



VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ

ELEKTRONICKÉ ŘÍZENÍ ÚPRAVÁRENSKÝCH STROJŮ

Kandidátská disertační práce

Školící pracoviště: VŠST Liberec - Fakulta textilní
Oborný školitel: Doc. Ing. Jiří Zelenka DrSc.
Aspirant: Ing. Milan Stejskal

listopad 1985

LIBEREC

A N O T A C E

Předložená disertační práce se zabývá elektronickým řízením úpravárenských strojů, především napínavých, sušících a fixačních strojů. Po analýze možných regulačních uzlů je řešena otázka některých čidel a výstupních akčních členů a navrženy některé původní metody snímání odchylky polohy textilie. Je propracována metoda použití selsynů rozkladačů v oblasti jak číslicových, tak analogových signálů. V oblasti studia rychlosti odezvy teplotních čidel je v práci popsán program pro řešení nestacionárního vedení tepla stěnou. Dále v práci je řešena otázka regulace teplot cirkulačního vzduchu pro ohřev textilie za použití programu řešícího optimální regresey platinových teploměrů Pt 100. Je navržen původní způsob měření předstihu a původní řešení zavádění textilního pásu do úpravárenských strojů. V oblasti výkonových akčních členů je navržen způsob regulace teploty cirkulačního vzduchu za pomoci výkonových spínačů, schopných řídit odporovou zátěž až do výkonu 60 kW. Výkonová jednotka je navržena pro řídicí signál 0 - 10 V, případně pro řízení 4bitovým binárním slovem. Dále je v práci provedena analýza možných chyb vznikajících u doposud používaných regulátorů teplot a navržen nový regulátor teplot z hlediska vyšší přesnosti regulace. Výsledky veškerých návrhů jsou okamžitě využitelné pro praxi a většina z popisovaných zařízení se v k. p. Elitex Chrastava vyrábí nebo se připravuje pro sériovou výrobu.

O B S A H

ANOTACE

1. ÚVOD
2. STRUČNÝ POPIS NAPÍNAČÍHO, SUŠÍČÍHO A FIXAČNÍHO STROJE Z HLEDISKA VELIČIN VHODNÝCH PRO REGULACI
3. ČIDLO PRO SNÍMÁNÍ RYCHLOSTI ROZPÍNAČÍCH ŘETĚZŮ STROJE A PRO SNÍMÁNÍ OVBODOVÉ RYCHLOSTI PODÁVACÍCH VÁLCŮ
4. ČIDLO A ZAŘÍZENÍ PRO DIGITÁLNÍ INDIKACI NASTAVENÉ ŠÍŘE
 - 4.1 Koncepce digitální indikace šíře
 - 4.2 Princip činnosti selsynového čidla
 - 4.3 Princip činnosti vyhodnocovacího zařízení
 - 4.4 Popis funkčních částí vyhodnocovacího zařízení
 - 4.41 Oscilátor
 - 4.42 Dělička 678
 - 4.43 Dělička čtyřmi (dvojfázovač)
 - 4.44 Filtr
 - 4.45 Fázový detektor
 - 4.5 Úvaha o přesnosti vyhodnocení
 - 4.51 Aktivní filtr druhého řádu
 - 4.52 Vliv změny teploty na filtr druhého řádu
 - 4.53 Aktivní filtr typu dolní propust
 - 4.54 Vliv změny teploty na filtr typu dolní propust
 - 4.55 Volba vhodného filtru

5. ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ RYCHLOSTI STROJE

5.1 Princip měření rychlosti úpravářenských strojů

6. ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ PŘEDSTIHU ÚPRAVÁRENSKÝCH STROJŮ

6.1 Účel zařízení

6.2 Možné způsoby indikace předstihu

6.3 Popis zařízení pro měření předstihu

7. SYSTÉMY REGULACE TEPLoty CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU

7.1 Řešení nestacionárního vedení tepla stěnou

7.11 Matematické řešení průběhu teplot v tuhém tělese

7.12 Výpočet na počítači TEXAS INSTRUMENTS

7.2 Způsob regulace teploty cirkulačního vzduchu fixačních polí

7.3 Koncepce cyklické výkonové jednotky topení 48 kW

7.31 Princip činnosti

7.32 Popis činnosti jednotek

7.33 Úvaha o použití vhodných tyristorů

7.34 Konstrukční uspořádání elektroskříní a jejich odvětrávání

8. REGULÁTOR TEPLoty CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU

8.1 Měřicí obvod

8.2 Optimální lineární regrese teploměrného tělíska Pt 100 pro používaný rozsah pracovních teplot

8.3 P-regulační člen regulátoru teplot

9. ZAVÁDĚNÍ PÁSU TEXTILIE DO NAPÍNACÍCH, SUŠÍCÍCH A FIXAČNÍCH STROJŮ

9.1 Princip činnosti zavádění

9.2 Princip činnosti selsynu rozkladače ve funkci čidla zavádění

9.3 Popis elektroniky zavádění

9.31 Všeobecný popis

9.32 Popis jednotky XV 25

9.33 Popis jednotky XV 24

9.34 Popis jednotky XV 25

10. PŘÍNOS VÝSLEDKU PRÁCE

11. ZÁVĚR

12. LITERATURA

1. ÚVOD

Tradiční dobrá úroveň československých textilních strojů zaručovala prodejnost našich strojů na světových trzích. V současné době se však část strojů, jejichž spolehlivost, výkonnost a technické parametry neodpovídají světové špičce, stává neprodejná. Špičkovost a perspektivnost textilním strojům dnes zpravidla uděluje určité elektronické části, které jim zaručují komfort obsluhy, stálost nastavených parametrů, vyšší výkon, autodiagnostiku atd. V mnoha případech zavádění elektrotechniky pomáhá zvyšovat užité vlastnosti strojů a spořit klasický materiál používaný při jejich výrobě. Předkládaná kandidátská disertační práce byla motivována snahou dosáhnout vyšších užitečných vlastností u napínacích, sušících a fixačních strojů, vyráběných v k. p. Elitex Chrastava.

Vzhledem k tomu, že stěžejním problémem automatizace a využití elektroniky při řízení úpravárenských strojů je nedostatek vhodných čidel a výkonových akčních členů, bylo cílem této disertační práce navrhnout a konstrukčně zpracovat taková čidla a výkonové členy, která jsou nezbytná pro další elektronizaci stroje. V návaznosti na tato čidla bylo nutno zkonstruovat některé jednoduše měřicí přístroje, jejichž nutnost vyplynula z požadavku státních zkušeben /1/. Tyto měřicí přístroje jsou vesměs patentově chráněny /2/. Byly navrženy hardwarovým způsobem a jejich seriová výroba byla zahájena zhruba za pět měsíců od jejich návrhu.

Snahou této disertační práce bylo navržení i některých výkonových členů, jako např. regulační jednotky 48 kW.

Vývoj této jednotky byl motivován snahou o odstranění vznikajícího rušení při používání dosavadních jednotek R502E dovážených z NDR, při současném podstatném zjednodušení a úspoře prostoru. Tato jednotka svou koncepcí již předpokládá budoucí mikropočítačové řízení a má pro toto upravenou sběrnici.

Velmi důležitou otázkou u napínacích a sušicích strojů je regulace fixační teploty uvnitř stroje. Doposud používané regulátory TRS 117 nevyhovují jak z hlediska přesnosti nastavené požadované teploty, tak z hlediska vlastní regulace. V této disertační práci je proveden rozbor možných chyb vzniklých přímkovou aproximací křivky 2, řádu teploměru Pt 100, který je používán jako čidla a je zde navržen program pro optimální regresy. Cílem tedy bylo navržení nového regulátoru, který by akceptoval výše uvedené nedostatky a umožňoval následné mikropočítačové řízení v systému WETFIX (mokrý fixace). Tento systém je v současné době vyvíjen v EKVÚ Liberec.

Nedostatek vhodných seriově vyráběných čidel pro měření odchylky polohy byl v této práci řešen původním použitím selsynů rozkladačů, jak v oblasti číslicové indikace, tak v oblasti analogových signálů. Cílem práce bylo provedení matematického rozboru činnosti a následné konstrukce elektroniky čidel.

Použití selsynu rozkladače ve funkci polohového čidla s analogovým výstupem je původním řešením, které je přihlášeno k patentování /3/.

V oblasti studia rychlosti odezvy teplotních čidel bylo cílem této disertační práce vypracování programu řešení nestacionárního vedení tepla stěnou, vycházející z teoretických prací /4/, /5/. V předložené práci je program zpracován pro použití kalkulátoru TI 59, který je v technické praxi velmi rozšířen.

Postupným zaváděním zde popisovaných zařízení odpadá jejich dovoz, zvyšují se užité hodnoty úpravářenských strojů a zlevňuje se výroba. V návaznosti na konstrukci určitých elektronických uzlů stroje bylo nutno řešit i navazující strojní část, jejíž popis přesahuje rámec této práce.

2. STRUČNÝ POPIS NAPÍNACÍHO, SUŠÍČÍHO A FIXAČNÍHO STROJE Z HLEDISKA VELICIN VHODNÝCH PRO REGULACI

Napínací, sušící a fixační stroj (NSF) je jedním z nejdůležitějších strojů používaných v úpravárenském procesu. Kromě běžného sušení umožňuje realizovat i procesy, při nichž musí být textilie po určitou dobu vystavena účinkům zvýšení teploty, jako je tepelná fixace, termozolování nebo kondenzace.

Mezi nejzákladnější části NSF zejména patří [9]:

a) Vstupní konstrukce

Tato konstrukce umožňuje odběr zboží ze skládky, případně z velkonábalu či maloprůměrových válu.

b) Kompenzátor

Toto zařízení umožňuje sladit rychlost NSF s rychlostí foulardu, příp. jiného předřazeného stroje.

c) Automatický vyrovnávač útku

d) Spodní a vrchní podávací válec

Pomocí nich je umožněno ve stroji vyrážení, případně protahování zpracovávané textilie.

e) Zaváděcí zařízení

Toto zařízení umožňuje spolehlivé naještění textilie na jehličky řetězu, případně zavedení do klapek v přesně definované vzdálenosti od okraje textilie.

f) Najeřlovací zařízení

g) Sušící a fixační sekce komory stroje

h) Odjehlovací zařízení

- i) Velkonábal, středový navíječ, skladač
- j) Náhon stroje
- k) Rekuperátor tepla
- l) Odsávání ze stroje

Z hlediska elektronické regulace stroje mohou některé části pracovat zcela autonomně, u jiných regulačních uzlů vznikají složité vazby na více regulovaných smyček. Komplexní řízení těchto strojů je velice obtížné a doposud žádný z výrobců NSF strojů nedodává komplexní řídicí systém. To pramení zejména z toho, že stroje doposud nejsou plně zautomatizovány, aby mohly pracovat bez obsluhy. Žádný z výrobců doposud nevyřešil automatické zavedení textilie do stroje a automatické spuštění stroje bez zásahu obsluhy.

O komplexní řízení stroje se tedy doposud nikdo nepokusil. Vyrábějí se však systémy umožňující kontrolu činnosti obsluhy s automatickým přednastavováním určitých regulačních smyček. Tento systém je vyráběn např. firmou MAHLO a nazývá se PROPEX /25/.

Systém Protex umožňuje bezchybně nastavit určité regulátory, kontrolovat probíhající proces, hlásit vzniklé závady a zaprotokolovat je tiskárnou, optimalizovat proces a na jeho konci vytisknout statistické údaje. Z hlediska regulace je možno na NSF strojích vytipovat několik základních regulačních smyček.

1. Smyčka řízení rychlosti stroje

Rychlost stroje se nastavuje buď na základě zkušeností (na základě nutného času k vysušení u obdobných druhů textilií na tomto stroji již v minulosti zpracovávaných), nebo je automaticky řízena regulátorem udržujícím na výstupu stroje konstantní vlhkost.

Tyto regulátory však spolehlivě pracují pouze při velkých zpracovávaných partiích textilie. Systémy snímání vlhkosti pracují buď na odporovém principu (vhodné pouze pro textilie z přírodních surovin), nebo se používají systémy reagující na změny určitých fyzikálních vlastností textilie (měrné teplo atd.).

Rychlost stroje při fixaci je určena časem nutným k provedení tepelné fixace textilních materiálů. Tato doba bývá zpravidla zadávána textilním technologem. Pro regulaci je nutné znát teplotní profil po délce stroje. Ten se dá určit buď z tepelného výkonu ohříváče (mokrý textilie po odpaření přebytečné vody vyžaduje vyšší výkon ohříváče než textilie suchá, která se pouze ohřívá na fixační teplotu), případně pomocí několika infrateploměrů umístěných na vhodných místech.

2. Smyčka řízení předstihu stroje

Předstih stroje umožňuje řádné vysrážení textilie ve stroji (viz kapitola 6). Základní nastavení se většinou provádí empiricky na základě zkušeností. Jako zpětná kontrola může sloužit měřič plošné hmotnosti, který snímá tuto hmotnost na výstupu ze stroje. Tento měřič vyrábí např. firma MAHLO /26/.

Princip měření je založen na efektu zeslabení radioaktivního záření vlivem hmotnosti textilie. Nastavený předstih je většinou ještě korigován na základě zkoušek srážlivostí, u kterých doposud neexistuje objektivní průběžný způsob měření.

3. Smyčka regulace odsávání ze stroje

Zvýšením účinků odsávání ze stroje lze zvýšit i sušící výkon stroje, avšak za cenu neúměrného nárůstu spotřeby energie. Dá se dokázat, že optimální odsávání je takové, při němž každý 1 m^3 odsávaného vzduchu obsahuje $100 \text{ g H}_2\text{O}$. Na uvedeném základě lze tedy měřit

vlhkost odsávaného vzduchu a provádět zpětně regulaci odsávání přivíráním klápek v odsávacím kanálu. Jediná doposud nejspolehlivější metoda průběžného měření vlhkosti odsávaného vzduchu byla vypracována firmou MAHLO /27/.

4. Smyčka regulace mazání

Mazání stroje doposud většina firem provádí empiricky na základě doporučení výrobců maziv. Neexistuje doposud ucelený regulační systém, který by bral v úvahu veškeré vlivy. Přitom cena speciálních maziv odolných teplotám do 240°C je značná. Řádný regulátor by měl měřit výkon náhonových motorů a na základě přírůstku výkonu v určitém časovém okamžiku provádět přimazávání. Současně by měla být intenzita mazání ovlivňována rychlostí stroje a teplotou uvnitř stroje. Při vyšší rychlosti stroje je více maziva unášeno kluzkou mimo stroj. Při vyšší teplotě nastává vyšší odpar maziv. Kvalita mazání by měla být kontrolována i ultrazvukovými čidly.

5. Smyčka regulace zavádění textilie do stroje

Přední světoví výrobci NSP strojů na svých strojích používají zařízení specializované firmy Erhard-Leimer typu KR-48. Cena tohoto systému je však značná. Stěžejním místem těchto regulátorů jsou čidla snímající odchylku textilie od střední hodnoty. Regulátor může pracovat autonomně.

6. Smyčka regulace nastavování šířek jednotlivých polí

Většinou se provádí pouze empirické nastavení jednotlivých šířek. Rozhodující je nastavení šíře v posledním poli. Profil šířek po délce stroje by měl být nastavován s ohledem na výkon náhonového motoru.

7. Smyčka regulace rekuperace

Akčními orgány této regulace mohou být buď servomotory pohonu klápek v odsávání a přísávání, nebo mohou být regulovány otáčky odsávacích a přísávacích ventilátorů. Rozhodujícím faktorem by měl být nepatrný podtlak v komoře. Tím je zamezeno unikání odpadního vzduchu do okolí stroje. Regulátor by měl na základě optimální vlhkosti odsávaného vzduchu (100 g vody v 1 m³ odsávaného vzduchu) nastavit množství přísávaného vzduchu do komory. Měl by indikovat účinnost rekuperace a upozorňovat obsluhu na poruchové stavy (zaněšení teplosměnných ploch, zanešení ventilátoru).

3. ČIDLO PRO SNÍMÁNÍ RYCHLOSTI ROZPÍNACÍCH ŘETĚZŮ STROJE A PRO SNÍMÁNÍ OBVODOVÉ RYCHLOSTI PODÁVACÍCH VÁLCŮ

Jedním z nejzákladnějších parametrů, který je nutno na úpravářenských strojích přesně indikovat a regulovat je rychlost otáčení podávacích válců a rychlost rozpínacích řetězů stroje. Přesná znalost těchto parametrů podmiňuje ekonomiku provozu a kvalitu zpracovávaného materiálu. Pro snazší manipulaci s údaji čidel snímajících tyto veličiny je výhodnější, aby čidla pracovala s číslicovým výstupem.

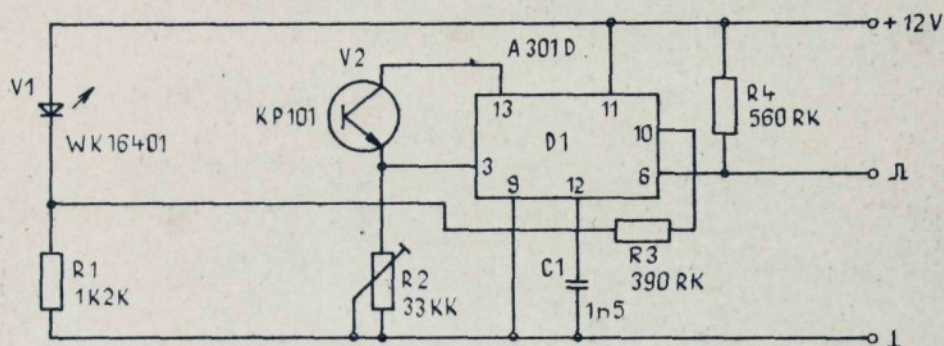
Tato čidla se běžně vyrábějí např. v ZPA Košiče /6/. Pro použití na úpravářenských strojích jsou však nevhodná, a to převážně z těchto důvodů:

- a) Pracují na fotoelektronickém principu a jako zdroje světelného toku používají žárovku, jejíž životnost je omezená.
- b) Jejich cena je příliš vysoká, protože jsou konstrukčně řešeny tím způsobem, že umožňují rozpoznávat smysl otáčení.

Z těchto důvodů bylo navrženo čidlo pracující na principu přerušování infračerveného světelného toku emitovaného LED diodou. Čidlo bylo řešeno jako samostatný člen s vestavěnou elektronickou částí, kde propojení s ostatními elektronickými zařízeními je provedeno pomocí kabelu zakončeného konektory. Výstup čidla je proveden v úrovně logice členů DTL. Použití této logiky má své opodstatnění obzvláště při použití čidel v úpravářenských provozech, kde úroveň rušení je značná. Ve vstupních obvodech připojených zařízení je pak úroveň DTL převáděna na úroveň TTL a veškeré další sekvenční a logické funkce jsou již prováděny v logice TTL. Maximální provozní kmitočet tohoto čidla s ohledem na parazitní kapacity fototransistoru KP 101 je omezen asi na 5 KHz /7/.

Tento kmitočet však při použití na napínacích, sušících a fixačních strojích plně vyhovuje. Mechanická koncepce čidla je patrná z výkresu č. v. 940 302 614 přílohy.

Činnost elektroniky čidla je patrna ze schematu zapojení na obr. 1.



Obr. 1 Zapojení čidla

Mezi infračervenou LED diodou V1 WK 16401 a fototranzistorem V2 KP101 je umístěn drážkový kotouč (pos. 3 výkresu 940 302 614 přílohy), který střídavě přerušuje světelný tok. Jestliže je osvětlen fototranzistor V2 - KP101, je přes vnitřní obvody integrovaného obvodu A 301 D uzavřen výstupní tranzistor, vyvedený na PIN 6 a otevřený tranzistor připojený na pin 10. Při přerušování světelného toku se tento stav změní na opačný /8/. K zamezení zámkitů obvodu a pro získání strmějších hran výstupních impulsů je z výstupu 10 integrovaného obvodu A 301 D provedena světelná zpětná vazba na LED diodu WK 16401.

Při osvětlení fototranzistoru se otevře i výstupní tranzistor připojený k PINU 10. Tím je část proudu LED diody WK 16401 přes tento tranzistor vedena k zemi. LED dioda je přisvětlena. Při zastínění fototranzistoru vlivem pohybu clonky, je děj analogicky opačný.

4. ČIDLO A ZAŘÍZENÍ PRO DIGITÁLNÍ INDIKACI NASTAVENÉ ŠÍŘE

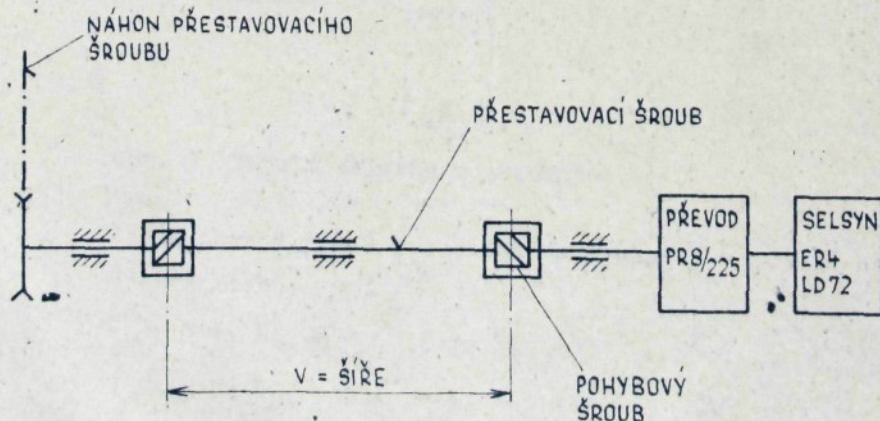
V současné době se na napínacím, sušícím a fixačním stroji (NSF) typu 4580.3, vyráběném v k. p. Elitex Chrástava, používá pro indikaci šíře vstupující textilie mechanické šířkové stupnice /9/.

Tato šířková stupnice nevyhovuje svému účelu z těchto důvodů:

- malá přesnost indikace
- je umísťitelná pouze na vstup nebo výstup stroje
- není možnost dalšího zpracování signálu pro mikro- počítačové řízení stroje

4.1 Koncepce digitální indikace šíře

Přestavování vedení řetězu a tím změna šířky zboží zaváděného do NSF se uskutečňuje pomocí přestavovacího šroubu. Stroj 4580.3 je podle přání zákazníka vyráběn v různých variantách maximální šíře V . Největší šíře textilie zpracované na NSF je 2400 mm. Schema způsobu přestavování šíře u stroje 4580.3 je nakresleno na obr. 2.



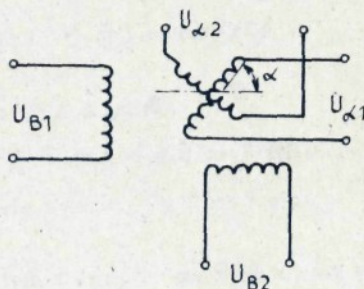
Obr. 2 Schema způsobu přestavování šíře stroje 4580.3 s doplněným selsynovým čidlem

Při používaném stoupání přestavovacího šroubu $s = 6 \text{ mm}$ je třeba k přestavení šíře z hodnoty 0 mm na hodnotu 2400 mm 200 otáček přestavovacího šroubu. Při použití čidla v podobě selsynu rozkladače je nutné pro správnou činnost zařízení zaručit, aby jedné otáčky čidla odpovídalo 200 otáček přestavovacího šroubu. Je tedy nutné použít vhodného převodu mezi přestavovacím šroubem a selsynovým čidlem.

