

Regulácia prietoku tekutín plavákovým prietokomerom s fotoelektrickým snímačom polohy plaváka

FRANTIŠEK VAŇO, JÁN KARABELLI, JÁN TÓTH, VIERA SOCHOROVÁ, Výskumný ústav liehovarského a konzervárenského priemyslu, Bratislava

683.12/.14

Meranie prietoku tekutín plavákovými prietokomermi — rotametrami — patrí už dnes v laboratórnej praxi medzi najpoužívanejšie. Tento spôsob merania sa zvlášť rozšíril potom, čo sa na trhu objavil univerzálny laboratórny prietokomer, ktorým možno merať prietok vzduchu od 0,1 do 80 litrov za minútu a prietok vody od 0,005 do 4,1 litrov za minútu. Pri používaní prietokomerov pre plyny a kvapaliny o inej špecifickej váhe ako má vzduch a voda možno podľa sprievodnej dokumentácie ku rotametrom vypočítať potrebné korekčné faktory.

Meranie prietoku rotametrami nachádza stále viac použitie i v priemyselnej praxi [1] najmä pre niektoré výhody, ktoré má plavákový prietokomer — rotameter pred prietokomermi, u ktorých sa využíva ako merací orgán clona, na ktorej sa sníma tlaková diferenciacia. Clonky musia byť nasadené do priameho úseku potrubia dlhého niekoľko priemerov potrubia. Tlakový spád na clonke je úmerný druhej mocnine prietoku. Merací prístroj musí mať teda odmocňovacie zariadenie ak má mať lineárnu charakteristiku. Odmocňovanie sa obvyčajne prevádza mechanickým krivkovým prevodom.

Naproti tomu rotametre využívajú na meranie zmenu prierezu, ktorým tekutina preteká pri stálom odpore. Meracím článkom je plavák (špecificky ťažší ako meraná tekutina), ktorý sa vznáša v prúde média vo zvislej kužeľovitej trubici. Táto sa hore

rozširuje, takže pri väčšom prietoku sa plavák dvíha vyššie a okrem toho sa mení prierez obtekania. Plavák sa ustáli v takej polohe, v ktorej sa jeho váha vyrovná rozdielu tlaku nad plavákom a pod ním. Výhodou týchto prietokomerov je lineárna závislosť pretekaného množstva na priereze prietoku.

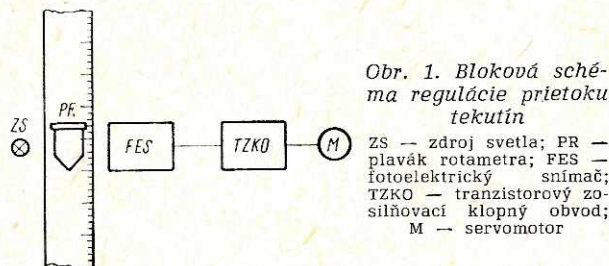
U nás vyrába n. p. Laboratorní přístroje převádzkové, priemyselné prietokomery na plyny i kvapaliny v niekoľkých typoch, pre prietoky až niekoľko tisíc litrov za hodinu.

Vzhľadom na to, že v kvasnom priemysle a v potravinárskom priemysle vôbec si technologické postupy vyžadujú zabezpečenie stáleho, kontinuálneho prítoku tekutých surovín, sú tu možnosti pre mnohstranné využitie regulácie prietoku. Regulátor prietoku v spojení s laboratórnym univerzálnym prietokomerom je schopný zabezpečiť kontinuálny prítok čpavkovej vody a roztokov živných solí pri prevádzkovej výrobe droždia.

Princíp regulácie prietoku tekutín plavákovým prietokomerom

Na reguláciu prietoku tekutín sme použili plavákový prietokomer s fotoelektrickým snímaním polohy plaváka [2]. Princíp regulácie prietoku rotametrom s fotoelektrickým snímačom spočíva na tom, že vo výške, v ktorej sa nachádza plavák pri požadovanom prietoku, je umiestnený fotoelektrický

snímač, obsahujúci zdroj svetla a dve miniatúrne germániové odporové fotodiódy tak, aby plavák zatemňoval obidve fotodiódy. Vtedy sú obidva tranzistory zosilňovacieho klopného obvodu spojeného s fotoelektrickým snímačom zatvorené. Ovládacie relé prerušujú prúdokruh servomotora, ovládajúceho regulačný ventil. Keď sa zmení prietok, jedna z fotodiód sa osvetlí, na čo reaguje tranzistorový zosilňovací klopný obvod, ktorý ovládacím relé zapojí okruh servomotora.



