout do vejce z vnějšího prostředí. Pokud se proto musí znečištěné vejce umýt (například od bláta, do kterého bylo sneseno), dojde k poškození, nebo v horším případě úplnému zmizení tohoto ochranného filmu a zárodek se tak stává velmi citlivým na bakteriální infekci. Obecně platí, že pokud omýváme znečištěná vejce, používáme teplou vodu s přídavkem desinfekčního přípravku. Zvýšená teplota způsobí roztažení pórů ve skořápce a usnadní tak vyplavení bakterií a nečistot do roztoku. Mytí potom provádíme takovým způsobem, aby nedošlo k přílišnému mechanickému poškození skořápky vejce a aby celý proces trval co nejkratší dobu. V tomto případě je nutné si uvědomit, že jakákoliv manipulace s vejci, či jejich čištění má přímý vliv na pozdější vývoj zárodka, a proto přímo ovlivňuje produktivitu umělého líhnutí.

Po každodenním sběru a případném očištění jsou vejce uložena do dřevěných rámců – lísek, které jsou určeny pro přímé zasunutí do automatických předlíhni. Takto připravené lísky s vejci však nejsou ihned nasazovány do líhni, ale jsou uskladněny do speciálního vozíku. Tento vozík je potom umístěn v chladné a antiseptické ionizační komoře. Pro toto přechodné uskladnění vajec jsou dva důvody. Zaprvé na počátku sezóny je snášení vajec slepicemi nepravidelné a také málo intenzivní. Proto z ekonomických důvodů je výhodné,

aby byla líheň před svým spuštěním naplněna vejci alespoň z jedné třetiny. Třetinová vsázka odpovídá přibližně 2400 vejcím. Druhým důvodem je tzv. třetinový systém nasazování líhní. To znamená, že každý týden nasadíme do předlíhni jednu třetinu nových vajec a jednu třetinu předlíhnutých vajec přemístíme do dolíhni. Vejce nasbíraná před nasazováním do předlíhni tedy musíme uložit do zásobníku na chladném místě. Podle [1] je optimální teplota pro skladování vajec přibližně 10-15°C, přičemž skladovatelnost se při této teplotě pohybuje mezi 7-14 dny. Po delší skladovací době již prudce klesá líhivost.

Jak už bylo výše uvedeno, čerstvá a oplodněná vejce jsou nasazována do předlíhni každý týden, přičemž je vždy nasazována jedna třetina kapacity předlíhne. To odpovídá přibližně 2400 vejcím nebo také dvanácti lískám. Přibližná kapacita každé lísky je 200 vajec. Pro jednoduché rozlišení inkubační doby vajec na lískách (čerstvá, jednotýdenní, dvoutýdenní), jsou nosné kovové rámy lísek označeny různými barvami. Zeleně, modře a červeně označené kovové rámy jsou v předlíhni prostorově rozloženy tak, aby rámy každé barvy byly rovnoměrně rozmístěny po celém prostoru předlíhne. Tímto je trvale zajištěno homogenní teplotní pole napříč celou předlíhni i po nasazení čerstvých a chladných vajec. Třetinová vsázka je již lety ověřený a spolehlivý technologický postup mající své nesporné výhody. Jednou z nejdůležitějších výhod je především výrazné omezení teplotního šoku uvnitř líhne po nasazení čerstvých vajec, která byla umístěna na chladném místě a s tím související dobou potřebnou pro jejich ohřátí na inkubační teplotu. Důvodem rychlejší temperace čerstvých vajec jsou dvě třetiny nasazených vajec již v minulých týdnech, jejichž celková tepelná kapacita není zanedbatelná. Vejce v pokročilém stadiu inkubace jsou navíc již tepelně soběstačná, přičemž přebytečné teplo uvolňují do okolí. Tím zlepšují celkovou tepelnou bilanci předlíhne a přispívají k významným úsporám elektrické energie. Rychlejší dosažení inkubační teploty znamená rychlejší započítání inkubace oplodněných vajec a tím také zvýšení produktivity celého výrobního procesu.

Každá třetinová vsázka vajec je inkubována v předlíhni po dobu 21 dní. Po celou tuto dobu jsou uvnitř každé předlíhne udržovány konstantní životní podmínky pro správný vývoj zárodku.

Pro umělé líhnutí bažantů je podle [1] inkubační teplota uváděna v rozmezí 37,5°C až 37,8°C a relativní vlhkost v rozmezí 40% až 55%. Udávané teploty a vlhkosti jsou z různých informačních zdrojů odlišné, ale lze s jistotou konstatovat, že teplota vajec během jejich inkubace je rozhodující a přímo ovlivňuje jednak délku inkubace a má vliv na

výslednou kvalitu a zdraví vylíhnutých kuřat. Během přirozené inkubace vajec rodič udržuje optimální teplotu v hnízdě instinktivně, přičemž hnízdo pravidelně opouští, ať již z důvodu hledání potravy nebo výměny partnerů na sezení. V tomto časovém intervalu vejce nejsou zahřívána a jejich teplota zvolna klesá. Obecně platí, že vejce jsou méně citlivá na podchlazení než na přehřátí, což je dáno povahou přirozené inkubace vajec v přírodě. Podle [1] způsobí nižší teploty (ale pouze v omezené době a rozsahu) zpomalení vývoje a opoždění líhnutí. V případě výrazně nižší teploty jsou pak mláďata slabá, umazaná od obsahu vajíčka, délka klubání je prodloužená a mláďata mají slabé nohy a problémy s rovnováhou. Při teplotách v rozmezí 27-35°C se zárodek ve vejci vyvíjí, avšak není schopen dosáhnout vylíhnutí, a při teplotě pod 27°C se již zárodek nevyvíjí. Naopak vysoké teploty jsou pro vajíčko kritické a změny vyvolané jejich účinkem již nevratné. Již krátkodobé zvýšení teploty nad 40,5°C je ve většině případů pro zárodky smrtelné. Mírné zvýšení teploty způsobuje urychlení inkubace, avšak vývoj vnitřních orgánů zárodku je nerovnoměrný, což má za následek jeho uhynutí během inkubace, nebo je mládě značně oslabené a má ztíženou šanci se samo proklubat. Platí, že čím vyšší je odchylka teploty od její optimální hodnoty, tím rozsáhlejší je poškození.

Dodržení správné relativní vlhkosti má vliv na správnou hydrataci inkubovaných vajec. Bude-li relativní vlhkost uvnitř předlíně příliš nízká, dojde k nadměrnému vysoušení vajec. Podle [1] způsobí nízká vlhkost v počátečním stadiu inkubace, že embryo není schopno získávat vápník ze skořápky pro růst kostí a jeho ledviny nejsou schopny vylučovat odpadní látky, které se posléze hromadí v těle jedince. V dalších fázích vývoje potom dochází k zahušťování bílku, zmenšování jeho objemu a neúměrnému zvětšení vzduchové komůrky na úkor vitality mláděte. V tom případě se líhnou malí a slabí jedinci, kteří při klubání často umírají. Naopak vysoká vlhkost má za následek větší kuře, avšak na úkor vzduchové komůrky. To způsobí omezení jeho pohybu a možnosti počátečního dýchání a v důsledku toho snížení šance mláděte na úspěšné vyklubání. Po vyklubání mají tato mláďata měkká a vodnatá těla. Příliš vysoká relativní vlhkost bude mít fatální následky, voda se dostane zárodku do plic, což způsobí jeho udušení. Přesto podmínka na dodržení požadované relativní vlhkosti není tak přísná jako na dodržení požadované teploty. Tomu také odpovídá větší povolený rozsah hodnot. V určitých případech chybou obsluhy předlíní, nebo také chybným regulačním zásahem řídicího systému se také může stát (a není to neobvyklé), že relativní vlhkost uvnitř předlíně vystoupí vysoko nad

povolený rozsah. Snahou samozřejmě je se takovýmito situacím vyhnout, nicméně trvá-li tento stav pouze omezenou dobu, nejsou životy zárodků ohroženy.

Třetí a neméně důležitou činností během umělého líhnutí kuřat v předlíchách je zajištění stálého větrání. Větráním zajišťujeme přívod kyslíku vyvíjejícím se zárodkům a současně odvod jimi vyprodukovaného oxidu uhličitého. Množství vyprodukovaného oxidu uhličitého se zvyšuje se stářím zárodků. Obecně platí, že na 1000 inkubovaných vajec je zapotřebí 8-9m³ čerstvého vzduchu za jednu hodinu. Větrání má také zásadní vliv na udržování konstantní teploty a vlhkosti uvnitř líhne.

Poslední činností, která musí nezbytně provázet umělé líhnutí bažantů, je pravidelné obracení vajec. Pravidelné obracení vajec je nutné pro jejich správný vývin a zabraňuje přilnutí žloutku k papírovým blanám na vnitřní straně skořápky. Tato činnost je zajišťována automaticky. V případě automatických předlích se lísky naklápějí i s vejci každou hodinu. Lísky jsou naklopeny v úhlu přibližně 45° od svislé osy, vždy v jedné nebo druhé krajní poloze.

Po uplynutí jednadvaceti dní od počátku inkubace jsou lísky s vejci z předlích vyjmuty a vejce jsou následně přeložena na dolíhňové lísky. Dolíhňové lísky jsou určeny pro poslední stadium líhnutí a mají proto speciální dvoudílnou konstrukci. Na horním dílu jsou umístěna inkubovaná vejce. Dolní díl je tvořen prodyšným sítem. Takto připravené dolíhňové lísky jsou umístěny v pojízdných vozících, se kterými je možné přímo zajet do dolíhni. Tímto způsobem je velice ulehčena manipulace s vejci. Před započítím dolíhnutí kuřat musí být dolíheň vždy důkladně desinfikována, aby nedošlo k rozšíření infekce. Desinfekce se provádí vytřením vnitřního prostoru líhne roztokem desinfekčního prostředku. Tento postup se také aplikuje na dolíhňové lísky. Pro bezproblémové dolíhnutí a vyklubání kuřat bažantů musí být dodržen správný technologický postup. Pro tento postup platí, že po nasazení vajec do dolíhne je po celou dobu dolíhnutí udržována konstantní teplota, která má být zpravidla o 1°C nižší než u předlích. Pro bažanty je optimální teplota v dolíhních 37,2°C.

Relativní vlhkost by se měla s časem plynule zvyšovat takovým způsobem, aby v době klubání kuřat bažantů dosahovala přibližně 85%. Kuřata bažantů se obvykle začínají klubat koncem druhého dne po umístění do dolíhni. Zvýšená vlhkost způsobuje změknutí a zvláčnění membrán. Tím je usnadněn pohyb mláděte uvnitř vejce a ulehčeno protržení

membrán při proklubávání. Pokud by byla relativní vlhkost během líhnutí příliš nízká, hrozilo by, že membrány ke kuřeti přischnou a zabrání tak úspěšnému vylíhnutí. Po vyklubání z vejce kuře propadne z horního dílu lísky na spodní díl, přičemž prázdné skořápky vajec zůstávají na horním dílu lísek. Protože se kuřata bažantů líhnou mokrá, musí dojít po dolíhnutí většiny těchto kuřat ke snížení relativní vlhkosti uvnitř líhně. Tak je umožněno snadné prosychání čerstvě vylíhlých kuřat před tím, než jsou vyjmuty z dolíhně a poprvé spatří světlo světa. Po vyjmutí kuřat bažantů z dolíhně lze proces umělého líhnutí považovat za ukončený. Od této chvíle již každé z čerstvě vylíhlých kuřat jde svou vlastní cestou svého osudu.

2 PŘEDLÍHEŇ OBO-075



Obr. 6. Předlíheň OBO-075

Organizace mysliveckého líhňářského sdružení v Míškovicích u Holešova je vybavena pěti jednokomorovými automatickými předlíhňemi. Konstrukce těchto líhňí pochází již ze 70. let minulého století, takže je zřejmé, že se nejedná o žádný technický zázrak. Nicméně tyto předlíhně, na svou dobu a v rámci svých technických možností, byly schopny plnit danou funkci i přesto, že jejich obsluha byla složitá a udržení životních podmínek uvnitř častokrát problematické. Ale protože technika jde s dobou, lze nyní ovládat libovolnou technologii velmi efektivním, spolehlivým a ekonomickým způsobem, jakým by to v době vzniku těchto předlíhňí nebylo možné. Z tohoto důvodu bylo v roce 2008 přikročeno k modernizaci a automatizaci těchto předlíhňí.

Základním stavebním materiálem celé předlíhně jsou dřevěné profily. Z těch je vytvořen prostorový rám, který je zakrytý dřevovláknitými impregnovanými deskami s vnitřní tepelnou izolací. Tepelná izolace je tvořena pěnovým polystyrenem, který se nachází mezi vnitřní a vnější stranou stěny předlíhně. Z čelní strany je líheň vybavena dvoukřídlými dveřmi, které jsou osazeny průhledovými okénky ke kontrole naklápění. Dveře se zavírají speciálním závěrem. Na pravé straně předlíhně vedle dveří se nachází elektrický rozvaděč. Ten obsahuje kompletní elektroinstalaci pro obsluhu předlíhně, její bezpečný provoz, signalizaci provozních stavů, automatické naklápění lísek, ventilaci a

vytápění celé předlíhně. Předlíheň je standardně vybavena bezpečnostní pojistkou, která při otevření dveří předlíhně za jejího provozu automaticky vypíná současně naklápění lísek a dvojici ventilátorů zajišťujících výměnu vzduchu.

O automatickou regulaci teploty a vlhkosti se stará dvojice speciálních rtuťových teploměrů, tzv. vertexů. Princip činnosti a nedostatky tohoto způsobu regulace budou popsány dále.

Vlhkost je uvnitř líhně tvořena pomocí topného tělesa, které je zčásti ponořeno ve vaničce s vodou. Jedná se o tzv. vlhké topení, to znamená, že jedno topné těleso zajišťuje současně vlhčení i ohřev vzduchu uvnitř předlíhně. Toto vlhké topení je umístěno na plechovém mezistropu líhně, tj. přibližně 25 centimetrů pod stropem líhně. Teplotu a relativní vlhkost uvnitř předlíhně je možné sledovat z její přední strany na kombinovaném přístroji obsahujícím teploměr a psychrometr.

Ventilace uvnitř předlíhně je umístěna na stropě a ovládá se regulační pákou nad elektrickým rozvaděčem. Pákou je ovládána vzduchotechnická klapka, která má za úkol řídit množství čerstvého vzduchu přicházejícího do nasávacího otvoru. Nasávací otvor se nachází na stropě na levé straně předlíhně. Z tohoto nasávacího otvoru je vzduch veden v mezistropu předlíhně přes vlhké topení a ventilátory do ventilátorové komory. Ta je tvořena jednak dvojicí samotných ventilátorů umístěných na stropě předlíhně a volným prostorem pod nimi. Do ventilátorové komory je možný přístup zvenčí pomocí odnímatelného panelu, který je umístěn pod elektrickým rozvaděčem. Z ventilátorové komory prochází vzduch horizontálně lískami. Po průchodu lískami obíhá vzduch svisle vzhůru, část vychází vyúst'ovacími otvory a část recirkuluje zpět do ventilátorové komory.

Každá předlíheň umožňuje pojmout až 36 lísek s vejci. Při kapacitě každé lísky 200 vajec tím dostáváme kapacitu 7400 vajec na předlíheň. Lísky se v předlíhni zasouvají do vyjímatelných kovových rámců, které jsou barevně označeny a zavěšeny na otočná vahadla. Ta umožňují naklápění lísek s vejci s odklonem od vodorovné polohy přibližně o 45 stupňů na levou nebo pravou stranu.

K modernizaci těchto předlíhni a automatizaci jejich provozu bylo přistoupeno z důvodu jejich problematické obsluhy a nespolehlivého způsobu udržování požadovaných hodnot vnitřního prostředí.

Nejzávažnějším problémem před jejich modernizací bylo trvalé udržení požadovaných životních podmínek uvnitř předlíní, tedy stanovené teploty vzduchu a jeho relativní vlhkosti. O to se staral speciální elektromechanický regulátor – vertex. Základní částí vertexu je rtuťový teploměr obsahující ve své kapiláře dvojici elektrod, přičemž jedna z nich je výškově nastavitelná pomocí otočné hlavičky. Nastavením polohy pohyblivé elektrody se určuje vypínací teplota, při které dojde k uzavření elektrického obvodu přes obě elektrody prostřednictvím rtuťového sloupce. To má za následek vypnutí stykače a odpojení topného tělesa od napájecího napětí. Při poklesu teploty pak dojde k poklesu výšky rtuťového sloupce a následnému rozpojení elektrického obvodu přes vertex, což má za následek opětovné sepnutí stykače a připojení topného tělesa na napájecí napětí. Z popsaného principu vertexu tedy vyplývá, že se jedná o dvoupolohovou regulaci teploty, přičemž skutečná teplota kolísá kolem teploty požadované. Toto kolísání teploty je způsobené povahou regulace a také tepelnou setrvačností předlíně, kterou je možné si představit jako setrvačnou regulovanou soustavu. Je pochopitelné, že toto kolísání teploty je z hlediska regulace nežádoucí. Vzhled vertexu je ilustrován na obrázku 7.



Obr. 7. Vertex.

Dalším z velmi závažných problémů byla silná provázanost mezi regulovanou teplotou a relativní vlhkostí. Jak již bylo uvedeno, vertex je určen především pro regulaci teploty. Požadovaná teplota uvnitř líně však byla dosahována pomocí tzv. vlhkého topení, tedy topného tělesa zčásti ponořeného ve vaničce s vodou. Společně s ohřevem vzduchu byla generována i vlhkost, přičemž množství vlhkosti záviselo na míře ponoření topného tělesa do vaničky s vodou. Míru ponoru nastavovala ručně obsluha líně na základě aktuální hodnoty relativní vlhkosti odečtené z psychrometru. Kvalita regulace relativní vlhkosti proto spočívala hlavně na svědomitosti obsluhy líně. Ta měla za úkol její pravidelnou kontrolu a současně zajištění správné funkce psychrometru prostřednictvím

jeho pravidelného čištění a dolévání vody. Zásahy obsluhy do regulace vlhkosti byly poměrně časté, přičemž záleželo především na okolní teplotě vzduchu a také na počasí. Například v případě deštivého počasí byl zásah ze strany obsluhy nutný, protože došlo ke zvýšení relativní vlhkosti okolního vzduchu nasávaného do líhně. V opačném případě by zajisté došlo k vážnému překročení požadované relativní vlhkosti.

Správné nastavení požadované teploty a relativní vlhkosti uvnitř předlíhně a udržení jejich trvalé stability bylo vždy dlouhodobou a náročnou záležitostí a záleželo především na mnohahodinovém testovacím provozu předlíhně, na kterém se obě veličiny „odladily“ a také na velké trpělivosti její obsluhy. I v případě správného nastavení požadované teploty však dvupolohový režim regulace zapnuto-vypnuto neumožňoval její ustálení na požadované hodnotě a docházelo k jejímu výraznému kolísání. V neposlední řadě nebylo výjimkou úplné selhání vertexu z důvodu jeho nízké provozní spolehlivosti. Proto také všechny předlíhně vyžadovaly neustálou kontrolu obsluhy a okamžitě řešení případných havárií. V opačném případě docházelo k velkým ztrátám a výraznému snížení líhivosti inkubovaných vajec. V nejhorším případě pak mohlo dojít k úplnému usmrcení jejich zárodků.