Jako nejvýhodnější se jeví použití seriově vyráběné převodovky typu PR8/225 vyráběné v MEB Náchod. Je-li také tato převodovka má převodový poměr $1:226,2$ - bude zpětně 226,2 otáčkám přestavovacího šroubu odpovídat změna šíře z 0 na $2714,4 \text{ mm}$ ($226,2 \cdot 2 \cdot 6 = 2714,4$).

4.2 Princip činnosti selsynového čidla

Selsyn rozkladače je speciálně upravený polohový transformátor pro rotační pohyb. Má dvě vinutí statorová a dvě rotorová.



Obr. 3 Vinutí selsynu rozkladače

Podle obr. 3 platí pro indukovaná napětí v rotoru následující vztahy.

$$U_{\alpha 1} = K_1 U_{B1} \sin \alpha + K_2 U_{B2} \cos \alpha \quad /1/$$

$$U_{\alpha 2} = K_3 U_{B1} \cos \alpha - K_4 U_{B2} \sin \alpha \quad /2/$$

kde

$U_{\alpha 1}$ je indukované napětí v 1. rotorovém vinutí

$U_{\alpha 2}$ je indukované napětí v 2. rotorovém vinutí

$K_1 \div K_4$ konstanty příslušející jednotlivým vinutím

U_{B1} je budicí napětí příslušející 1. vinutí

U_{B2} je budicí napětí příslušející 2. vinutí

α úhel natáčení rotoru

Provádíme-li buzení shodnými napětími fázově posunutými o úhel $\pi/2$ a uvažujeme-li následující zjednodušení

$$U_{B1} = U_{B2} = U$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K$$

lze psát

$$U_{B1} = U \sin \varphi \quad /3/$$

$$U_{B2} = U \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right) = U \cos \varphi /4/$$

dosazením do /1/ a /2/

$$U_{\alpha 1} = K U \sin \varphi \sin \alpha + K U \cos \varphi \cos \alpha \quad /5/$$

$$U_{\alpha 2} = K U \sin \varphi \cos \alpha - K U \cos \varphi \sin \alpha \quad /6/$$

úpravou

$$U_{\alpha 1} = K U (\sin \varphi \sin \alpha + \cos \varphi \cos \alpha) = K U \cos (\varphi - \alpha) \quad /7/$$

$$U_{\alpha 2} = K U (\sin \varphi \cos \alpha - \cos \varphi \sin \alpha) = K U \sin (\varphi - \alpha) \quad /8/$$

Z rovnice /7/ a /8/ je patrné, že při buzení selsynu rozkladače harmonickými napětími navzájem fázově posunutými o úhel $\pi/2$ dostáváme na výstupu rotorových vinutí opět harmonická napětí navzájem fázově posunutá o úhel $\pi/2$, jejichž fáze je ovlivněna úhlem α natočení rotoru.

4.3 Princip činnosti vyhodnocovacího zařízení (obr. 4)

Použijeme-li jako čidla selsynu rozkladače, u kterého zaručíme napájení dvěma o $\pi/2$ fázově posunutými napětími, je výstupní napětí snímané z rotoru fázově posunuto vzhledem k jednomu budicímu napětí o úhel, který závisí na úhlu natočení selsynu. Použijeme-li fázového detektoru, který má dva vstupy, z nichž jeden je připojen na budicí vinutí selsynu a druhý na výstupní (rotorové) vinutí selsynu, pak při činnosti zařízení na výstupu fázového detektoru dostáváme šířkově modulovaný puls, jehož šíře je závislá na natočení rotoru selsynu.

Oscilátor řízený krystalem 1 MHz generuje obdélníkový průběh výstupního napětí. Po vydělení 678 se signál přivádí do dvoufázovače, kde se opět dělí, tentokrát čtyřmi. Z výstupu této děličky dostáváme dvě napětí navzájem fázově posunutá o $\pi/2$. Těmito napětími napájíme statorové vinutí selsynu a z rotoru odebíráme signál schodovitého průběhu (vektorový součet budících napětí), po odfiltrování vyšších harmonických složek dostáváme sinusový průběh napětí. Jestliže toto napětí překročí hodnotu nutnou k sepnutí komparátoru (hodnota U_{KOMP}), komparátor sepne a na jeho výstupu se objeví napětí odpovídající logické jedničce. V závislosti na natočení rotoru selsynu oproti statoru získáme různou hodnotu fázového úhlu α (viz obr. 5).

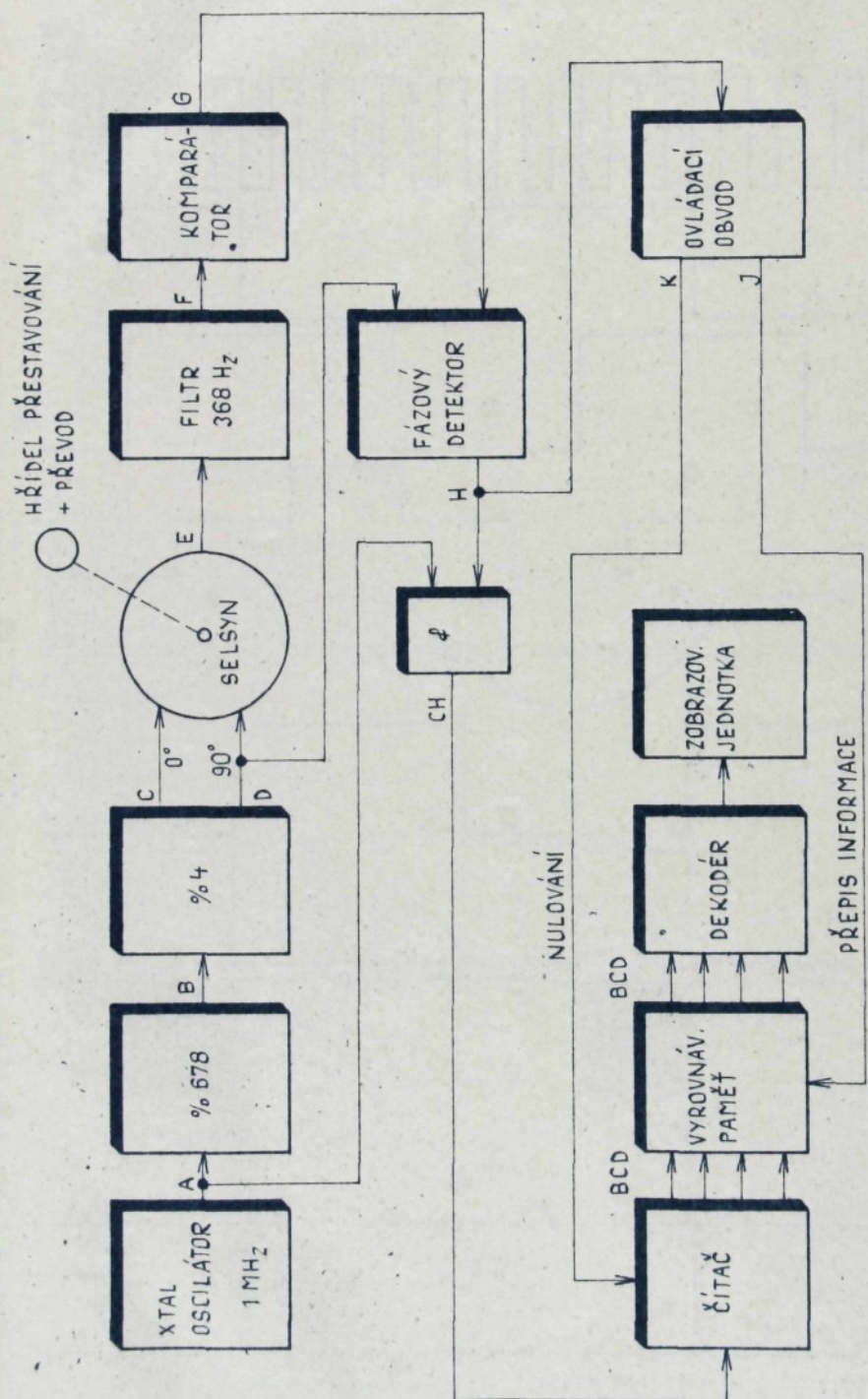
Fázový detektor porovnává napětí z komparátoru a napětí z děličky čtyřmi (dvojfázovače). Úhel α nám tedy určuje šířku pulsu vyšlého z fázového detektoru. Po provedení logického součinu napětí z oscilátoru a z fázového detektoru získáme signál vhodný pro zobrazení.

4.3 Princip činnosti vyhodnocovacího zařízení (obr. 4)

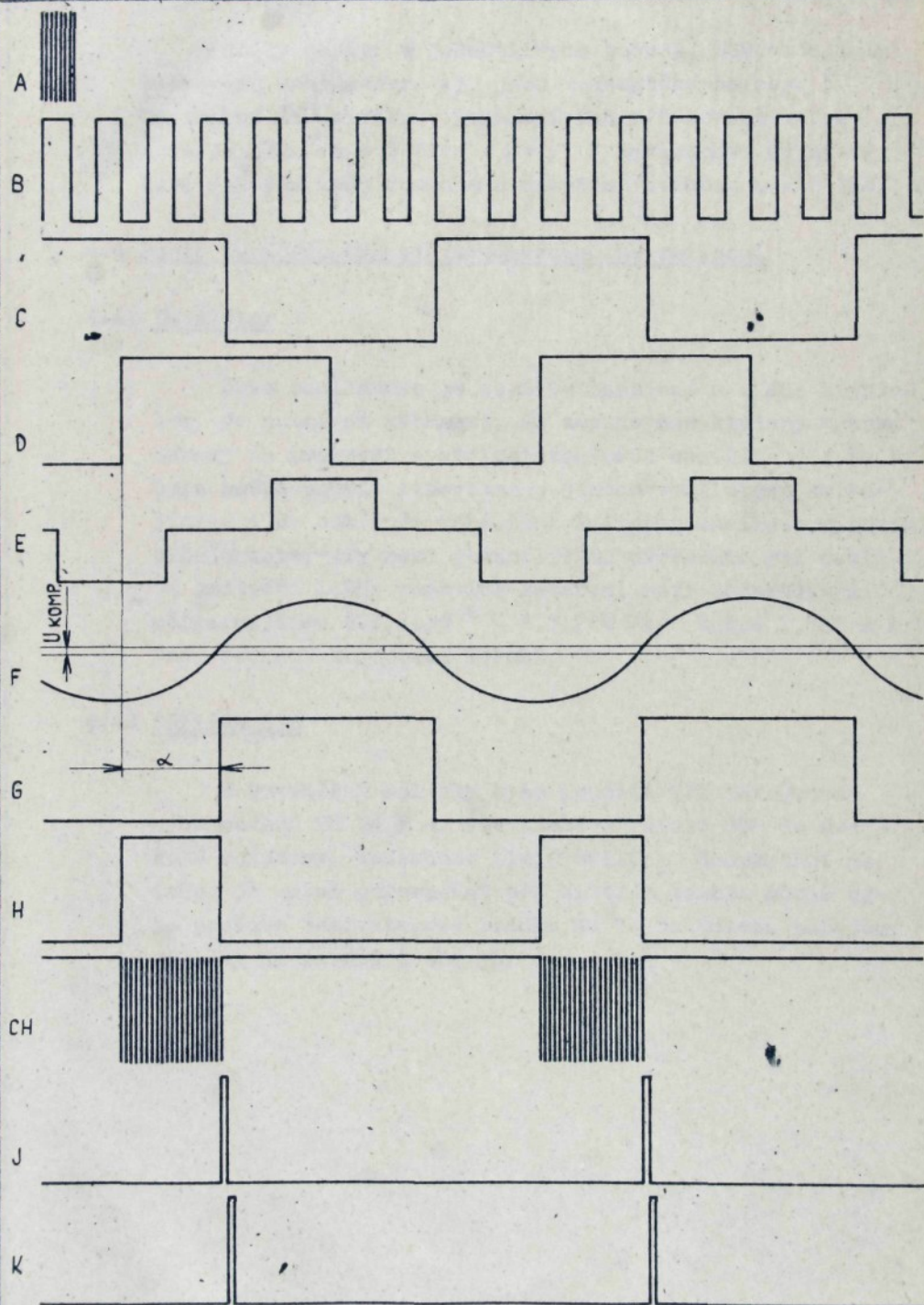
Použijeme-li jako čidla selsynu rozkladače, u kterého zaručíme napájení dvěma o $\pi/2$ fázově posunutými napětími, je výstupní napětí snímané z rotoru fázově posunuto vzhledem k jednomu budicímu napětí o úhel, který závisí na úhlu natočení selsynu. Použijeme-li fázového detektoru, který má dva vstupy, z nichž jeden je připojen na budicí vinutí selsynu a druhý na výstupní (rotorové) vinutí selsynu, pak při činnosti zařízení na výstupu fázového detektoru dostáváme širokově modulovaný puls, jehož šíře je závislá na natočení rotoru selsynu.

Oscilátor řízený krystalem 1 MHz generuje obdélníkový průběh výstupního napětí. Po vydělení 678 se signál přivádí do dvoufázovače, kde se opět dělí, tentokrát čtyřmi. Z výstupu této děličky dostáváme dvě napětí navzájem fázově posunutá o $\pi/2$. Těmito napětími napájíme statorové vinutí selsynu a z rotoru odbíráme signál schodovitého průběhu (vektorový součet budících napětí), po odfiltrování vyšších harmonických složek dostáváme sinusový průběh napětí. Jestliže toto napětí překročí hodnotu nutnou k sepnutí komparátoru (hodnota U_{KOMP}), komparátor sepne a na jeho výstupu se objeví napětí odpovídající logické jedničce. V závislosti na natočení rotoru selsynu oproti statoru získáme různou hodnotu fázového úhlu α (viz obr. 5).

Fázový detektor porovnává napětí z komparátoru a napětí z děličky čtyřmi (dvojfázovače). Úhel α nám tedy určuje šířku pulsu vyšlého z fázového detektoru. Po provedení logického součinu napětí z oscilátoru a z fázového detektoru získáme signál vhodný pro zobrazení.



OBR. 4 BLOKOVÉ SCHEMA VYHODNOCOVACÍHO ZAŘÍZENÍ



OBK. 5 PRŮBĚHY NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH BODECH MĚŘIČE ŠÍŘE

Průběhy napětí v jednotlivých bodech, odpovídající blokovému schéma (obr. 4), jsou znázorněny na obr. 5. Maximální šířka pulsu vycházejícího z fázového detektoru je $678 \cdot 4 = 2\,712 \text{ } \mu\text{s}$ /. V závislosti na natočení selsynu tedy dostaneme číselnou hodnotu 0 - 2 712.

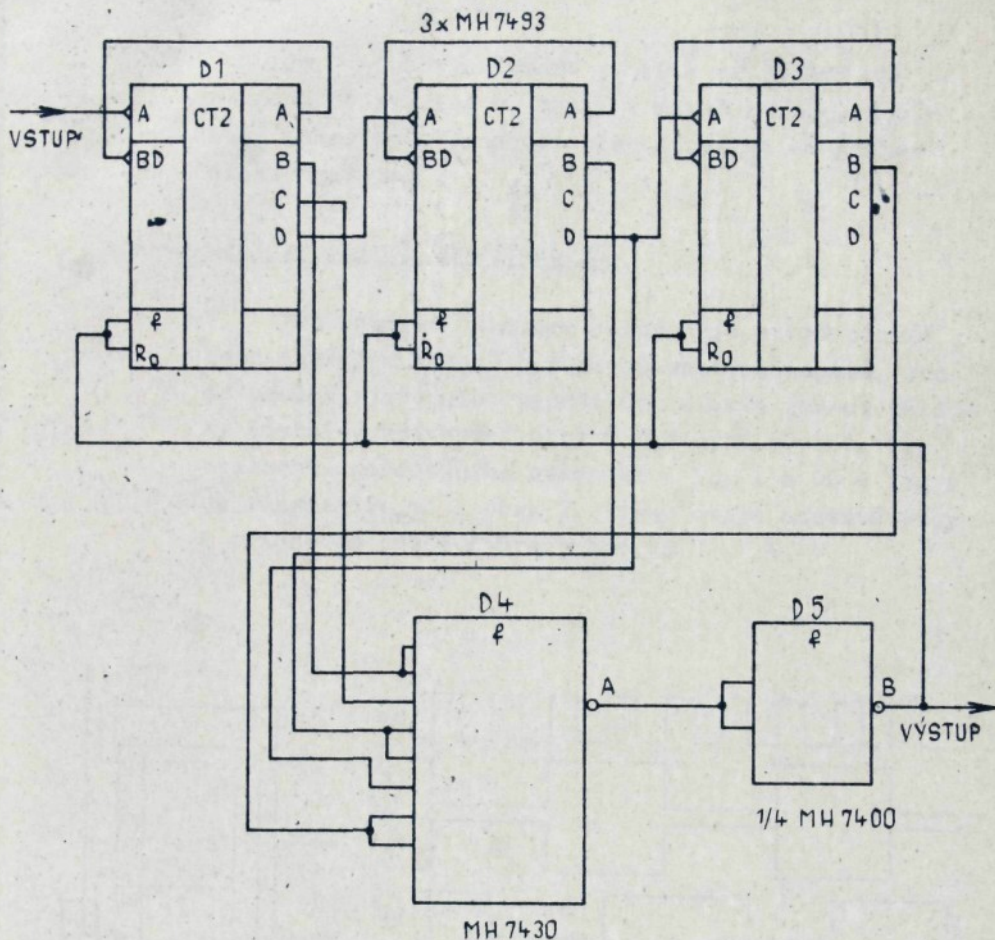
4.4 Popis funkčních částí vyhodnocovacího zařízení

4.41 Oscilátor

Jako oscilátoru je použito zapojení s 1 MHz krystalem. Je nutné si uvědomit, že zde nejsou kladeny vysoké nároky na přesnost a stálost kmitočtu oscilátoru a že by bylo možno použít libovolného jiného oscilátoru kmitajícího i na odlišném kmitočtu. Kmitočet oscilátoru pouze určuje intervaly mezi jednotlivými měřeními. Při použití kmitočtu 1 MHz odpovídá interval mezi jednotlivými měřeními času $678 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 2,712 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ /. Každé 2,712 ms tedy dochází k jednomu měření.

4.42 Dělička 678

K vytvoření děličky bylo použito tří integrovaných obvodů MH 7493 A. Převědeme-li číslo 678 do dvojkové soustavy, dostaneme $(1010100110)_2$. Komparační metodou je nutné porovnávat pět bitů. K tomuto účelu bylo použito osmivstupové hradlo MH 7430. Schema zapojení děličky je patrné z obr. 6.



Obr. 6 Zapojení děličky 678

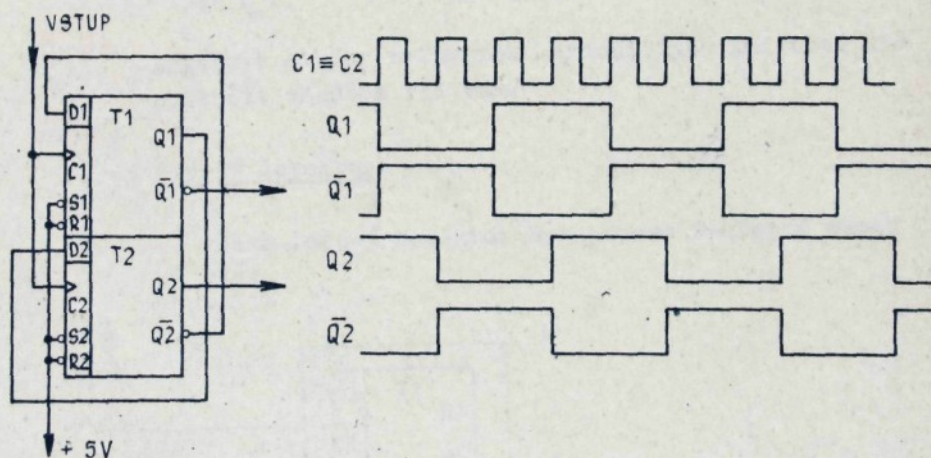
Jestliže je na některém ze vstupů D4 napětí odpovídající úrovni log 0, pak na výstupu v místě A je log 1. V místě B pak log 0, a tudíž i na vstupech R_0 obvodů MH 7493. Čítače nejsou nulovány a mohou čítat.

Jestliže čítač načítá hodnotu $(1010100110)_2$, objeví se na všech vstupech D4 úroveň logické jedničky a tedy v místě B bude též úroveň log 1, čímž budou nulovány všechny tři čítače D1, D2, D3.

Po jejich vynulování se však na jejich výstupech objeví log 0, tudíž v místě B log 1 a čítače mohou opět pracovat. Tento cyklus se periodicky opakuje.

4.43 Dělička čtyřmi (dvojfázovač)

Pro napájení statoru selsynu je nutné použít dvou navzájem fázově o $\pi/2$ posunutých napětí. Tento průběh výstupních napětí byl získán pomocí děličky čtyřmi využívající dvou D klopných obvodů. Při uvažování počátečního stavu $Q1 = \text{log } 1$ a $Q2 = \text{log } 1$ je funkce zřejmá z obr. 7. Změna stavu nastává vždy s příchodem náběžné hrany hodin.



Obr. 7 Diagram funkce děličky čtyřmi

4.44 Filtr

Protože stator selsynu není buzen sinusovým signálem, ale signálem obdélníkového průběhu, je i na výstupu ze selsynu napětí nesinusové. K zaručení správné funkce komparátoru je nutné odstranit všechny vyšší složky harmonických kmitočtů.

Tohoto je částečně dosaženo použitím kondenzátoru zapojeného paralelně k vinutí selsynu. Obvod tvořený indukčností vinutí a přídavným kondenzátorem vytváří rezonanční obvod s rezonancí na kmitočtu $f_0 = 368 \text{ Hz}$.

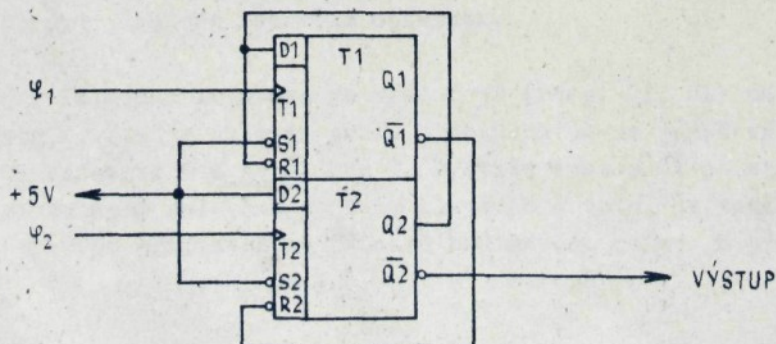
Nutná paralelní kapacita pro danou indukčnost vinutí $L = 44 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ z Thomsonova vzorce je:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 368^2 \cdot 44 \cdot 10^{-3}} = 4,251 \cdot 10^{-6} \text{ F} \approx 4 \mu\text{F}$$

Zbytkové složky ostatních harmonických kmitočtů lze potlačit vhodným filtrem.