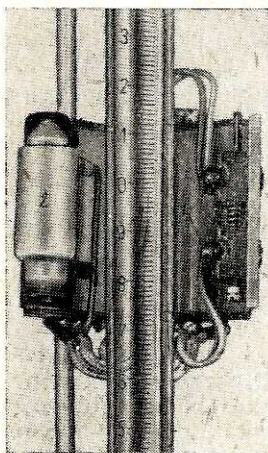
Servomotor otvára alebo zatvára regulačný ventil podľa toho, či prietok poklesol alebo sa zvýšil. Regulácia prebieha dotiaľ, kým plavák nezaujme požadovanú polohu, pri ktorej sú obidve fotodiódy zatemnené. Prístroj je schopný reagovať na veľmi rýchle zmeny, pretože si „zapamätá“ smer odchýlky regulovanej veličiny a automaticky, bezkontaktné blokuje opačnú reguláciu. Bloková schéma regulácie prietoku tekutín rotametrom s fotoelektrickým snímaním polohy plaváka je na obr. 1.

Opis jednotlivých častí prístroja

Regulátor prietoku tekutín sa skladá z týchto hlavných častí: 1. fotoelektrický snímač polohy plaváka, 2. tranzistorový zosilňovací klopný obvod, 3. servomotor, 4. ihlový ventil.

1. Fotoelektrický snímač polohy plaváka sa skladá z telesa, ktoré je vytvorené z trubice o vonkajšom priemere 48 mm, vnútornom priemere 26 mm a dĺžke 40 mm, jej rozrezaním v smere pozdĺžnej osi. Trubica bola zhotovená odlieváním z Dentacrylu. Na telese je upevnený zdroj svetla — sufitová žiarovka 12 V, 5 W. Oproti zdroju svetla sú upevnené dve germániové odporové fotodiódy na gumoidových nosičoch. Ich vzájomnú vzdialenosť možno regulovať pomocou skrutky podľa veľkosti plavákov jednotlivých trubíc univerzálneho laboratórneho prietokomera. Germániové odporové fotodiódy možno s výhodou nahradiť foto-

odpormi z CdS (výrobok n. p. Tesla Lanškroun, závod 04 — Blatná) pretože sú omnoho citlivejšie a klopný obvod bez akýchkoľvek zmien pracuje s nimi rovnako spoľahlivo. Okrem toho tieto fotoodpory sú svojimi mechanic-



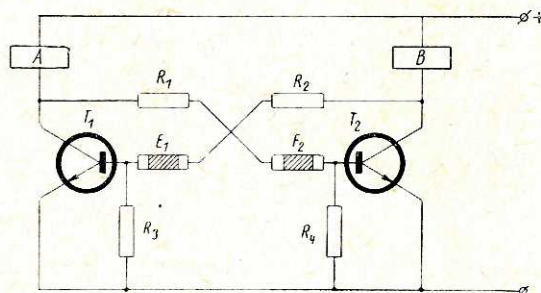
Obr. 2. Fotoelektrický snímač polohy plaváka

1 — germániové odporové fotodiódy; 2 — zdroj svetla; 3 — plavák rotametru; 4 — skrutka na regulovanie vzdialenosti fotodiód

kými a elektrickými parametrami oveľa vhodnejšie pre použitie v prevádzkovej praxi v potravinárskych závodoch. Je však potrebné previesť malé konštrukčné zmeny na nosiči fotodiód vzhľadom na odlišný spôsob úpravy prívodov u týchto fotoodporov.

K telesu snímača je upevnený hranolček, ktorý umožňuje pohyb snímača vo zvislom smere po vodiacej skrutke a jeho ustálenie v ľubovoľnej výške trubice rotametru. Fotoelektrický snímač je pomocou 6žilového ohybného káblíka spojený s tranzistorovým zosilňovacím klopným obvodom. Detail fotoelektrického snímača polohy plaváka vidieť na obr. 2.