3 DOLÍHEŇ OB1-025



Obr. 8. Dolíheň OB1-025

Automatické jednokomorové dolíhně jsou určeny pro závěrečné stadium líhnutí kuřat bažantů. Konstrukčně jsou řešeny podobně jako předlíhně. Jsou tvořeny dřevěným prostorovým rámem pokrytým dřevovláknitými impregnovanými deskami. Tyto desky se nachází jak z vnitřní, tak i z vnější strany dolíhně. Mezi nimi je umístěna tepelná izolace z pěnového polystyrenu, která má za úkol minimalizovat tepelné ztráty dolíhně. Celý vnitřní prostor dolíhně je vyplechovaný, takže jeho čištění a údržba jsou jednoduché. Z čelní strany je dolíheň vybavena jednokřídlými dveřmi zavěšenými na třech závěsech, uzavíranými speciálním závěrem. Ovládací a signalizační prvky jsou na přední straně, proto je možno stavět dolíhně těsně k sobě.

Teplota uvnitř dolíhně je regulovaná stejně jako u předlíhni: pomocí dvojice speciálních rtuťových teploměrů – vertexů. Jeden vertex slouží jako provozní a má za úkol regulaci teploty uvnitř dolíhně. Druhý vertex je pojistný a má za úkol vypnutí topení a aktivaci havarijní signalizace v případě překročení nastavené mezní teploty. Havarijní signalizace je tvořena elektroakustickým zařízením (zvonky) a je napájena ze zvláštního bateriového zdroje. Poplašné zařízení tedy může být spuštěno i v případě výpadku elektřiny.

V dolíhních se používají speciální lísky nesoucí vejce, které se liší od lísek předlíhňových. Dolíhňové lísky mají dvoudílnou konstrukci, přičemž horní díl má za úkol nesení inkubovaných vajec. Během líhnutí kuřata propadávají horním dílem lísek na spodní díl tvořený prodyšným kovovým sítím, kde následně osychají. Skořápky vajec zůstávají na horním dílu lísek. Tyto lísky jsou umístěny do vozíku, se kterým je možno zajet do komory dolíhně. Na vrchním patře tohoto vozíku je současně umístěno tzv. vlhké topení, které má za úkol ohřívat a současně vlhčit vzduch uvnitř dolíhně. V závěrečných fázích líhnutí, kdy je zapotřebí zvýšit relativní vlhkost uvnitř dolíhně na 80 – 85%, by však pouze vlhké topení nestačilo. Proto se využívá mezistropu dolíhně, na který lze napustit vodu. Vodu lze v případě potřeby také napustit na podlahu dolíhně a na plechové vany, které jsou umístěny v každém patře mezi lískami. Voda se z těchto nádrží odpařuje a pomáhá vytvořit optimální vlhkost. Současně také při osychání vylíhlých kuřat poutá většinu chmýří. Teplotu i relativní vlhkost uvnitř dolíhně je možné sledovat z přední strany líhně na kombinovaném přístroji obsahujícím teploměr a psychrometr.

K modernizaci dolíhni se přistoupilo až s přibližně ročním časovým odstupem kvůli velké časové náročnosti modernizace předlíhni, díky které však bylo získáno množství cenných informací a zkušeností.

Důvodem k jejich modernizaci bylo, podobně jako u předlíhni, problematické udržení trvalých a stabilních životních podmínek uvnitř líhni během konečné fáze inkubace vajec. Regulace teploty vertexy byla problematická a nespolehlivá a z velké části závisela na okolních klimatických podmínkách, přičemž nastavená požadovaná teplota nebyla dlouhodobě stabilní. Svým dílem se také přičinil dvoupolohový charakter regulace, kdy během regulačního pochodu docházelo k nadměrným překmitům teploty od její požadované hodnoty.

Velkým nedostatkem dolíhni byla nedostatečná poruchová signalizace, jež měla upozornit obsluhu dolíhni při překročení mezní teploty nastavené pomocí pojistného vertexu. Obsluha líhni se však v budově nachází většinou pouze během dne, v její stanovené pracovní době. V noční době tudíž dolíhně nejsou hlídány obsluhou. Společně s nemožností vzdáleného dohledu dolíhni tak vznikal velký problém vzhledem k povaze procesu závěrečné inkubace vajec a klubání kuřat, který je technologicky náročný a při výskytu jakékoliv chyby kritický.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH A VÝBĚR ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

4.1 Požadavky na řídicí systém

Od řídicího systému se v první řadě vyžaduje jeho vysoká spolehlivost s přihlédnutím k povaze řízeného procesu. Jelikož bude řídicí systém zajišťovat jak řízení celého procesu, tak i dohled nad ním, měl by jeho výpadek fatální následky.

Dalším velmi důležitým aspektem, který má významnou váhu při výběru řídicího systému, je jeho cena. V dnešní době lze na trhu najít velké množství rozličných řídicích systémů, které se liší svými vlastnostmi, ale i cenou. Proto nalezení optimálního poměru mezi cenou takového systému a jeho výkonem je častokrát velmi těžký úkol.

Mezi důležité vlastnosti, které by měl nabízený řídicí systém obsahovat, je především možnost jeho vzdálené správy, kontroly a parametrizace. Současné systémy nabízejí možnost jak programování, tak i sledování přes ethernetové rozhraní, přičemž mohou být připojeny do celosvětové sítě internet. V takovém případě je dohled nad takovýmto systémem, jakožto i jeho programování možné z jakéhokoliv místa na světě. Velkou výhodou se potom stává vybavení řídicího systému paměťovou kartou, na kterou lze archivovat například měřené veličiny v procesu. Paměťová karta však může systému sloužit také na jiné účely. Lze na ní například uložit webové stránky, které mohou po vzdáleném načtení do internetového prohlížeče tvořit uživatelské rozhraní umožňující zobrazení aktuálního stavu probíhajícího výrobního procesu a nastavení nebo pozměnění požadovaných hodnot.

V případě další modernizace lání, nebo při navýšení kapacity výroby je nutné také rozšířit instalovaný řídicí systém. Zde vyvstává další z vlastností, které by měl tento systém zahrnovat – svou jednoduchou rozšiřitelnost. Systémy běžně nabízené na trhu od různých výrobců umožňují v různých mírách své rozšíření. Takové systémy lze podle tohoto rozdělit do několika skupin. Kompaktní řídicí systémy jsou v podstatě relativně malé a jednoduché systémy, které neumožňují rozšíření své funkcionality vůbec, nebo jen ve velmi malém rozsahu. Naproti tomu modulární systémy umožňují své rozšíření v poměrně velkém rozsahu. Tato rozšíření zahrnují jak komunikační rozhraní pro komunikaci s ostatními systémy používanými v průmyslu (např. M-Bus, Profibus DP, CAN, atd.), tak i standardní vstupně výstupní jednotky. Velkou výhodou je potom možnost umístění těchto

vstupně-výstupních jednotek na vzdálená místa od centrální řídicí jednotky. Výhodou takového řešení je možnost umístění periferních modulů na místa, kde jsou zapotřebí, a s tím související úspory kabeláže od řízené technologie.

Další z užitečných funkcí, kterou současné systémy nabízejí je tzv. on-line změna programu. Jedná se v podstatě o programování centrální řídicí jednotky za chodu celé technologie, přičemž není způsoben výpadek nebo přerušení jejího běhu. To je zajištěno plynulým přechodem na nově nahraný program v paměti řídicí jednotky.

4.2 Řídicí systém a PLC Tecomat Foxtrot

Programovatelný logický automat (PLC – Programmable Logic Controller) Tecomat Foxtrot je v současné době nejmladším přírůstkem do rodiny programovatelných automatů Tecomat od společnosti TECO Kolín. Po důkladné úvaze a ekonomickém zhodnocení byl právě tento řídicí systém zvolen pro automatizaci lánů v Míškovicích.

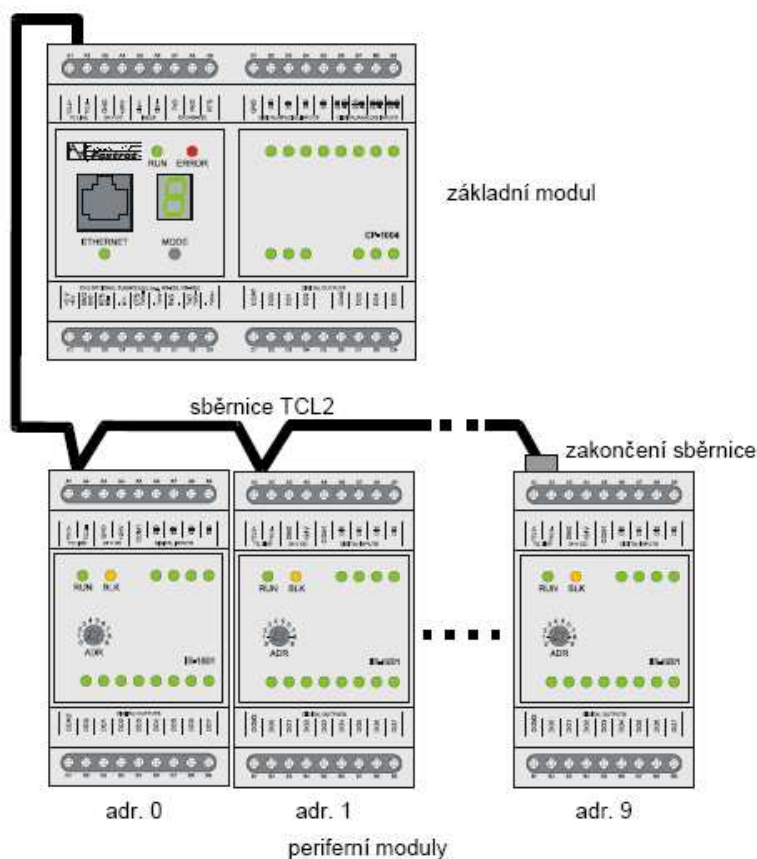


Obr. 9. Programovatelný automat Tecomat Foxtrot.

Tecomat Foxtrot se díky své jednoduché rozšiřitelnosti řadí do skupiny modulárních programovatelných automatů. Rozměrově je však velice úsporný a proto je svou kompaktností podobný kompaktním programovatelným automatům. Je určen pro řízení a regulaci technologických procesů v nejrůznějších oblastech průmyslu i v jiných odvětvích. Jednotlivé moduly jsou zapouzdřeny v plastových krabičkách, které rozměrově odpovídají tvaru i velikosti pouzder standardních jističů. Šířky modulů jsou označovány písmenem M, které udává celočíselný násobek šířky 17,5 mm. Tato velikost odpovídá šířce

standardních jističů a dalších elektroinstalačních prvků instalovaných na U lištu. Montáž těchto modulů se provádí na normovanou U lištu ČSN EN 50022.

Základní architekturu řídicího systému může tvořit již základní modul obsahující centrální jednotku a vstupně-výstupní periferie. Další rozšíření je možné prostřednictvím periferních jednotek, které se k základnímu modulu připojují pomocí komunikační sběrnice TCL2. Tato sběrnice je propojená metalickým vedením a přejímá charakteristiky standardní průmyslové sběrnice RS-485. Proto musí být na obou koncích korektně zakončená. Principiální schéma propojení základního modulu a periferních modulů je naznačeno na obrázku 10.



Obr. 10. Schéma propojení základního modulu PLC s periferními moduly.

Pomocí sběrnice TCL2 je možné k centrální jednotce připojit až 10 periferních modulů. Tento způsob řešení umožňuje vytvořit decentralizovanou strukturu řídicího systému se všemi svými výhodami. Díky tomu je možné umístění periferních jednotek obsahujících standardní vstupy a výstupy na taková místa, kde je jich zapotřebí. V případě použití metalického vedení tvořícího komunikační sběrnici mohou být periferní moduly

vzdáleny až 200 metrů od centrální jednotky. Tato varianta však vyžaduje použití samostatného napájecího zdroje. Je-li zapotřebí umístit periferní moduly na ještě vzdálenější místa, nebo musí-li komunikační sběrnice procházet prostředím s nepříznivými vlivy (například silné EMG. rušení, zemní proudy apod.), je možné použít pro komunikaci optické vedení. V takovém případě může délka sběrnice přesahovat i jeden kilometr. Decentralizované uspořádání systému umožňuje výraznou měrou uspořít silovou kabeláž propojující řízenou technologii a periferní jednotky obsahující vstupy a výstupy.

Další rozšíření řídicího systému je možné pomocí prvků inteligentní elektroinstalace INELS od společnosti Elko EP Holešov. Tyto prvky jsou jednak ve formě modulů, které jsou velikostně i tvarově kompatibilní s periferními moduly Foxtrot, a dále se vyrábí také v provedení Mini. Moduly v provedení Mini jsou určeny pro instalaci do montážních krabic (například za vypínač) v domovních zástavbách.

Inteligentní elektroinstalační prvky INELS komunikují po dvou vodičové metalické sběrnici CIB (**C**ommon **I**nstallation **B**us). Po této sběrnici jsou moduly současně také napájeny, takže odpadá nutnost zvláštního napájecího vedení. Periferní moduly se ke sběrnici a centrálnímu modulu připojují pomocí zvláštního modulu – tzv. Masteru CIB sběrnice. Ten má za úkol oddělení datového toku od napájecího napětí. Na jeden kanál komunikačního rozhraní centrální jednotky je možné připojit až 32 periferních modulů v libovolné topologii.

4.2.1 Základní modul PLC Tecomat Foxtrot

Základní modul se skládá z několika dílčích celků. Prvním a také nejdůležitějším celkem je centrální jednotka obsahující centrální procesor a komunikační rozhraní. Komunikační rozhraní standardně obsahuje dvojici sériových kanálů, rozhraní Ethernet a systémovou sběrnici TCL2 pro komunikaci s periferními moduly. Druhým celkem je komunikační modul pro sběrnici CIB. Ten se skládá především z komunikačního procesoru, který zajišťuje komunikaci s periferními moduly inteligentní elektroinstalace INELS. Poslední částí je potom modul vstupů a výstupů. Centrální modul systému Tecomat Foxtrot je znázorněn na obrázku 11.



Obr. 11. Centrální modul PLC Tecomat Foxtrot.

Jak již bylo uvedeno, nejdůležitějším prvkem, bez kterého se PLC neobejde je centrální jednotka. Ta prostřednictvím centrálního procesoru umožňuje vykonávat uživatelský program a další činnosti, které jsou pro správnou funkci celého řídicího systému nezbytné.

Centrální jednotka je kromě hlavního procesoru také vybavena slotem pro paměťovou kartu SD/MMC. Tento typ paměťových karet je běžně využíván v digitálních fotoaparátech. Proto mezi hlavní přednosti tohoto paměťového média patří především kapacita (až 4 GB) a rychlost načítání a ukládání dat. Tato paměťová karta může PLC sloužit jednak k průběžnému ukládání procesních dat (například archivace průběhu teploty v čase...) a jednak slouží pro uchování webových stránek uživatelského rozhraní. Tyto webové stránky jsou potom zpracovávány integrovaným webovým serverem a po připojení PLC do internetu také zobrazovány ve standardním webovém prohlížeči. Integrovaný webový server v PLC nabízí uživateli možnost vzdáleného sledování a také parametrizace řízeného procesu téměř z jakéhokoliv místa na světě. Internetové stránky jsou načítány přímo z paměti PLC a mohou obsahovat všechny standardní prvky jazyka HTML (**H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage). Díky tomu je lze prostřednictvím textových polí zobrazovat aktuální data z řízeného procesu nebo zadávat nové požadované hodnoty. Prostřednictvím dvoustavových obrázkových tlačítek lze potom přímo ovládat fyzické vstupy a výstupy periferních modulů. V neposlední řadě lze v jednoduchém editoru programovacího prostředí Mosaic vytvořit kvalitní internetové stránky poskytující

vizualizaci celého řízeného procesu. Jak již bylo uvedeno, webové stránky jsou zobrazovány ve standardním internetovém prohlížeči (Internet Explorer, Mozilla Firefox atd.), a proto není nutné používat složitý a nákladný vizualizační software.

Základní modul je možné programovat pomocí dvojice výrobcem volně nabízených nástrojů. První z nich je prostředí INELS Designer and Manager (IDM), které umožňuje pouze jednoduchou parametrizaci především elektroinstalačních prvků systému INELS. Právě proto je také určené především pro ty, kteří potřebují systém rychle nasadit a očekávají od něj pouze základní funkce. Druhým nástrojem umožňujícím plnohodnotné programování základního modulu je prostředí Mosaic. Pomocí vývojového prostředí Mosaic lze programovatelný automat naprogramovat v několika programovacích jazycích. Tyto programovací jazyky jsou mezinárodně standardizovány podle normy IEC 61 131-3. Tato norma je třetí částí z norem IEC 61 131 a představuje první pokus o standardizaci programovacích jazyků pro průmyslovou automatizaci.

Programovací jazyky lze rozdělit na dvě hlavní skupiny.

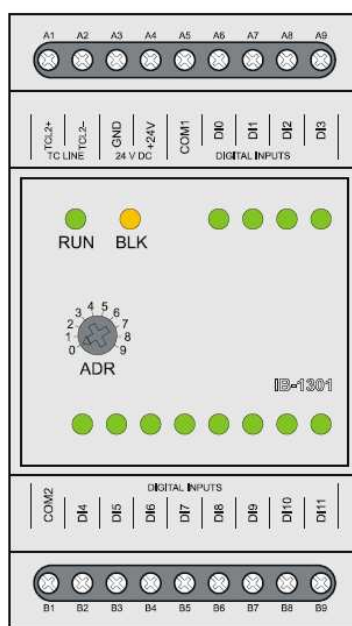
Mezi textové jazyky patří jazyk instrukcí (IL – **I**nstruction **L**ist) a tzv. jazyk strukturovaného textu (ST – **S**tructured **T**ext). Jazyk instrukcí je vývojově prvním stupněm ze všech programovacích jazyků a podobá se assembleru. Jazyk strukturovaného textu je velmi výkonný programovací jazyk, který vychází ze známých jazyků jako Pascal a C. Standardně obsahuje všechny znaky moderního programovacího jazyka, jako jsou příkazy pro větvení programu (if-then-else, case of) a pro iterační smyčky (for, while). Dále je také velmi dobrým nástrojem pro definování funkcí a funkčních bloků, které potom mohou být použity v uživatelském programu jako programové moduly, nebo mohou být také použity v jakémkoliv jiném programovacím jazyku.

Do druhé skupiny programovacích jazyků se řadí grafické jazyky. Mezi tyto jazyky patří jazyk příčkového diagramu (LD – **L**adder **D**igram) a jazyk funkčního blokového schématu (FBD – **F**unction **B**lock **D**igram). Jazyk příčkového diagramu má kořeny v USA a je založený na grafické reprezentaci reléové logiky. Jazyk funkčního blokového schématu je tvořen logickými funkcemi (OR, AND, XOR atd.), funkčními bloky a programy, které jsou reprezentovány svými grafickými symboly. Uživatelský program je potom výsledkem souboru vzájemně provázaných grafických bloků a podobá se obvodovému schématu elektrického obvodu. Je to určitý systém prvků, které zpracovávají signály.

Vývojové prostředí Mosaic umožňuje komunikovat s řídicím systémem přes sériovou linku, USB rozhraní nebo přes rozhraní Ethernet. Mezi významnou a užitečnou funkcí, kterou toto vývojové prostředí zahrnuje, je i tzv. on-line změna programu. Pomocí on-line změny lze v uživatelském programu přidávat a mazat proměnné, měnit jejich datové typy nebo přidávat a ubírat celé bloky zdrojového kódu bez zastavení řízení. Tato funkce vyžaduje podporu centrální jednotky ze strany PLC. Samotná on-line změna se potom provádí přepnutím mezi starým a novým programem. Podle výrobce je prodleva mezi přechodem na nový program velmi krátká a pohybuje se řádově v desetinách doby potřebné pro zpracování programu.