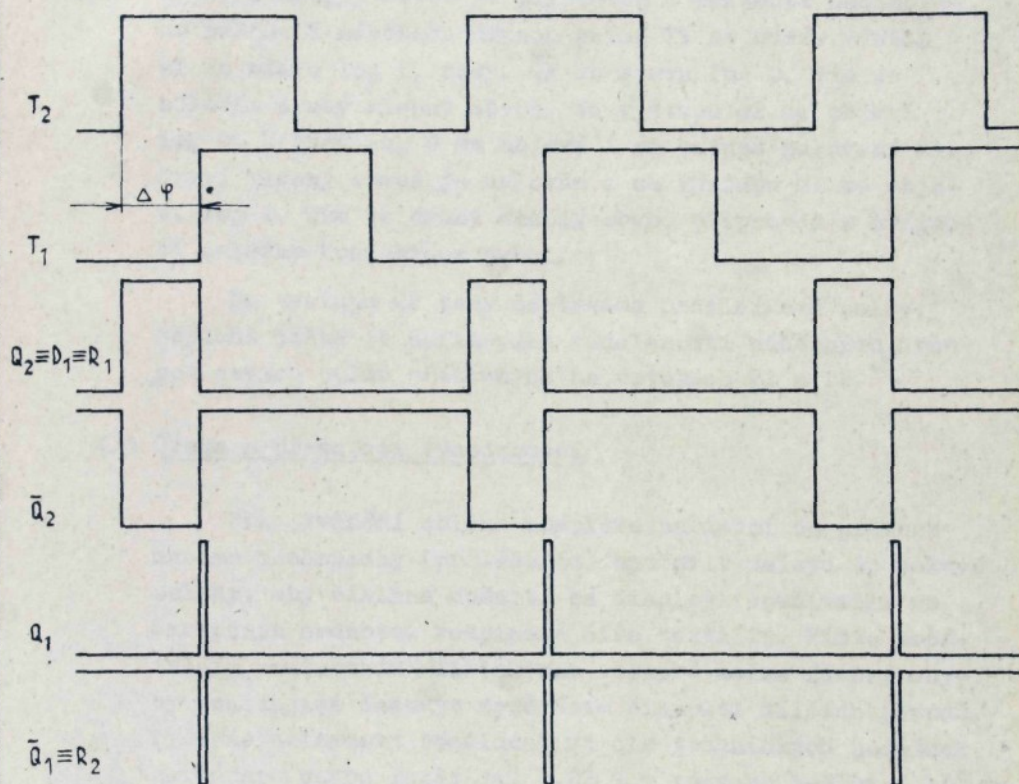
4.45 Fázový detektor

Jako fázový detektor byl použit D-klopný obvod MH 7474.



Obr. 8 Zapojení fázového detektoru

Princip činnosti fázového detektoru je zřejmý z obr. 9.



Obr. 9 Činnost fázového detektoru

Ve výchozím stavu je výstup Q_2 (resp. D_1 , R_1) na úrovni log 0. Tím je nulován první klopný obvod na jehož výstupu Q_1 bude log 0 a na $\bar{Q}_1$ log 1. Protože výstup $\bar{Q}_1$ je spojen se vstupem nulování druhého klopného obvodu, je tento klopný obvod připraven na příchod hodinového pulsu. S příchodem

náběžné hrany tohoto hodinového pulsu na vstup T2 se na výstupu Q2 objeví log 1 a na $\overline{Q2}$ log 0. Na vstupu nulování obvodu 1 (R1) se tedy objeví též hodnota log 1 a první klopný obvod je připraven k přijetí hodinového pulsu. S náběžnou hranou pulsu T1 se uvede výstup Q1 do stavu log 1, resp. $\overline{Q1}$ do stavu log 0. Tím je nulován druhý klopný obvod. Na výstupu Q2 se objeví log 0. Úroveň log 0 se objeví i na vstupu nulování R1. První klopný obvod je nulován a na výstupu $\overline{Q1}$ se objeví log 1. Tím je druhý klopný obvod připraven k přijetí dalšího hodinového pulsu.

Na výstupu Q2 tedy dostáváme obdélníkové pulsy, jejichž šířka je definována vzdáleností náběžných hran hodinových pulsů přítomných na vstupech T1 a T2.

4.5 Úvaha o přesnosti vyhodnocení

Při uvádění celého kompletu zařízení do provozu musíme mechanicky (pootáčením) nastavit selsyn do takové polohy, aby číselná hodnota na displeji souhlasila se skutečnou hodnotou rozpínané šíře textilie. Tímto počátečním nastavením eliminujeme veškeré možné fázové chyby vznikající časovým zpožděním činností dílčích obvodů. Protože selsynový rozkladač má dle technických podmínek zaručenou chybu lepší jak 0,02 % v rozsahu teplot - 10° C až + 35° C, je zřejmé, že největší vliv na přesnost celého zařízení bude mít filtr 368 Hz.

Ideální filtr by byl takový, který by pracoval jako pásmová propust na kmitočku 368 Hz a který by při změně hodnot posuvných součástí RC (vlivem teploty) neměnil svoji fázi. Napěťové zesílení tohoto filtru by mělo být asi 100 / 40 dB/. V prototypu tohoto zařízení byl použit

aktivní filtr v podobě dvojitého T-článku v záporné vazbě operačního zesilovače. Po podrobnější analýze obvodu např. dle /10/ však dojdeme k závěru, že tento typ filtru má právě ty vlastnosti, které nechceme aby měl. Při změně kmitočtu v okolí naladění filtru se u tohoto filtru mění fáze skokově od $-\pi/2$ do $+\pi/2$. Tato změna fáze by tedy vyvolala číselnou chybu údaje $2714 : 2 = 1357$. V dalším je tedy uveden rozbor dvou možných jednoduchých filtrů, a to zvláště rozbor amplitudové a fázové charakteristiky s ohledem na teplotní změny hodnot R_0 prvků.

4.51 Aktivní filtr druhého řádu

Použijeme-li filtru zapojeného dle obr. 10, lze dle /11/, /12/ navrhnout následující hodnoty součástí:

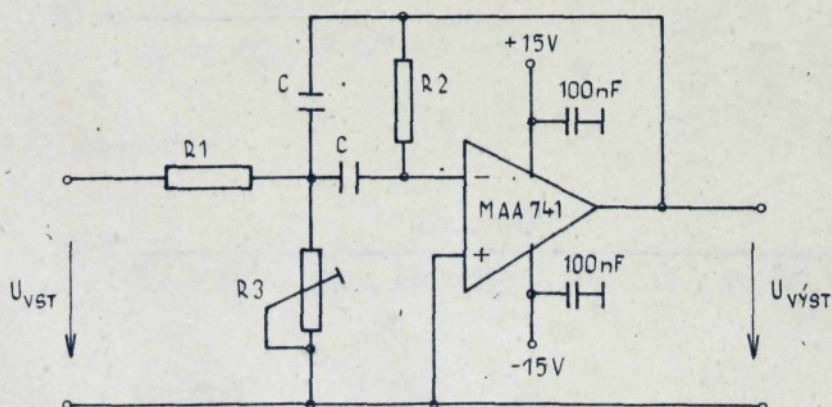
Voleno:

$$C = 39 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$b = 20 \text{ Hz /šíře pásma pro pokles 3 dB/}$$

$$V = 100 \text{ /zesílení na kmitočtu } f_0/$$

$$q = f_0 : b = 368 : 20 = 18,4 \text{ /kvalita filtru/}$$



Obr. 10 Zapojení aktivního filtru 2. řádu

Vypočteno:

$$R_2 = \frac{1}{\pi C \cdot b} = \frac{1}{\pi \cdot 39 \cdot 10^{-9} \cdot 20} = 408,09 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_1 = \frac{R_2}{2V} = \frac{408,09 \cdot 10^3}{2 \cdot 100} = 2,04 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_3 = \frac{V \cdot R_1}{2 \cdot q^2 - V} = \frac{100 \cdot 2,04 \cdot 10^3}{2 \cdot 18,4^2 - 100} = 353,56 \Omega$$

Volíme-li rezistory z řady E 12

$$R_3 = 470 \Omega / \text{trimr} /$$

$$R_1 = 2 \text{ K } 2$$

$$R_2 = 390 \text{ K } \Omega$$

$$\text{pak } f_0 = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3}}$$

R_3 bude trimr a jeho hodnota pro $f_0 = 368 \text{ Hz}$ bude muset být:

$$R_3 = \frac{R_1}{R_1 R_2 / f_0^2 - 1}$$

dosazením

$$R_3 = \frac{2,2 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 \cdot 390 \cdot 10^3 / 368^2 - 1} = 368,07 \Omega$$

zesílení V

$$V = \frac{R_2}{2R_1} = \frac{390 \cdot 10^3}{2 \cdot 2,2 \cdot 10^3} = 88,6$$

$$q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_2 / R_1 + R_3}{R_1 R_3}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{390 \cdot 10^3 / 2,2 \cdot 10^3 + 368,07}{2,2 \cdot 10^3 \cdot 368,07}} = 17,58$$

Pro tyto hodnoty součástí platí přenos

$$A / j\omega / = \frac{V \cdot 2B \cdot j \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + 2Bj \frac{\omega}{\omega_0} + /j \frac{\omega}{\omega_0} /^2} \quad /9/$$

$$B = \frac{b}{f_0} \quad b = \frac{f_0}{q}$$

Řešením rovnice /9/ pro $f = 360 \div 380$ Hz dostaneme následující hodnoty: viz tabulka 1

(řešeno na programovatelném kalkulátoru TI-59)

KMITOČET [Hz]	PŘENOS A (p)	
	/A/	φ [DEG]
360	82,7265	21,0407
361	84,0172	18,5787
362	85,1810	16,0507
363	86,2001	13,4643
364	87,0581	10,8282
365	87,7406	8,1525
366	88,2359	5,4480
367	88,5360	2,7264
368	88,6363	0,0000
369	88,5365	-2,7190
370	88,2402	-5,4186
371	87,7548	-8,0872
372	87,0912	-10,7139
373	86,2629	-13,2891
374	85,2857	-15,8042
375	84,1768	-18,2520
376	82,9543	-20,6266
377	81,6363	-22,9235
378	80,2403	-25,1395
379	78,7832	-27,2725
380	77,2806	-29,3216

TAB. 1

KMITOČET [Hz]	PŘENOS A (p)	
	/A/	φ [DEG]
360	82,0482	22,2300
361	83,3991	19,7945
362	84,6313	17,2894
363	85,7266	14,7215
364	86,6673	12,0992
365	87,4380	9,4320
366	88,0255	6,7303
367	88,4198	4,0059
368	88,6145	1,2707
369	88,6074	-1,4628
370	88,4003	-4,1824
371	87,9988	-6,8760
372	87,4124	-9,5323
373	86,6537	-12,1411
374	85,7377	-14,6931
375	84,6813	-17,1804
376	83,5023	-19,5965
377	82,2191	-21,9361
378	80,8497	-24,1956
379	79,4117	-26,3722
380	77,9212	-28,4646

TAB. 2

4.52 Vliv změny teploty na filtr 2. řádu

Dle technických podmínek stroje 4580.3 musí být tento stroj provozován v teplotním rozmezí $+10^{\circ}\text{C}$ ÷ $+35^{\circ}\text{C}$. Uvažujeme-li, že filtr byl nastaven při teplotě $+10^{\circ}\text{C}$, dojde při změně teploty o 25°C k změně parametrů RC součástí, a tím i ke změně amplitudové a fázové charakteristiky filtru. Uvažujeme-li dle /13/, že teplotní koeficienty použitých součástí budou,

$$\text{TR 161} \quad \alpha = +0,1 \cdot 10^{-3} \quad \text{deg}^{-1}$$

$$\text{TC 280} \quad \alpha = -1,5 \cdot 10^{-4} \quad \text{deg}^{-1}$$

pak při změně teploty o 25°C se hodnoty součástí změní na

$$R'_1 = R_1 + \Delta R_1 = 2200 + 2200 \cdot 0,1 \cdot 25 = 2205,5 \Omega$$

$$R'_2 = R_2 + \Delta R_2 = 390 \cdot 10^3 + 390 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 390,975 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R'_3 = R_3 + \Delta R_3 = 368,07 + 368,07 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 368,99 \Omega$$

$$C' = C + \Delta C = 39 \cdot 10^{-9} - 39 \cdot 10^{-9} \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 25 = 38,85 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

Vlivem změny hodnot prvků RC filtru se změní jeho vlastnosti:

$$f'_0 = 368,46 \text{ Hz}$$

$$V' = 88,64$$

$$q' = 17,58$$

$$A' / j\omega / = \frac{V' \cdot 2 B' \cdot j \frac{\omega}{\omega'_0}}{1 + 2 B' j \frac{\omega}{\omega'_0} + /j \frac{\omega}{\omega'_0} /^2} \quad /10/$$

Řešením rovnice /10/ pro $f_0 = 360 \div 380$ Hz dostaneme následující výsledky: viz tabulka 2.

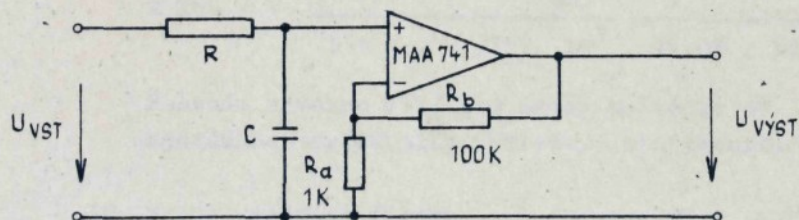
Porovnáním $A /j\omega /$ a $A' /j\omega /$ pro kmitočet 368 Hz (neuvažujeme změnu kmitočtu krystalového oscilátoru s teplotou, neboť na kmitočtu 368 Hz činí pouze asi 0,05 Hz/vidíme, že zesílení se změní z hodnoty 88,64 na hodnotu 88,62 a fáze z hodnoty 0° na hodnotu $1,26^\circ$. Tato změna fáze vyvolá chybu číselného údaje

$$\frac{2712 \cdot 1,26}{360} \approx 10,$$

což není zanedbatelné a pro naše účely nevyhovující.

4.53 Aktivní filtr typu dolní propust

Použijeme-li filtru zapojeného dle obr. 11, lze vypočítat následující hodnoty prvků RC.



Obr. 11 Zapojení filtru typu dolní propust

Pro dosažení zesílení filtru $V \approx 100$ volíme $R_a = 1000\Omega$
 $R_b = 100\text{ K}\Omega$.

Kmitočet zlomu volíme asi 390 Hz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

C volíme $39 \cdot 10^{-9}\text{ F}$

$$R = \frac{1}{f_0 \cdot 2\pi C} = \frac{1}{390 \cdot 2\pi \cdot 39 \cdot 10^{-9}} = 10,46 \cdot 10^3\Omega$$

Volíme-li R z řady E 12, $R = 10\text{ K}\Omega$, pak kmitočet zlomu bude 408 Hz.

Přenos má tvar

$$A / j\omega / = \frac{V}{1 + j\omega R C} \quad /11/$$

Řešením rovnice /11/ pro dané hodnoty prvků RC získáme řešení: viz tabulka 3.

4.54 Vliv změny teploty na filtr typu dolní propust

Při změně teploty o 25°C dojde ke změně hodnot součástí RC filtru:

$$C' = C + C\alpha \quad . \quad \Delta t = 38,85 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$R' = R + R\alpha \quad . \quad \Delta t = 9,975 \cdot 10^3 \Omega$$

Přenos $A' / j\omega /$ pak bude

$$A' / j\omega / = \frac{100}{1 + j\omega 9,975 \cdot 10^3 \cdot 38,85 \cdot 10^{-9}} \quad /12/$$

Řešením rovnice /12/ pro změny kmitočtu od 360÷380 Hz dostaneme následující výsledky: viz tabulka 4.

4.55 Volba vhodného filtru

V kapitole 4.41 je uvedeno, že u této digitální metody nezáleží na stálosti oscilátoru. S tímto však je možno souhlasit pokud se nezaměříme na otázku přesnosti vyhodnocení a tedy na otázku fázové charakteristiky filtru.

Chceme-li, aby vyhodnocení bylo zatíženo co nejmenší chybou, je nutno použít krystalového oscilátoru, u kterého (vzhledem k ostatním použitým elementům) je možno zanedbat změnu kmitočtu a teplotou. Pak tedy přesnost vyhodnocení závisí pouze na fázové chybě filtru vzniklé ohřevem pasivních

KMITOČET [Hz]	PŘENOS A (p)	
	/A/	φ [DEG]
360	74,9909	-41,4174
361	74,8998	-41,4962
362	74,8088	-41,5749
363	74,7178	-41,6534
364	74,6269	-41,7317
365	74,5361	-41,8098
366	74,4454	-41,8877
367	74,3548	-41,9654
368	74,2642	-42,0429
369	74,1738	-42,1203
370	74,0834	-42,1974
371	73,9931	-42,2744
372	73,9029	-42,3511
373	73,8128	-42,4277
374	73,7228	-42,5041
375	73,6328	-42,5803
376	73,5430	-42,6564
377	73,4532	-42,7322
378	73,3635	-42,8079
379	73,2740	-42,8834
380	73,1845	-42,9586

TAB. 3

KMITOČET [Hz]	PŘENOS A (p)	
	/A/	φ [DEG]
360	75,1956	-41,2389
361	75,1049	-41,3117
362	75,0142	-41,3963
363	74,9236	-41,4747
364	74,8331	-41,5530
365	74,7427	-41,6310
366	74,6524	-41,7089
367	74,5621	-41,7865
368	74,4719	-41,8640
369	74,3818	-41,9413
370	74,2918	-42,0184
371	74,2019	-42,0953
372	74,1121	-42,1720
373	74,0223	-42,2486
374	73,9326	-42,3249
375	73,8431	-42,4011
376	73,7536	-42,4771
377	73,6642	-42,5529
378	73,5748	-42,6285
379	73,4856	-42,7040
380	73,3965	-42,7792

TAB. 4

součástí RC.

Z tohoto hlediska porovnáním tabulky 1, 2 a 3, 4 vychází lépe filtr typu dolní propust. Při uvažování konstantního kmitočtu 368 Hz a ohřevu součástí RC vznikne fázová chyba - 42,043 - /41,862/ = - 0,181, tomu odpovídá chyba na displeji menší jak 1,5 mm (360° odpovídá 2712 mm).

Oproti této chybě je chyba vzniklá změnou amplitudové charakteristiky zanedbatelná.

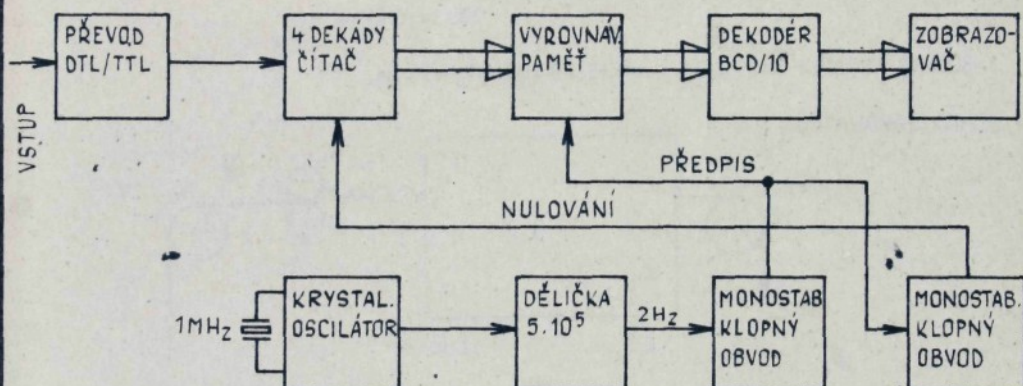
Celkové schéma zařízení, tak jak bylo realizováno, je uvedeno na výkresu č. v. 940 320 112 přílohy.

Zobrazovací jednotka byla provedena dle č. v. 940 302 668 přílohy.

5. ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ RYCHLOSTI STROJE

5.1 Princip měření rychlosti úpravářenských strojů

Měření rychlosti úpravářenských strojů je jedna ze základních podmínek kvalitní úpravy zpracovávaných textilií. Vycházíme-li z toho, že jako čidla použijeme čidla popsaná v kapitole 3, je možno toto zařízení realizovat např. dle blokového schématu na obr. 12.



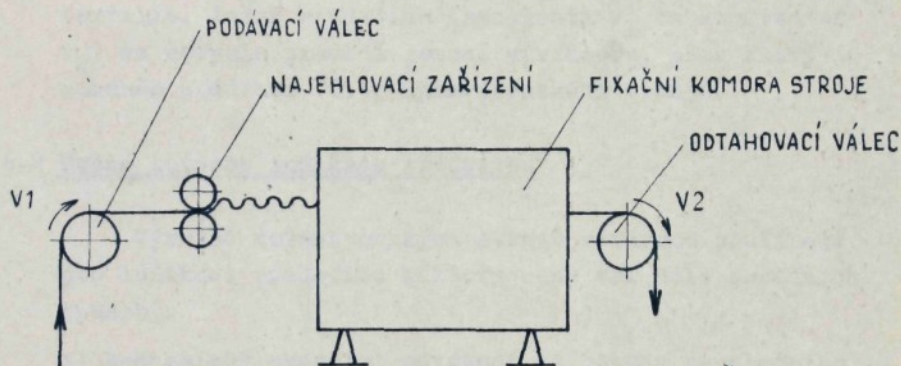
Obr. 12 Blok schema digitálního měřiče rychlosti

Zařízení lze realizovat z běžných integrovaných obvodů TTL a jeho princip je zřejmý z blokového schématu. Řízení časové základny pomocí krystalového oscilátoru je podmínkou přesné funkce v rozmezí pracovních teplot stroje. Konstrukční řešení a umístění zařízení na stroji je patrné z výkresů č. v. 940 201 556 přílohy.

6. ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ PŘEDSTIHU ÚPRAVÁRENSKÝCH STROJŮ

6.1 Účel zařízení

Při provozu úpravárenských strojů (zvláště napínacích, sušících a fixačních strojů) je obvykle z technologického důvodu nutno ve strojích provádět srážení, případně protahování zpracovávaného textilního materiálu. Za tím účelem jsou stroje vybavovány předstihovým zařízením. Funkce zařízení je patrna z obr. 13.