2. Tranzistorový zosilňovací klopný obvod [ďalej len TZKO], ktorý sme použili pri konštrukcii tranzistorového regulátora prietoku tekutín obsahuje 2 tranzistory T_1 a T_2 (obr. 3). V ich kolektorových obvodoch sú zapojené relé A a B. V obvodoch báze sú zapojené odpory R_3 a R_4 , na ktorých vzniká predpätie, uzatvárajúce pri neosvetlených fotodiódach F_1 a F_2 obidva tranzistory. Fotodióda F_1 v sérii s obmedzovacím odporom R_2 je zapojená medzi bázou tranzistora T_1 a kolektorom tranzistora T_2 . Fotodióda F_2 v sérii s obmedzovacím odporom R_1 je zapojená medzi bázou tranzistora T_2 a kolektorom tranzistora T_1 . Pri intenzívnom osvetlení fotodiód F_1 alebo F_2 , kedy odpor klesne temer na nulu, obmedzovacie odpory R_1 a R_2 chránia tranzistory



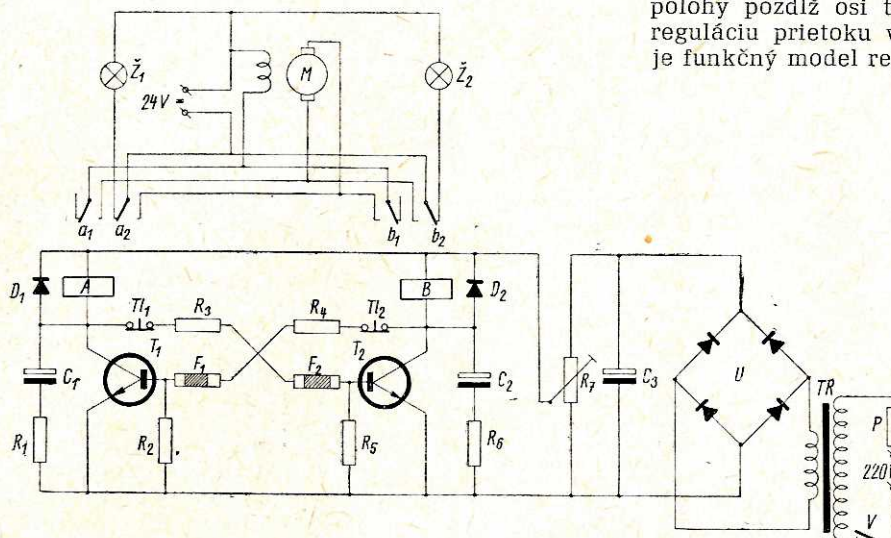
Obr. 3 Schéma tranzistorového zosilňovacieho klopného obvodu

pred privedením plného napätia kolektora jedného tranzistora na bázu druhého tranzistora. Na princíp TZKO bola podaná patentná prihláška [3].

TZKO svojou jednoduchosťou a použitím minimálneho počtu súčiastok zaručuje spoľahlivé sledovanie indikačného orgánu a zavedenie správnej regulácie aj pri veľmi rýchlych odchýlkach od sledovanej polohy. Použité germániové odporové fotodiódy umožňujú konštrukciu miniatúrneho fotoelektrického snímača.

TZKO preklápaný svetelnými impulzami tvorí podstatu tranzistorového regulátora, ktorého schéma je na obr. 4. Zapojenie tranzistorového regulátora sme previedli metódou plošných spojov. Spojový obrazec dosky s plošnými spoji tranzistorového regulátora je na obr. 5. Rozloženie súčiastok regulátora na doske s plošnými spoji vidieť na obr. 6.

3. Servomotor. Pri konštrukcii regulátora prietoku tekutín sme ako servomotor použili 12V stieračový motor. Stator a rotor sme zapojili do série. V prevodovke motora sme odstránili hrebeň a ním poháňané koliesko. Na poslednom ozubenom kolese sme obrúsili osku hrebeňa, ktorá bola na ňom umiestená excentricky. Os tohoto kola sme nahradili novou — predĺženou, ktorá cez bronzové



polohy pozdĺž osi trubice rotametru, čo umožňuje reguláciu prietoku v celom jej rozsahu. Na obr. 8 je funkčný model regulátora prietoku.