4.2.2 Přehled periferních modulů využitých pro modernizaci líhni

Modul binárních vstupů IB-1301:



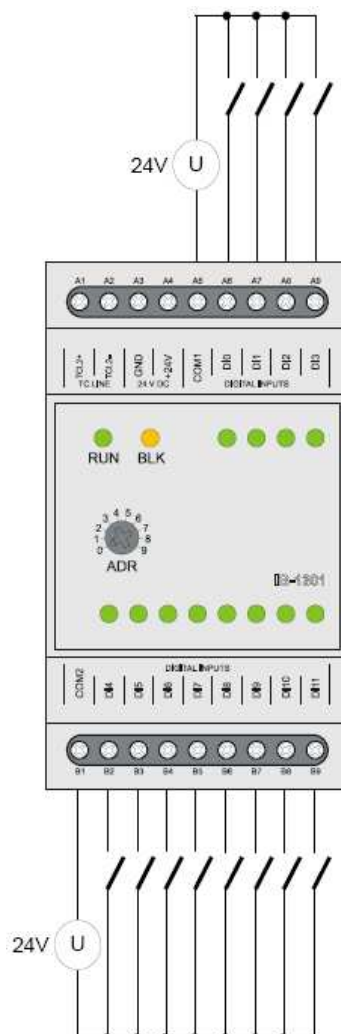
Obr. 12. Modul binárních vstupů IB-1301.

Periferní modul IB-1301 obsahuje 12 binárních vstupů 24V DC (DI0-DI11), přičemž první čtyři vstupy DI0-DI3 mohou být použity jednak jako standardní digitální vstupy, nebo jako vstupy pro čítače. V případě využití těchto vstupů pro čítače lze připojit čtyři jednoduché jednosměrné čítače, nebo dvojici obousměrných inkrementálních rotačních čidel (IRC). Poslední možnost, která využívá všechny čtyři binární vstupy je připojení IRC

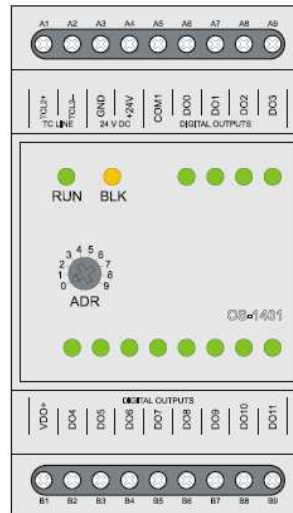
čidla s nulováním a zachytáváním. Díky tomu se nabízí možnost měření periody, délky pulsu a fázového posunu vstupního signálu.

Binární vstupy slouží k připojení dvoustavových signálů z řízené technologie k PLC. Vstupy jsou z bezpečnostních důvodů galvanicky oddělené od vnitřních obvodů PLC. Vybuzení jednotlivých vstupů je opticky signalizováno prostřednictvím LED na čelním panelu modulu. Modul je k základnímu modulu připojen pomocí sběrnice TCL2, přičemž jeho adresa je nastavena pomocí otočného nastavovacího prvku s popisem ADR.

Princip a schéma připojení binárních vstupů je zobrazeno na obrázku 13.



Obr. 13. Schéma připojení binárních vstupů k modulu IB-1301.

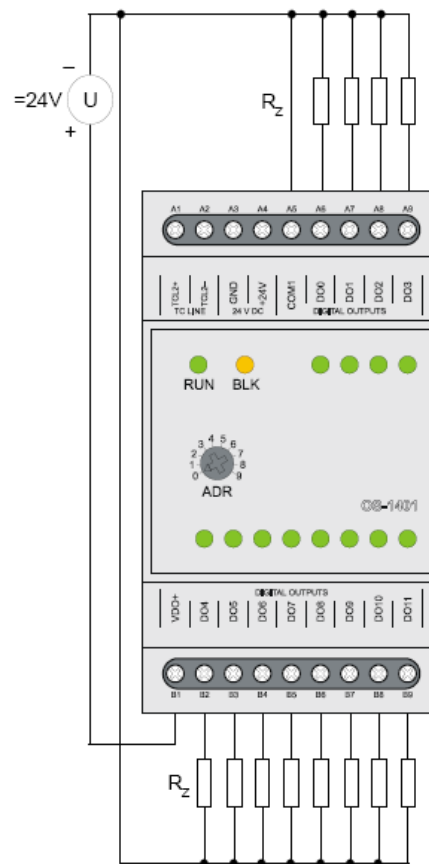
Modul binárních výstupů OS-1401:

Obr. 14. Modul binárních výstupů OS-1401.

Modul obsahuje 12 binárních výstupů 24V DC (DO0-DO11), které jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů. Vybuzení výstupu je signalizováno pomocí LED na čelní straně modulu.

Binární výstupy slouží k ovládání dvoustavových akčních a signalizačních prvků napájených napětím 24V DC. Binární výstupy DO0-DO3 umožňují spínat proudovou zátěž až 2A každý, dohromady potom maximálně 4,4A. Binární výstupy DO4-DO11 potom mohou v každém případě spínat proudovou zátěž maximálně 0,5A.

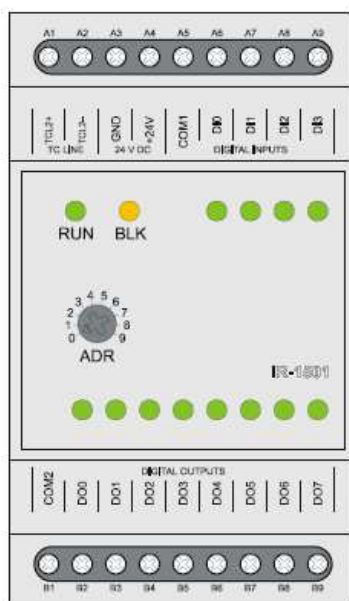
Princip a schéma připojení zátěží na binární výstupy je zobrazeno na obrázku 15.



Obr. 15. Schéma zapojení spotřebičů na binární výstupy modulu OS-1401.

Binární výstupy jsou vyvedeny na svorky v polích DIGITAL OUTPUTS. Výstupy jsou realizovány polovodičovými spínači, které obsahují interní ochranu proti proudovému a teplotnímu přetížení. V případě připojení indukční zátěže je nutné z bezpečnostních důvodů a z důvodu prodloužení životnosti spínacích prvků ošetřit tuto zátěž ochranou pomocí RC odrušovacích členů.

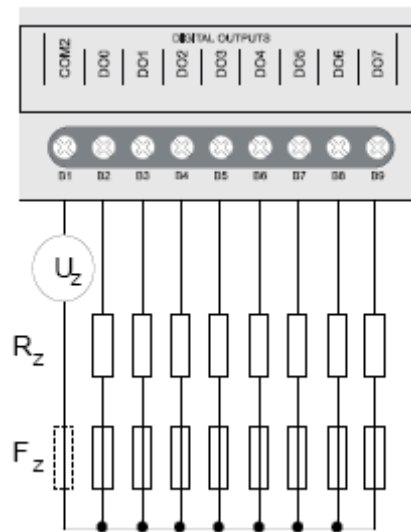
Modul je k základnímu modulu PLC připojen pomocí sběrnice TCL2, přičemž jeho adresa je nastavena pomocí otočného nastavovacího prvku s popisem ADR.

Kombinovaný modul binárních vstupů a reléových výstupů IR-1501:

Obr. 16. Modul binárních vstupů a reléových výstupů IR-1501.

Modul obsahuje 4 binární vstupy 24V DC (DI0-DI3) a 8 reléových dvoustavových výstupů. Binární vstupy mohou být použity podobně jako v případě modulu IB-1301 jako standardní dvoustavové binární vstupy, nebo jako vstupy čítače. Reléové výstupy slouží k ovládní dvoustavových akčních a signalizačních prvků, které mohou být napájeny stejnosměrným nebo střídavým napětím o hodnotě až 250V. Výstupy jsou realizovány spínacím bezpotenciálovým kontaktem relé vyvedeným ve skupině s jednou společnou svorkou. Stav výstupu je signalizován pomocí LED na čelní straně modulu.

Princip a schéma připojení spotřebičů na reléové výstupy je zobrazeno na obrázku 17.



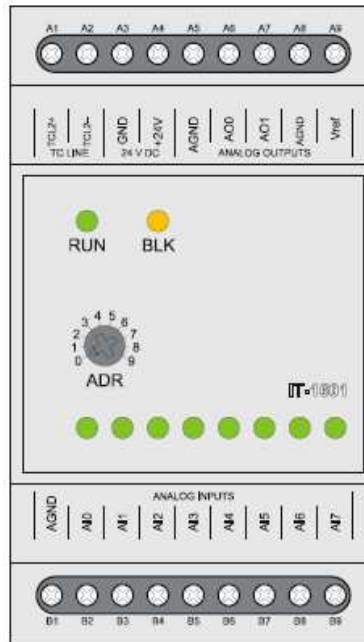
Obr. 17. Schéma zapojení spotřebičů na výstupy modulu IR-1501.

Jak je z obrázku patrné, jištění spotřebičů se provádí pomocí tavných pojistek pro každou zátěž zvlášť. Maximální spínaný proud každé zátěže může být 3A, přičemž maximální proud protékající společnou svorkou COM může být 10A. Při spínání indukivní zátěže je do obvodu nutné zapojit odrušovací člen, který zajistí ochranu a prodlouží životnost kontaktů relé.

Modul je k základnímu modulu připojen pomocí sběrnice TCL2 a jeho adresu je možné nastavit pomocí otočného nastavovacího prvku s popisem ADR.

Analogový modul IT-1601:

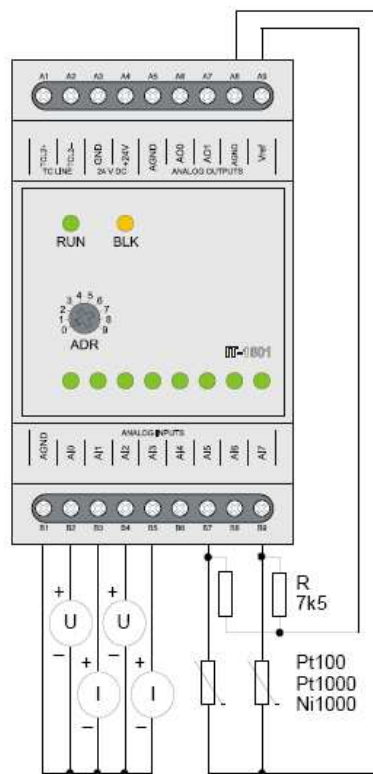
Modul obsahuje 8 analogových vstupů a 2 analogové výstupy. Všechny tyto vstupy a výstupy jsou galvanicky odděleny od vnitřních obvodů PLC.



Obr. 18. Analogový modul IT-1601.

Analogové vstupy slouží k připojení analogových signálů přicházejících z řízené technologie. Možnosti modulu IT-1601 jsou v tomto případě velmi rozsáhlé díky možnosti vyhodnocení signálů z napěťových a proudových zdrojů i z odporových pasivních čidel. Číslcová rozlišovací schopnost A/D převodníku (typu sigma delta) je 16 bitů, tedy plně vyhovující pro většinu aplikací.

Schéma zapojení zdrojů různých analogových signálů je uvedeno na obrázku 19.



Obr. 19. Schéma zapojení analogových vstupů modulu IT-1601.

Každý vstup je vybaven červenou signalizační LED indikující stav, kdy hodnota signálu na vstupu je mimo měřící rozsah (například překročení povoleného vstupního napětí, odlehčení vstupu, rozpojení obvodu...).

V případě zapojení dvou vodičových pasivních odporových čidel je nutné použít referenčních rezistorů, které jsou sériově spojeny s odporovými čidly a připojeny na referenční napětí 10V na svorce Vref. Ze schématu zapojení na obrázku 19 je zřejmé, že každé pasivní odporové čidlo tvoří s rezistorem o hodnotě 7k5 dělič napětí. Napětí z tohoto děliče je poté přivedeno na příslušný analogový vstup modulu. Je tedy zřejmé, že periferní modul IT-1601 nevyhodnocuje změnu odporu čidla, ale změnu napětí na děliči. Proto je také správná hodnota a teplotní stabilita referenčních rezistorů 7k5 naprosto klíčová pro správné vyhodnocení teploty měřené pasivními odporovými čidly.

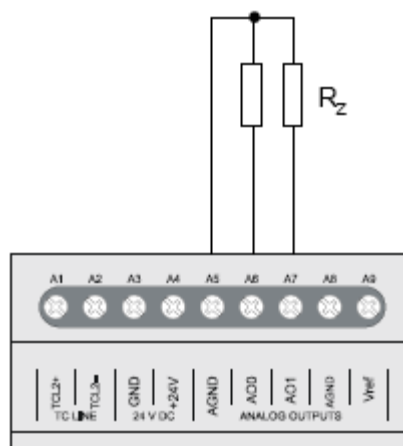
Základní parametry jednotlivých typů vstupů a jejich rozsahů jsou uvedeny v tabulce Tab. 1.

Základní parametry analogových vstupů	
	Měřicí rozsah / rozlišení (1 LSB)
Napěťové rozsahy	0 až +10 V / 162,8 μ V 0 až +5 V / 81,38 μ V 0 až +2 V / 39,06 μ V 0 až +1 V / 19,53 μ V
Proudové rozsahy	0 až 20 mA / 0,3906 μ A 4 až 20 mA / 0,3906 μ A 0 až 5 mA / 0,0977 μ A
Pasivní teplotní snímače	Pt100 1,385 (–90 až +400°C) Pt100 1,391 (–90 až +400°C) Pt1000 1,385 (–90 až +400°C) Pt1000 1,391 (–90 až +400°C) Ni1000 1,617 (–60 až +200°C) Ni1000 1,500 (–60 až +200°C)
Základní parametry napěťových vstupních rozsahů	
Vstupní impedance v rozsahu signálu	>> 100k (rozsahy 1V a 2V) >> 20k (rozsahy 5V a 10V)
Chyba analogového vstupu maximální chyba při 25 °C teplotní koeficient nelinearita opakovatelnost při ustálených podmínkách	\pm 0,3 % plného rozsahu \pm 0,02 % plného rozsahu / K \pm 0,08 % plného rozsahu 0,05 % plného rozsahu
Základní parametry vstupních rozsahů pro pasivní odporové snímače	
Vstupní impedance v rozsahu signálu	>> 100k
Chyba analogového vstupu maximální chyba při 25 °C teplotní koeficient nelinearita	\pm 0,5 % plného rozsahu \pm 0,05 % plného rozsahu / K \pm 0,09 % plného rozsahu

Tab. 1. Základní parametry analogových vstupů modulu IT-1601.

Analogové výstupy lze využít pro ovládání akčních členů nebo signalizačních prvků v řízené technologii. Periferní modul disponuje dvěma analogovými napěťovými výstupy AO0 a AO1, které mají rozsah 0-10V. Tyto výstupy jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů PLC. Číslicová rozlišovací schopnost D/A převodníku je 10 bitů, výsledné napěťové rozlišení na jeden nejméně významný bit (Least Significant Bit, LSB) je 10,546mV na celý rozsah 0-10V.

Schéma zapojení elektrických zátěží k modulu analogových výstupů je vyobrazeno na obrázku 20.



Obr. 20. Schéma zapojení spotřebičů na analogové výstupy modulu IT-1601.

5 PRINCIP MĚŘENÍ A REGULACE TEPLoty UVNITŘ LÍHNÍ

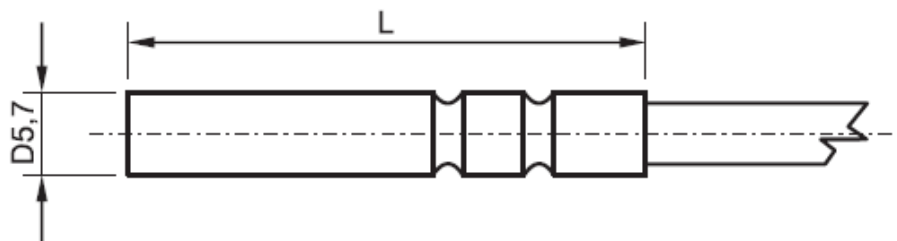
5.1 Měření teploty

Měření teploty uvnitř předláhni i doláhni je realizováno pomocí pasivních platinových snímačů teploty Pt 1000. Tyto snímače byly zvoleny díky jejich velmi dobré citlivosti a linearitě a také široké podpoře ze strany výrobců převodníků a měřicích modulů. Pasivní snímače teploty jsou vyráběny v rozmanitém tvarovém sortimentu, ze kterého lze vybrat takové provedení, které je pro danou aplikaci optimální. Některé příklady provedení snímačů jsou zobrazeny na obrázku 21.



Obr. 21. Příklady provedení pasivních odporových snímačů teploty.

Pro účely měření teploty uvnitř lání byl zvolen pasivní odporový snímač teploty TG8 od společnosti SENSIT s.r.o. Vnitřní zapojení pasivního odporového čidla je dvou vodičové. Provedení tohoto snímače je uvedeno na obrázku 22.



Obr. 22. Provedení pasivního odporového snímače teploty.

Pouzdro pasivního odporového snímače teploty je vyrobeno z nerezové oceli 17240. Tento materiál byl zvolen vzhledem k povaze prostředí, ve kterém je snímač umístěn, tedy

ve vlhkém prostředí s agresivními vlivy přítomnými například během čištění a desinfekce vnitřního prostoru líhně. Délka pouzdra (L) byla zvolena 15 centimetrů se silikonovým přírodním stíněným kabelem. Časovou odezvu snímače výrobce udává $\tau_{0,5} < 7$ sekund v proudící vodě o rychlosti 0,4 m/s. Tato časová odezva se může zdát poměrně dlouhá, avšak vzhledem k dynamice celé líhně, která se pohybuje v řádech minut, je tato doba plně vyhovující.

Přesnost platinového pasivního odporového senzoru Pt 1000 je podle jeho výrobce udávána $\pm(0,15 + 0,002|t|)$ °C. Doporučený měřicí proud senzorem je 0,3mA. Na výsledné přesnosti měření teploty se také uplatňuje délka spojovacího vedení. To má vlastní vnitřní odpor $0,11\Omega$ na jeden metr délky. Například v případě přírodního vedení délky 6 metrů činí hodnota odporu $0,66\Omega$, který je spojen sériově s pasivním čidlem, a proto se přičítá k celkovému odporu tohoto čidla a zkresluje měření. V uvedeném případě by odchylka od skutečné měřené teploty byla $+0,17^\circ\text{C}$. V každém případě je nutné brát v úvahu skutečnost, že o výsledné přesnosti měření teploty nerozhoduje jen samotné odporové čidlo, ale celý měřicí obvod včetně všech svých členů, tj. čidlo teploty, spojovací vedení a vyhodnocovací zařízení.

Analogový signál přicházející od pasivního odporového snímače teploty je vyhodnocován periferním modulem PLC IT-1601. Z hlediska měření teploty, ale i jiných analogových signálů patří mezi důležité vlastnosti pro tento modul především číslicová rozlišovací schopnost a linearita analogově digitálního převodníku (ADC). Periferní modul je proto vybaven šestnáctibitovým A/D převodníkem, jehož nelinearita činí $\pm 0,09\%$ plného rozsahu. Maximální chyba měření tohoto modulu pro pasivní odporové snímače při 25°C je potom $\pm 0,5\%$ plného rozsahu.

Schéma zapojení pasivního odporového snímače je uvedeno v kapitole 4.2.2 Přehled periferních modulů využitých pro modernizaci líhní. Z uvedeného schématu je zřejmé, že pasivní odporový snímač tvoří dělič napětí společně s referenčním rezistorem 7k5, který je připojený na referenční napětí $U_{ref} 10\text{V}$. Na analogový vstup periferního modulu je poté přivedeno napětí z tohoto děliče. Je tedy zřejmé, že jmenovitá hodnota a teplotní stabilita tohoto rezistoru bude klíčová pro celkovou přesnost měření.

Uvnitř každé předlíhně i dolíhně je umístěn jeden pasivní odporový snímač teploty. Snímač teploty je uchycen ve speciálním držáku společně se snímačem relativní vlhkosti.