Obr. 13 Princip předstihu úpravárenských strojů

Zpracovávaná textilie je rychlostí v_1 podávána na podávacím válci najehtovacímu zařízení úpravárenského stroje, které zprostředkovává najehtlení textilie na jehličky řetězu. Protože rychlost řetězu je v_2 , je předstih P definován následovně:

$$P = \frac{v_1 - v_2}{v_2} \cdot 100 \quad /13/$$

kde značí:

- P - předstih stroje %
 v_1 - obvodová rychlost podávacího válce m/min
 v_2 - rychlost rozpínacích řetězů m/min

Obecně vztah /13/, a tím i předstih P může nabývat jak kladných, tak záporných hodnot. Při P kladném je $v_1 > v_2$, ve stroji pak může docházet ke srážení textilie, neboť do stroje vstupuje více materiálu, než z něj vystupuje. V opačném případě, kdy $v_1 < v_2$ je předstih P záporný a ve stroji dochází k protahování zpracovávané textilie. Změna předstihu (rychlosti v_1 za konstantní v_2) se obvykle provádí pomocí variátoru, přes který je naháněn podávací válec úpravářského stroje.

6.2 Možné způsoby indikace předstihu

Výrobci úpravářských strojů většinou používají pro indikaci předstihu některých ze tří dále popsanych způsobů.

- Mechanický ukazatel odvozený od polohy regulačního kolečka variátoru
- Elektromagnetický měřicí přístroj indikující předstih pomocí odporového vysílače umístěného na variátoru
- Systém firmy MAHLO, který za pomoci dvou impulsních fotoelektrických čidel snímá rychlosti v_1 a v_2 a v ústřední aritmetické jednotce vyhodnocuje vztah /13/.

Způsoby a) a b) patří mezi nepřímé metody a jejich nevýhodou je zejména to, že při opotřebení lamelového řetězu variátoru nebo změně zatížení (používají se většinou variátory typu P.I.V.), dochází ke změně převodu,

která není měřicím systémem zaregistrována. Z tohoto hlediska, zvláště při současných požadavcích uživatelů úpravárenských strojů /1/, je nutné použít pouze metody c).

6.3 Popis zařízení pro měření předstihu

Řešení firmy MAHLO /14/ využívá k realizaci vztahu /13/ malý elektronický počítač. Čidla této firmy jsou fotoelektrická se 400 impulsy na 1 otáčku. Cena tohoto zařízení je značná.

Uvažujeme-li, že jako čidla použijeme čidel popsaných v kapitole 2 vhodně sprážených s mechanickými částmi stroje, je možno předstih měřit bez použití ústřední aritmetické jednotky. Snímáme-li obvodovou rychlost podávacího válce a rychlost rozpínacích řetězů pomocí těchto čidel, na jejichž výstupech jsou obdélníkové průběhy napětí s přesně definovanou úrovní a kmitočtu úměrném rychlosti otáčení těchto čidel, lze vztah /13/ přepsat:

$$P = \frac{f_1 - f_2}{f_2} \cdot 100 \quad /14/$$

kde f_1 - kmitočet výstupního napětí čidla snímajícího obvodovou rychlost podávacího válce

f_2 - kmitočet výstupního napětí čidla snímajícího rychlost rozpínacích řetězů

Uvažujeme-li obecný časový okamžik proměnný dle kmitočtu f_2 a to takový, že uvažujeme čas, za který se načítá 100 pulsů o kmitočtu f_2 (případně 1000, 10000 atd./, lze vztah /14/ převést na

$$P = \frac{u_1 - 100}{100} \cdot 100 \quad /15/$$

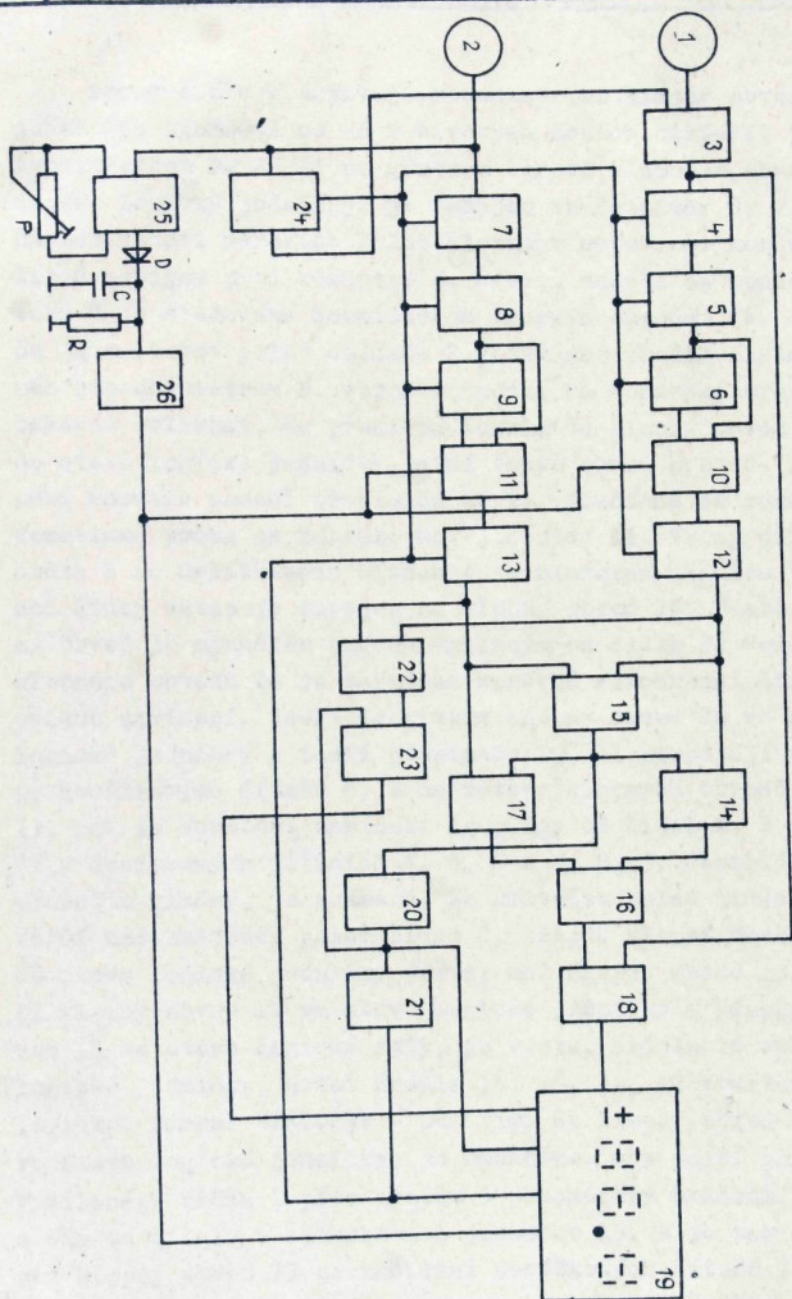
kde u_1 - počet pulsů načítaný z čidla snímajícího obvodovou rychlost podávacího válce za čas odpovídající načítání 100, příp. 1000 atd., pulsů z čidla snímajícího rychlost rozpínacích řetě-zů.

Vztah /15/ je obecně v číselicových systémech řešitelný lehčeji než vztah /14/. Ve své podstatě tedy stačí pro změření hodnoty předstihu měřit pouze počet pulsů z čidla snímajícího obvodovou rychlost podávacího válce, které jsou navíc oproti 100 pulsům vyslaných z čidla snímajícího rychlost rozpínacích řetě-zů.

Blokové schema zařízení, tak jak bylo realizováno, je zřejmé z obrázku 14. Zařízení je chráněno čs. autorským osvědčením /2/.

Dle blokového schematu je činnost zařízení následující:

Od rozpínacího řetězu úpravárenského stroje je proveden mechanický náhon čidla 2, které v závislosti na rychlosti tohoto rozpínacího řetězu vysílá tomu odpovídající počet elektrických impulsů N_1 . Od podávacího válce úpravárenského stroje je proveden mechanický náhon čidla 1, které v závislosti na obvodové rychlosti tohoto podávacího válce vysílá tomu odpovídající počet elektrických impulsů N_2 . Zařízení se skládá z desítkových čítačů 4, 5, 6, 7, 8, 9, přepínačů 10, 11; klopných obvodů 12, 13, 24, 22, 23; hradel 3, 14, 15, 16, 17, 18; monostabilních klopných obvodů 20, 21, 25; Schmidtova klopného obvodu 26; zobrazovací jednotky 19; obsahující desítkové čítače a vyrovnávací paměť; rezistoru R; kondenzátoru C; potenciometru P a diody D.



Obr. 14 Blokové schéma zařízení pro měření předstihu

Pulsy čidla 2 aktivují monostabilní klopný obvod 25, jehož čas činnosti se dá v širokých mezích nastavit potenciometrem P. Je-li na výstupu tohoto klopného obvodu úroveň logické jedničky, je nabíjen kondenzátor C; v době nečinnosti monostabilního klopného obvodu je kondenzátor C vybíjen přes rezistor R. Úroveň napětí na kondenzátoru C je sledována Schmidtovým klopným obvodem 26. Jestliže je kmitočet pulsů snímače 2 větší než předem nastavená mez potenciometrem P, vzroste napětí na kondenzátoru C na takovou velikost, že překlopí Schmidtvův klopný obvod 26 do stavu logické jedničky, čímž tento obvod provede přepnutí rozsahu pomocí přepínačů 10, 11. Současně se rozsvítí desetinná tečka na zobrazovací jednotce 19. Vstup pulsů od čidla 1 do desítkového čítače 4 je blokován hradlem 3, jehož druhý vstup je zapojen na klopný obvod 24. Tento klopný obvod je spouštěn pulsem vyslaným od čidla 2. Pomocí klopného obvodu 24 je zaručena správná synchronní činnost celého zařízení. Je-li Schmidtvův klopný obvod 26 ve stavu logické jedničky a tudíž přepínače 10, 11 propojují výstupy desítkových čítačů 6, 9 na vstupy klopných obvodů 12, 13, pak po spuštění zařízení se pulsy od čidel 1, 2 čítají v desítkových čítačích 4, 5, 6 a 7, 8, 9. Jestliže je předstih kladný, to znamená, že kmitočet pulsů čidla 1 je větší než kmitočet pulsů čidla 2, přejde klopný obvod 12 do stavu logické jedničky dříve, než klopný obvod 13. Bude-li klopný obvod 12 ve stavu logické jedničky a klopný obvod 13 ve stavu logické nuly, je výstup hradla 16 ve stavu logické jedničky, neboť hradla 14, 15, 16, 17 realizují logickou funkci EXKLUSIV - OR. Tím, že klopný obvod 16 je ve stavu logické jedničky, je umožněno, aby další pulsy vysílané z čidla 1 přes hradlo 3 procházely hradlem 18, a tím se čítaly v zobrazovací jednotce 19, a to tak dlouho, než klopný obvod 13 po načítání desítkových čítačů 7, 8, 9 přejde do stavu logické 1. Tím se na výstupu hradla 16 ob-

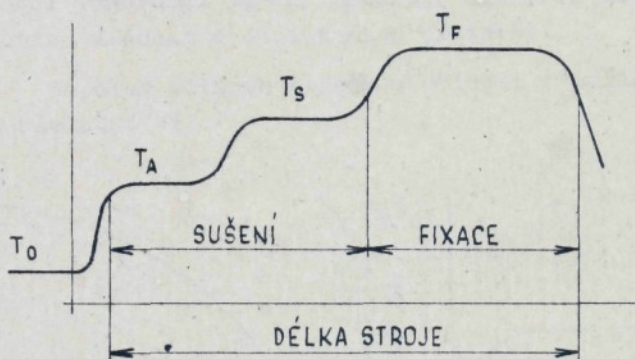
jeví logická nula, čímž je znemožněno další načítávání pulsů od čidla 1. Na výstupu hradla 15 vznikne puls, který aktivuje monostabilní klopný obvod 20, který provede přepis vyrovnávací paměti zobrazovací jednotky 19, čímž se na displej zobrazí obsah čítačů této jednotky. Po určité době dané časovou konstantou monostabilního klopného obvodu 20 se aktivuje monostabilní klopný obvod 21, který přejde do stavu logické jedničky a nuluje současně čítače zobrazovací jednotky 19, desítkové čítače 4, 5, 6, 7, 8, 9 a klopné obvody 24, 12, 13. Tím je zařízení připraveno k dalšímu měřicímu cyklu. To, zda je předstih kladný, či záporný, je určováno časovou posloupností výstupních pulsů na klopných obvodech 12, 13. Jestliže se stav logické jedničky objeví na výstupu klopného obvodu 12 dříve, než na výstupu klopného obvodu 13, je klopný obvod 22 přiveden do stavu logické jedničky a tudíž i klopný obvod 23 po příchodu hodinového pulsu z výstupu monostabilního klopného obvodu 20 přejde do stavu logické jedničky, čímž spíná znaménko plus zobrazovací jednotky 19. Je-li předstih záporný, tzn., že na klopném obvodě 13 se objeví stav logické jedničky dříve než na klopném obvodě 12, bude na výstupech klopných obvodů 22, 23 stav logické nuly a na zobrazovací jednotce 19 se rozsvítí znaménko mínus.

Indikace je prováděna pomocí zobrazovací jednotky 19 na celá procenta. Při přepnutí přepínačů 10, 11 je indikace prováděna s přesností na desetiny procenta.

Celkové schéma zařízení je patrné z výkresu č. v. 940 100 510 přílohy. Umístění na stroji NSF 4580.3 vyráběném v k. p. Elitex Chrastava je zřejmé z výkresu č. v. 940 201 581 přílohy.

7. SYSTÉMY REGULACE TEPLOTY CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU

Napínací a sušicí stroj patří mezi energeticky nejnáročnější stroje používané v textilním průmyslu. Uvažujeme-li, že ve stroji bude prováděna fixace na zboží, které do stroje vstupuje vlhké (fixace za mokra), lze teplotní profil ve stroji znázornit následovně.



T_A ... adiabatická teplota

T_S ... teplota sušicího prostředí

T_F ... teplota fixace

T_0 ... teplota okolí

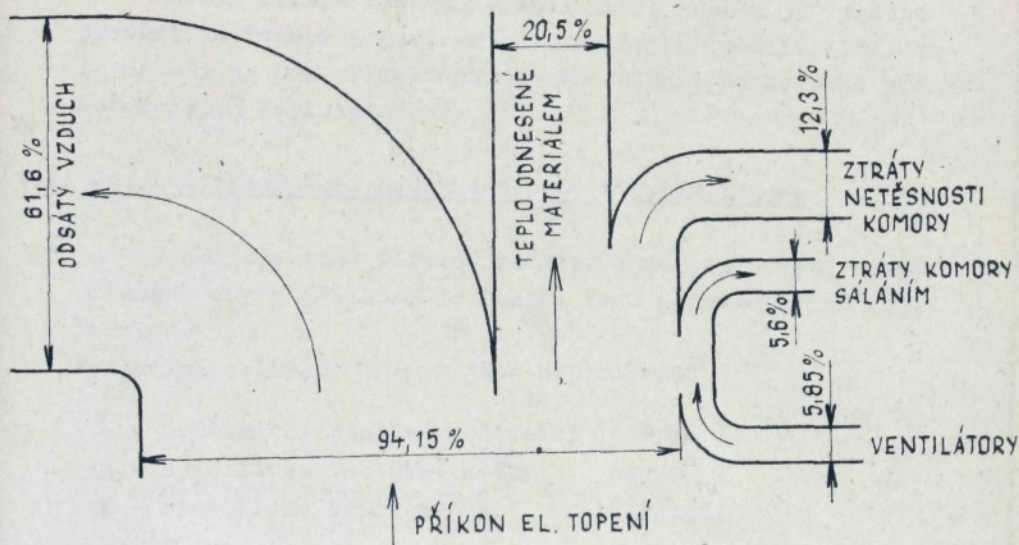
Obr. 15 Teplotní profil fixace za mokra

Většina klasicky vytápěných strojů používá kombinace vytápění pomocí syté páry a elektrické energie. Pro zpracovávanou textilii je nejdůležitější zaručit přesnost tolerance teploty v oblasti dosažení fixační teploty. Jakékoliv odchylky od hodnot stanovené technologem, mohou vést k následujícím těžkostem např. při barvení takto zpracovávaného zboží /15/.

Teplota T_s je dána teplotou kondenzace použité páry a pro běžně používaný tlak syté páry 0,7 MPa dosahuje přibližně teploty kolem 150°C .

V této oblasti sušení není nutné provádět regulaci teploty uvnitř stroje. Rozhodující pro kvalitu zpracovávané textilie je dodržení dovolené tolerance fixační teploty T_F . Pro tento účel jsou napínací, sušicí a fixační stroje vybaveny přídavným elektrickým ohříváčem, který pomocí regulační smyčky umožňuje regulaci teploty cirkulačního vzduchu s dostatečnou přesností.

Tepelná bilance stroje v oblasti fixační teploty /16/ je následující.



Obr. 16 Tepelná bilance napínacích, sušicích a fixačních strojů

Při uvažování všech nepříznivých vlivů vychází potřebný elektrický příkon 1 sekce stroje na 48 kW /16/.

I když ztráty komory sáláním a prostupem tepla nepřesahují 6 % celkových tepelných ztrát (některá literatura /17/ uvádí i 1 %), má toto teplo nepříznivý vliv na mikroklima v okolí stroje. Při sledování průběhu teploty v izolaci vzhledem k času vyhřívání je nutné řešit diferenciální rovnice nestacionárního vedení tepla s příslušnými okrajovými podmínkami. Průběh teploty v čase je nutné znát např. při určování reakce čidel.

7.1 Řešení nestacionárního vedení tepla stěnou

Řešení parciálních diferenciálních rovnic je výhodné převést na řešení pomocí metody konečných rozdílů /18/. Tato metoda je pak velice snadno řešitelná i na běžných programovatelných kalkulátorech.

7.1.1 Matematické řešení průběhu teplot v tuhém tělese

Uvažujeme tuhé těleso, ve kterém se teplo vede pouze ve směru osy x (teplota je funkcí času a pouze jedné souřadnice x).

Fyzikální veličiny λ, ρ, c jsou neproměnné:

- λ - součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
- ρ - specifická hmotnost stěny [kg/m³]
- c - specifické teplo stěny [J/kgK]

Rozložení teplot není přímkové a z desky o tloušťce dx , plochy $P = 1$ (obr. 17) vyřiznuté z tělesa vystupuje v místě x tepelný tok $-\lambda \frac{\partial t}{\partial x}$, který se liší od tepelného toku

$-\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx \right)$ vstupujícího v místě $(x + dx)$ do desky.

Rozdíl tepelných toků $-\lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$ zvyšuje teplotu desky za časový úsek $d\tau$ podle rovnice:

$$c \rho dx \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx$$

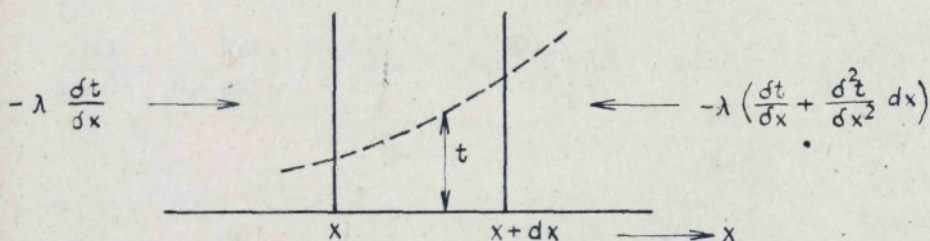
/16/

a úpravou

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$$

/17/

což je Fourierova diferenciální rovnice pro nestacionární vedení tepla v tuhém tělese v jednorozměrném tvaru.



Obr. 17 Průběh teploty při nestacionárním vedení tepla

$$\text{kde } a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad /18/$$

Rovnice /17/ je parciální diferenciální rovnicí, jejíž řešení je matematicky dosti náročné. V technické praxi je proto výhodnější provádět řešení numericky. Používá se přibližné diferenční metody (metody konečných rozdílů).

Napíšeme-li rovnici /17/ ve tvaru diferenčním, dostaneme

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = a \frac{\Delta^2 t}{(\Delta x)^2} \quad /19/$$

kde $\Delta \tau$ a Δx jsou malé, avšak konečné hodnoty časových a délkových úseků. Označíme-li t_{nk} teplotu v úseku n a v čase K (první index přísluší poloze a druhý času), můžeme vyjádřit jednotlivé diferenční poměry:

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{t_{n,K+1} - t_{n,K}}{\Delta \tau} \quad /20/$$

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_+ = \frac{t_{n+1,K} - t_{n,K}}{\Delta x} \quad /21/$$

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_- = \frac{t_{n,K} - t_{n-1,K}}{\Delta x} \quad /22/$$

Bude platit

$$\frac{\Delta^2 t}{(\Delta x)^2} = \frac{1}{\Delta x} \left[\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_+ - \left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_- \right] = \frac{t_{n+1,K} + t_{n-1,K} - 2t_{n,K}}{(\Delta x)^2} \quad /23/$$

dosazením do /19/ dostaneme

$$\frac{t_{n,K+1} - t_{n,K}}{\Delta \tau} = a \frac{t_{n+1,K} + t_{n-1,K} - 2t_{n,K}}{(\Delta x)^2} \quad /24/$$

čili

$$t_{n,K+1} - t_{n,K} = a \frac{\Delta \tau}{(\Delta x)^2} (t_{n+1,K} + t_{n-1,K} - 2t_{n,K}) \quad /25/$$

Je-li dáno rozdělení teploty v jednotlivých bodech ve vzdálenosti Δx v určitém okamžiku $\tau_K = k \cdot \Delta \tau$

$$t_{1,K}; t_{2,K}; t_{3,K}; \dots; t_{n,K}$$

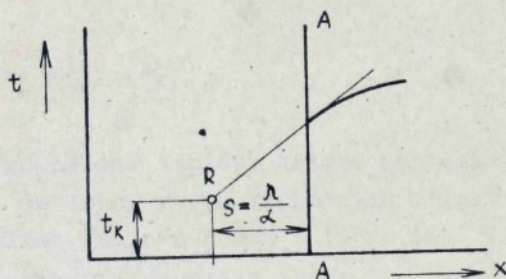
je možno tedy vypočítat rozdělení teplot v čase

$$\tau_{K+1} = (K+1) \Delta \tau$$

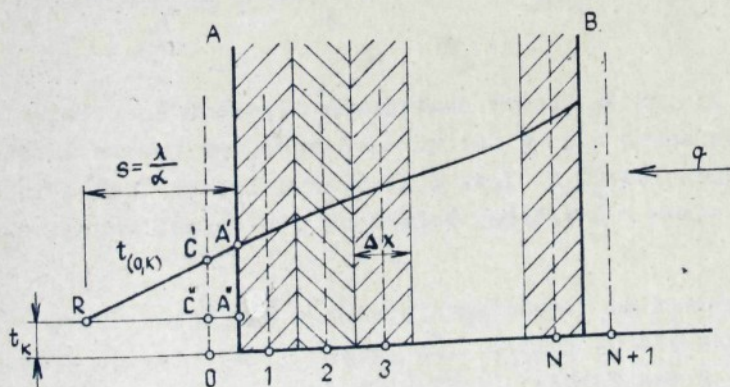
$$t_{1,K+1}; t_{2,K+1}; \dots; t_{n,K+1}$$

Vypočteme-li tyto hodnoty, můžeme postupovat stejným způsobem v dalším časovém úseku Δt a tak nakonec určit celý časový průběh teploty. Můžeme tedy říci, že se jedná o typický numerický problém vhodný pro řešení na počítačích. Uvedená metoda umožňuje zjištění průběhů teplot uvnitř desky. Pro řešení technických úkolů musí být tento postup ještě doplněn metodou pro zvládnutí přestupu tepla na povrchu.