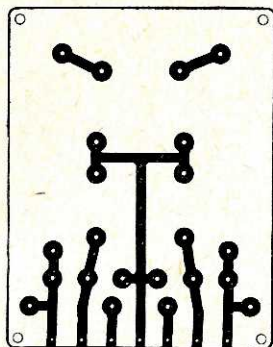
Obr. 4. Schéma tranzistorového regulátora s fotoelektrickým snímačom polohy plaváka

F₁, F₂ — germániové odporové foto-diódy 11 PN 70; T₁, T₂ — tranzistory 102 NU 71; D₁, D₂ — germániové diódy 3 NN 41; R₁, R₆ — 220 0,1 W; R₃, R₄ — 6k8 0,1 W; R₂, R₅ — 4k7 0,1 W; R₇ — 1k 4 W; A, B — relé RP 100, 750 ohm 2 prepínacie kontakty; C₁, C₂, C₃ — 20 μF 100 V; U — selénový usmèrňovač 24 V st. 100 mA; TR — prevodový transformátor 220/24 V st.; Tl₁, Tl₂ — rozpínacie tlačítka; M — servomotor; Ž₁, Ž₂ — telefónna žiarovka 24 V 0,05 A

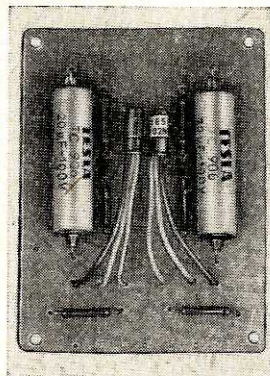
Skúsenosti s regulátorom prietoku a možnosti jeho ďalšieho zlepšenia

Presnosť regulácie sme preskúšali na vodu a na vzduch. Pre všetky trubice univerzálneho laboratórneho prietokomera je presnosť lepšia ako 1 %. Pri použití precíznejšieho a kvalitnejšieho servomotora možno dosiahnuť ešte vyššiu presnosť a spoľahlivosť. Pri viac ako ročnej prevádzke prístroj pracoval spoľahlivo. Na vlastnom tranzistorovom regulátore a fotoelektrickom snímači se neprejavila žiadna závada. Vypálila sa iba žiarovka, no pri prevádzkovom použití možno pri žiarovke jednoduchým zapojením zaviesť signalizáciu porachového stavu.

Pri používaní regulátora prietoku v spojení s laboratórnym prietokomerom môže sa — najmä v okrajových oblastiach rozsahu prietokomera —



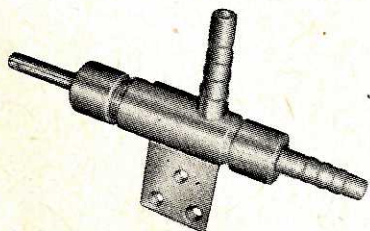
Obr. 5. Spojový obrazec Obr. 6. Rozloženie súčastí dosky s plošnými spojmi tok tranzistorového regulátora na doske s plošnými spojmi



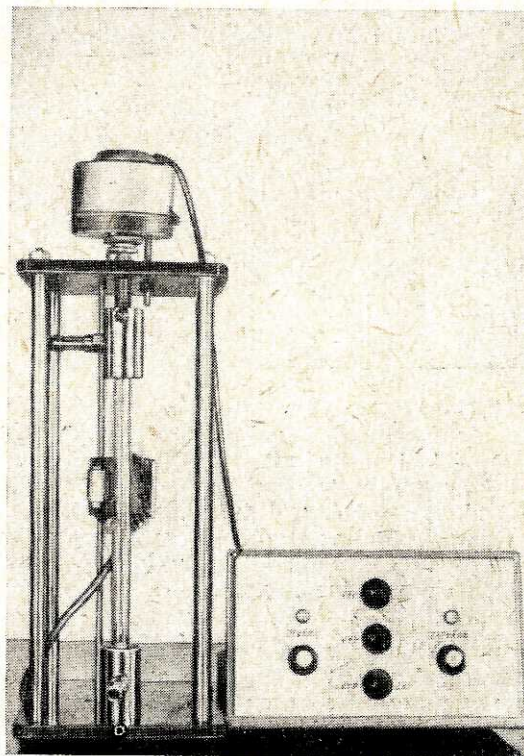
púzdro, naskrutkované na víčku prevodovky, p echádzala von. Pomocou mechanickej spojky bola spojená s vretenom ventilu.