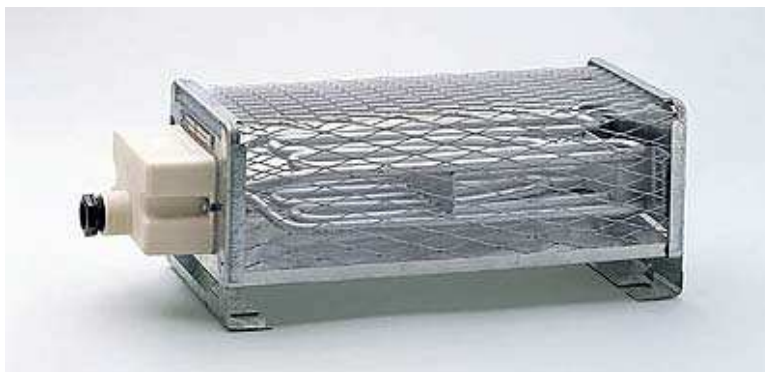
Tento držák je potom uchycen na vnitřní pravé stěně líhně ve ventilátorové komoře přibližně v jedné polovině její výšky. Díky této poloze měří snímače průměrné hodnoty teploty a vlhkosti a nehrozí jejich mechanické poškození v důsledku neopatrné manipulace s lískami nebo vozíky.

5.2 Regulace teploty

Regulace teploty uvnitř líhni je realizována pomocí číslicových PSD (Proporcionálně-Sumačně-Derivačního, někdy také PID) regulátorů. Tyto regulátory jsou implementovány softwarově v uživatelském programu samostatně pro každou předlíheň i dolíheň. Do každého regulátoru vstupuje informace o aktuální měřené teplotě a nastavené požadované teplotě. Z této dvojice hodnot je určena regulační odchylka, na základě které je následně podle regulačního algoritmu vypočítán akční zásah jakožto výstup regulátoru. Akční zásah je vyjádřen procentuálně jako rozsah 0-100%, kdy 0% odpovídá nulovému a 100% maximálnímu akčnímu zásahu. Pro potřeby řízení jakékoliv technologie však potřebujeme převést procentuální akční zásah na jeden z unifikovaných fyzikálních signálů. Právě o to se starají periferní moduly IT-1601 nebo DAC2-04M, jejichž úkolem je převod číslicové formy akčního zásahu regulátoru na spojitý analogový signál. Tento signál je napěťový v rozsahu 0-10V a je plně v souladu s mezinárodně uznávanými normami.

Spojitý analogový napěťový signál generovaný periferním modulem PLC je poté veden pomocí stíněného kabelu do triakové dvoukanálové stmívací jednotky (v případě předlíhni) nebo do jednokanálové stmívací jednotky (u dolíhni). Tyto jednotky jsou vlastní konstrukce a mají za úkol spínání a stmívání (tedy řízení výkonu) odporových zátěží v podobě elektrických topných těles pro ohřev a vlhčení vzduchu uvnitř líhni. Podrobný popis a princip činnosti obou typů těchto stmívacích jednotek je uveden v kapitolách 8 Dvoukanálová triaková stmívací jednotka a 9 Jednokanálová stmívací jednotka.

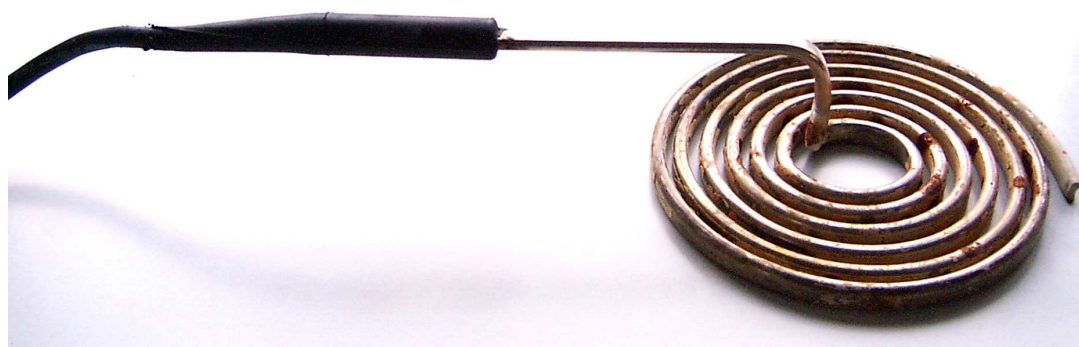
Vlastní ohřev vzduchu je realizován pomocí elektrických topných těles. Každá z předlíhni je po modernizaci vybavena topným tělesem pro ohřev vzduchu o jmenovitém příkonu 750W. Vzhled tohoto topného tělesa je ilustrován na obrázku 23.



Obr. 23. Topné těleso pro ohřev vzduchu.

Topné těleso je umístěné na mezistropu předlíhně, tedy na místě, kudy prochází veškerý recirkulující vzduch a čerstvý vzduch přicházející z vnějšího okolí nasávacím otvorem předlíhně. Díky tomu je zajištěno rychlé a rovnoměrné ohřátí vzduchu procházejícího kolem topného tělesa a jeho následné „promíchání“ ventilátory ve ventilátorové komoře. Z ventilátorové komory potom takto připravený homogenní vzduch prochází horizontálně lískami s inkubovanými vejci.

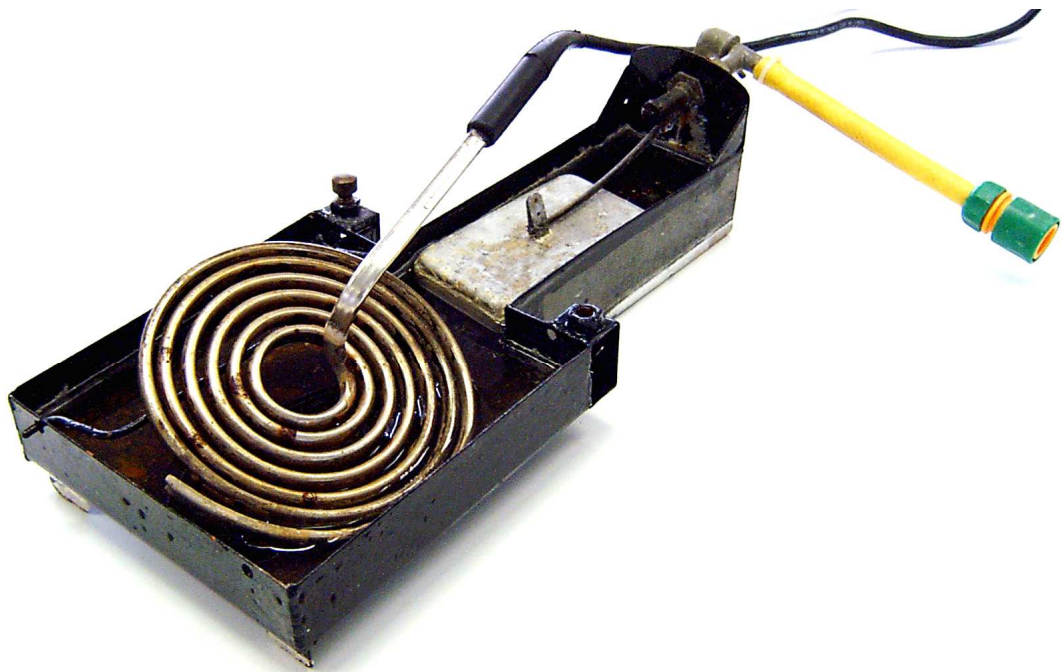
U dolíhni zůstává i po modernizaci takzvané vlhké topení, tedy topné těleso zčásti ponořené do vody. Toto topné těleso má jmenovitý příkon 1200W a je zapojené do nově vytvořeného elektrického zásuvkového okruhu. Vzhled topného tělesa je ilustrován na obrázku 24.



Obr. 24. Topné těleso vlhkého topení.

Tento typ topení má za úkol jednak ohřívání vzduchu uvnitř líhně a zároveň i jeho vlhčení. To ovšem poněkud komplikuje situaci, protože současně s ohříváním vzduchu produkujeme i vlhkost, ale regulaci provádíme pouze jediným regulátorem. Řešení této situace je však v tomto případě jednoduché. Jelikož hlavní prioritou automatické regulace v dolíhni je udržení konstantní nastavené teploty, bude to také právě teplota, která bude

regulována pomocí regulátoru. Požadovaná vlhkost potom bude dosahována ručním ponořováním topného tělesa do různých úrovní pod hladinu vody ve vaničce.



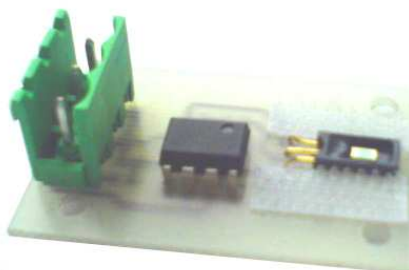
Obr. 25. Vlhké topení.

Další možnosti regulace vlhkosti se nabízejí pomocí nalévání vody na mezistrop dolíhň, její podlahu a také na plechové vany umístěné mezi jednotlivými lískami. Tento postup však nebyl automatizován díky vysoké technologické náročnosti a nebezpečí nekontrolovatelného zaplavení prostoru dolíhň.

6 PRINCIP MĚŘENÍ A REGULACE VLHKOSTI UVNITŘ LÍHNÍ

6.1 Měření vlhkosti

Měření relativní vlhkosti (RH – **R**elative **H**umidity) uvnitř každé předlůžně i dolůžně je realizováno pomocí snímače relativní vlhkosti.



Obr. 26. Snímač relativní vlhkosti.

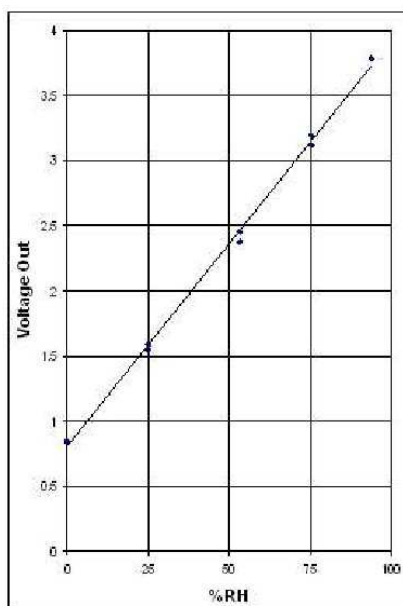
Snímač relativní vlhkosti je vlastní konstrukce, přičemž jeho základním a nepostradatelným prvkem je vlhkostní čidlo HIH-4000 vyráběné společností Honeywell. Toto čidlo bylo zakoupeno v podobě elektronické součástky a vyniká především svými velmi malými rozměry: pouhých 4,3 x 9,5 mm. Vzhled čidla je ilustrován na obrázku 27.



Obr. 27. Vlhkostní čidlo
HIH-4000.

Čidlo je napájené stejnosměrným napětím 5V (4 – 5,8 VDC), přičemž typický proud odebíraný tímto čidlem je pouhých 200 μ A. Jeho výstupem je spojitý analogový napěťový signál, který je lineárně závislý na relativní měřené vlhkosti. Přesnost čidla je podle jeho výrobce +/- 3,5% RH plného rozsahu při teplotě 25°C a hodnotě napájecího napětí U_{cc} 5V. Časová odezva čidla je podle udání výrobce 15 sekund při teplotě 25°C a

pomalu se pohybujícím vzduchu (do 0,2 m/s). Na obrázku 28 je znázorněná závislost výstupního napětí čidla HIH-4000 na relativní vlhkosti.



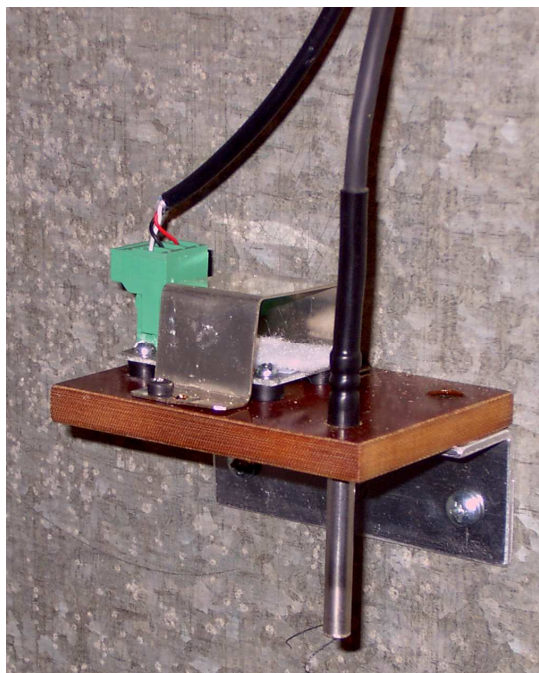
Obr. 28. Závislost výstupního napětí čidla HIH-4000 na RH.

Z výše uvedeného grafu je patrné, že závislost výstupního napětí senzoru na relativní vlhkosti je lineární, avšak přímka grafu je při nulové relativní vlhkosti posunutá výše o určitý napěťový offset. Současně také platí, že relativní vlhkost vzduchu je přímo úměrná jeho teplotě (proto relativní – závislá na teplotě). Proto také musí být snímač vlhkosti doplněn snímačem teploty, který v našem případě tvoří pasivní odporový snímač Pt 1000, který je umístěný v bezprostřední blízkosti snímače vlhkosti na společném držáku. Pro správné vyhodnocení skutečné měřené relativní vlhkosti je nutné využít přepočtového vztahu, který v sobě zahrnuje jednak offset nuly a jednak také teplotní závislost relativní vlhkosti. Přepočtový vztah je ve tvaru:

$$RH = \text{senzor RH} / (0,9237 - 0,0041T + 0,000040T^2),$$

kde T je teplota ve °C.

Snímač pro měření relativní vlhkosti, stejně tak jako pasivní odporový snímač teploty jsou uchyceny na jednom držáku. Tento držák je ilustrován na obrázku 29.

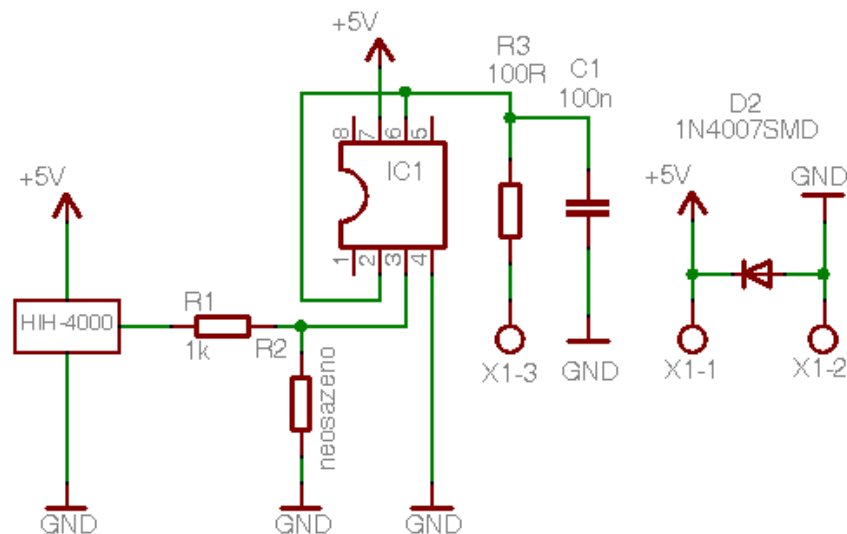


Obr. 29. Držák osazený snímačem relativní vlhkosti a teploty.

Jak již bylo uvedeno, hlavním prvkem tvořícím snímač relativní vlhkosti je vlhkostní čidlo. To však musí být pro správnou funkci doplněné o další pomocné elektronické součástky. V prvotních fázích ověřování vlastností a parametrů zakoupeného čidla bylo toto čidlo zapojeno samostatně bez pomocných obvodových prvků a výstupní napětí bylo měřeno digitálním multimetrem. V tomto případě byla činnost čidla ověřená a správná, ale po zapojení jeho výstupu na analogový vstup periferního modulu PLC bylo výstupní napětí čidla zeslabeno a měření významně zkresleno. Pravděpodobným důvodem toho je malý vstupní odpor analogového modulu, který je udáván pro napěťové rozsahy 5 a 10 voltů větší než $20\text{k}\Omega$. V tomto případě je vhodné poznamenat, že vstupní odpor digitálního multimetru je v řádech $\text{M}\Omega$. Právě díky relativně malému vstupnímu odporu analogových vstupů periferního modulu bylo nutné navrhnout použitelný obvod doplňující čidlo vlhkosti o operační zesilovač a další pomocné a ochranné prvky.

Pro proudové zesílení výstupního analogového signálu vlhkostního čidla byl použit integrovaný bipolární operační zesilovač OP07, který je do obvodu zapojen jako napěťový sledovač. Jeho úkolem tedy není zesilovat napětí, které je do něj přiváděné, ale pouze impedančně přizpůsobit jednotlivé analogové prvky v měřícím obvodu. Tento operační zesilovač má tedy za úkol zesílit proudový výstup čidla vlhkosti a uspokojit tak nároky analogového vstupu periferního modulu PLC.

Mezi další pomocné prvky se řadí především polovodičová dioda zapojená paralelně do napájecího obvodu v závěrném směru. Dioda slouží k ochraně operačního zesilovače a čidla vlhkosti před nechtěným prepólováním napájecího napětí v průběhu zapojování snímače vlhkosti. Na výstupu operačního zesilovače je v sérii zapojen rezistor 100Ω , který slouží k ochraně jeho výstupu a keramický kondenzátor 100nF jako svodič vysokofrekvenčního rušení na záporný pól napájecího zdroje. Schéma zapojení snímače vlhkosti je uvedeno na obrázku 30.



Obr. 30. Schéma zapojení snímače relativní vlhkosti.

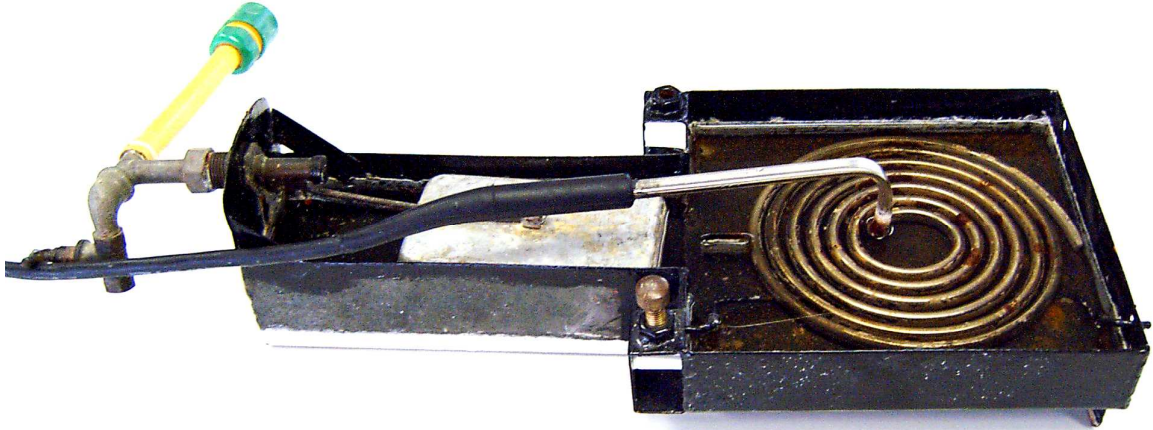
Výstupní analogové napětí ze snímače relativní vlhkosti je vedené pomocí stíněného metalického kabelu na analogový vstup periferního modulu IT-1601. Analogový vstup této jednotky má pro napěťové rozsahy 5V a 10V jmenovitý vstupní odpor $>20\text{k}\Omega$. Jeho maximální chyba při 20°C je podle výrobce $\pm 0,3\%$ plného rozsahu. Měřené napětí je poté číslicově filtrováno a v uživatelském programu přepočítáno na odpovídající hodnotu relativní vlhkosti.