Počáteční podmínky vyjadřují rozložení teploty v tělese v době $\tau = 0$; okrajové podmínky vliv obklopujícího prostředí na povrch tělesa.



Obr. 18 Závislost tepelného toku na čase



Obr. 19 Průběh teplot v desce

Počáteční podmínky určují rozložení teplot ve stěně. Okrajové podmínky určují v závislosti na čase buď teplotu povrchu tělesa t_p , nebo hodnotu tepelného toku na povrchu (tedy vlastně teplotový spád) a nebo teplotu obklopujícího prostředí (např. tekutiny t_k a součinitel přestupu tepla α mezi tekutinou a tělesem).

Platí

$$dq = \alpha (t_p - t_k) d\tau = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)_p d\tau \quad /26/$$

$$-\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)_p = \alpha (t_p - t_k) \quad /27/$$

Znáznorňuje-li rozdělení teploty křivka nad osou x , znamená tato podmínky, že tečny všech teplotních křivek na povrchu A-A musí procházet řídicím bodem R (obr. 18). V diferenčním tvaru má tato okrajová podmínka tvar:

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{t_p - t_k}{\frac{\lambda}{\alpha}} = -\frac{t_p - t_k}{s} \quad /28/$$

Dále je nutné sestavit algoritmus řešení desky, do které z jedné strany vstupuje tepelný tok q a z druhé strany na ni působí okolní prostředí o teplotě t_k při součiniteli přestupu tepla α . Počáteční rozdělení v desce je dáno.

Desku rozdělíme na N stejných částí, ve kterých chceme znát hodnoty teplot (obr. 19). Středy těchto úseků označíme čísly 1 až N , resp. 0 až $(N+1)$. Řídicí bod R má souřadnice t_k, s .

Víme, že tečny všech teplotních křivek vystupujících z povrchu A musí procházet řídícím bodem R. Této vlastnosti využijeme při určení počáteční teploty v místě O. Z podobnosti trojúhelníků RA'A'' a RC'C'' vyplývá:

$$t_{(0,K)} = \frac{t_{(A,K)} - t_K}{S} \cdot \left(S - \frac{\Delta x}{2} \right) + t_K \quad /29/$$

Podobně určíme i teplotu v bodě (N+1).

$$t_{(n+1,K)} = \frac{q \Delta x}{2\lambda} + t_{(B,K)} \quad /30/$$

Tato rovnice odpovídá dříve uvedené okrajové podmínce. Řeší se tedy případ, kdy na jedné straně stěny je dán součinitel přestupu tepla a teplota okolní tekutiny, na druhé straně hustota tepelného toku q .

Tím jsme určili dvě teploty nutné k řešení diferenční rovnice. Je-li $\Delta \tau = \frac{\tau}{l}$ zvolený časový úsek (kde τ je celková doba průběhu procesu a l je námi volené celé číslo), platí, že nová teplota v místě n za čas $\frac{\tau}{l}$ je

$$t_{n,K+1} = t_{n,K} + \frac{a\tau}{l(\Delta x)^2} (t_{n+1,K} + t_{n-1,K} - 2t_{n,K}) \quad /31/$$

Tyto nové teploty postupně počítáme pro $n = 1$ až N . Dále je třeba ještě určit teploty na povrchu A a B v čase $K+1$:

$$t_{A,K+1} = t_K + \frac{t_{1,K+1} - t_K}{S + \frac{\Delta x}{2}} \cdot S \quad /32/$$

$$t_{B,K+1} = t_{N,K+1} + \frac{q \Delta x}{2\lambda} \quad /33/$$

Tím jsme dostali teplotní křivku v čase $K + 1$ (o $\frac{\tau}{l}$ později oproti době K). Nás však zajímá až teplotní křivka za čas τ . Necháme tedy tento cyklus l krát proběhnout. Pak výpočet zastavíme a hodnoty odečteme.

7.12 Výpočet na počítači TEXAS INSTRUMENTS

Sestavíme-li uvedený algoritmus pro kalkulaátor TI 58 (59), dostaneme program podle obr. 33.

Vzhledem k omezené paměti kalkulaátoru lze výpočet provádět v maximálně 7 bodech uvnitř desky a teploty povrchů desky.

Způsob výpočtu na kalkulaátoru TI 59 lze nejlépe ilustrovat na příkladu.

Příklad:

Vypočtete rozložení teplot za 1 hodinu v desce o tloušťce $X = 0,5$ m, sníží-li se náhle teplota prostředí po obou stranách zdi z $+18^{\circ}\text{C}$ na $+8^{\circ}\text{C}$.

Fyzikální parametry desky:

$$\lambda = 0,815 \text{ W/mK}; \quad \rho = 1500 \text{ kg/m}^3; \quad C = 839 \text{ J/kgK}.$$

Součinitel přestupu tepla při samovolném proudění vzduchu na povrchu zdi $\alpha = 8,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Řešení:

Teplotní křivka je při oboustranném ochlazování souměrná podle osy vedené ve vzdálenosti $\frac{X}{2}$ od stěny desky. Je proto výhodné při výpočtu uvažovat desku poloviční tloušťky $\frac{X}{2}$, kterou uprostřed neprotéká žádné teplo (tím je dána druhá okrajová podmínka $q = 0$).

Uvažujme, že nás zajímá průběh teplotní křivky např. v 5 bodech. Pak do jednotlivých paměťových registrů zadává-

000	25	CLR	051	13	C	101	43	RCL	151	28	28	201	18	18
001	42	STD	052	01	1	102	29	29	152	85	+	202	32	X:T
002	18	18	053	44	SUM	103	32	X:T	153	01	1	203	43	RCL
003	42	STD	054	29	29	104	43	RCL	154	00	0	204	21	21
004	20	20	055	73	RC*	105	28	28	155	95	=	205	67	EQ
005	76	LBL	056	29	29	106	67	EQ	156	42	STD	206	10	E'
006	15	E	057	42	STD	107	18	C'	157	20	20	207	61	GTD
007	43	RCL	058	19	19	108	01	1	158	43	RCL	208	15	E
008	26	26	059	02	2	109	44	SUM	159	27	27	209	76	LBL
009	22	INV	060	22	INV	110	29	29	160	85	+	210	10	E'
010	44	SUM	061	44	SUM	111	44	SUM	161	73	RC*	211	09	9
011	00	00	062	29	29	112	20	20	162	29	29	212	35	1/X
012	43	RCL	063	73	RC*	113	61	GTD	163	95	=	213	91	R/S
013	25	25	064	29	29	114	13	C	164	72	ST*	214	00	0
014	22	INV	065	44	SUM	115	76	LBL	165	20	20	215	42	STD
015	49	PRD	066	19	19	116	18	C'	166	09	9	216	29	29
016	00	00	067	01	1	117	53	(	167	42	STD	217	76	LBL
017	43	RCL	068	44	SUM	118	43	RCL	168	29	29	218	33	X²
018	23	23	069	29	29	119	10	10	169	00	0	219	73	RC*
019	55	+	070	73	RC*	120	75	-	170	42	STD	220	29	29
020	02	2	071	29	29	121	43	RCL	171	20	20	221	91	R/S
021	94	+/-	072	65	x	122	26	26	172	76	LBL	222	01	1
022	85	+	073	02	2	123	54	)	173	14	D	223	44	SUM
023	43	RCL	074	95	=	124	55	+	174	73	RC*	224	29	29
024	25	25	075	22	INV	125	53	(	175	29	29	225	43	RCL
025	95	=	076	44	SUM	126	43	RCL	176	72	ST*	226	29	29
026	49	PRD	077	19	19	127	23	23	177	20	20	227	75	-
027	00	00	078	43	RCL	128	55	+	178	01	1	228	43	RCL
028	43	RCL	079	24	24	129	02	2	179	44	SUM	229	28	28
029	26	26	080	65	x	130	85	+	180	29	29	230	95	=
030	44	SUM	081	43	RCL	131	43	RCL	181	44	SUM	231	32	X:T
031	00	00	082	22	22	132	25	25	182	20	20	232	02	2
032	43	RCL	083	55	+	133	54	)	183	43	RCL	233	67	EQ
033	28	28	084	43	RCL	134	65	x	184	20	20	234	34	FX
034	85	+	085	21	21	135	43	RCL	185	75	-	235	61	GTD
035	01	1	086	55	+	136	25	25	186	43	RCL	236	33	X²
036	95	=	087	43	RCL	137	85	+	187	28	28	237	76	LBL
037	42	STD	088	23	23	138	43	RCL	188	95	=	238	34	FX
038	29	29	089	33	X²	139	26	26	189	32	X:T	239	25	CLR
039	43	RCL	090	95	=	140	95	=	190	02	2			
040	27	27	091	49	PRD	141	42	STD	191	67	EQ			
041	74	SM*	092	19	19	142	09	09	192	19	D'			
042	29	29	093	73	RC*	143	43	RCL	193	61	GTD			
043	01	1	094	29	29	144	28	28	194	14	D			
044	00	0	095	44	SUM	145	85	+	195	76	LBL			
045	42	STD	096	19	19	146	09	9	196	19	D'			
046	20	20	097	43	RCL	147	95	=	197	01	1			
047	01	1	098	19	19	148	42	STD	198	44	SUM			
048	42	STD	099	72	ST*	149	29	29	199	18	18			
049	29	29	100	20	20	150	43	RCL	200	43	RCL			
050	76	LBL												

me následující data:

$$t_{A,0} = 18 \rightarrow M00$$

$$t_{1,0} = 18 \rightarrow M01$$

$$t_{2,0} = 18 \rightarrow M02$$

$$t_{3,0} = 18 \rightarrow M03$$

$$t_{4,0} = 18 \rightarrow M04$$

$$t_{5,0} = 18 \rightarrow M05$$

$$t_{6,0} = 18 \rightarrow M06$$

Symbolický zápis $18 \rightarrow M00$ značí: ulož číslo 18 do paměti číslo 00

uvažujeme, že $l = 20$

$$l = 20 \rightarrow M21$$

$$\tau = 3600 \text{ s} \rightarrow M22$$

$$\Delta x = \frac{\frac{x}{2}}{N} = \frac{\frac{0,5}{2}}{5} = 0,05 \rightarrow M23$$

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot g} = \frac{0,815}{839 \cdot 1500} = 6,476 \cdot 10^{-7} \rightarrow M24$$

$$s = \frac{\lambda}{\alpha} = \frac{0,815}{8,15} = 0,1 \rightarrow M25$$

$$t_v = 8 \rightarrow M26$$

$$m = \frac{q \Delta x}{2 \lambda} \approx 0 \rightarrow M27$$

$$N = 5 \rightarrow M28$$

Pak zmáčkne tlačítko RST a následným zmáčknutím R/S odstartujeme program. Za dobu asi 15 minut se na displeji objeví samé jedničky, což značí, že výpočet je ukončen a může nastat odečítání vypočtených hodnot.

Postupným mačkáním tlačítka R/S se na displeji zobrazují hodnoty teplotní křivky v pořadí směrem od ochlazované stěny dovnitř desky (maximální počet bodů, ve kterých je možno zjišťovat teplotní křivku je $N = 7$). Je-li odečítání ukončeno, pak při dalším zmáčknutí R/S bliká na displeji nula.

Jestliže bychom chtěli vypočítat další teplotní křivku vzdálenou o čas τ od již vypočítané, stačí zmáčknout následující posloupnost tlačítek CLR, RST, R/S. Po provedeném výpočtu se opět na displeji objeví samé jedničky, po opětovném stlačování tlačítka R/S můžeme odečítat další hodnoty teplotní křivky, tentokrát za čas $2\tau = 7\ 200\ s = 2\ h$ od počátku ochlazování.

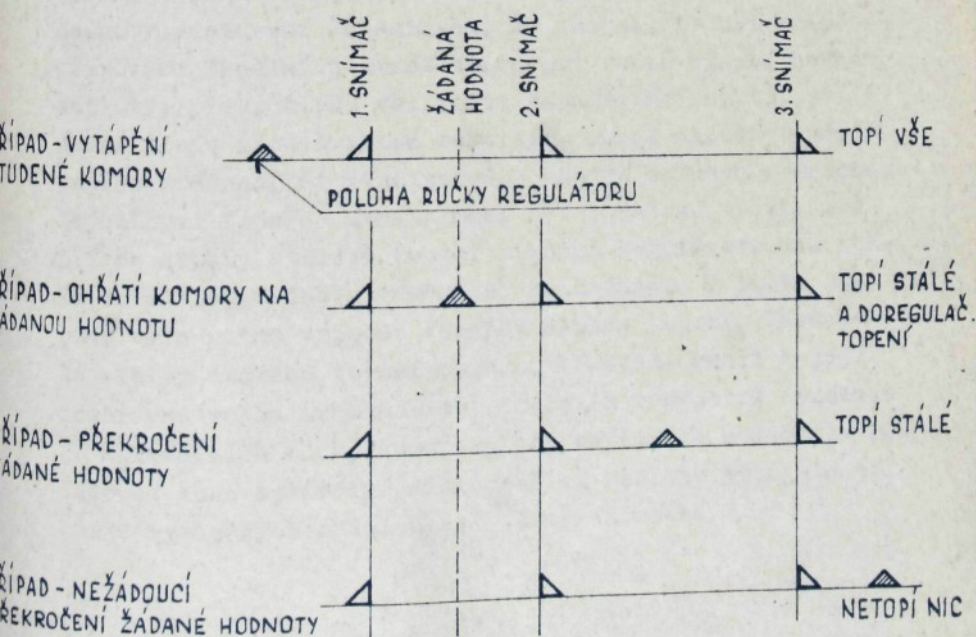
Tímto způsobem můžeme pokračovat a tím zjišťovat teplotní křivku v čase 3τ , 4τ atd. Při konkrétním řešení různých příkladů musíme dbát na dostatečný počet cyklů l . Při malém počtu se může stát, že diferenční vztah bude poskytovat nesprávné výsledky. Volbu dostatečného počtu cyklů si můžeme ověřit jednoduchým způsobem. Vypočteme teplotní křivku při zvoleném počtu cyklů. Pak příklad začneme řešit znovu s dvojnásobným počtem cyklů l . Výsledky by se od sebe měly lišit maximálně v desetínách stupně. Jestliže tomu tak je, je zvolený počet cyklů vyhovující. Je nutno uvědomit si, že čím větší je počet cyklů l , tím dostáváme přesnější výsledky, ale tím též narůstá potřebný čas k výpočtu.

Výsledky zadaného příkladu pro $l = 20$:

$\tau = 3600\ s$	$\tau = 7200\ s$	$\tau = 180000\ s\ (5\ \text{dni})$
$t_A = 14,1761$	$= 13,3099$	$= 8,0148$
$t_1 = 15,7201$	$= 14,6373$	$= 8,0184$
$t_2 = 17,2871$	$= 16,4154$	$= 8,0249$
$t_3 = 17,8322$	$= 17,3710$	$= 8,0300$
$t_4 = 17,9694$	$= 17,7861$	$= 8,0336$
$t_5 = 17,9951$	$= 17,9249$	$= 8,0354$
$t_8 = 17,9951$	$= 17,9249$	$= 8,0354$

7.2 Způsob regulace teploty cirkulačního vzduchu fixačních polí

Jak bylo odvozeno v /16/ je nutné pro vytápění fixační sekce používat elektrického příkonu až 48 kW. Regulovat takovýto příkon není snadné. U prvních napínavích, sušících a fixačních strojů se regulace prováděla pomocí regulátoru ZEPAKOMB 20 a jako výkonového členu se používala soustava stykačů ovládačích čtyři samostatně napájené části elektrického kaloriferu a příkonech 4,5 kW, 7 kW, 11 kW, 15 kW (celkem 37,5 kW). Sekce 4,5 kW bylo tzv. topení "doregulační" a ostatní sekce bylo možno různě propojovat a tím volit velikost "regulačního" a "stálého" topení. Regulátor ZEPAKOMB 20 obsahoval tři snímače, které propojovaly jednotlivé složky tak, aby regulační pochod byl optimální. Funkce takové regulace je zřejmá z obr. 20.



Obr. 20 Funkce regulátoru teploty ZEPAKOMB 20

Volba "stálé" složky topení musela být empiricky nastavena tak, aby tato složka stačila téměř krýt celkové tepelné ztráty komory.

Nejprve tedy při zapnutí el. vytápění byly pomocí stykačů zapnuty současně všechny složky topení. Při dosažení ručky regulátoru k 1. snímači, byla vypnuta regulační složka topení a byla připojena pouze složka stálého a doregulačního topení, jejichž příkon neznatelně přesahoval celkové tepelné ztráty v komoře. Tím teplota nadále nepatrně stoupala, až při dosažení ručky regulátoru k 2. snímači byla vypnuta složka doregulačního topení, čímž připojený el. příkon byl nepatrně nižší než celkové tepelné ztráty. Teplota tedy opět klesala. Při dosažení ručky regulátoru k 2. snímači se opět zapnula složka doregulačního topení a celý pochod se opět opakoval.

V ideálním případě při optimálním nastavení stálé složky topení skutečná hodnota teploty kolísala kolem hodnoty nastavení 2. snímače. Je zřejmé, že při změně celkových tepelných ztrát např. při změně žádané hodnoty teploty, při poklesu velikosti napájecího napětí, při změně druhu zpracovávané textilie, změně množství odsávaného vzduchu, či jiné poruše, nebyla splněna podmínka, že celkové tepelné ztráty musí být nepatrně vyšší, než příkon složky stálého topení a ručka regulátoru pak mohla dosáhnout hodnoty nastavení 3. snímače. V tomto případě bylo nutno vypnout všechny složky topení. Nastavené složky stálého topení bylo nutné často měnit a její nesprávná volba se okamžitě projevila v kvalitě regulace (v maximálních odchylkách teploty od žádané hodnoty). Požadovat toto optimální nastavení od obsluhy stroje např. při 8 vytápěných sekcích bylo téměř nemožné.

Proto se v procesu dalšího zdokonalování strojů od čtyřpolohové regulace upustilo a přešlo se k náhradě regulátoru ZEAPAKOMB 20 spojitými regulátory typu TRS 117. Tyto regulátory /19/ pracují spojitě a jako výstupní akční veličinu používají výstupní napětí $0 \div 10$ V. Jako výkonového akčního členu se pak používaly třífázové tyristorové jednotky NOCONTA-AC typ BS 3,2 F 021-100/380, které umožňovaly regulovat el. příkon až požadovaných 48 kW.

V průběhu dalšího vývoje (z důvodu nedostupnosti NOCONT) se přešlo na použití tří regulačních jednofázových jednotek 10 kW typ R502E (výroba NDR) a spínací stálé složky topení 18 kW. Spínání této složky topení bylo prováděno přes komparátor ovládaný výstupním napětím z regulátoru TRS 117. Při použití stroje obsahujícího 4 fixační pole, tedy 8 vytápěných sekcí po 48 kW, je celkový regulovaný příkon 384 kW. Protože tyto jednotky jsou fázově řízeny, vznikaly potíže s celkovým odrušením stroje. Bylo nutno používat nákladných odrušovacích filtrů. Tato koncepce proto nevyhovovala a bylo nutno přikročit k vývoji akčních výkonových členů, které by byly spínány při průchodu napětí nulovou hodnotou a jejichž spínaný výkon by byl až 60 kW na 1 jednotku.

7.3 Koncepce cyklické výkonové jednotky topení 48 kW

Při návrhu koncepce jednotky topení musíme vycházet z následujících vlastností, které regulační jednotka musí splňovat:

1. Jednofázové napájení napětím 380 V
2. Spínaná zátěž minimálně 48 kW
3. Pro regulovaný výkon $0 - 48$ kW řídicí vstupní napětí $0-10$ V
4. Cyklická regulace (spínání v nule)
5. Možnost řízení binárním slovem

6. Při regulaci počet kladných půlvln musí být roven počtu záporných půlvln
7. Modulová koncepce s jednoduchou možností výměny vadných jednotek
8. Jednoduchá indikace správné funkce
9. Malé rozměry
10. Cena zařízení nižší než u provedení s regulátory R502

Splněním výše uvedených bodů vede automaticky k zařízení s vyšší užitnou hodnotou než u stávajících provedení. Zejména důležitý se jeví požadavek uvedený pod bodem 6., který zejména u malých řízených výkonů bývá opomíjen. Uvědomíme-li se, že např. u stroje se 6 fixačními poli je spínaný výkon až 576 kW, mohla by případná stejnosměrná složka spínaného proudu vyvolat nemalé potíže u transformační stanice uživatele stroje. Při respektování požadavků uvedených pod body 1. - 10. byla vyvinuta jednotka, jejíž schema je zřetelné na výkresu č. v. 040 100 606 a celkové provedení na výkresu č. v. 940 100 639. přílohy.

7.31 Princip činnosti

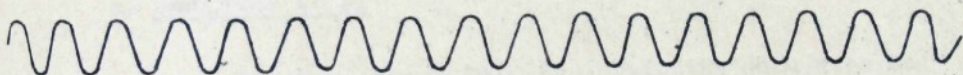
viz schema zapojení č. v. 040 100 606 přílohy.

Regulační jednotka 48 kW pracuje jako výkonový člen elektrického vytápění fixačních polí, případně může pracovat do jiné odporové zátěže až do celkového el. příkonu 48 kW.

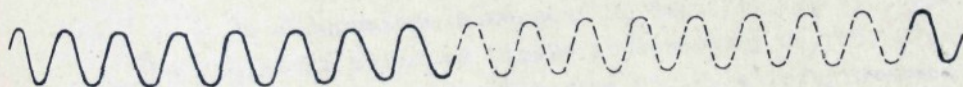
Výkonové antiparalelně zapojené tyristory V25, V26 jsou spínány při průchodu síťového napětí nulovou hodnotou a to v závislosti na vstupním stejnosměrném napětí přítomném na svorkách 5, 6 svorkovnice S1 (výstupní napětí regulátoru teploty).

Spínání v nule, oproti fázově řízeným tyristorům, má výhodu především v tom, že nepůsobí rušení vlivem strmého nárůstu proudu procházejícího tyristory. Odpa-
dají pak složité a prostorově náročné rázové filtry, které jinak musí být součástí regulační jednotky.

Vstupní řídící napětí se pohybuje v rozmezí 0 - 10 V a určuje úroveň vytápění. Vlastní regulátor pracuje cyklicky. To znamená, že v závislosti na vstupním řídícím napětí vždy několik period síťového napětí tyristory V25, V26 jsou sepnuty a zbývajících počet period, do počtu 16 period, nejsou sepnuty. Jak taková regulace probíhá je možno znázornit na obr. 21a, 21b.