4. Ihlový ventil — obr. 7. Teleso ventilu je zhotovené z nehrdzavejúcej ocele. Vreteno má závit o jemnom stúpaní, na jednom konci má ihlovú kužeľku a druhý koniec je mechanickou spojkou spojený so servomotorom. Svetlosť ventilu je 1,3 mm.

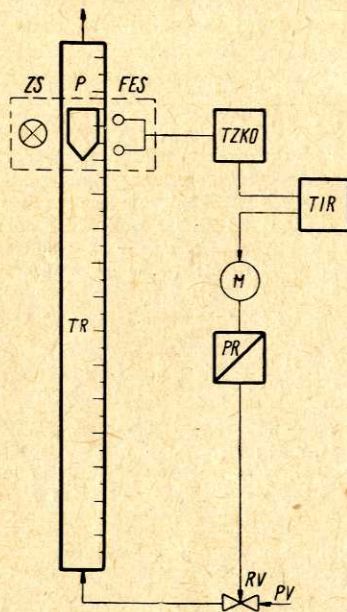
Okrem toho je na hornej nosnej doske statívu rotametru upevnený druhý servomotor, ktorého výstupná os prevodovky je spojená s vodiaci skrutkou, na ktorej je naskrutkovaný hranolček fotoelektrického snímača. Motor je ovládaný dvoma páčkovými prepínačmi z panelu regulátora a možno ním motoricky prestavovať snímač do ľubovoľnej



Obr. 7. Ihlový regulačný ventil



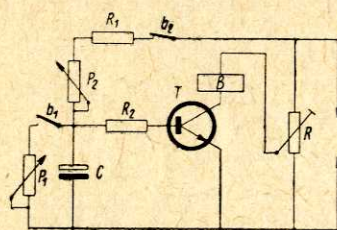
Obr. 8. Funkčný model regulátora prietoku



Obr. 9. Bloková schéma impulznej regulácie prietoku tekutín
ZS — zdroj svetla; P — plavák rotametru; TR — trubica rotametru; FES — fotoelektrický snímač; TZKO — tranzistorový zosilňovací klopný obvod; TIR — tranzistorové impulzné relé; M — servomotor; PR — prevod; RV — regulačný ventil; PV — privod

rozkmitať regulátor, pričom plaváček kolíše asi $\pm 1,5\%$ okolo požadovanej hodnoty prietoku. Rozkmitanie vzniká pri nesprávnom zladení obrátok servomotora s charakteristikou prietoku regulačného ihlového ventilu. Tomuto možno zabrániť použitím tranzistorového impulzného relé, ktoré zaradíme do okruhu servomotora. Impulzné relé periodicky prerušuje trvalé elektrické impulzy TZKO. Bloková schéma impulznej regulácie prietoku je na obr. 9.

Základom impulzného relé je tranzistorové časové relé s plynule regulovateľnou dobou zopnutia a vypnutia. Doba zopnutia závisí na hodnote vybíjacieho odporu a možno ju plynule meniť potenciometrom P_1 od 2 do 90 sekúnd. Čas vypnutia je závislý na hodnote nabíjacieho odporu, ktorý tvorí potenciometer P_2 . Čas vypnutia sa reguluje potenciometrom P_2 v rozsahu od 15 do 90 sekúnd.



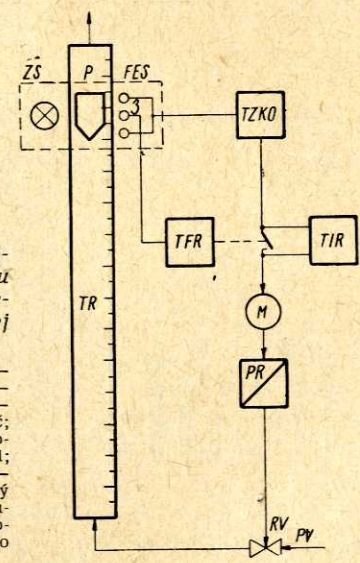
Obr. 10. Schéma tranzistorového impulzného relé
T — tranzistor 102 NU 71; B — relé RP 750 ohm; 2 — prepínacie kontakty; R_1 — $3k3\ 1\ W$; R_2 — $50k\ 0,5\ W$; P_1 , P_2 — $47\ k$; C — $1500\ \mu F\ 6/8\ V$; R — $1k25\ 4\ W$