6.2 Regulace vlhkosti

Samostatná regulace relativní vlhkosti je realizovaná pouze u předlíní, které jsou na to vybaveny příslušnými prostředky. U dolíhni nebyla realizována samostatná regulace z důvodu vysoké technologické náročnosti a možných rizik, které by mohla přinášet.

U předlíní je v současné době realizována regulace relativní vlhkosti vzduchu dvěma způsoby. Vývojově starším je jednoduchá úprava vlhkého topení úplným

ponořením topného tělesa pod hladinu vody ve vaničce. Toto topení je potom spouštěno pouze v případě vlhčení vzduchu. Ilustrativní příklad upraveného vlhkého topení je uveden na obrázku 31.



Obr. 31. Upravené vlhké topení.

Novějším a energeticky úspornějším řešením je využití plechové vany na mezistropu předlíně, na kterou je pomocí elektromagnetického (solenoidového) ventilu napouštěno požadované množství vody. Vzhled elektromagnetického ventilu je ilustrován na obrázku 32.



Obr. 32. Elektromagnetický ventil.

V případě vlhčení vzduchu uvnitř předlíně pomocí vlhkého topení je regulace vlhkosti realizována podobně jako u regulace teploty pomocí spojitěho PSD regulátor, který je implementován na softwarové úrovni v uživatelském programu PLC. Relativní

vlhkost je snímána snímačem a její hodnota je následně převedena na napětí v rozsahu 0-5 V. Toto napětí je přiváděné pomocí stíněného kabelu na analogový vstup periferního modulu IT-1601. Pomocí modulu IT-1601 je analogová forma signálu (napětí) převedena pomocí A/D převodníku na číslicovou diskretní formu (číslo), která je potom vhodná k dalšímu zpracování PLC. Číslicová forma aktuální hodnoty relativní vlhkosti poté vstupuje jako jedna ze vstupních veličin do číslicového PID (PSD) regulátoru. Druhou vstupní veličinou je požadovaná hodnota relativní vlhkosti, která po odečtení aktuální hodnoty relativní vlhkosti tvoří regulační odchylku, na základě které je pomocí regulačního algoritmu vypočítán příslušný regulační zásah. Pro správný průběh regulačního pochodu je nutné také správné nastavení konstant regulátoru, jako jsou zesílení, integrační časová konstanta, derivační časová konstanta, pásma necitlivosti a podobně. Akční zásah regulátoru je vyjádřen procentuálně, přičemž o převod této hodnoty na fyzikální unifikovaný signál se starají periferní jednotky DAC2-04M a IT-1601. Výstupem těchto jednotek je napěťový unifikovaný signál v rozsahu 0-10V, který je veden pomocí stíněného metalického vedení do druhého kanálu triakové stmívací jednotky, která má za úkol jeho převedení na odpovídající výkon topného tělesa vlhkého topení. Popis a princip činnosti této jednotky je uveden v kapitole 8 - Dvoukanálová triaková stmívací jednotka.

Druhým způsobem generování vlhkosti uvnitř předlíhne je využití přirozeného odparu vody z plechové vany na mezistropu předlíhne. Pro řízení množství vody nalévané do plechové vany je využit elektromagnetický ventil (viz. Obr. 32), který je připojený na rozvod vody, jehož zdrojem je centrální zásobník v půdních prostorech budovy. Regulace vlhkosti pomocí elektromagnetického ventilu je založena na vlastním softwarovém algoritmu, jehož principem je tzv. fuzzy logika. To znamená, že jeho základem není klasický regulátor (např. PID), u kterého je nutné správné nastavení jeho konstant, ale systém rozhodovacích kritérií a podmínek. Pro správnou funkci algoritmu je nutné určit trend průběhu aktuální vlhkosti, který může nabývat tří stavů. **Stabilní** trend nastává tehdy, když hladina relativní vlhkosti se pohybuje v mezích daných horním a dolním pásmem necitlivosti. **Klesající** trend nastává v případě souvislého poklesu relativní vlhkosti o danou hodnotu v příslušném časovém rozmezí a konečně **rostoucí** trend, který je opakem klesajícího a vyskytne se v případě souvislého nárůstu relativní vlhkosti o danou hodnotu v příslušném časovém rozmezí. Na základě těchto trendů a aktuální hodnotě relativní vlhkosti uvnitř líhne se potom algoritmus rozhoduje, zda nadávkuje stanovené množství

vody do plechové vany na mezistropu předlíhně. Doba a perioda jeho otevření ventilu je volena v uživatelském programu.

7 ŘÍZENÍ POLOHY KLAPKY VZDUCHOTECHNIKY

Velmi důležitou činností během umělého líhnutí kuřat bažantů v předlíchách je zajištění stálého a dostatečného větrání. Větráním zajišťujeme přívod kyslíku vyvíjejícím se zárodkům a současně odvod jimi vyprodukovaného oxidu uhličitého. Množství vyprodukovaného oxidu uhličitého se zvyšuje se stářím zárodků. Obecně platí, že na 1000 inkubovaných vajec je zapotřebí 8-9m³ čerstvého vzduchu za jednu hodinu. Každá předlíheň i dolíheň je proto vybavena ventilací, pomocí které je zajištěn dostatečný přísun čerstvého vzduchu z okolí a současný odvod recirkulujícího vzduchu z vnitřních prostorů líhně. Ventilací otvory jsou umístěny na jejím stropě a množství nasávaného a vypouštěného vzduchu je řízeno pomocí posuvné klapky. Vzduchotechnická klapka je ovládána systémem ocelových lan a kladek a regulační pákou, která je umístěná nad elektrickým rozvaděčem.

Automatická regulace vzduchotechnické klapky byla realizována pouze na předlíchách, a to z důvodu jejich nepřetržitého a dlouhodobého provozu. V případě dolíhni nebylo k její automatizaci přistoupeno. Mezi hlavní důvody se řadí především jejich krátkodobý provoz (3 dny v týdnu) a také absence požadavku na častou změnu polohy klapky. V poslední řadě to byla také finanční stránka věci, tedy nutnost nákupu nákladných servopohonů a periferního modulu PLC.

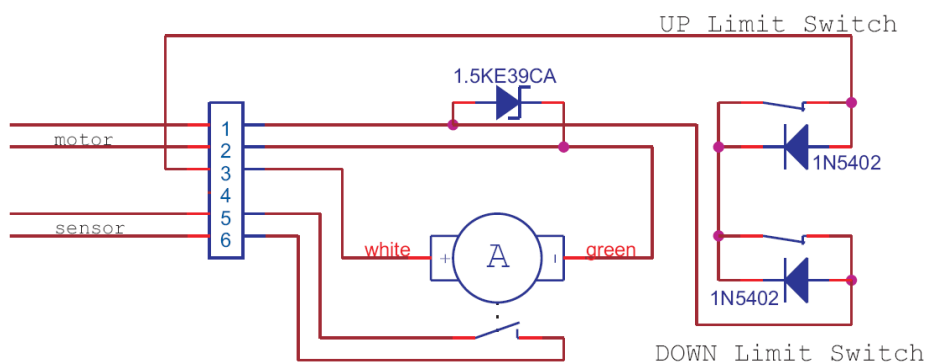
Pro řízení polohy klapky vzduchotechniky je využit servopohon AG MINI. Jeho vzhled je ilustrován na obrázku 33.



Obr. 33. Servopohon AG MINI.

Jedná se o lineární servopohon s maximální výsuvnou délkou 200 mm. Pro potřeby řízení klapky však postačuje výsuvná délka 100 mm. Motor tohoto servopohonu je napájen stejnosměrným proudem o napětí 24 – 36 V, přičemž jeho jmenovitý odběr činí 300 mA. Servopohon je vybaven dvěma koncovými spínači, přičemž jeden spínač je nastavitelný v požadované vysunuté poloze ramene. Jejich úkolem je zastavení posuvu ramene při dosažení jeho krajních poloh.

Míru vysunutí ramene lze jednoznačně určit čítáním impulsů, které jsou poskytovány impulsním vysílačem servopohonu. Ten je realizován pomocí magnetického jazýčkového relé. Experimentálně bylo změřeno, že maximální požadované délce výsuvu ramene 100 mm odpovídá 220 impulsů. Na jeden milimetr výsuvu tedy připadá 2,2 impulsu. Taková citlivost je plně dostačující. Vnitřní elektrické zapojení servopohonu a vysílače polohy je uvedeno na obrázku 34.



Obr. 34. Vnitřní zapojení servopohonu AG MINI.

Mechanické propojení výsuvného ramene servopohonu se vzduchotechnickou klapkou je realizováno prostřednictvím regulační páky předlíně. Výsuvné rameno je s ní pevně spojeno pomocí mechanické šroubovací redukce a nahrazuje tak její pohyb obsluhou předlíně. Umístění servopohonu a propojení jeho ramene s regulační pákou předlíně je ilustrováno na obrázku 35.



Obr. 35. Umístění a mechanické spojení servopohonu AG MINI s klapkou vzduchotechniky.

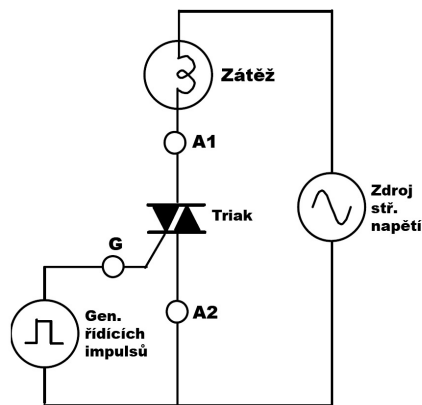
Regulace polohy vzduchotechnické klapky je podobně jako v případě regulace elektromagnetického ventilu realizována pomocí tzv. fuzzy algoritmu implementovaného v uživatelském programu PLC. Hlavním úkolem tohoto algoritmu je vyhodnocení aktuálních hodnot teploty a relativní vlhkosti uvnitř lůžně a jejich tendence (rostoucí, klesající, stabilní). Na základě těchto parametrů pak algoritmus provede regulační zásah, který může nabývat tří stavů: více otevřít klapku, více zavřít klapku a ponechat klapku ve stejné poloze. Míru otevření nebo přivření klapky lze nastavit v uživatelském programu, stejně tak jako periodu opakování regulačních zásahů.

8 DVOUKANÁLOVÁ TRIAKOVÁ STMÍVACÍ JEDNOTKA

V každé předlívni jsou po jejich modernizaci instalována dvě topná tělesa: originální topné těleso (v minulosti pro ohřev i vlhčení vzduchu, tzv. vlhké topení) v současné době určené pouze pro vlhčení vzduchu o příkonu 1200W a nově instalované topné těleso pro ohřev vzduchu o příkonu 750W. Pro kvalitní a stabilní regulační pochod je potřeba výkon obou topných těles řídit spojitě pomocí prostředků pro plynulé řízení elektrického proudu (stmívače, stmívací jednotky). V důsledku nedostupnosti stmívacích periferních modulů pro PLC s vyhovující výkonovou zatížitelností v době realizace však bylo nutné vyvinout stmívací jednotku vlastní konstrukce.

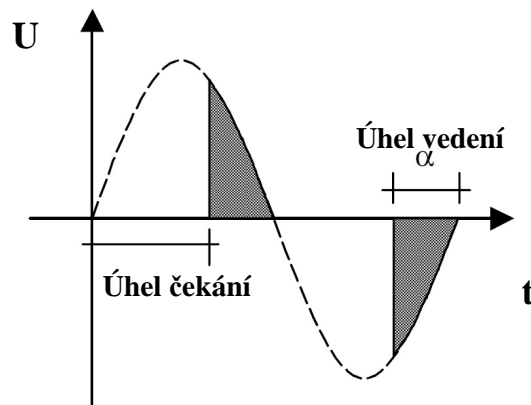
Navržená stmívací jednotka je vybavena dvěma nezávislými kanály, přičemž každý z nich má výkonovou zatížitelnost až 2000 V.A. Řízení výkonového toku do zátěže je realizováno pomocí triaku. Stmívací jednotka je ovládána unifikovaným napěťovým signálem 0-10V, které je generováno periferním modulem PLC DAC2-04M.

8.1 Princip fázového řízení triaku



Obr. 36. Základní obvodové zapojení triaku.

Na obrázku 36 je zobrazeno základní zapojení triaku. Triak je třívývodová polovodičová součástka určená pro spínání střídavého sinusového napětí. Vývody součástky A1 a A2 jsou určeny pro připojení zátěže, tedy jako hlavní cesta průchodu elektrického proudu. Pomocí vývodu G (Gate - brána) je umožněno sepnutí triaku v libovolném místě sinusové vlny střídavého elektrického napětí a povolit tak průchodu elektrického proudu přes zátěž připojenou na vývod A1.



Obr. 37. Princip spínání triaku zobrazený na jedné sinusové vlně.

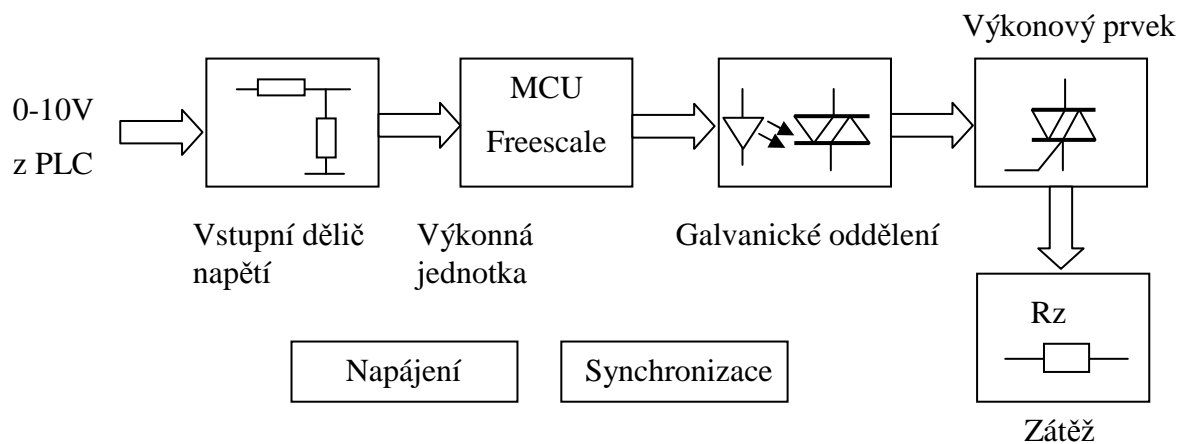
Na obrázku 37 je zobrazen princip spínání triaku. Ten spočívá v přivedení spínacího impulsu na řídicí vstup triaku G v požadovaný čas od průchodu sinusového napětí nulou. Časová prodleva mezi průchodem sinusového napětí nulou a sepnutím triaku se nazývá úhel čekání. Tento úhel je vyjádřen v úhlových stupních a nabývá hodnot 0-180°. Úhel čekání určuje jakou dobu je střídavé síťové napětí triakem blokováno. Čas, po který je triak v sepnutém stavu, se nazývá úhel vedení triaku (α). Je opět vyjádřen v úhlových stupních. Z obrázku 37 je zřejmé, že mezi úhlem čekání a úhlem vedení platí nepřímá úměra. Změnou úhlu vedení α tedy lze řídit velikost sinusové půlvlny přivedenou na zátěž a tím řídit výkon zátěže.

Hlavní nevýhodou aplikací s fázovým řízením triaků je generování elektromagnetického rušení a tudíž problémy s elektromagnetickou kompatibilitou (EMC). Proto bývá ve většině případů základní zapojení z obrázku 36 rozšířeno o filtraci prostřednictvím RLC článku.

8.2 Blokové schéma a popis stmívací jednotky

8.2.1 Blokové schéma stmívací jednotky

Jeden kanál stmívací jednotky je možné popsat následujícím schématem:



Obr. 38. Blokové schéma jednoho kanálu regulátoru střídavého proudu.

V následujících sekcích bude podrobně popsán princip stmívací jednotky a její schéma zapojení s odkazem na přílohu PI, ve které je zapojení elektrického obvodu uvedeno a rozčleněno do funkčních celků.

8.2.2 Zdroj napájecího napětí

Napájecí zdroj je pouze jeden a napájí oba kanály jednotky současně. Je tvořen transformátorem TR1 (230 / 14V, 3VA), který obvod současně galvanicky odděluje od sítě. Střídavé napětí z transformátoru je usměrněno dvoucestným usměrňovačem tvořeným diodami D1 – D4. Usměrněné napětí je stabilizováno pomocí monolitického stabilizátoru 78S05 doplněného chladičem. Keramické kondenzátory C1 a C2 (100nF) slouží jako filtrační, elektrolytické kondenzátory C3 a C4 (10 μ F) zastávají funkci vyhlazování napětí. Funkčnost napájecího zdroje je signalizována pomocí LED D6.

8.2.3 Zdroj synchronizačních impulsů

Pro správnou funkci obou kanálů jednotky je nutná synchronizace mikrokontrolérů na průchody síťového sinusového napětí nulou. Tuto funkci plní generátor

synchronizačních impulsů tvořený tranzistorem Q1, který je zapojen ve funkci spínače. Jako řídicí napětí tohoto tranzistoru slouží dvoucestně usměrněné pulzující napětí. To je přiváděno do báze tranzistoru Q1 přes jednoduchý dělič tvořený rezistory R4 a R5. Každých 10 ms, když se dvoucestně usměrněné napětí blíží 0V, dojde na kolektoru tranzistoru Q1 k vygenerování krátkého napěťového impulsu, který je přiváděn do vstupů PTA0/KBI0 obou mikrokontrolérů.

8.2.4 Vstupní dělič napětí

Dělič napětí zastává funkci snížení vstupního analogového napětí přiváděného z D/A převodníku periferního modulu PLC. Toto napětí je v rozsahu 0 - 10V a před jeho zpracováním mikrokontrolérem je nutné snížit jeho napěťový rozsah na 0 - 5V. Dělič napětí je tvořen rezistory R2 a R3 pro první kanál a rezistory R10 a R11 pro druhý kanál. Hodnoty všech rezistorů jsou stejné – 30 k Ω , to znamená, že výstupní napětí z děliče je rovno jedné polovině vstupního napětí.

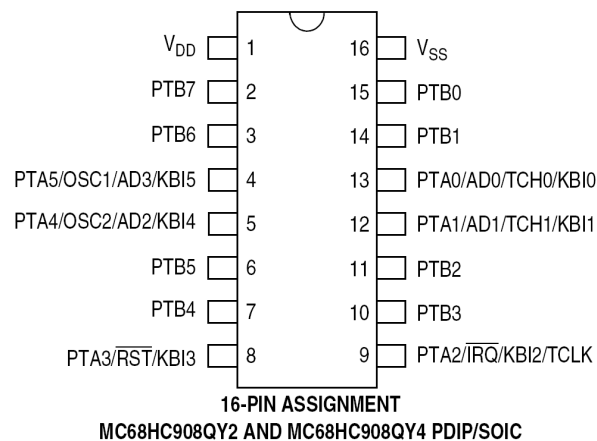
Dělič napětí současně plní i funkci ochrannou, a to v případě poškození nebo úplného přerušení přívodní linky analogového napětí. V tom případě je pin PTA5 / AD3 mikrokontroléru spojen se zemí přes rezistor děliče 30 k Ω . Kdyby tomu tak nebylo, vstup do mikrokontroléru se bude chovat jako nezapojený a v případě vstupu na A/D převodník by na něm bylo měřeno maximální napětí 5V. Tento stav by byl kritický a vedl by k nekontrolovatelnému topení některého z topných těles uvnitř líhně.