Obr. 21a 100 % úroveň vytápění - vstupní řídící napětí
 $U \geq 10 \text{ V}$



Obr. 21b 50 % úroveň vytápění - vstupní řídící napětí
 $U = 5 \text{ V}$

Při 100 % úrovni vytápění jsou tyristory V25, V26 stále sepnuty. Při 50 % úrovni vytápění jsou po dobu 8 period síťového napětí tyristory sepnuty a po dobu 8 period síťového napětí rozepnuty.

Rozsah regulace tedy je vždy v rozsahu 16 period síťového napětí. Tímto způsobem tedy topný výkon zátěží napojených na výkonové tyristory je možno regulovat v 16 úrovních. Aby nedocházelo k stejnosměrnému sycení transformátoru předřazeného před regulační jednotkou, musí být obvodově zaručena taková činnost, že v době, kdy tyristory vedou, je počet kladných půlvln roven počtu půlvln záporných.

Úroveň vytápění je určována obsahem čítače D11 (MH 7493A) v době příchodu sestupné hrany pulsu na vstup L reverzibilního čítače D10. Čítač D10 je plněn pulsy z převodníku U/f tvořeného obvodem A3.

7.32 Popis činnosti jednotek

a) Jednotka XV 21

Všechny obvody regulační jednotky jsou napájeny jednotkou XV 21. Vstupní střídavá napětí 2x12V jsou přiváděna z transformátoru T1, který je jištěn pojistkami F1, F2, F3, F4.

Tento transformátor musí být připojen na stejné fáze jako tyristory V25, V26.

Po dvoucestném usměrnění diodami V1, V2, V30, V31 a vyhlazení střídavé složky kondenzátory C4, C5, C7, C8, C9, pomocí zenerových diod V5, V6 a integrovaného stabilizátoru A2, dostáváme na výstupních svorkách jednotky XV 21 tyto druhy SS napětí (proti společné zemi - kolíky 15, 16).

Na kolících 61, 62 napětí +5V pro napájení číslicových integrovaných obvodů. Na kolících 1, 2 stabilizované napětí +10V, na kolících 3, 4 stabilizované napětí -10V pro napájení operačních zesilovačů A1, A3.

Na kolících 31, 32 a 11, 12 jsou k dispozici nestabilizovaná napětí +12 V a - 12 V pro napájení výkonového operačního zesilovače A4.

Porucha pojistek F3, F4 nebo pojistek předřazených před tyristory V25, V26 je indikována zelenou LED diodou V7. Při poruše těchto pojistek dioda zhasne.

Operační zesilovač A1 spolu s diodami V3 a V4 a odporem R1 vytváří tvarovač napětí.

Na kolících 26, 25 je možno osciloskopem sledovat pravouhlý průběh napětí, tak jak je nakreslen na výkresu. Při každém průchodu síťového napětí nulovou hodnotou se vytváří buď sestupná nebo náběžná hrana impulsu.

b) Jednotka XV 22

Tato jednotka obsahuje převodník napětí - frekvence a výkonový stupeň pro buzení tyristorů.

Převodník U/f je tvořen obvodem A3, V8, V9, V10, kondenzátorem C17 a odpory R6, R7, R8, R10, R11, R12.

Napětí v rozsahu 0 + 10 V je přiváděno pomocí rezistoru R8 z děliče napětí R6, R7 na invertující vstup operačního zesilovače A3. Pomocí kondenzátoru C17 nastává integrace napětí a výstupní napětí z výstupu obvodu A3 narůstá až do hodnoty asi 6 V, která je určena napětím U_{BE} tranzistoru V9 a napětím z děliče R10, R11. Dosáhne-li se tohoto napětí, tranzistor V9 se otevře a tím otevře i tranzistor V10. Úbytkem vzniklým na rezistoru R12 je otevřen tranzistor V8, který vybije kondenzátor C17. Napětí na výstupu A3 prudce poklesne, čímž se tranzistory V9 a V10 dostanou do nevodivého stavu a nastává opět cyklus integrace. Na výstupu 6 operačního zesilovače A3 je možno sledovat pilovitý průběh napětí.

Obvod A4 je výkonový operační zesilovač se zápornou střídavou vazbou tvořenou rezistory R15, R16 a kondenzátorem C20. Tento obvod je buzen pulsy z jednotky XV 20.

Okamžik buzení je indikován pomocí žluté LED diody V13. Svítí-li dioda V13 značí to, že přes jednotku XV 23 jsou spínány tyristory V25, V26.

Potenciometrem R7 se nastavuje převod převodníku U/f tak, aby při vstupním napětí 10 V byl výstupní kmitočet na kolících 31, 32 roven 50 Hz.

Potenciometrem R13 se nastavuje úroveň buzení tyristorů.

c) Jednotka XV 23

Jednotka obsahuje impulsní transformátor T2 a obvody přepětové ochrany tyristorů C50, R45, R46. Impulsní transformátor T2 zabezpečuje galvanické oddělení řídicích obvodů.

d) Jednotka XV 20

Tato jednotka tvoří základ celé regulační jednotky. Na kolíky 61, 62 je přiváděn vytvarovaný průběh síťového napětí z jednotky XV 21 a přes převod úrovní pomocí tranzistoru V22 a diod V20, V21 je tímto průběhem buzen Schmidtův klopný obvod tvořený rezistory R31, R38 a hradly 1, 2 integrovaného obvodu D1.

Pomocí zpoždění realizovaného hradly 3, 4, 5, 6 obvodu D1 a hradel 1, 2, 3, 4 obvodu D2, realizujících funkci exlusive - OR, jsou získávány na vývodu 6 hradla 4 obvodu D2 krátké impulsy (široké asi 100 ns). Tyto pulsy vznikají vždy se sestupnou nebo náběžnou hranou napětí z výstupu tvarovače jednotky XV 21. Obvody D1, D2 tvoří tedy násobič kmitočtu dvěma, nutný k zabezpečení toho stavu, aby transformátor před regulační jednotkou (výkonový transformátor v rozvodně) nebyl stejnosměrně sycen. Tyto pulsy budí monostabilní klopný obvod D3, jehož čas činnosti je nastaven na dobu 500 μ s pomocí rezistoru R40 a kondenzátoru

C43. Na vývodu 6 obvodu D3 dostáváme průběh napětí takový, jaký je nakreslen ve schematu zapojení. Hradla 1, 2 obvodu D7 tvoří oscilátor s kmitočtem výstupního napětí asi 17 kHz.

Mají-li být tyristory V25, V26 buzeny (regulační jednotka topí) musí být výstup $\bar{Q}$ obvodu D9 ve stavu logické jedničky. V tom případě jsou pulsy z oscilátoru přiváděny přes hradla 3, 4 obvodu D7 na kolíky 51, 52 této jednotky a to pouze vždy po krátkou dobu činnosti monostabilního obvodu D3 - tedy při průchodu napětí nulovou hodnotou.

Z výstupu 10 hradla 2 obvodu D1 je pulsující napětí přiváděno jednak přes derivační článek C40, R34 na čítecí vstup "A" děliče 16, tvořeného obvodem D4, jednak na vstup "CD" obvodu D10. Vstup "CD" obvodu D10 soužijí k čítání směrem dolů. Každá náběžná hrana na vstupu "CD" tohoto obvodu způsobí zmenšení obsahu vnitřního registru o jedničku.

Obvod D4 vymezuje ze síťového napětí úsek 16 period, ve kterých probíhá vlastní regulace. Po každé 16 periodě síťového napětí způsobí nejprve monostabilní klopný obvod tvořený hradly 1 a 2 obvodu D5. Z výstupu 6 hradla 2 obvodu D5 je přiváděn signál do vstupu "L" obvodu D10 a tento signál způsobí naplnění čítače D10 obsahem čítače D11. Současně tento signál provede nastavení výstupu $\bar{Q}$ obvodu D9 do stavu logické nuly a tím blokování tyristorů V25, V26. (Výstup 8 hradla 3 obvodu D7 je ve stavu logické jedničky a tím není buzen obvod A4 jednotky XV 22).

Náběžná hrana z výstupu 6 hradla 2 obvodu D5 způsobí spuštění monostabilního klopného obvodu tvořeného hradly 4 obvodu D5 a hradlem 1 obvodu D6. Po čas činnosti tohoto monostabilního klopného obvodu je výstup 6 hradla 2 obvodu D6 ve stavu logické jedničky a tím nuluje obsah čítače D11 a současně přes hradlo 4 obvodu D6 (je-li výstup 11 hradla 3 obvodu D6 v logické jedničce) nastavuje výstup $\bar{Q}$

obvodu D9 do stavu logické jedničky. Je-li tento výstup v logické jedničce, je zrušeno blokování hradla 3 obvodu D7 a tyristory jsou pak při každém průchodu napětí nulovou hodnotou buzeny.

Jestliže je výstupní napětí z regulátoru teploty nulové (nulové napětí mezi svorkami 5, 6 svorkovnice S1) převodník U/f nepracuje. V tom případě jsou i na výstupech 3, 2, 6, 7 obvodu D10, po příchodu sestupné hrany na jeho vstup "L", logické nuly. Obvod D8 realizující funkci And-Or-Invert bude v tom případě mít na svém výstupu 8 logickou jedničku a přes hradlo 3 obvodu D6 (na výstupu 11 hradla 3 obvodu D6 bude logická nula) bude blokovat činnost hradla 4 obvodu D6. V tom případě nebude moci ^{byť} výstup $\bar{Q}$ obvodu D9 ^{uvést} do stavu logické jedničky a bude stále setrvávat ve stavu logické nuly, čímž je buzení tyristorů blokováno.

Aby nenastalo "přetečení" čítače D11, v případě vyššího napětí než 10 V na vstupu převodníku U/f, a tím k chybné funkci celého zařízení, je toto blokováno pomocí hradel 1, 2 obvodu D12. Jsou-li všechny výstupy A, B, C, D čítače D11 v logické jedničce (čítač právě naplněn), je na výstupu 8 hradla 2 obvodu D1 logická nula, čímž je blokováno další čítání čítače D11.

Výstup "BO" obvodu D10 přes derivační člen C39, R37, uvádí výstup $\bar{Q}$ obvodu D9 do stavu logické nuly a tím blokuje činnost tyristorů V25, V26.

Pro výklad činnosti uvažujeme, že vstupní napětí převodníku U/f je rovno 5 V. V tom případě se vždy mezi dvěmi náběžnými hranami z výstupu D obvodu D4, načítá obsah čítače D11 na polovinu plné kapacity tohoto čítače. To znamená, že na výstupu čítače D11 bude stav (0111) ve dvojkovém kódu. Tento stav se přenesení do čítače D10 po příchodu sestupné hrany impulsu na vstup "L" a současně se na výstupu $\bar{Q}$ obvodu D9 po příchodu této sestupné hrany objeví logická nula, čímž se blokuje další činnost tyristorů V25, V26.

Po příchodu náběžné hrany impulsu z výstupu 6 se provede nulování čítače D11 (čítač připraven k dalšímu čítání) a výstup $\bar{Q}$ obvodu D9 se uvede do stavu LOG 1 (tyristory odblokovány). Po tomto stavu, vždy každým průchodem síťového napětí nulovou hodnotou, se vždy provede zapálení příslušného tyristoru a současně po celém průchodu periody síťového napětí se přes vstup "CD" obvodu D10 sníží jeho obsah o jedničku.

Tento děj se stále opakuje až do stavu, kdy na výstupu čítače D10 bude stav (0000) ve dvojkové soustavě. Pak přes výstup "BO" se uvede výstup $\bar{Q}$ do stavu logické nuly, čímž se blokuje další zapalování tyristorů a to až do té doby, než se na výstupu D obvodu D4 objeví další náběžná hrana pulsu, provádějící nastavení čítače D10 a nulování čítače D11. Tento děj se periodicky opakuje.

7.33 Úvaha o použití vhodných tyristorů

Dvojice antiparalelně zapojených tyristorů bude pracovat do odporové zátěže skládající se z 96 kusů topných tyčů, jejichž odpor je $288,8 \Omega$ s tolerancí $\pm 10 \%$. Uvažujeme-li nejhorší případ (WC analýza), může odpor tyče být minimálně $259,9 \Omega$. Celkový odpor elektrického ohříváče složeného z 96 kusů takovýchto tyčí může dosáhnout minimální hodnoty $2,707 \Omega$. Tomuto celkovému odporu, při maximální hodnotě napájecího napětí (s uvažováním 10% pře-
pětí), odpovídá efektivní hodnota proudu

$$I_{ef} = \frac{380 + 0,1 \cdot 380}{2,707} \approx 154 \text{ A}$$

Vrcholová hodnota probíhajícího proudu pak bude činit

$$I_{max} = \sqrt{2} I_{ef} = \sqrt{2} \cdot 154 \approx 218 \text{ A}$$

použitý tyristor při nejnepříznivějším druhu provozu (úhel otevření 180°) musí mít pak střední propustný proud $I_{T(AV)}$ vyšší než hodnota vypočtená z I_{max} .

podle /20/ je pro sinusový průběh protékajícího proudu

$$I_{T(AV)} = 0,45 I_{max} = 0,45 \cdot 218 \approx 98 \text{ A}$$

Pro vyšší spolehlivost zařízení zvolíme typ tyristoru s $I_{T(AV)} = 160 \text{ A}$. Tedy typ T 955-160, výrobek ČKD Polovodiče Praha.

Při skutečném proudu $I_{T(AV)} = 98 \text{ A}$ lze podle grafu uvedeného v /21/ zjistit pro sinusový průběh proudu a úhel otevření tyristoru propustný ztrátový výkon $P_{T(AV)} \approx 140 \text{ W}$.

Uvažujeme-li maximální teplotu okolí 40° C a použití chladiče typu C 160 - 79.1, vychází pro $P_{T(AV)} = 140 \text{ W}$ oteplení chladiče $\Delta \vartheta_{RA} = 57^\circ \text{ C}$ /21/. Toto platí pro přirozené chlazení bez použití ofukovacího ventilátoru.

Teplota chladiče (přibližně i pouzdra tyristoru dosáhne hodnoty $\vartheta_c = t_{okolí} + \Delta \vartheta_{RA} = 40 + 57 = 97^\circ \text{ C}$. Pro teplotu pouzdra tyristoru 97° C , sinusový průběh protékajícího proudu a úhel otevření 180° lze z /21/ str. 546 zjistit zpětně mezní střední propustný proud $I_{T(AV)}$, který je $I_{T(AV)} = 125 \text{ A}$. Zpětně pro náš krajní případ s $I_{T(AV)} = 98 \text{ A}$ vychází teplota pouzdra $\vartheta_c = 103^\circ \text{ C}$. Maximální teplota okolí pro použitý chladič C160-79.1 a $\vartheta_{RA} = 57^\circ \text{ C}$ bude

$$t_{okolí} = \vartheta_c - \Delta \vartheta_{RA} = 103 - 57 = 46^\circ \text{ C}.$$

Při normálním provozu se dá předpokládat, že teplota okolí bude vždy nižší než 46° C a tyristor nebude mít překročeny katalogové údaje ani při poruše nuceného chlazení, kdy veškeré vzniklé teplo bude odváděno pouze přirozeným chlazením.

7.34 Konstrukční uspořádání elektroskríní a jejich odvětrávání

Regulační jednotka byla konstrukčně zpracována v podobě zřejmé z výkresu č. v. 940 100 639. Na společném rámu jsou umístěny chladiče s tyristory a vana pro elektronické jednotky XV 20, XV 21, XV 20. Jednotka XV 23 je umístěna nad síťovým transformátorem. Jištění jednotek je provedeno pomocí pojistek F1 - F4 (jištění elektroniky) a pomocí pojistek P95 - P104 (jištění výkonové části). Jednotky jsou zabudovány do normalizovaných skříní a rozmístění je zřejmé z výkresu č. v. 940 201 852.

Elektrické zapojení je uvedeno na výkresu č. v. 940 408 197. Výkonová regulační jednotka (např. Y82) je připojena ke sběrnici přes pojistky P95, P96 a stykač S80. Zátěž tvořená elektrickým ohříváčem W1 je připojena pomocí vodičů v silikonové izolaci.

Relé B32 je relé chodu cirkulačního ventilátoru a zajišťuje ^{blokování} vzápnutí elektrického vytápění při poruše cirkulačního ventilátoru. Jednotka označená Y4 je vlastní proporciální regulátor teploty TRS 117. V případě poruchy kterékoli z výkonových pojistek P95, P96 dojde k odpojení stykače a tím i k vypojení regulátoru Y4. Přehled o stavu pojistek elektroniky zajišťuje LED dioda V7 jednotky XV 21. Správnou funkci elektroniky indikuje LED dioda V13 jednotky XV 22. Při jejím svitu jsou na výstupu této jednotky přítomny zapalovací impulsy pro spínání tyristorů V25, V26. Jakákoliv porucha v kterémkoliv obvodu elektroniky je pomocí diody V13 indikována. Chlazení vnitřního prostoru elektroskríní je provedeno nuceným odvětráváním. Pro odvětrávání je

použit ventilátorek Mezaxiál 3100. Uvedený ventilátorek má štítkový údaj $V = 3 \text{ m}^3/\text{min}$, odsávaného vzduchu při $\varrho = 1,2 \text{ kg/m}^3$. Uvažujeme-li, že tento ventilátorek bude odvádět z elektroskríní vzduch o měrné hmotnosti $\varrho = 1 \text{ kg/m}^3$ a že měrné teplo suchého vzduchu je přibližně $C_p = 1,015 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$, lze vypočítat oteplení tohoto vzduchu při daném ztrátovém výkonu vznikajícím v elektroskríních.

Při uvažování ztrátového výkonu v 1 regulační jednotce 140 W, je celkový ztrátový výkon ve skříních 560 W. (V jedné skříní jsou čtyři regulační jednotky). Oteplení vzduchu odváděného ventilátorem pak bude

$$\Delta t = \frac{P_z}{C_p \cdot \varrho \cdot V} = \frac{560}{1015 \cdot 1 \cdot \frac{3}{60}} \approx 11^\circ\text{C}$$

Při teplotě okolního vzduchu 40°C by tedy vnitřní teplota uvnitř skříní neměla překročit teplotu 51°C .

8. REGULÁTOR TEPLoty CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU

U současně vyráběných napínacích, sušících a fixačních strojů se dosud používají jako regulátory teploty proporciální regulátory TRS 117. Čidlo pro snímání teploty je s platinovým odporovým tělískem Pt 100 s vhodně provedenou lineární regresí kvadratického průběhu. Používání tohoto čidla je výhodné zejména pro stálost a reprodukovatelnost parametrů.

Při řešení obvodů převádějících změnu odporu čidla na stejnosměrné napětí se u většiny regulátorů používá Wheastoneův můstek. Tento můstek musí být však vytvářen z velmi přesných stabilních rezistorů. Splnění této podmínky je obtížné, a proto přesnost a shodnost různých vyráběných regulátorů bývá nízká. Při praktickém provozu napínacích, sušících a fixačních strojů většinou na výslednou kvalitu zpracovávané textilie má větší vliv nerovnoměrnost teploty podél stroje, než absolutní hodnota nastavené teploty. Současná metoda regulace, využívající např. pro stroj se čtyřmi fixačními poli 8 regulátorů TRS 117, přestává v současné době vyhovovat a to zejména z těchto důvodů:

- a) Na každém regulátoru se musí samostatně nastavovat teplota. Vlivem obsluhy zde dochází k častým chybám v nastavení.
- b) Přesnost přístrojů je nízká a nevyhovuje obchodně technickým podmínkám stroje. V současné době se jednotlivé regulátory musí individuálně nastavovat.

K odstranění výše uvedených nedostatků bylo nutné navrhnout regulátor, který by měl následující vlastnosti:

- a) Přesné nastavení regulační teploty pomocí BCD kódu a to buď ručně, nebo pomocí mikropočítače.
- b) Jednoduchý měřicí obvod převádějící změnu odporu čidla Pt 100 na přesně definovanou změnu napětí s uvažováním různé lineární regrese.
- c) Výstupní napětí vhodné pro číslicové zpracování.
- d) Jednoduchou signalizaci mezních hodnot typu "nedotopeno" a "přetopeno".
- e) Vhodně vyvedenou sběrnici pro budoucí nasazení mikropočítače.
- f) Jednoduché nastavování měřicího obvodu.
- g) Pouze jeden měřicí obvod pro více regulačních smyček.

Zvláště splnění podmínky g) je u napínacích, fixačních a sušících strojů žádoucí pro zaručení stejnoměrnosti rozložení teplot po délce stroje.

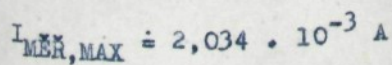
8.1 Měřicí obvod

viz obr. 22

Obvod je tvořen čtyřmi 8kanálovými analogovými multiplexory V1 - V4. Pomocí samostatného zdroje G1 je přes sepnuté kanály obvodů V1 a V2 přiváděn konstantní proud. Tento proud podle ČSN 258307 má být maximálně takový, aby jeho průchodem přes Pt 100 vznikl ztrátový výkon nižší než 1 mW. Pro námi uvažovaný případ bude maximální odpor (v rozsahu teplot 0 - 250°C) asi $R_{MAX} = 195 \Omega$. Pro tento odpor vychází měřicí proud

$$I_{MER} = \sqrt{\frac{P}{R_{max}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{195}} = 2,25 \cdot 10^{-3} A$$

Zvolíme tedy měřicí proud asi 2mA.



Tento měřicí proud průchodem přes rezistory R_{Pt100} , R_{V1} , R_{V3} (přidané odpory způsobené přívodními kabely) vytváří na nich úbytek napětí. Trívodičovým zapojením je však polarita parazitních úbytků napětí na R_{V1} a R_{V3} opačná. Sečtením v obvodu V6 se tyto úbytky vyruší. Toto řešení má výhodu zejména v tom, že umožňuje tělísko teploměru umístit v libovolné vzdálenosti od desky elektroniky. Musí být však splněna podmínka, že přívody musí být provedeny ze stejného materiálu, musí mít stejný průřez a stejné délky tak, aby platilo $R_{V1} = R_{V3}$.

Na výstupu operačního zesilovače V6 je nutné zajistit rozsah výstupního napětí $0 \div 1$ V pro změnu teploty v rozsahu $0 - 250^{\circ}\text{C}$. Tato podmínka je zajištěna pomocí nastavitelných rezistorů R6, R7. Rezistorem R7 nastavujeme 1. bod zadané regresní přímky a rezistorem R6 sklon regresní přímky tak, aby procházela 2. bodem. Tyto 2 cejchovní body lze určit výpočtem.