8.2.5 Výkonná jednotka MCU (Microcontroller Unit)

Jako výkonná výpočetní jednotka je použit osmibitový mikrokontrolér řady HC08 firmy Freescale. Obvody HC08 tvoří ucelenou řadu výkonných osmibitových mikrokontrolerů se stejným jádrem CPU08. Jednotlivé typy se liší pouze skladbou periférií a velikostí pamětí. V našem případě je použit mikrokontrolér MC68HC908QY4 (NITRON). Mikrokontrolér MC68HC908QY4 je členem nízkonákladové M68HC08 rodiny osmibitových mikrokontrolérů charakterizovaných svým vysokým výkonem. Rodina mikrokontrolérů M68HC08 obsahuje kompletní instrukční sadu (Complex Instruction Set Compute - CISC) a řadí se proto k von Neumannově architektuře procesorů.

Základní charakteristiky mikrokontroléru NITRON:

- pouzdro 16pin DIL, SOIC nebo TSSOP
- napájecí napětí možno zvolit 3V nebo 5V
- interní frekvence sběrnice 8 MHz při $U_{cc} = 5V$, 4 MHz při $U_{cc} = 3V$
- při použití interního laditelného oscilátoru je $f_{BUS} = 3,2$ MHz
- spotřeba (napájení 5V, BUSCLK 8 MHz): 7 mA, v režimu se sníženou spotřebou: pod 100 nA standardní procesorové jádro CPU08
- paměť FLASH 4kB, paměť RAM 128B
- přímá podpora ladění a programování FLASH v aplikaci (po sériové lince)
- 14 vývodů k dispozici uživateli
- 2 kanálový, 16 bitový časovač (TIM – Timer Interrupt Module)
- A/D převodník 8bit (jeden převod za 17 μ s) s 4 kanálovým multiplexorem
- klávesnicové rozhraní (KBI – KeyBoard Interrupt) se 6 vstupy
- programovatelný externí IRQ a RESET



Obr. 39. Schématické rozmístění a názvy pinů mikrokontroléru NITRON.

Na desce plošného spoje stmívače jsou osazeny dva mikrokontroléry NITRON ve stejném zapojení. Každý z nich řídí jeden triak a využívá 2 vstupní a 2 výstupní piny:

Vstup PTA5 / AD3 (pin č. 4) slouží pro měření přiváděného analogového napětí 0 – 5V. Toto měření zajišťuje osmibitový A/D převodník.

Vstup PTA0 / KBI0 (pin č. 13) je nastaven jako přerušení od tlačítka (KBI) a je využit pro generování přerušení vykonávání programu a následný skok do specifického podprogramu. Toto se děje při příchodu synchronizačního impulsu, který signalizuje průchod střídavého síťového napětí nulou.

Výstup PTB3 (pin č. 10) je určen pro spínání optoizolačního prvku. Ten slouží pro galvanické oddělení řídicích obvodů včetně mikrokontroléru od silového obvodu napětí 230V.

Výstup PTB0 (pin č. 15) spíná diodu LED. Na tento výstup jsou přiváděny identické impulsy jako na výstup PTB3 (krátké impulsy s frekvencí 100Hz). LED slouží k optické signalizaci provozu koncového stupně.

8.2.6 Popis softwarového vybavení mikrokontroléru

Prostřednictvím naprogramovaného zdrojového kódu řídí mikrokontrolér množství výkonu přivedeného na zátěž pomocí změny úhlu vedení triaku tak, jak je znázorněno na obrázku 37. Změnu úhlu vedení triaku nám umožní časovač TIM prostřednictvím změny hodnoty modulo registru. To má za následek zkrácení nebo prodloužení časového intervalu před sepnutím triaku.

Program mikrokontroléru začíná definicí proměnných a nastavením jejich počátečních hodnot, inicializací konfiguračních registrů, registrů časovače a A/D převodníku. Současně jsou nastaveny funkce u vstupních a výstupních pinů a také jejich směr.

Po výše uvedené inicializaci následuje nekonečná smyčka vykonávání hlavního programu. V té se opakovaně měří analogové napětí přiváděné na A/D převodník a pomocí přepočtového vztahu se toto napětí převádí na hodnotu modulo registru. Modulo registr má přímý vliv na časový interval, ve kterém dochází k vyvolání přerušení od časovače, je-li toto přerušení povoleno. Při vyvolání tohoto přerušení je vykonávání hlavní smyčky programu přerušeno a následuje skok do podprogramu. V tomto podprogramu je realizováno samotné spínání triaku pomocí aktivace výstupu PTB3 na přesně stanovený časový interval.

Při průchodu síťového sinusového napětí nulou dojde k vygenerování napět'ového impulsu pomocí synchronizačního generátoru. Ten je přiveden na vstup PTA0 / KBI0. Tento vstup je nakonfigurován tak, aby při každé změně úrovně vstupního napětí generoval softwarové přerušení od tlačítka (KBI – **KeyBoard Interrupt**) a obslužná rutina tohoto přerušení je poté využita k povolení přerušení od časovače. To znamená, že při příchodu synchronizačního impulsu dojde k započítí čítání časovače (časový interval je určen modulo registrem) a po jeho přetečení následuje skok vykonávání programu do obslužné rutiny přerušení od časovače. Aby nedocházelo k vyvolávání přerušení od časovače periodicky, je po provedení programového kódu v obslužné rutině toto přerušení zakázáno.

Celý princip běhu programu lze tedy shrnout následovně:

- V hlavní nekonečné smyčce programu je periodicky měřeno vstupní analogové napětí na A/D převodníku a pomocí přepočtového vztahu je určována hodnota modulo registru, který má přímý vliv na čas vyvolání přerušení od časovače TIM.
- Při příchodu napět'ového impulsu na digitální vstup PTA0/KBI0 je vyvoláno přerušení od tlačítka, vykonávání hlavní smyčky programu je přerušeno a následuje skok do obslužné rutiny tohoto přerušení. Obslužná rutina obsahuje programový kód povolující přerušení od časovače TIM a tudíž ihned spouští jeho čítání. Po provedení kódu v této rutině pokračuje vykonávání hlavní programové smyčky od bodu, kde byla přerušena.
- Po přetečení časovače TIM (dáno hodnotou modulo registru) je vyvoláno přerušení od tohoto časovače a hlavní programová smyčka je opět přerušena. Následuje skok do obslužné rutiny přerušení od časovače, ve které je sepnut triak pomocí napět'ového impulsu generovaného na výstupním pinu PTB3. Po provedení programového kódu je přerušení od časovače zakázáno a celý cyklus se opakuje od začátku.

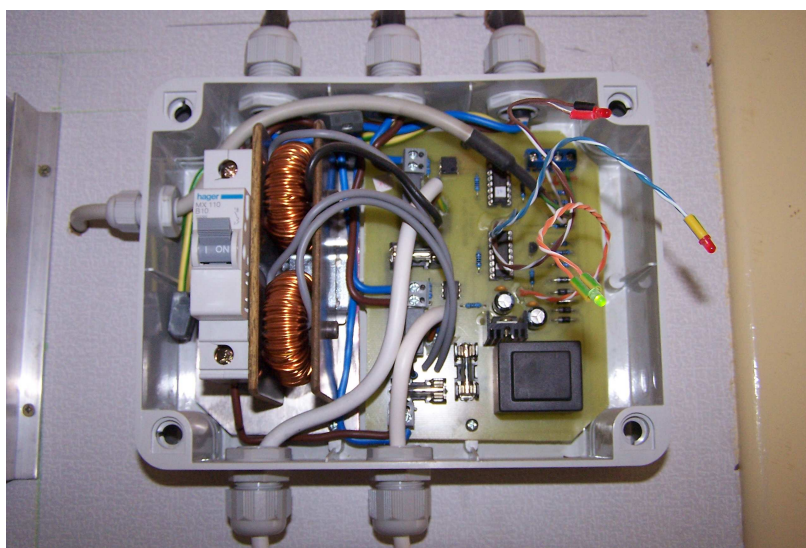
8.2.7 Koncový stupeň s filtrací

Jedná se o silový obvod tvořený triakem BT138/800 a svorkovnicí pro připojení napájecích vodičů k topným tělesům. Tento stupeň je doplněn filtračním členem, který je tvořen odrušovací tlumivkou a kondenzátorem. Tlumivka je v obvodu zapojena do série se

zátěží. Elektrické parametry této tlumivky jsou indukčnost $840\mu\text{H}$ a jmenovitý proud 6A. Odrušovací kondenzátor ($100\text{nF} / 600\text{V}$) je v obvodu připojen paralelně k triaku. Pro omezení špičkového proudu tekoucího tímto kondenzátorem je do série připojen rezistor $68\Omega / 2\text{W}$.

Součástí koncového stupně je i tavná skleněná pojistka. Ta zajišťuje ochranu triaku před přetížením nadměrným proudem (v případě zkratu, přepálení topného tělesa).

Koncové stupně obou kanálů jsou taktéž chráněny pomocí jističe 10A / B.



Obr. 40. Pohled na stmívací jednotku společně s filtračními tlumivkami a jističem.



Obr. 41. Pohled na boční stěnu líhně s instalovanou stmívací jednotkou (vpravo od jednotky jsou zřetelné chladiče triaků).

9 JEDNOKANÁLOVÁ STMÍVACÍ JEDNOTKA

Tato stmívací jednotka je stejně jako triaková dvoukanálová jednotka vlastní konstrukce. Byla vyvinutá pro spojitě řízení výkonu topného tělesa vlhkého topení pro dolíhňe a její výkonová zatížitelnost může být až 2 kV.A. Jelikož rozhodnutí o dodatečné modernizaci dolíhňi přišlo téměř až o jeden rok později, odpovídá tomu i úroveň technického a designového zpracování stmívací jednotky. Vzhled jednokanálové stmívací jednotky je ilustrován na obrázku 42.

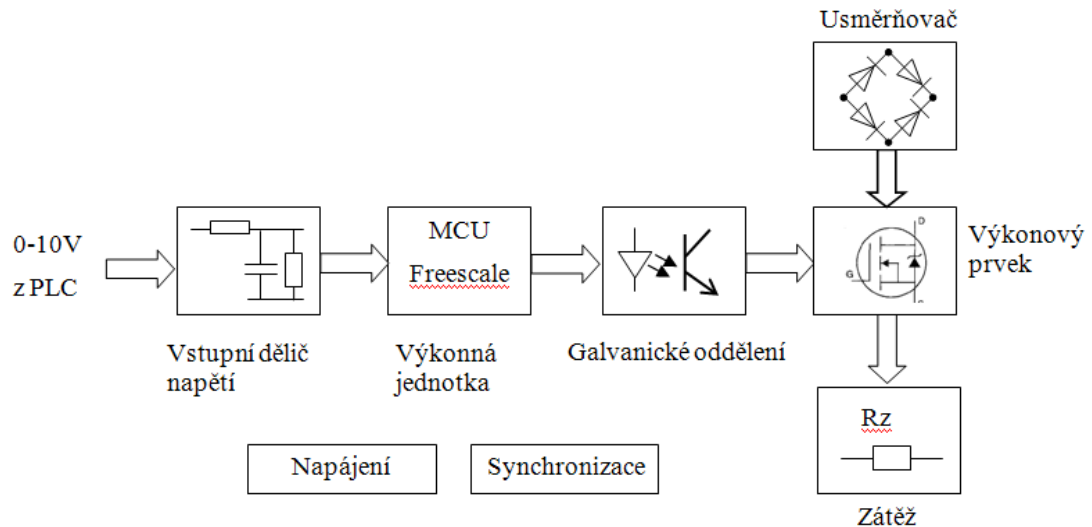


Obr. 42. Jednokanálová stmívací jednotka.

Stmívací jednotka je zapouzdřená do plastové krabičky v provedení určeném pro montáž na U lištu. Velikost krabičky je 9M a svými rozměry odpovídá rozměrům standardních jističů. Základním principem této jednotky je řízení toku elektrického proudu pomocí výkonových unipolárních MOSFET (**M**etal **O**xide **S**emiconductor **F**ield **E**ffect **T**ransistor) tranzistorů, jejichž funkcí je spínání usměrněného střídavého síťového napětí. Toto napětí je na rozdíl od triakové stmívací jednotky spínáno při jeho průchodu nulovou hodnotou a vypínáno v požadované úrovni, která odpovídá celkovému řízenému výkonovému toku do odporové zátěže. Tento způsob řízení výkonu je také šetrnější ke spínacím polovodičovým prvkům a především eliminuje tvorbu elektromagnetického rušení, které vzniká při fázovém řízení výkonu pomocí triaku. Stmívací jednotka je navržena pro síťové střídavé napětí o jmenovité hodnotě 230V a frekvenci 50 Hz.

9.1 Blokové schéma stmívací jednotky

Princip stmívací jednotky lze popsat blokovým schématem uvedeným na obrázku 43.



Obr. 43. Blokové schéma jednoblokové stmívací jednotky.

V následujících kapitolách budou podrobně popsány jednotlivé funkční bloky stmívací jednotky s odkazem na přílohu PII, ve které je uvedeno obvodové schéma zapojení stmívací jednotky.

9.1.1 Napájecí část

Napájecí část stmívače tvoří transformátor TR2, který má za úkol transformaci síťového napětí 230V na napětí 2x 12V. Transformátor obsahuje dvojici sekundárních vinutí, která napájí dvojici samostatných zdrojů pro řídicí část a současně je také galvanicky odděluje od sítě.

Sekundární vinutí S1 je určeno pro napájení zdroje napětí pro řídicí mikrokontrolér. Střídavé napětí ze sekundárního vinutí S1 transformátoru je usměrněno monolitickým usměrňovacím můstkem S1. Pulzující usměrněné napětí prochází přes blokovací křemíkovou diodu D5 a je vyhlazováno elektrolytickým kondenzátorem C3. Kondenzátor C1 je keramický a slouží pro filtraci rušivých vysokofrekvenčních napětí, která svede na svorku GND. Usměrněné a filtrované napětí je stabilizováno monolitickým stabilizátorem 78S05 na napěťovou úroveň 5V, která je vhodná pro napájení mikrokontroléru. Stabilizované napětí je opět vyhlazováno a filtrováno kondenzátory C2 a C4.

Sekundární vinutí S2 napájí druhý napájecí zdroj určený pro napájení řídicí části obvodu pro výkonové MOSFET tranzistory. Střídavé napětí ze sekundárního vinutí S2 je jednocestně usměrněno diodou D3. Usměrněné napětí je stabilizováno za pomoci Zenerovy diody D8 a rezistoru R6, které společně tvoří dělič napětí. Napětí je stabilizováno na hodnotu 10V a je vyhlazeno a filtrováno kondenzátory C6 a C7.

9.1.2 Generátor synchronizačních impulsů

Pro správnou funkci stmívací jednotky je nutná synchronizace řídicího algoritmu v mikrokontroléru na průchody síťového napětí jeho nulovou hodnotou. Pro tento účel slouží generátor synchronizačních impulsů. Ten je tvořen optoizolačním prvkem OK2. Na řídicí straně tohoto prvku se nachází dioda LED, která je napájena pulzujícím usměrněným napětím z dvoucestného usměrňovače B1 přes předřadný odpor R1. Na řízené straně prvku OK2 je bipolární tranzistor. Ten je zapojen ve funkci spínače, přičemž obdélníkové impulzy jsou odebírány z emitoru tohoto tranzistoru na svorce 3 prvku OK2. Tyto impulzy jsou vedeny na pin 9 PTA2/KBI2 mikrokontroleru. Synchronizace probíhá vždy na jejich sestupnou hranu, která se vyskytne v případě, blíží-li se pulzující usměrněné napětí své nulové hodnotě.

9.1.3 Vstupní dělič napětí

Stmívací jednotka je řízena spojitým signálem, který je generován analogovým periferním modulem IT-1601 nebo DAC2-04M. Spojitý signál je ve formě unifikovaného napětíového signálu v rozsahu 0 – 10V. Napětíový signál je na analogový vstup stmívací jednotky přiváděn pomocí stíněného metalického vedení.

Po vstupu do jednotky přichází napětíový signál na vstupní dělič napětí, jehož úkolem je převést napětíový rozsah 0 – 10V unifikovaného signálu na napětíový rozsah 0 – 5V, který je již zpracovatelný A/D převodníkem mikropočítače. O převod napětíových úrovní se stará jednoduchý dělič napětí, který je tvořen rezistory R2 a R3. Hodnoty obou rezistorů jsou stejné, což znamená, že napětí bude vždy děleno v poměru 2:1 ze vstupu na výstup. Vstupní dělič napětí má také za úkol filtrovat případný vysokofrekvenční šum, jenž se může namodulovat na užitečný signál nesoucí informaci během jeho cesty po metalickém vedení. K tomuto účelu slouží filtrační keramický kondenzátor C8 o hodnotě 100nF.

Z děliče je napětí vedeno na pin 13 PTA0/AD0 mikropočítače, který je nakonfigurován jako analogový vstup a jehož napětí je zpracováváno osmi bitovým A/D převodníkem.

9.1.4 Výkonová část stmívací jednotky

Je tvořena výkonovým usměrňovacím blokem D2, který dvoucestně usměrňuje síťové napětí. Na střídavé straně tohoto usměrňovače je ve větvi AC2 připojena odporová zátěž na výstupní svorky X3-1 a X3-2. O proudové jistění obvodu se stará tavná skleněná pojistka F2 a jako ochrana před transientními jevy slouží rychlý polovodičový prvek D9 transil bidirect. Obvod je napájen střídavým síťovým napětím o hodnotě 230V a frekvenci 50Hz, které je přiváděno na vstupní svorky X1-1 a X1-2.

Dvoucestně usměrňené pulzující napětí je vedeno na trojici výkonových unipolárních MOSFET tranzistorů. Ty jsou vzájemně paralelně spojeny pro zajištění vyšší výkonové zatížitelnosti a snížení vnitřního odporu v propustném stavu. Kladný pól usměrňeného napětí je připojen na svorky 2 výkonových tranzistorů s označením D (Drain). Záporný pól napětí je připojen na svorky 3 S (Source). Svorky G (Gate) tranzistorů slouží pro ovládání jejich vodivosti a jsou připojeny paralelně přes rezistory R8-R10 k výstupům hradel NOT integrovaného obvodu IC4. Ten slouží jako tvarovač impulzů od optoizolačního prvku OK1 a také jako napěťový a proudový zdroj pro napájení řídicích elektrod G tranzistorů. Obvod IC4 je napájen napětím 10V, které je vyhovující pro dostatečné vybuzení řídicích elektrod G tranzistorů a pro jejich plné otevření.

Řídicí obvod výkonové části je ovládán pinem 14 PTB1 mikrokontroleru přes galvanický oddělovací prvek OK1. Ten slouží především pro ochranu řídicí části stmívací jednotky.

9.1.5 Tepelná ochrana výkonových polovodičových prvků

Stmívací jednotka je vybavena tepelnou ochranou výkonového usměrňovacího můstku a unipolárních tranzistorů. Pro tento účel slouží dvojice odporových teplotních čidel (termistorů). Tyto termistory mají kladnou teplotní závislost, přičemž závislost jejich odporu na teplotě je téměř lineární. Každé z těchto čidel je zapojeno do jednoduchého děliče napětí. Ten je tvořen rezistorem R14 a termistorem RT2 pro první snímač a rezistorem R5 a termistorem RT1 pro druhý snímač. Snímače jsou napájeny stabilizovaným napětím 5VDC, přičemž jejich výstupy jsou v podobě analogového napětí,

keré je převáděno pomocí A/D převodníku mikrokontroleru. Pro tento účel slouží piny 4 a 5, které jsou nakonfigurovány jako vstupy analogově digitálního převodníku.

9.1.6 Výkonná jednotka MCU (MicroController Unit)

Srdcem i mozkiem celé stmívací jednotky je výkonná výpočetní jednotka. Ta je tvořena osmibitovým mikrokontrolérem z rodiny HC08 společnosti Freescale. V tomto případě je použit mikrokontrolér MC68HC908QY4, který je typickým zástupcem nízkonákladových, ale přesto výkonných osmibitových mikrokontrolérů. Ten je osazen na samostatné desce s plošnými spoji, která současně obsahuje také trojici signalizačních diod LED. Zelená LED oznamuje, že stmívač je připojen na napájecí napětí. Oranžová dioda signalizuje svým blikáním aktivní stav jednotky a červená dioda upozorňuje na přehřátí některého z výkonových prvků. V tom případě je zastaveno řízení výkonového toku do odporové zátěže, dokud teplota na inkriminovaném místě nedosáhne opět svých povolených mezí. Signalizační LED jsou umístěny na čelním panelu přístroje tak, aby byly dobře viditelné a rozeznatelné.

Uživatelský program je v mikrokontroléru uložen v paměti flash, ze které je také načítán a vykonáván. Vykonávání programu je cyklické v nekonečné smyčce, to znamená, že po vykonání poslední instrukce na jeho konci se započne nové vykonávání programu od první instrukce na jeho začátku. Běh celého programu v mikrokontroleru lze tedy shrnout do několika hlavních bodů.

Po připojení mikrokontroléru k napájecímu napětí je nejprve proveden test jeho korektní činnosti, po kterém následuje spuštění uživatelského programu. Uživatelský program začíná definicí proměnných, jejich inicializací a také inicializací A/D převodníku, modulu časovače a konfiguračních registrů. Současně jsou také nastaveny funkce jednotlivých pinů mikrokontroléru. V případě úspěšného provedení všech zmíněných aktivit je spuštěna nekonečná periodická smyčka hlavního programu.

Hlavní funkcí hlavní programové smyčky je měření napětí na analogovém vstupu a jeho přepočtení na hodnotu použitelnou pro nastavení modulu registru mikropočítače. Prostřednictvím modulu registru je posléze přímo ovlivňováno čítání čítače TIM, přesněji časový interval do jeho přetečení. Při přetečení tohoto čítače nastává požadavek na přerušení od tohoto čítače, po jehož vyřízení následuje skok do obslužné rutiny. Mezi další činnosti hlavní programové smyčky také patří měření napětí z teplotních čidel zajišťujících

tepelnou ochranu výkonových polovodičových prvků a optickou signalizaci provozu stmívací jednotky pomocí diod LED.

Mimo hlavní programovou smyčku jsou v uživatelském programu další obslužné rutiny, které jsou spouštěny pouze v případě, nastane-li interní nebo externí událost, u které předem nevíme její přesný čas výskytu. V tom případě je běh hlavní smyčky programu neprodleně přerušen a událost je obsloužena v obslužné rutině. Těmito událostmi jsou přetečení čítače TIM a příchod synchronizačního impulzu indikujícím průchod usměrněného síťového napětí jeho nulovou hodnotou.

V případě přerušení hlavní programové smyčky v důsledku příchodu synchronizačního impulzu je vyvolána obslužná rutina, jejíž hlavním úkolem je zapnutí výkonových MOSFET tranzistorů a odblokování čítače TIM, který v tomto okamžiku začíná měřit čas až do doby jeho přetečení.

Přetečení čítače je přímo závislé na hodnotě modulo registru a může nastat kdykoliv v průběhu jedné půlplny usměrněného pulzujícího napětí, tedy v časovém intervalu 0 – 10 ms. Pokud nastane přetečení čítače TIM, je opět vyvoláno přerušení hlavní programové smyčky a skok do jeho obslužné rutiny. V této rutině jsou výkonové tranzistory vypnuty a čítač TIM zablokován. V tomto okamžiku je proces řízení toku elektrické energie do spotřebiče v jedné půlplně sinusového napětí ukončen.

10 MODERNIZACE SYSTÉMU AUTOMATICKÉHO NAKLÁPĚNÍ LÍSEK S VEJCI

Základní úlohou tohoto systému je periodické naklápění lísek z jejich jedné krajní polohy do jejich druhé krajní polohy po předem stanoveném časovém intervalu. Každá krajní poloha naklopení lísky odpovídá přibližně úhlu odklonu 45° od její vodorovné polohy. Dalším úkolem tohoto systému je naklopení lísek do jejich vodorovné polohy, aby bylo umožněno jejich jednoduché vyjmutí z kovových ráků a nasazení lísek nových.

Kovové ráky jsou hlavním nosným prvkem dřevěných lísek s vejci, které jsou do něj zasunuty. Kovové ráky jsou uchyceny na předním a zadním vahadlovém systému, který zajišťuje jejich naklápění. Přední vahadlový systém je volně pohyblivý a slouží k držení kovových ráků v požadované poloze. Zadní vahadlový systém je již napojen na klikovou hřídel, která zajišťuje převod rotačního pohybu elektrického motoru na kyvný pohyb systému vahadel. Pohon vahadlového systému je realizován prostřednictvím jednofázového asynchronního motoru. Ten je připojen na převodové ústrojí zajišťující snížení otáček tak, aby proces naklápění nebyl příliš rychlý. Přenos hnací síly z převodového ústrojí na klikovou hřídel je řešeno pomocí válečkového řetězu a ozubených řetězových kol.

O periodické zapínání hnacího motoru a tedy o samotné naklápění se stará speciální elektromechanický časovač, tzv. impulzátor. Ten je umístěný v rozvodné skříni každé předlíhne a je tvořen střídavým jednofázovým asynchronním motorem, který je přes vhodné převodové ústrojí spojen s vačkovým spínačem. Perioda spínání naklápění je proto pevně dána otáčkami motoru, které jsou závislé na frekvenci síťového napájecího napětí a převodovým mechanismem. Perioda naklápění se pohybuje kolem třiceti minut.

Aby bylo možné zastavit naklápění lísek po dosažení jejich krajní polohy, je každá předlíhne vybavená dvojicí koncových spínačů. Ty slouží pro detekci dosažení jedné z krajních poloh naklopení a jsou umístěny na zadní straně předlíhne kolem řetězového kola klikového hřídele. Vzájemně mezi sebou svírají úhel 180° . Pro ovládání koncových spínačů slouží čep upevněný přímo na řetězovém kole.

Hlavní nevýhodou výše popsaného řešení naklápění je potenciální možnost vzniku poruchy elektromechanických prvků, především impulzátoru obsahujícího elektromotor a mechanické jazýčkové spínače. Mezi další nevýhody patří nemožnost nastavení libovolné periody naklápění, což je dáno principem činnosti impulzátoru. V poslední řadě vyvstává

problém při potřebě naklopení lísek do středové polohy. Předlíheň je pro tento případ vybavena tlačítkem, po jehož stisku započne manuální naklápění. Tlačítko je nutné držet dostatečně dlouhou dobu, aby se pohyblivý čep na řetězovém kole mohl dostat za koncový spínač. Naklápěcí systém má poté tendenci naklopit lísky do opačné krajní polohy, takže úkolem obsluhy líhně je sledovat úroveň jejich naklopení a v případě vodorovné polohy vypnout jistič naklápění v rozvodné skříni předlíhně. V případě pozdního vypnutí naklápění se již lísky nebudou nacházet ve vodorovné poloze, což způsobí komplikace při jejich manipulaci. V tomto případě je nutné celý proces zopakovat. Zde je nutné poznamenat, že proces naklápění lísek je velmi pomalý a vyžaduje neustálý dozor obsluhy. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k modernizaci i tohoto systému.

Jak už bylo uvedeno, k modernizaci naklápěcího systému bylo přistoupeno z důvodu zvýšení jeho provozní spolehlivosti, ale především kvůli zjednodušení jeho obsluhy a zvýšení komfortu při naklápění lísek do jejich středové polohy.

Celý proces naklápění je svěřen řídicímu systému, jehož úkolem je periodicky spínat naklápění lísek a s pomocí koncových spínačů naklápění ukončit po dosažení krajních poloh. Perioda spínání naklápění je volitelná v uživatelském programu.

Naklápění lísek do středové polohy je řízeno programovatelným automatem, přičemž pro získání informace o dosažení středové polohy bylo nutné přidat další dvojici koncových spínačů. Ty jsou umístěny rovněž proti sobě (svírají tedy úhel 180°) a vzhledem ke koncovým spínačům krajních poloh svírají úhel 90° . Pro detekci jedné středové polohy lísek jsou použity dva koncové spínače z jednoho prostého důvodu. Při rotaci klikové hřídele kolem své osy o 360° totiž procházejí lísky dvěma středovými polohami. Tímto způsobem je tedy zaručeno, že lísky se budou naklápět vždy jen o přibližně 45° z libovolné krajní polohy do své středové polohy.

Naklápění lísek do středové polohy je možné ovládat jednak přímo z místnosti předlíhni díky tlačítkovým vypínačům a jednak prostřednictvím internetového prohlížeče a grafického uživatelského rozhraní ovládání líhni.

11 REALIZACE SIGNALIZACE HAVARIJNÍCH STAVŮ LÍHNÍ

Pro úspěšné dokončení jak procesu umělého předlíhnutí, tak i dolíhnutí bažantích mládřat je nutné zajistit správný a bezproblémový provoz každé z líhní. Je také zřejmé, že v každém technologickém procesu, byť sebedokonalejším, se vyskytuje určitá míra jeho poruchovosti. Stejným případem jsou také předlíhně a dolíhně bažantích kuřat, jejichž poruchovost a poruchovost regulace požadované teploty a relativní vlhkosti je významně ovlivněna vhodným výběrem řídicího systému i kvalitním zpracováním a provedením modernizace líhní. Je zřejmé, že nikdy nelze úplně předejít výskytu určitého typu poruchových stavů, ale v případě umělého líhnutí bažantů je vzhledem k povaze řízeného procesu nutné alespoň zaslání zprávy o výskytu poruchy.

Tato zpráva by měla být zaslána takové osobě, která by byla schopna zasáhnout v kterékoliv denní době a měla by odstranit poruchový stav v takovém čase, aby nebyly ohroženy životy zárodků inkubovaných vajec. Jak v případě předlíhni, tak i v případě dolíhni je mezní doba odstranění poruchy přibližně dvě hodiny od jejího výskytu, pokud se ovšem nejedná o překročení maximální povolené inkubační teploty. V případě nekontrolovatelného růstu inkubační teploty záleží především na jeho rychlosti. V tomto případě by však doba potřebná pro servisní zásah činila pouze několik desítek minut. V opačném případě by byly životy zárodků v inkubovaných vejcích vážně ohroženy.

11.1 Hlídaní požadované teploty a relativní vlhkosti

Hlídaní požadované teploty a relativní vlhkosti je realizováno na softwarové úrovni uživatelského programu. Prostřednictvím uživatelského rozhraní je uživateli umožněno nastavení horní i dolní mezní teploty nebo vlhkosti, po jejichž překročení dojde k vyslání zprávy o výskytu poruchy. Specifickým případem je však překročení dolní mezní teploty a relativní vlhkosti, ke kterému dochází vždy po otevření dveří líhně. Aby nedocházelo ke zbytečným planým poplachům, je tento případ ošetřen pomocí potlačení zasílání poruchových zpráv po otevření dveří líhně. Otevření dveří je detekováno pomocí elektromagnetického dveřního kontaktu, který je běžně používán v elektronických zabezpečovacích systémech (EZS).

Vzhled magnetického dveřního kontaktu je ilustrován na obrázku 44.



Obr. 44. Magnetický dveřní kontakt.

Po otevření dveří líhně jsou současně také potlačeny akční zásahy od všech regulátorů, tedy od regulátoru suchého a vlhkého topení, solenoidu i vzduchotechnické klapky. Tyto regulátory by díky prudkému poklesu teploty i relativní vlhkosti po otevření dveří dostávaly mylné informace a jejich snahou by bylo prudce reagovat na vzniklé změny. Výsledkem by bylo nastavení maximálního výkonu suchého i vlhkého topení, čímž by vznikaly zbytečné energetické ztráty díky vyvětrání veškerého vyprodukovaného tepla. V případě regulace vlhkosti elektromagnetickým ventilem by docházelo ke stálému dávkování vody na mezistrop předlíhně, což by později vedlo k rozladění jejího celého regulačního režimu. Na mezistropu by se nacházelo nadměrné množství vody, což by způsobovalo přílišné vlhčení vzduchu. Díky tomu by vzduchotechnická klapka musela být více otevřena, aby přebytečnou vlhkost odvětrala, avšak v důsledku většího množství čerstvého studeného vzduchu nasávaného líhní by musel být zvýšen výkon suchého topení. Konečný důsledek by měl opět dopad na energetickou efektivnost celé líhně a na regulační proces, který by se stal nestabilním.

Aby se předešlo výše popsanému scénáři, jsou veškeré akční zásahy od všech regulátorů potlačeny. K jejich opětovnému povolení dojde až po určitém časovém intervalu po zavření dveří líhně. Tento časový interval je nastavitelný v uživatelském programu a slouží k ustálení všech měřených hodnot a ke správnému vyhodnocení tendencí teploty a relativní vlhkosti, na jejichž základě pracuje regulátor klapky a elektromagnetického ventilu.

11.2 Hlídání napájecího napětí ventilátorů a topení

Pro úspěšnou inkubaci vajec bažantů až po jejich vyklubání ven z vejce je životně důležitým faktorem trvalý a dostatečný příjem kyslíku, který dýchají a odvod oxidu uhličitého, který naopak vylučují jako vedlejší produkt.

U předlíhni i u dolíhni slouží pro stálou výměnu a cirkulaci vzduchu dvojice ventilátorů umístěných ve ventilátorové komoře. Každý ventilátor je tvořen kovovou čtyřlístou vrtulí, která je poháněna střídavým třífázovým asynchronním motorem s rotorem nakrátko. Motor je však jednoduchou úpravou modifikován tak, aby mohl pracovat i na jednofázovém zásuvkovém okruhu. Abychom však pochopili problematiku poruch ventilátorů v líhních, je nutné si objasnit princip, na jakém pracují a úskalí, která skýtají.

Oba ventilátory jsou připojeny na elektrickou síť přes společný jistič, který zajišťuje nadproudovou ochranu celého elektrického obvodu. V případě předlíhni jsou tyto ventilátory spuštěny jednou za celou sezonu, to znamená jejich nepřetržitý provoz. Dolíhně jsou v provozu pouze tři dny v týdnu, kdy v nich probíhá konečná fáze líhnutí bažantích mládřat a jejich klubání. V obou případech však dochází vlivem nepříznivých okolních podmínek, jako jsou například koroze, prach, chemikálie a podobně a také vlivem opotřebení pohyblivých součástí ke snížení jejich provozní spolehlivosti. Uvedené vlivy většinou způsobují poškození ventilátoru, které se však nemusí projevit ihned na jeho výpadku. Mezi tyto poškození lze uvést například korozi kovové vrtule ventilátoru, která má za následek její excentricitu. Excentricita vrtule nevyhnutelně vede k nadměrnému opotřebení ložisek motoru, jejich následnému zadření a zkratu statorového vinutí. Stejně účinky mají například chemikálie a vlhkost, která proniká do statorového vinutí motoru a může způsobit snížení elektrické pevnosti jeho izolace a jeho následný průraz. V obou případech dojde k odběru nadměrného proudu ze sítě a jeho přeměně v teplo uvnitř statorového vinutí, které se začne nadměrně zahřívat. To se projeví charakteristickým zápachem spálené izolace statorového vinutí a může vést i k požáru okolních hořlavých předmětů.

Je zřejmé, že v obou případech zničení střídavého elektromotoru je žádoucí, aby neprodleně došlo k jeho odpojení od napájecího napětí. Toto zajišťuje vhodně zvolený jistič, který motory odpojí od napájecího napětí při jejich nadměrném proudovém odběru. V případě výpadku některého z ventilátorů by tedy mělo dojít k vypnutí jejich jističe a jejich následnému odpojení od napájecího napětí. Pro poruchovou signalizaci je proto vyhodnocováno napětí na ventilátorech a v případě jeho nepřítomnosti je tento stav vyhodnocen jako poruchový.

Podstatně sofistikovanější a dokonalejší řešení, o kterém se uvažovalo pro vyhodnocení stavů ventilátorů, spočívalo v měření proudu protékajícího jednotlivými

fázemi střídavého motoru. Je známo, že v případě rostoucího opotřebení motoru nebo jeho ložisek vzrůstají také třecí odpory a tudíž celkový proud odebíraný motorem. Stejně tak při poškození vinutí motoru jsou v nerovnováze elektrické proudy jednotlivými fázemi, které si jinak mají být rovny. Jednoduchým vyhodnocením a změřením parametrů nového nebo repasovaného motoru by poté bylo možno určit míru opotřebení nebo povahu poruchy jakéhokoliv motoru stejného typu. Díky tomu by bylo možné provést opravu poruchy motoru ve správný čas, ještě před jeho zničením a ušetřit tak mnohonásobně vyšší náklady vynaložené na složitou opravu při zničení jeho statorového vinutí. Toto řešení však nebylo realizováno díky jeho poměrně vysoké technické a především časové náročnosti a také z ekonomických důvodů.

Podobným způsobem je řešena poruchová signalizace v případě suchého a upraveného vlhkého topení u předlíní a vlhkého topení v případě dolíhí. Opět je snímáno a vyhodnocováno napětí za jističem určeným pro toto topení. Nepřítomnost síťového napětí signalizuje vypnutý jistič a tudíž nefunkční elektrický obvod vytápění líhně. Příčin selhání vytápění líhně může být více. Jednou z nich častokrát bývá porucha topného tělesa vlhkého topení, které je úplně nebo částečně ponořené do vody. Obvykle dochází k přepálení topné spirály uvnitř tělesa, což má za následek rozpojení elektrického obvodu, nebo v horším případě zkrat topné spirály na kovovou kostru topného tělesa. V prvním případě nedojde k vypnutí jističe a porucha je zjištělná pouze nepřímo na základě souvislého poklesu teploty vzduchu uvnitř líhně. Ve druhém případě dojde k vypnutí jističe a poruchu je možné detekovat okamžitě.

11.3 Přenášení zpráv o poruchových stavech líhni pomocí sítě GSM

Jak již bylo uvedeno, zprávy o poruchových stavech líhni je nutné přenášet jejich obsluze v libovolnou denní dobu i v případě, kdy není fyzicky přítomná v areálu líhnařského sdružení. K tomuto účelu slouží GSM brána GSM2-01, která využívá mezinárodní komunikační síť GSM (Globální Systém pro Mobilní komunikaci). Díky této síti je umožněn přenos krátkých textových zpráv SMS (Short Message Service) nebo telefonních hovorů přímo na mobilní telefon obsluhy líhni. GSM brána je součástí řídicího systému jakožto jeho jednotka a je připojena k základnímu modulu PLC pomocí sériové komunikační linky RS-232. Tato jednotka má velikost 3M a je určená pro montáž na lištu U. Její vzhled je ilustrován na obrázku 45.



Obr. 45. GSM brána GSM2-01.

Díky jednotce GSM je možné zasílat a přijímat zprávy SMS a také uskutečňovat a přijímat telefonní hovory. Jednotka je vybavena konektorem pro připojení externí antény pro případ její montáže na místo se slabým nebo žádným GSM signálem.

Všechny poruchové stavy jsou souhrnně přenášeny ze všech předlíhni i dolíhni na mobilní telefon jejich obsluhy a na mobilní telefony dalších osob, které jsou pověřené dohledem nad celým řízeným procesem. Zpráva je posílána ve formě prozvánění konkrétního telefonního čísla po zvolený časový interval a s požadovanou periodou. Úkolem příjemce zprávy je potom zkontrolovat řízený proces přímo fyzicky na místě, nebo na internetu pomocí webového ovládacího rozhraní líhni. Pomocí ovládacího internetového rozhraní líhni je častokrát možné vzdálené odstranění většiny poruch manuálním zásahem do řízeného procesu. V případě výskytu závažnějších poruch (například mechanických, elektrických) je však fyzická přítomnost v areálu nevyhnutelná.