8.2 Optimální lineární regrese teploměrného tělíska Pt 100 pro používaný rozsah pracovních teplot

U napínacích, sušících a fixačních strojů se pro měření teploty cirkulačního vzduchu používá tělísek Pt 100 s poměrem

$$W_t = \frac{R_t}{R_0} = 1,3850$$

kde: R_t = odpor tělíska při teplotě t

R_0 = odpor tělíska při teplotě 0°C

Tato tělíska jsou výrobcem dodávána podle technických podmínek stanovených normou ST SEV 1057-78 (ČSN 258306). Pro tato tělíska norma stanoví aproximační rovnici ve tvaru:

$$W_t = 1 + At + Bt^2$$

$$\text{kde: } A = 3,90802 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,8020 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

Tato aproximace platí v rozsahu teplot $0^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$ a popisuje změnu odporu s teplotou s dostatečnou přesností. Obsahuje však kvadratický člen, který lze u jednoduchých regulátorů obtížně realizovat. Proto se většinou používá náhrada této kvadratické rovnice rovnicí přímky. Tato přímka musí být však vhodně proložena, aby v používaném rozmezí pracovních teplot byla odchylka od skutečného stavu minimální.

Pro optimalizaci lineární regrese byl sestaven program použitelný na kalkulátoru TEXAS INSTRUMENTS TI 59 (TI 58) s připojenou tiskárnou PC 100 C. Program pro zadaný teplotní rozsah a krok teploty řeší lineární regresy metodou nejmenších čtverců. Současně určuje chybny body pro nastavení a zpětně vytiskne pro zadaný krok teplot absolutní chyby vzniklé touto aproximací. Výpis programu je patrný z obrázku 23.

Obsluha programu je následující:

1. Vložíme do operační paměti kalkulátoru program (u TI 59 magnetickým štítkem).
2. Zadáme dolní mez teploty pro výpočet lineární regrese a stiskneme tlačítko A.
3. Zadáme horní mez teploty pro výpočet lineární regrese a stiskneme tlačítko B.
4. Zadáme krok (rozdíl dvou sousedních teplot, ve kterých budeme teplotu uvažovat) a stiskneme tlačítko C.

5. Pro libovolnou teplotu je možno určit tomu odpovídající odpor teploměru stisknutím tlačítka E.
6. Provedeme lineární regresi stisknutím tlačítka OP 12.
7. Na displeji odečteme člen b regresní přímky a po stisku $X \Rightarrow t$ člen m regresní přímky. Význam členů m a b je patrný z rovnice přímky:

$$R_t = m \cdot t + b$$
 kde: R_t = odpor teploměru při teplotě t °C
 t = teplota, pro kterou provádíme výpočet °C
8. Zadáme dolní mez teploty pro zpětný výpočet podle regresní přímky a stiskneme tlačítko C'.
9. Zadáme horní mez teploty pro zpětný výpočet dle regresní přímky a stiskneme tlačítko D'.
10. Zadáme krok teplot, po kterých má být vytištěn výsledek a stiskneme tlačítko E'.

Výstup z tiskárny je patrný z obr. 24 až 26. Vždy je nejprve vytištěna teplota, pro kterou se výpočet provádí a pak teplota odpovídající zpětné transformaci podle regresní přímky.

Z rozdílu těchto dvou teplot je zřejmá absolutní chyba teploty v tomto bodu.

Obr. 24 popisuje lineární regresi u teploměru v rozsahu teplot 0 - 250° C po kroku 1° C. Aproximační přímka má tvar

$$R = 0,376297 \cdot t + 100,6019575.$$

Obr. 25 popisuje provedení lineární regrese v teplotním rozsahu 150 - 220° C po kroku 1° C. Aproximační přímka má tvar

$$R = 0,3693345995 \cdot t + 101,9613662.$$

000	76	LBL	050	07	07	100	92	RTN
001	15	E	051	36	PGM	101	76	LBL
002	42	STD	052	01	01	102	19	D'
003	07	07	053	71	SBR	103	42	STD
004	76	LBL	054	25	CLR	104	08	08
005	17	B'	055	92	RTN	105	92	RTN
006	24	CE	056	76	LBL	106	76	LBL
007	53	(	057	12	B	107	10	E'
008	01	1	058	42	STD	108	42	STD
009	85	+	059	08	08	109	09	09
010	03	3	060	92	RTN	110	76	LBL
011	93	.	061	76	LBL	111	22	INV
012	09	9	062	13	C	112	43	RCL
013	00	0	063	42	STD	113	07	07
014	08	8	064	09	09	114	99	PRT
015	00	0	065	76	LBL	115	71	SBR
016	02	2	066	14	D	116	15	E
017	52	EE	067	71	SBR	117	43	RCL
018	94	+/-	068	17	B'	118	11	11
019	03	3	069	43	RCL	119	69	DP
020	65	x	070	07	07	120	15	15
021	43	RCL	071	32	X:T	121	58	FIX
022	07	07	072	43	RCL	122	02	02
023	75	-	073	11	11	123	99	PRT
024	05	5	074	78	Z+	124	43	RCL
025	93	.	075	43	RCL	125	09	09
026	08	8	076	09	09	126	44	SUM
027	00	0	077	44	SUM	127	07	07
028	02	2	078	07	07	128	43	RCL
029	52	EE	079	43	RCL	129	07	07
030	94	+/-	080	07	07	130	32	X:T
031	07	7	081	32	X:T	131	43	RCL
032	65	x	082	43	RCL	132	08	08
033	43	RCL	083	08	08	133	22	INV
034	07	07	084	22	INV	134	77	GE
035	33	X²	085	77	GE	135	16	A'
036	54	)	086	16	A'	136	22	INV
037	65	x	087	61	GTD	137	58	FIX
038	01	1	088	14	D	138	61	GTD
039	00	0	089	76	LBL	139	22	INV
040	00	0	090	16	A'			
041	95	=	091	22	INV			
042	42	STD	092	58	FIX			
043	11	11	093	09	9			
044	22	INV	094	35	1/X			
045	52	EE	095	91	R/S			
046	92	RTN	096	76	LBL			
047	76	LBL	097	18	C'			
048	11	A	098	42	STD			
049	42	STD	099	07	07			

0.	130.
-1.60	130.81
5.	135.
3.59	135.79
10.	140.
8.77	140.77
15.	145.
13.94	145.75
20.	150.
19.11	150.71
25.	155.
24.27	155.67
30.	160.
29.42	160.62
35.	165.
34.56	165.56
40.	170.
39.70	170.50
45.	175.
44.82	175.42
50.	180.
49.94	180.34
55.	185.
55.05	185.25
60.	190.
60.16	190.16
65.	195.
65.25	195.05
70.	200.
70.34	199.94
75.	205.
75.42	204.82
80.	210.
80.50	209.70
85.	215.
85.56	214.56
90.	220.
90.62	219.42
95.	225.
95.67	224.27
100.	230.
100.71	229.11
105.	235.
105.75	233.94
110.	240.
110.77	238.77
115.	245.
115.79	243.59
120.	250.
120.81	248.40
125.	
125.81	

0.	130.
-5.31	129.59
5.	135.
-0.02	134.67
10.	140.
5.25	139.75
15.	145.
10.53	144.81
20.	150.
15.79	149.87
25.	155.
21.04	154.92
30.	160.
26.29	159.97
35.	165.
31.53	165.00
40.	170.
36.76	170.03
45.	175.
41.99	175.05
50.	180.
47.20	180.06
55.	185.
52.41	185.07
60.	190.
57.61	190.06
65.	195.
62.80	195.05
70.	200.
67.99	200.03
75.	205.
73.17	205.00
80.	210.
78.33	209.97
85.	215.
83.50	214.92
90.	220.
88.65	219.87
95.	225.
93.79	224.81
100.	230.
98.93	229.75
105.	235.
104.06	234.67
110.	240.
109.18	239.59
115.	245.
114.30	244.50
120.	250.
119.40	249.40
125.	
124.50	

0.	130.
-4.50	129.98
5.	135.
0.77	135.05
10.	140.
6.03	140.11
15.	145.
11.29	145.16
20.	150.
16.54	150.20
25.	155.
21.77	155.23
30.	160.
27.01	160.26
35.	165.
32.23	165.28
40.	170.
37.44	170.29
45.	175.
42.65	175.30
50.	180.
47.85	180.29
55.	185.
53.04	185.28
60.	190.
58.23	190.26
65.	195.
63.40	195.23
70.	200.
68.57	200.20
75.	205.
73.73	205.16
80.	210.
78.88	210.11
85.	215.
84.03	215.05
90.	220.
89.17	219.98
95.	225.
94.30	224.91
100.	230.
99.42	229.82
105.	235.
104.53	234.73
110.	240.
109.64	239.64
115.	245.
114.73	244.53
120.	250.
119.82	249.42
125.	
124.91	

CEJCHOVNÍ BODY
LINEARNÍ REGRESE V
TEPLOTNÍM ROZSAHU
0.

AZ

250.
STUPNU CELSIA
PO KROKU 1 STUPEN

0. [°C]
100.6019575 [Ω]

250. [°C]
194.6762075 [Ω]

CEJCHOVNÍ BODY
LINEARNÍ REGRESE V
TEPLOTNÍM ROZSAHU
100.

AZ

250.
STUPNU CELSIA
PO KROKU 1 STUPEN

0. [°C]
101.6666245 [Ω]

250. [°C]
194.2903745 [Ω]

CEJCHOVNÍ BODY
LINEARNÍ REGRESE V
TEPLOTNÍM ROZSAHU
150.

AZ

220.
STUPNU CELSIA
PO KROKU 1 STUPEN

0. [°C]
101.9613662 [Ω]

250. [°C]
194.2950161 [Ω]

Obr. 26 popisuje provedení lineární regrese v rozsahu teplot 100 - 250° C po kroku 1° C. Aproximační přímka má tvar

$$R = 0,3704949998 \cdot t + 101,6666245.$$

Při nastavování regulátorů je regresní přímka určena dvěma body. Stačí proto regulátor nastavovat ve dvou krajních bodech teplot. Číselní body pro výše uvedené lineární regrese jsou vytištěny tiskárnou a uvedeny na obr. 27.

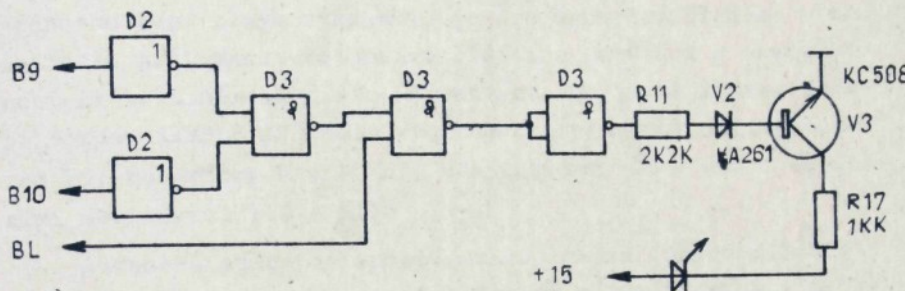
8.3 P-regulační člen regulátoru teplot

S ohledem na výhodnost případného mikropočítačového zpracování výstupních signálů je vlastní regulační člen navržen typu P s definovaným zesílením. Zesílení je voleno tak, aby odchylka 1° C způsobila výstupní napětí 10 V. Toto výstupní napětí pak řídí výkonové akční členy.

Zvolené zesílení bylo voleno na základě /23/ pomocí metody kritického zesílení. Vlastní regulační P člen je tvořen operačním zesilovačem V7 (viz schema zapojení č. v. 940 100 819 - příloha). V operačním zesilovači se sčítá jak napětí z měřicího převodníku, tak napětí z D/A převodníku. Zesílení je definováno odpory R10, R11, R12.

Nastavení regulační teploty je provedeno pomocí číslíkových spínačů s přesností na 1° C. Protože číslíkové spínače pracují v BCD kódu, je nutné zajistit převod na binární kód zpracovatelný v monobytickém D/A převodníku MDAC 08. Uvedený převod je realizován pomocí 5 kusů binárních sčítaček D4, D5, D6, D7, D8. Uvedené zapojení je převzato z /24/. Nejvyšší váhové desítkové číslo (stovky °C) má zajištěno mechanické blokování uvnitř vlastního číslíkového spínače. Toto blokování dovoluje

nastavit pouze čísla 0, 1, 2. Aby bylo zabráněno chybné funkci regulátoru při nastavení teploty vyšší než 255°C , je toto indikováno obvodem podle obr. 28.



Obr. 28 Indikace překročení rozsahu

Při nastavení teploty vyšší než 255°C se po převodu objeví logická jednička na bitu B9 nebo B10 (nebo na obou současně). Pomocí signálu BL (odvezen z generátoru adres) bude pak střídavě spínán tranzistor V3 a tedy bude blikat LED dioda indikující chybné nastavení.

Přesnost nastavení je dána integrální nelinearitou použitého převodníku MDAC 08, která je podle /22/ nižší než 0,19 % z plného rozsahu. Pro náš případ tedy $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Tato přesnost je dostatečná i pro náročné aplikace tohoto regulátoru.

Výstup z převodníku BCD/BIN je veden přes osmibitový vysílač sběrnice MHB 8286. Jestliže nastavení teploty bude provedeno pomocí mikropočítače, vyžádá si mikropočítač přístup k datové sběrnici signálem DATA COMP v logické 1. Tím uvede obvod D9 do stavu vysoké impedance a může pak vstoupit na datovou sběrnici D0 - D7.

Přesné nastavení převodu je provedeno pomocí rezistoru R13, aby vstupnímu datu 250 v desítkové soustavě odpovídalo výstupní napětí 1V. Na výstupu operačního zesilovače V7 mě-

řící desky tedy pro určité adresované místo dostáváme napětí, jehož velikost je úměrná velikosti regulační odchylky. Protože výkonové tyristorové členy topení pracují s analogovým signálem v rozsahu $0 \div 10 \text{ V}$ (0V - jednotka netopí, 10V - jednotka topí plným výkonem), je pro správnou činnost nutno zajistit přítomnost vstupního řídícího napětí i v okamžiku není-li toto měřící místo adresováno. To je zajištěno pomocí obvodu SAMPLE AND HOLD tvořeného analogovým multiplexorem V9, rezistory R14 $\div$ R21, kondenzátory C9 $\div$ C16 a operačními zesilovači V10 $\div$ V13.

Adresová sběrnice tohoto multiplexoru (značena "adresa II") je oddělena od adresové sběrnice měřících míst ("adresa I"). Při adresování místa 1 (adresa 000 - binárně) je změněna teplota měřícího místa 1. V závislosti na nastavené teplotě se na výstupu V7 objeví napětí, jehož polarita a velikost určuje velikost topného výkonu. Je-li napětí záporné, značí to, že teplota je vyšší než nastavená a výkonová jednotka topení nebude toto místo ohřívat (a to do té doby než zchladne). Napětí z výstupu V7 nabíjí přes analogový multiplexor V9 kondenzátor C9 a to s časovou konstantou

$$\tau_{\text{NAB}} = (R_K + R_9) \cdot C_9$$

kde R_K je odpor sepnutého kanálu obvodu V9. Uvažujeme-li, že R_K je typicky 390Ω , je tato časová konstanta

$$\tau_{\text{NAB}} = (390 + 220) \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} = 915 \cdot 10^{-6} \text{ s.}$$

Zhruba po 10 ms (čas určený generátorem adres pro změření 1 měřícího místa) se adresa změní o jednotičku a probíhá nabíjení kondenzátoru C10 atd. Po dobu, kdy není adresováno měřící místo 1, je napětí na výstupu V10 udržováno pouze vliv nabitého kondenzátoru C9. Tento kondenzátor je však současně

vybíjen pomocí rezistoru R14 s časovou konstantou (při zanedbání vstupního odporu neinvertujícího vstupu V10 a výstupního odporu neseprnutého kanálu 1 obvodu 9) $\tau_{VYB} = R14 \cdot C9$.

$$\tau_{VYB} = 8,2 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \approx 12,3 \text{ s}$$

Při maximálně 8 uvažovaných kanálech bude čas pro úplné změření trvat asi 80 ms. S ohledem na tuto skutečnost je volena i vybíjecí konstanta.

Je-li nutný zásah mikropočítače, je možné pomocí signálu úrovně log 1 přivedeného na vstup EN odpojit analogový multiplexor V9 od výstupu V7. Pak ve vhodný okamžik můžeme přivedené napětí na vstup IN zavzorkovat do paměťových kondenzátorů C9 až C16. Z tohoto důvodu jsou adresní sběrnyce "ADRESA I" a "ADRESA II" vzájemně odděleny.

Použití uvedeného vzorkování je výhodné i v tom případě, je-li z určitých důvodů nutné vypnout část topení. V tom případě stačí uvedená místa neadresovat a vybíjecí odpory R14 - zajistí vybití paměťových kondenzátorů. Na výstupu neadresovaného operačního zesilovače pak bude za určitý čas nulové napětí a patřičná jednotka nebude toto místo vytápět.

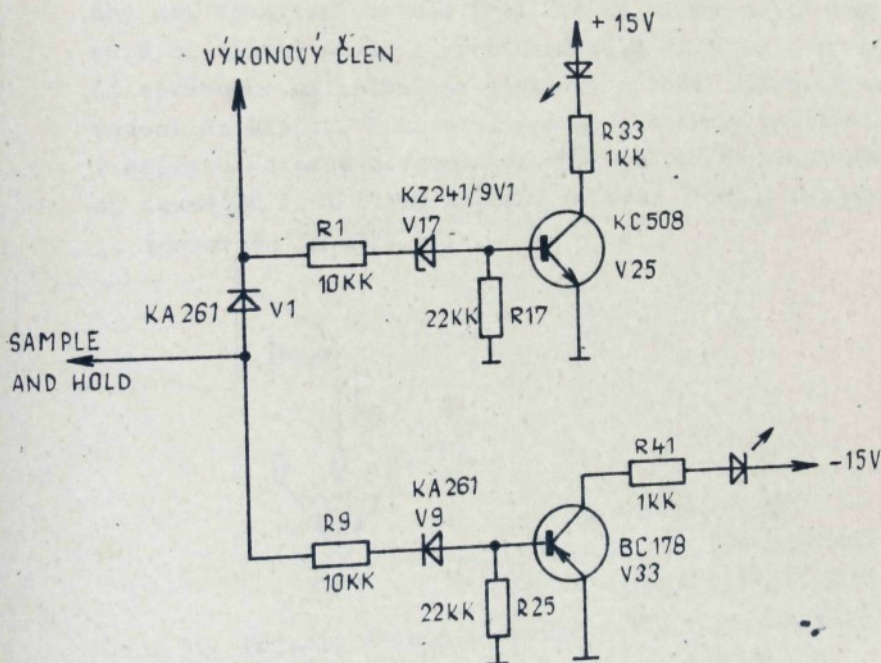
Pro hrubé rozlišení, zda jednotlivá pole jsou nedotopena nebo přetopena, je používána signalizace pomocí dvou LED diod (viz obr. 29). Při přetopení (teplota uvnitř vytápění je vyšší než žádaná předvolená teplota) je na výstupu z obvodu SAMPLE AND HOLD přítomno záporné napětí.

Toto napětí způsobí otevření tranzistoru V33 a tím rozsvícení červené LED.

Je-li nedotopeno (teplota uvnitř vytápěné sekce je nižší o více než 1° C od nastavené teploty), je na výstupu z obvodu SAMPLE AND HOLD přítomno kladné napětí o velikosti vyšším než 10 V. To způsobí otevření tranzistoru V25 a tedy rozsvícení žluté LED. Při stavu, kdy je sekce dotopena (napětí

kladné v rozsahu 0 ÷ 10 V), nesvítí žádná LED. Tato signalizace jednoduchým způsobem upozorňuje obsluhu na oba nepřipustné stavy.

Generátor adresy je tvořen časovačem D1 (555) a binárními čítači D2, D3. Kmitočet časovače je nastaven na 100 Hz (čas pro změření 1 místa - 10 ms). V případě, že by mikropočítač chtěl vstoupit na adresní sběrnici a sám adresovat, je možno generátor adres odpojit od adresní sběrnice signálem COMP READY v úrovni log 1.

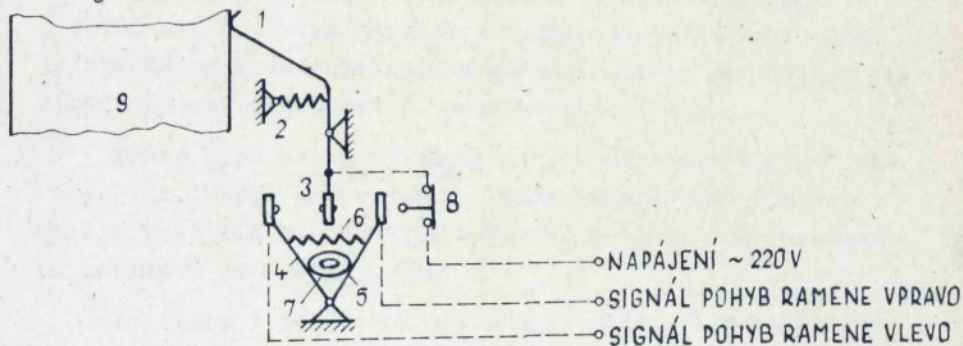


Obr. 29 Způsob provedení mezní signalizace

9. ZAVÁDĚNÍ PÁSU TEXTILIE DO NAPÍNACÍCH, SUŠÍCÍCH A FIXAČNÍCH STROJŮ

9.1 Princip činnosti zavádění

Zavádění u napínacích, sušících a fixačních strojů patří mezi jeden z nejdůležitějších konstrukčních uzlů, na něž jsou kladeny nejvyšší nároky jak z hlediska přesnosti, tak i spolehlivosti. Při zpracování textilie na napínacích, sušících a fixačních strojích je nutné, aby při vychýlení okraje textilie na tažném válci (dané různými vlivy) došlo k vyrovnaní této odchylky a zaručení správného najehlení na jehličky řetězu, případně zavedení do klapky. Dosavadní způsob zavádění, používaný v Elitexu Chrastava, používal dvoupolohové regulace pomocí zaváděčů FLOS firmy BRHARDT LEIMER. Princip činnosti je znázorněn na obr. 30.



Obr. 30 Princip činnosti dvoupolohové regulace zavádění

Okraj textilie zaváděné do stroje je uchytáván tykavkou 1, která působí na okraj textilie přes pružinu 2. Na společném rameni s tykavkou 1 je umístěn pohyblivý kontakt 3, který je přes koncový spínač 8 napájen napětím 220 V. Pohyblivé kontakty 4, 5 jsou spojeny pružinou 6 a jejich vzájemná vzdálenost je definována vložkou 7.

Toto uspořádání pohyblivých kontaktů umožňuje nastavení určité necitlivosti a tím eliminovat zbytečný pohyb zaváděcích ramen při malých odchylkách okraje textilie z normální polohy.

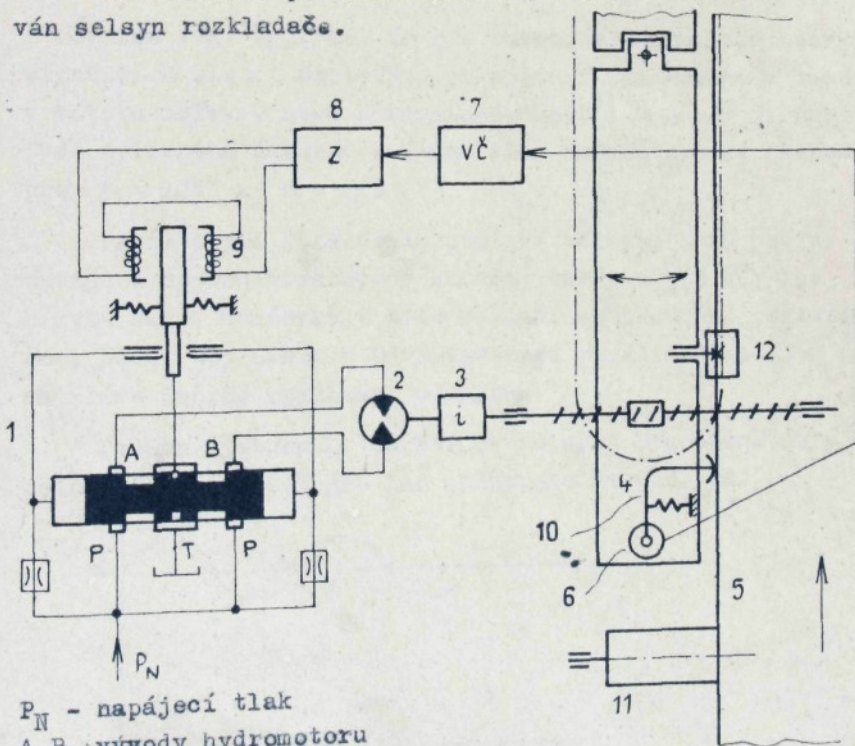
Při odchýlení okraje textilie 9 z normální polohy dojde vlivem sepnutí kontaktu k přestavení elektronydraulického rozvaděče a tím k činnosti hydromotoru 10 zaváděcího zařízení. Směr odchylky tykavky 1 určuje smysl otáčení hydromotoru a tím vlivem pohybu zaváděcího ramene eliminaci vzniklé odchylky. Jestliže při ukončení zpracovávané partie textilie dojde k "vyjetí" zboží, nastal by vlivem sepnutí kontaktů 3 a 6 stálý pohyb ramen směrem k sobě. Tomuto stavu zabráňuje koncový spínač 8, který je uveden do činnosti odtlačněním ramene 5. Uvedené řešení má jisté nevýhody.

Rychlost pohybu ramen zavádění musí být taková, aby zaváděcí zařízení bylo schopno eliminovat odchylky i při maximální rychlosti stroje. Následkem tohoto stavu dochází k eliminaci odchylky maximální rychlostí přestavení, čímž je značně namáháno mechanické ústrojí celého zaváděcího zařízení a jeho životnost je podstatně zkrácena.

Proto bylo nutné vyvinout nový systém zavádění, u kterého by rychlost přestavování ramen byla úměrná odchylce okraje textilie od normální hodnoty. Princip tohoto způsobu zavádění je zřejmý z obr. 31.

Textilie 5 je tažena posledním válcem 11 a následně najehlována na jehlové destičky. Ideální stav nastává, když okraj textilie v místě styku s tažným válcem, tykavka, bod sevření na sražecím kotouči 12 a najehlený okraj textilie tvoří jednu přímku. V tomto případě je tykavka v takové poloze, kdy nejsou potřebné žádné korekce. Technologické procesy, nedokonalá geometrie válců, nerovný okraj textilie, případně další vlivy způsobují stranový pohyb textilie. Odpružená tykavka 10, která je součástí snímacího čidla 6, sleduje neustále okraj textilie 5. Poloha textilie se neodměřuje

Jako čidla 6 pro sledování regulační odchylky je pou-
ván selsyn rozkladače.

 P_N - napájecí tlak

A, B- vývody hydromotoru

P - přívod tlakové kapaliny

T - svod tlakové kapaliny

23. Funkční schéma elektrohydraulického sledovacího

9.2 Princip činnosti selsynu rozkladače ve funkci čidla zavádění

Vycházíme-li z rovnic /1/, /2/ uvedených v kapitole 4.2 a předpokládáme, že $U_{B1} = 0$ (selsyn buzen pouze jedním napětím) a $U_{B2} = U \cdot \sin \varphi$ a $K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K$ je možno rovnice /1/ a /2/ upravit na tvar:

$$U_1 = KU \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha \quad /34/$$

$$U_2 = KU \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha \quad /35/$$

sečtením rovnic /34/ a /35/

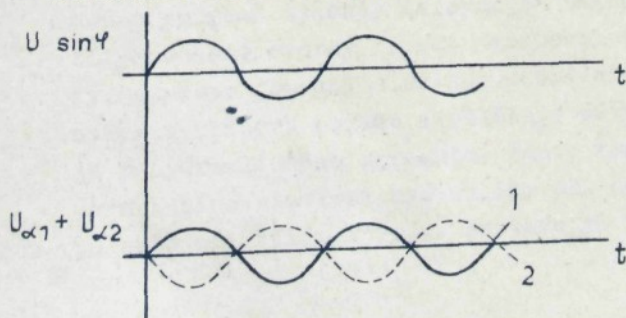
$$U_{\alpha 1} + U_{\alpha 2} = KU \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha + KU \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha = KU \cdot \sin \varphi (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$U_{\alpha 1} + U_{\alpha 2} = KU \cdot \sin \varphi \sqrt{2} \sin \left(\frac{\pi}{4} + \alpha \right) \quad /36/$$

Z rovnice /36/ vyplývá, že při buzení selsynu harmonickým signálem $U \sin \varphi$ dostáváme po sečtení indukovaných napětí v rotoru selsynu opět harmonické napětí, u něhož je amplituda ovlivněna úhlem α . Výraz /36/ nabývá nulové hodnoty pro $\alpha = 135^\circ$ a $\alpha = 315^\circ$.

Protože při konkrétním použití selsynu jako čidla zavádění nejsou překročeny hodnoty úhlů $\alpha = \pm 7^\circ$, lze křivku $\sin \alpha$ uvažovat v této oblasti ze lineární (vztaheno k bodu, kdy $\sin \alpha = 0$) a výstupní napětí ze selsynu pak za přímo úměrné regulační odchylce.

Průběh výstupního napětí ze selsynu pro různé úhly natočení rotoru selsynu lze znázornit na obr. 32.



Obr. 32 Průběh napětí $U_{\alpha 1} + U_{\alpha 2}$ pro různé α

9.3 Popis elektroniky zavádění

9.3.1 Všeobecný popis

Funkce elektroniky zavádění je patrná z výkresu č. v. 940 100 742 přílohy. Elektronika obsahuje dvě kompletní části provádějící řízení obou servoventilů Z_1 a Z_2 pro pohon levého a pravého vstupního ramene. Pro zjednodušení budeme popisovat funkci pouze jednoho z nich tvořeného např. členy E6, Z1, K5, K6, B1, B2, A10, A11.

Napětí pro napájení elektroniky je provedeno připojením napětí 220 V z ovládacích obvodů stroje (svorky 55, 56) na svorky 18 a 23 hlavní svorkovnice S1.

Při vychýlení selsynu E6 z rovnovážné polohy bude na výstupu operačního zesilovače V4 jednotky XV23 a tedy i na svorce 22 této jednotky přítomno stejnosměrné napětí, jehož polarita a velikost je určena smyslem a velikostí odchylky tykavky selsynu E6. Přes převodník napětí / proud tvořeného výkonovým operačním zesilovačem A1 jednotky XV24 je napájena cívka servoventilu Z1.

Při klidu stroje není na spoji 235 přítomno napětí (viz plán zapojení stroje č. v. 940 405 000/B list 3) a tedy relé B5 není sepnuto. Kontakt 9 relé B5 tedy odpojuje výstup jednotky XV 23 od dalších obvodů a není možno pohybem tykavky selsynu E6 ovládat servoventil Z1. Současně svorky 23, 24 svorkovnice S1 nejsou spojeny, a proto pomocný elektrohydraulický ventil Z3 zůstává v klidové poloze a odděluje přívod tlakového oleje z hydraulického agregátu. Tento ventil Z3 plní funkci havarijního uzavření hydrauliky při použití TOTAL stopu nebo při klidu stroje. Protože je však nutné i při

klidu stroje mít možnost přestavovat zaváděcí ramena, je toto umožněno pomocí tlačítek A 10, A 11.

Při stlačení např. tlačítka A 10 se přivede napětí ze spoje 56 na cívku relé B1 a toto relé sepne. Sepnutím tohoto relé se sepne elektrohydraulický rozvaděč Z3 (pomocí kontaktu 12, 13), který odblokuje přívod tlakového oleje z hydraulického agregátu. Současně se přes kontakty 8, 9 tohoto relé přivede záporné napětí -15 V na svorku 21 jednotky XV23, čímž se přivede toto napětí i na svorku 6 jednotky XV24 a na svorkách 3, 7 jednotky XV24 bude přítomné napětí, které protlačí řídicí proud přes servoventil Z1. Aby toto ruční přestavení se neuskutečňovalo plnou rychlostí odpovídající maximálnímu řídicímu proudu, je vstupní napětí - 15 V sníženo děličem tvořeným rezistory R25 a R23 jednotky XV23. Obdobný stav nastane při stlačení tlačítka A 11 s tím rozdílem, že sepne relé B2 a na vstup 6 jednotky XV24 se v tomto případě přivede napětí kladné polarity odpovídající opačnému smyslu otáčení hydromotoru. Paralelně k tlačítku A 10 je připojen koncový spínač K6 a k tlačítku A 11 koncový spínač K5. Tyto koncové spínače jsou součástí hlídače úhlu, umístěného na spodní straně zaváděcích ramen. Při příliš velkém úhlu vstupních ramen sepne jeden z těchto koncových spínačů a následný proud přes Z1 (vyvozený jednotkou XV24) způsobí ten smysl pohybu hydromotoru, aby rameno z tohoto koncového spínače sjelo.

Při chodu stroje je sepnuto relé B5, a proto jsou sepnuty i jeho kontakty 8, 9. Výstup jednotky XV23 (svorka 22) je přiveden přímo na vstup 6 jednotky XV24. Řízení servoventilu je tedy prováděno pomocí selsynu E6. Jestliže za tohoto stavu stlačíme některé z tlačítek A 10, A 11, je signál z tohoto tlačítka nadřazen nad signálem získaným ze selsynu E6 (odpor R23 je mnohem menší než odpor R21).

9.32 Popis jednotky XV25

Tyto jednotky jsou v zařízení použity dvě. Jedna pro získání napětí + 15 V, druhá pro napětí - 15 V.

Střídavé napětí 18 V z transformátoru T1 je dvoustupňově usměrněno diodami V5, V6, V7, V8 a vyfiltrováno pomocí kondenzátorů C4, C5, C6, C7. Obvod A1 je monolytický stabilizátor napětí MA 7815, který obsahuje ochrany proti zkratu a výkonovému přetížení. Jednotka XV25 je použitelná i ve vlhkoměru Elitex, obsahuje proto i další zdroj, který není využíván.

9.33 Popis jednotky XV24

Tato jednotka obsahuje dva stejné převodníky napětí / proud tvořené výkonovými operačními zesilovači A1, A2 a převádí vstupní napětí + 10 V přítomné na svorkách 6, 22 (oproti svorkám 12, 13, 14) na proud ± 100 mA, který je přístupný na svorkách 3, 7 nebo 20, 21.

Při popisu funkce budeme uvažovat pouze 1 převodník tvořený obvodem A1.

Uvažujme, že na svorce 6 této jednotky je přítomno vstupní kladné napětí (oproti svorkám 12, 13, 14). Protože na invertujícím vstupu operačního zesilovače A1 je virtuální nulové napětí, vyvolá toto napětí proud tekoucí přes rezistor R101 o velikosti

$$I_{VST} = \frac{U_{VST}}{R_{101}}$$

Protože vstupní proud do operačního zesilovače A1 je téměř nulový, musí být tento vstupní proud kompenzován výstupním proudem tekoucím přes rezistor R 103. Tento proud je způsoben napětím vytvářeným úbytkem napětí na

rezistoru R 105. Tento úbytek napětí je však tvořen průchodem řídicího proudu z výstupu 14 do operačního zesilovače A1 přes rezistor R 104, cívku servoventilu Z1 a rezistor R 105.

Musí tedy platit:

$$\frac{U_{VST}}{R_{101}} = - \frac{I_{VST} \cdot R_{105}}{R_{103}}$$

Úpravou dostaneme

$$I_{R1D} = - \frac{U_{VST} \cdot R_{103}}{R_{105} \cdot R_{101}}$$

Pro vstupní napětí např. + 10 V a dosazení konkrétních hodnot rezistorů

$$I_{R1D} = - \frac{10 \cdot 10 \cdot 10^3}{10 \cdot 100 \cdot 10^3} = - 0,1 \text{ A}$$

Je tedy zřejmé, že uvedené zapojení realizuje převod + 10 V vstupního napětí na ~ 100 mA řídicího proudu. Diody V101, V102, V103, V104 jsou ochranné. Obvod R106, C102 a kondenzátor C101 knitočtové kompenzují operační zesilovač.

Použitý operační zesilovač MDA 2020 obsahuje vnitřní ochrany proti zkratu, tepelnému a výkonovému přetížení.

9.34 Popis jednotky XV23

Tato jednotka zajišťuje převod výchylky selsynu na stejnosměrné napětí ± 10 V.

Budící napětí pro vinutí selsynu je získáváno v obvodu operačního zesilovače V1. Obvod V1 spolu se součástmi R1, R2, R3, C1 tvoří stabilní klopný obvod. Z výstupu 6 operačního zesilovače V1 je přes rezistor R4 napájen selsyn. Výstupní napětí ze selsynu je počítáno přes

rezistory R5, R6 v operačním zesilovači V2 (viz napětí $U_{\angle 1} + U_{\angle 2}$ na obr. 32) a zesíleno asi 3x. Jelikož však toto součtové napětí je střídavé a my požadujeme jeho převedení na stejnosměrné, s rozlišením polarity, je nutno provést synchronní detekci, kdy je z tohoto střídavého napětí vzorkována pouze půlvlna odpovídající kladné půlvlně z výstupu 6 operačního zesilovače V1. Tato synchronní detekce je provedena pomocí obvodu tvořeného prvky V6, R9, V7, V8, R16, C3. Tranzistory V7, V8 jsou v seriovém zapojení, když vždy jeden z nich (v závislosti navstupního napětí) je v normálním režimu a druhý v inverzním režimu. Jsou však do vodivého stavu uvedeny pouze v té době, kdy napětí na výstupu 6 operačního zesilovače V1 je kladné. Je-li toto napětí záporné, je dioda V6 polarizována v závěrném směru a tranzistory V7, V8 nejsou sepnuty.

V době sepnutí je napětí z výstupu 6 operačního zesilovače V2 pomocí V7, V8 převedeno na neinvertující vstup V3. V operačním zesilovači je toto napětí opět zesíleno asi 3x. Protože při chodu stroje bez textilie (vyhřívání stroje, ukončení zpracovávané partie) tykavka zavaděče dosáhne krajní polohy, musí být výstupní napětí z jednotky XV23 nulové, aby nenastalo přestavování ramene. U klasického dvupolohového systému zavadění je tento stav blokován v krajní poloze tykavky koncovým spínačem, jak je zřejmé z obr. 30.

U jednotky XV23 je blokování tvořeno pomocí komparátoru V5. Při normálním pracovním rozsahu tykavky zavaděče, napětí na vstupu 6 operačního zesilovače V3 nedosahuje hodnoty nastavené trimrem R22 a výstupní napětí na výstupu V5 je záporné. Tranzistory V12, V13 nevedou a uplatňuje se zesílení v operačním zesilovači V4 rovné podílu $(R7 + R17) / R13$ (tedy v rozmezí dvou až pěti).

Jestliže však tykavka dosáhne krajní polohy, napětí na výstupu 6 operačního zesilovače V3 bude vyšší než na invertujícím vstupu 2 operačního zesilovače V5 (nastavené pomocí R22) a komparátor V5 překlopí. Na jeho výstupu 6 se objeví kladné napětí, které otevře dvojici seriově zapojených tranzistorů V12, V13. Tento stav je indikován LED diodou V18. Vedou-li tranzistory V13 a V12, je zesílení V4 nulové. Na jeho výstupu je pak nulové výstupní napětí.

V normálním provozním stavu je velikost výstupního napětí omezena zenerovými diodami V14, V15 na velikost asi ± 10 V. V případě potřeby (pro stroje s nižšími rozsahy rychlostí) je možno toto napětí omezit na $\pm 6,2$ V. Rychlost přestavování pak bude odpovídat zhruba 60 % maximální rychlosti.

Konstrukční uspořádání selsynového zavaďeče je zřejmé z výkresu č. v. 941 103 057 a konstrukční uspořádání elektroniky zavádění z výkresu č. v. 940 100 741 přílohy.

10. PŘÍNOS VÝSLEDKU PRÁCE

Většina popisovaných zařízení se seriově vyrábí v k. p. Elitex Chrastava. Použitím digitálního způsobu měření rychlosti stroje bylo možno zrušit dovoz západoněmeckých přístrojů EA 300 firmy E. HORN. Vznikla tím roční úspora kolem 200 000 Kčs. Digitální systém přitom přináší vyšší přesnost a komfort obsluhy.

Použitím zařízení pro měření předstihu (popsané v kapitole 6) byl dán základ pro zvýšení kvality zpracovávané textilie. Podle zkušeností z n. p. Hedva Rochlice, použitím tohoto zařízení, bylo možno vyčíslit roční úspory na reklamacích jen u jednoho stroje částkou vyšší než 200 000 Kčs.

Nový systém výkonové jednotky 48 kW, používaný při regulaci teploty cirkulačního vzduchu, přinese k. p. Elitex Chrastava roční úsporu vyšší jak 500 000 Kčs. Současně se sníží počet elektroskříní na polovinu a zjednoduší se montáž. Jednoduchým způsobem je provedena kontrola všech elektronických uzlů a pojistek.

Zavedením sledovacího systému zavádění bylo vytvořeno zařízení funkčně zcela shodné se západoněmeckým systémem KR 48 firmy Erhard-Leimer. Cena zařízení vyráběného v k. p. Elitex Chrastava je však 4x nižší.

Systém snímání teplot a provádění vlastní regulace dále zvyšuje přesnost regulace a tím tedy i kvalitu zpracovávaných textilií.

11. ZÁVĚR

Cílem předložené práce bylo navrhnout a ověřit některá čidla a výkonové akční členy, které jsou nutné pro komplexní řízení napínacích, sušících a fixačních strojů. Většina z popisovaných zařízení byla ověřována v náročných podmínkách textilního provozu. Většina zařízení má vhodně přizpůsobenou sběrnici pro mikropočítačové zařízení. Tím byl vytvořen základ pro další rozvoj řídicích systémů, které by pomocí mikropočítačů byly schopny komplexně zvládnout řízení nejdůležitějších uzlů NSF.

Další vývoj se musí ubírat směrem zvyšování spolehlivosti zařízení, někdy i za cenu komplikovanějšího zapojení (zálohování apod.). Řešení komplexního řízení strojů NSF je velice neefektivní při používání universálních systémů. Cena těchto zařízení pak převyšuje cenu vlastního stroje. Další vývoj musí být veden k vývoji specializovaných zařízení založených na mikroprocesorové technice s použitím i zákaznických obvodů vyvíjených v k. p. Tesla Rožnov. Používání těchto obvodů se stává efektivní již při odběru 500 kusů ročně.

Většina zařízení navržených v této práci umožňuje jednoduchou opravu a má provedenou diagnostiku poruch.

Předložená práce přispěla k dalšímu rozšíření elektronických zařízení do oblasti úpravářské techniky.

Závěrem bych rád upřímně poděkoval za laskavou pomoc v průběhu studia svému školiteli DOC. ING. J. ZELENKOVI DrSc a všem spolupracovníkům v k. p. Elitex Chrastava.

12. LITERATURA

- /1/ Státní zkušebna č. 241: Podmínky pro udělení 1. stupně kvality stroje 4 580.3. Zpráva pro Elitex Chrastava 1981
- /2/ Stejskal, M.: Zařízení pro měření předstihu na textilních strojích úpravářenských, zejména na napínacích, sušících a fixačních strojích. AO č. 221 202
- /3/ Stejskal, M.: Zařízení pro zavádění textilního rovinného pásu do textilních úpravářenských strojů. PV č. 3666 - 85
- /4/ Šorin, S. N.: Sdílení tepla. SNTL/ALFA, Praha 1968
- /5/ Sýkora, J.: Sdílení tepla. Skriptum, VŠST Liberec 1960
- /6/ ZPA Košíře: Popis čidel IRC 100, IRC 110. Písemná literatura, ZPA Košíře 1982
- /7/ Nessel, V.: Polovodičové součástky v automatizaci. SNTL, Praha 1979 str. 328
- /8/ Dům ČSVTS Havířov: Aktivní součástky TESLA a jejich použití. Sborník přednášek, Havířov 1978
- /9/ Spurný, J.: Popis stroje 4 580.3. Elitex Chrastava 1981
- /10/ Kvasil, B.: Zvláštní druhy čtyřpólů. Skriptum, ČVUT Praha 1969
- /11/ Šenfluk, K.: Efektivní šířky pásma filtrů. Sdělovací technika č. 3 1976, str. 189
- /12/ Stevanka, P.: Návrh aktivních pásmových prepustů. Sdělovací technika č. 12 1975, str. 456
- /13/ Tesla Lanškroun: Katalog výrobků, Lanškroun 1981
- /14/ MAHLO GMBH: Popis přístrojů DMA, DMG, Augsburg 1981

- /15/ Homoláč, V.: Optimalizace fixačních podmínek PES a PAD textilií. Textil č. 5 - 6 1982
- /16/ Kupčík, J.: Automatická regulace teploty vzduchu na napínacích, sušicích a fixačních strojích. Diplomová práce, ČVUT Praha 1976
- /17/ Viallier, P.: Vliv regulace sušiček tkaniny na spotřebu specifické energie. Industrie textile č. 9 1982, str. 743-745
- /18/ Sýkora, J.: Sdílení tepla II. Skriptum, VŠST Liberec 1960
- /19/ ZPA Ústí n. L.: Popis regulátoru TRS 117. Firemní literatura, ZPA Ústí n. L. 1982
- /20/ Zíka, Holub: Praktická zapojení polovod. diod a tyristorů. SNTL Praha 1981, str. 120
- /21/ ČKD Praha: Výkonové diody a tyristory. Katalog ČKD Praha 1978, str. 544
- /22/ Tesla Rožnov: Integrované obvody, tranzistory, diody, tyristory, triaky. Katalog 1984/1985
- /23/ Hanuš, B.: Základy technické kybernetiky I. Skriptum, VUT Brno 1981, str. 266-268
- /24/ Obdržálek, J.: Konvertor z kódu BCD na binární amaterské radio a č. 10 1982, str. 376
- /25/ MAHLO GMBH: PROTEX. Firemní literatura MAHLO GMBH 1984
- /26/ MAHLO GMBH: FMI - GRAVIMAT. Firemní literatura MAHLO GMBH 1984
- /27/ MAHLO GMBH: ECOMAT AML. Firemní literatura MAHLO GMBH 1984