Forma zasílání jednoduché zprávy pomocí prozvánění zvoleného telefonního čísla byla zvolena především z ekonomických důvodů a je také založena na předpokladu, že každý z příjemců má kdykoliv k dispozici internetové připojení, což již v dnešní době není neobvyklé. Krátká textová zpráva je periodicky zasílána vždy jen po delším časovém intervalu a to z důvodu možnosti zablokování předplacené karty operátora v případě, že z ní není čerpán kredit.

12 GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ PRO OVLÁDÁNÍ AUTOMATICKÝCH LÍHNÍ

Jak již bylo uvedeno, předlíně i dolíně je možné vzdáleně sledovat i řídit prostřednictvím webového serveru integrovaného v základním modulu PLC. Díky němu je možné připojení na řízenou technologii prakticky z jakéhokoliv místa na světě přes celosvětovou počítačovou síť internet.

Grafické uživatelské rozhraní bylo vytvořeno pomocí WebMakeru, který je standardně integrován ve vývojovém prostředí Mosaic. Tento nástroj umožňuje rychlou a efektivní tvorbu grafického interaktivního prostředí, díky němuž lze sledovat, parametrizovat i řídit celý technologický proces. WebMaker nabízí paletu standardních grafických a ovládacích prvků, které jsou totožné s jazykem HTML (**H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage). Mezi ně patří především textová pole, formulářová zadávací a zobrazovací pole, obrázky, animované GIF obrázky a dvoustavová obrázková tlačítka. Všechny tyto prvky lze vkládat na stránku požadované velikosti. V případě potřeby je možné vytvořit více hierarchicky uspořádaných stránek, mezi nimiž se lze pohybovat pomocí odkazů na postranní liště nebo prostřednictvím textových nebo grafických odkazů na pracovní ploše. V případě ovládacího rozhraní líní jsou vytvořeny dvě hlavní skupiny stránek pro předlíně a dolíně. V každé skupině se potom nalézají webové stránky umožňující přístup k ovládní a parametrizaci jednotlivých samostatných líní.

Po úspěšném vytvoření a odladění grafického ovládacího rozhraní ve vývojovém prostředí Mosaic je nutné provést jeho kompilaci do výsledné podoby webových stránek a nakonec jej nahrát na paměťovou kartu základního modulu programovatelného automatu.

Samostatnou kapitolou je zabezpečení webového serveru programovatelného automatu proti útokům nekompetentních osob z internetu. Webový server nabízí deset úrovní zabezpečení, přičemž každá úroveň dovoluje změnu stavů jen některých ovládacích prvků nebo přístup jen na některé webové stránky. Tímto způsobem je umožněno nastavení individuálních přístupových práv pro případ, kdy k ovládacímu rozhraní přistupuje více osob s různou kvalifikací. Každé úrovni zabezpečení lze přiřadit samostatné uživatelské jméno a heslo, které je nutné vyplnit při vstupu do systému.

ZÁVĚR

Modernizace předlíhni začala již na počátku roku 2008. Tehdy byl implementován řídicí systém společně s měřicími prostředky, který zajišťoval automatickou regulaci teploty a vlhkosti uvnitř předlíhni a regulaci polohy klapky vzduchotechniky pro optimální větrání vnitřního prostoru předlíhne. Parametrizace a sledování řízeného procesu je nyní možné prostřednictvím internetu a standardního internetového prohlížeče, ve kterém je zobrazováno uživatelské rozhraní. Tato funkcionalita je velice užitečná a je umožněna díky integrovanému webovému serveru v programovatelném automatu.

V roce 2009 došlo k dalšímu výraznému rozšíření původního projektu modernizace. Předlíhne jsou vedle původního systému vlhčení vzduchu, kterým bylo upravené vlhké topení, nyní vybaveny novým systémem vlhčení vzduchu pomocí elektromagnetického ventilu a mezistropu předlíhne, který tvoří nádrž pro volný odpar vody. Toto řešení přináší další nemalé úspory elektrické energie, které byly dosaženy přechodem z dvoupolohové povahy regulace teploty na regulaci spojitou. Elektroinstalace každé předlíhne byla upravena tak, aby bylo možné předlíhne vzdáleně zapnout nebo vypnout a doplněna o signalizaci poruchových stavů. Informace o poruchových stavech se přenášejí do řídicího systému, který je vyhodnocuje. V případě výskytu závažné poruchy předlíhne, nebo zhoršení životních podmínek pro úspěšné dokončení inkubace vajec je zasílána zpráva na mobilní telefon její obsluhy. O zasílání zpráv se stará GSM brána, která je k řídicímu systému připojená jako jeden z jeho periferních modulů. Zpráva může být zasílána ve formě krátké textové zprávy (SMS), nebo také prostým prozvoněním zvoleného mobilního telefonního čísla. V poslední řadě došlo k modernizaci automatického naklápění lísek. Tuto funkci zastával elektromechanický časovač, tzv. impulzátor, který byl již technicky zastaralý a také neumožňoval snadné naklopení lísek do středové polohy potřebné během každodenního nasazování lísek s vejci. Naklápěcí systém každé předlíhne byl proto vybaven dalšími dvěma koncovými spínači na středovou polohu lísek. O pravidelné naklápění lísek se nyní stará řídicí systém a jejich naklopení do středové polohy je možné prostřednictvím tlačítkového ovladače v místnosti.

Vedle předlíhni došlo také k modernizaci a částečné automatizaci dolíhni. Ta spočívá v implementaci spojitě regulace teploty uvnitř dolíhni. Dolíhne jsou nyní vybaveny snímačem teploty a relativní vlhkosti a také výkonovým stmívačem, který zajišťuje řízení

výkonu topného tělesa. Stmívač je vlastní konstrukce a oproti loňskému roku je podstatně technicky i vzhledově dokonalejší.

Projektem modernizace předlíhni a dolíhni bylo dosaženo mnohých zlepšení, usnadnění obsluhy, ekonomických úspor a zvýšení spolehlivosti. Díky nasazení moderního číslicového řídicího systému je nyní možné dlouhodobě, přesně a spolehlivě udržovat nastavenou požadovanou teplotu a relativní vlhkost. Tyto dvě veličiny výrazně ovlivňují efektivitu celého procesu umělého líhnutí kuřat již v předlíhních. Tak bylo dosaženo výrazného zvýšení líhivosti inkubovaných vajec průměrně o 20%, kdy efektivita procesu vzrostla z původních 60% na současných 80%. Ke zvýšení efektivity přispívá také nově navržený a zavedený varovný systém, který v případě mimořádné události ihned informuje obsluhu líhni. Spojitá povaha regulace teploty a relativní vlhkosti, společně s efektivním systémem větrání líhni, přináší oproti původní dvoupolohové regulaci úspory elektrické energie, které se významnou měrou odráží v celkových nákladech na umělé líhnutí kuřat bažantů. Další důležité přínosy modernizace líhni připadají především na jejich obsluhu, která se stala mnohem jednodušší a komfortnější díky možnosti vzdáleného parametrizování a dohledu nad všemi líhněmi pomocí webového prohlížeče a počítače připojeného na internet. Obsluha líhni má neustále k dispozici aktuální procesní data a například i ze svého domova může dle potřeby zasahovat do procesu líhnutí.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ (CONCLUSION)

A modernization of the back-incubators began in 2008 already. At that time was implemented a control system with the measuring sensors, which provide automatic regulation of temperature and relative humidity inside the back-incubators and also regulate the air valve for optimal ventilation of an interior of the back-incubator automatically. The parametrization and monitoring is now possible via internet and standard web browser in which is an user interface displayed. This function is very useful and is made possible by the integrated web server in PLC.

The primary project of the automatization was extended in year 2009. The back-incubators are equipped with the new humify system with electromagnetic valve and a semi-roof now, beside the original system what is modified wet heating. The semi-roof has function as the tank for water evaporation as well. This feature solution gives large energy savings, which have been achieved by the conversion from two-step regulation to continuous regulation. The electrical set of each back-incubator was equipped with remote on - off control. The electrical set was also supplemented by failure state signalization. Information about these failure states is transferred to control system, which processes it. If the critical failure or fall of the living conditions is occurred, message on the cell phone of operator will be sent. These messages are sent with GSM gate, what is peripheral module of the control system. The message can be sent as a short text message (SMS) form or also simply like phone call on the chosen phone number. Modernization of the automatic flake hanging took place at last. This function was provided by electro-mechanics timer, what was technical obsolete and also didn't allow easy inclination of the flakes to central position. This position is necessary for weekly inserting of the flakes with pheasant eggs. The inclining system of each back-incubator was therefore fitted with two switching devices of central position of the flakes. The periodic inclination of the flakes is now provided by the control system and the inclination to the central position is possible through the push button panel in the room.

Beside the back-incubators also incubators for final incubation were modernized and semi-automatized. The general part of this modernization is implementation of the continuous regulation of the temperature in the incubators. These incubators are fitted with temperature and relative humidity sensors now, as well as power dimmer, which provides

the performance managing of the heater. The dimmer is own construction and is improved in technical and design parameters than last years model.

With the modernization project of the incubators was achieved many improvements, service simplifications, cost savings and reliability increasing. Thanks to application of the modern control system is now possible to keep defined temperature and relative humidity for long time, exactly and reliably. These two magnitudes have significant effectivity of whole artificial incubation process in back-incubators already. Thus, it was achieved significant increase of the hatching performance of the incubated eggs about 20 percent in average. The process effectivity was increased from beginnings 60 percent to 80 percent at this time. The contributing of new developed and applicated warning system, which gives immediately notice to the staff in case when an incident is occurred, also increased the effectivity. The continuous regulation of the temperature and relative humidity, together with an effective system of the incubator's ventilation makes energy saving compare to two-step regulation and decreases the costs of artificial incubating. Further significant contributions are easier and more comfortable service thanks to possibility of on-line programming and monitoring of all incubators via web browser and computer connected to internet. The staff has all actual process data anytime and is able to manage to the incubating process as necessary from own home for example.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MIESLER, R.: Průvodce umělým odchovem ptáků. Epava, 2005. ISBN 8086297306.
- [2] BASTIAN, P.: Praktická elektrotechnika. Europa – Sobotáles, Brno, 2004. ISBN 808670615X.
- [3] HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001. ISBN 80-7318-131-2 (brož.).
- [4] KLAUS, T.: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005. ISBN:80-86706-13-3.
- [5] HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004. ISBN 80-86706-08-7.
- [6] CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
- [7] ĎADO, S., KREIDL, M.: Senzory a měřicí obvody. ČVUT, Praha, 1999.
- [8] <http://www.bioska.cz/>
- [9] *Automatické líhně* [online]. 2001 [cit. 2009-05-20]. Český. Dostupný z WWW: <<http://bioska.cz/lihne.html>>.
- [10] *Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot*. 10. aktualiz. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2009. 219 s. Dostupný z WWW: <<http://tecomat.cz/docs/cze/Tecomat/txv00410.pdf>>.
- [11] *Příručka projektanta systémů FOXTROT*.. [s.l.] : [s.n.], 2009. 57 s. Dostupný z WWW: <<http://tecomat.cz/docs/cze/Tecomat/txv00411.pdf>>.
- [12] *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic*. 10. aktualiz. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2007. 101 s. Dostupný z WWW: <<http://tecomat.cz/docs/cze/Software/Mosaic/TXV00321.pdf>>.
- [13] *Snímače teploty s kabelem*. 12. aktualiz. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2009. 6 s. Dostupný z WWW: <http://sensit.cz/images/stories/dokumenty/pdf/06_12.pdf>.
- [14] *Jednotky systému INELS* [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://inels.cz/index.php?sekce=produkty&akce=show&id=56>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D (ADC)	Analog to Digital Converter – analogově digitální převodník
CIB	Common Instalation Bus
CISC	Complex Instruction Set Computer
D/A (DAC)	Digital to Analog Converter – digitálně analogový převodník
EMC	Electromagnetic Compatibility
FBD	Function Block Diagram
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci
HTML	HyperText Markup Language
IDM	INELS Designer and Manager
IL	Instruction List
IRC	Inkrementální rotační čidlo
KBI	Keyboard Interrupt
LD	Ladder Diagram
LED	Light Emitting Diode
MCU	Microcontroler Unit
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
PID (PSD)	Proporcionálně-integračně (sumačně)-derivační
PLC	Programmable Logic Controler
RH	Relative Humidity
SMS	Short Message Service
ST	Structured Text
TIM	Timer Interrupt Module
USB	Universal Serial Bus

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Myslivecké líhnařské sdružení v Míškovicích u Holešova.	9
Obr. 2. Chovné hejno bažanta obecného.	12
Obr. 3. Skladba ptačího vejce.	13
Obr. 4. Vejce bažanta obecného.	14
Obr. 5. Vejce bažanta královského.	15
Obr. 6. Předlíheň OBO-075	20
Obr. 7. Vertex.	22
Obr. 8. Dolíheň OB1-025.....	24
Obr. 9. Programovatelný automat Tecomat Foxtrot.	28
Obr. 10. Schéma propojení základního modulu PLC s periferními moduly.....	29
Obr. 11. Centrální modul PLC Tecomat Foxtrot.	31
Obr. 12. Modul binárních vstupů IB-1301.....	33
Obr. 13. Schéma připojení binárních vstupů k modulu IB-1301.....	34
Obr. 14. Modul binárních výstupů OS-1401.	35
Obr. 15. Schéma zapojení spotřebičů na binární výstupy modulu OS-1401.	36
Obr. 16. Modul binárních vstupů a reléových výstupů IR-1501.....	37
Obr. 17. Schéma zapojení spotřebičů na výstupy modulu IR-1501.....	38
Obr. 18. Analogový modul IT-1601.	39
Obr. 19. Schéma zapojení analogových vstupů modulu IT-1601.....	40
Obr. 20. Schéma zapojení spotřebičů na analogové výstupy modulu IT-1601.....	42
Obr. 21. Příklady provedení pasivních odporových snímačů teploty.	43
Obr. 22. Provedení pasivního odporového snímače teploty.	43
Obr. 23. Topné těleso pro ohřev vzduchu.....	46
Obr. 24. Topné těleso vlhkého topení.....	46
Obr. 25. Vlhké topení.	47
Obr. 26. Snímač relativní vlhkosti.	48
Obr. 27. Vlhkostní čidlo HIH-4000.	48
Obr. 28. Závislost výstupního napětí čidla HIH-4000 na RH.....	49
Obr. 29. Držák osazený snímačem relativní vlhkosti a teploty.....	50
Obr. 30. Schéma zapojení snímače relativní vlhkosti.....	51
Obr. 31. Upravené vlhké topení.	52

Obr. 32. Elektromagnetický ventil.....	52
Obr. 33. Servopohon AG MINI.....	55
Obr. 34. Vnitřní zapojení servopohonu AG MINI.....	56
Obr. 35. Umístění a mechanické spojení servopohonu AG MINI s klapkou vzduchotechniky.....	57
Obr. 36. Základní obvodové zapojení triaku.....	58
Obr. 37. Princip spínání triaku zobrazený na jedné sinusové vlně.....	59
Obr. 38. Blokové schéma jednoho kanálu regulátoru střídavého proudu.....	60
Obr. 39. Schématické rozmístění a názvy pinů mikrokontroléru NITRON.....	62
Obr. 40. Pohled na stmívací jednotku společně s filtračními tlumivkami a jističem.....	65
Obr. 41. Pohled na boční stěnu líhně s instalovanou stmívací jednotkou (vpravo od jednotky jsou zřetelné chladiče triaků).....	65
Obr. 42. Jednakanálová stmívací jednotka.....	66
Obr. 43. Blokové schéma jednakanálové stmívací jednotky.....	67
Obr. 44. Magnetický dveřní kontakt.....	75
Obr. 45. GSM brána GSM2-01.....	78

SEZNAM TABULEK

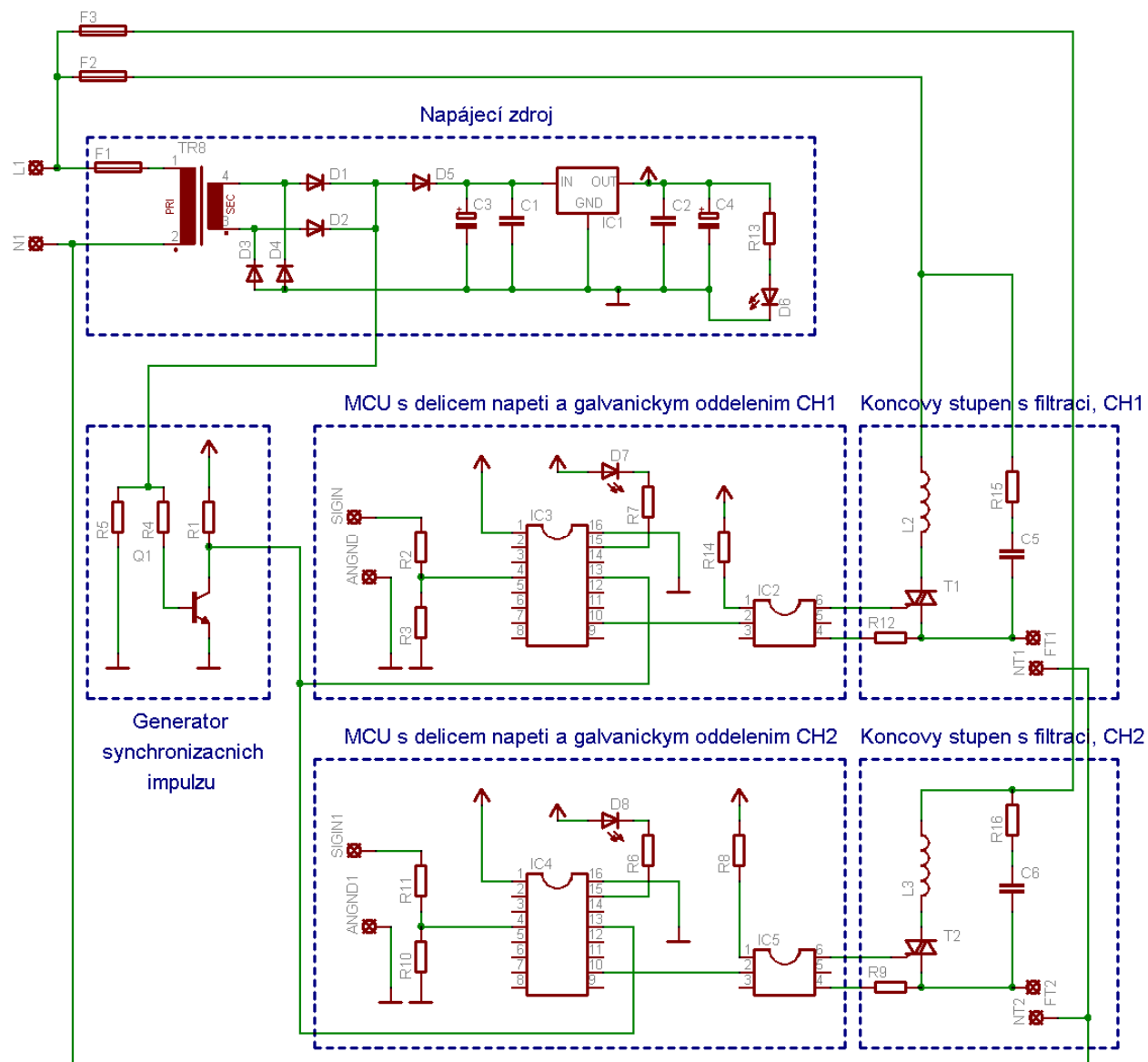
Tab. 1. Základní parametry analogových vstupů modulu IT-1601.....	41
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I Obvodové schéma zapojení dvoukanálové triakové stmívací jednotky

Příloha P II Obvodové schéma zapojení jednokanálové stmívací jednotky

PŘÍLOHA PI: OBVODOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ DVOUKANÁLOVÉ TRIAKOVÉ STMÍVACÍ JEDNOTKY



PŘÍLOHA P II: OBVODOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ JEDNOKANÁLOVÉ STMÍVACÍ JEDNOTKY