Po pripojení impulzného relé (obr. 10) ku zdroju, začne stúpať napätie na kondenzátore C dotiaľ (doba je závislá na hodnote R_1 a P_2 , ktorým sa dá meniť), kým predpätie báze tranzistora T nenadobúde hodnotu, pri ktorej je tranzistor otvorený. Vtedy relé B pritiahne a kontaktom b_2 preruší nabíjanie kondenzátora a kontaktom b_1 zapojí vybíjací okruh s potenciometrom P_1 . Na jeho hodnote závisí vybíjacia doba.

V prípade, že dôjde ku rýchlej a veľkej zmene prietoku, regulátor by sústavu vyrovnal s určitým časovým oneskorením. Tomuto možno zabrániť použitím pomocného tranzistorového fotorelé, ktorého fotodióda je inštalovaná medzi fotodiódami fotoelektrického snímača polohy plaváka. Pri tomto zapojení pri malých odchýlkach (pokiaľ je fotodióda 3

zачленená) prebieha impulzná regulácia. Pri veľkej zmene prietoku a odčlenenej fotodióde 3 pomocné fotorelé svojím kontaktom skratuje výstup tranzistorového impulzného relé a prebieha plná regulácia, pri ktorej regulátor rýchlo vyrovná sústavu. Na obr. 11 je bloková schéma regulácie s automatickou voľbou impulznej regulácie.

Podstatou tranzistorového fotorelé (obr. 12) je jednoduché tranzistorové relé, na ktorého vstupných svorkách je zapojená germániová odporová fotodióda alebo fotoodpor zo spekaného CdS. Celá úprava tranzistorového relé na fotorelé spočíva vo vyhľadani správnej hodnoty odporov R_1 a R_2 . Ich hodnota závisí na odpore odporovej fotodiódy pri zatemnení a osvetlení. Pri zatemnenej fotodióde relé A nepríťahuje a pri osvetlenej fotodióde musí príťahovať.



Obr. 11. Bloková schéma regulácie prietoku tekutín s automatickou voľbou impulznej regulácie

ZS — zdroj svetla; P — plavák rotametru; TR — trubica rotametru; FES — fotoelektrický snímač; TZKO — tranzistorový zosilňovací klopný obvod; M — servomotor; PR — prevod; RV — regulačný ventil; PV — privod tekutiny; 3 — fotónka pomocného tranzistorového fotorelé TFR

Pri regulácii prietoku plynov treba pred prietokomer predradiť vhodnú vyrovnávaciu nádobu, aby plavák zbytočne nadmerne nekolísal.

Opísaný prístroj je i pri použití univerzálného laboratórneho plavákového prietokomera svojimi parametrami schopný zabezpečiť reguláciu prietoku tekutín i na niektorých technologických úsekoch v prevádzkovej praxi. Prototyp hore uvedeného prístroja je v štádiu dlhodobých overovacích pokusov v droždiarni. Na základe týchto pokusov budú prevedené potrebné konštrukčné úpravy, v záujme jeho ďalšieho funkčného zlepšenia, zabezpečenia pohodlnej a rýchlej obsluhy pri čistení a údržbe. Pri týchto úpravách bude venovaná zvýšená pozornosť ochrane jednotlivých častí prístroja proti silne korozívnym účinkom prostredia v prevádzkových podmienkach potravinárskych závodov.

Obr. 12. Schéma tranzistorového fotorelé

T — tranzistor 102 NU 71; F — germániová odporová fotodióda 10 až 13 PN 70 alebo fotoodpor z CdS; A — relé RP 100 700 ohm; 2 — prepínacie kontakty; D — germániová dióda 3 NN 41; R_3 — $800\ 0,5\ W$; R_1 , R_2 — podľa použitej fotodiódy

Súhrn

Opísali sme prístroj na reguláciu prietoku tekutín rotametrom s fotoelektrickým snímačom polohy plaváka. Regulátor pracuje spoľahlivo a presnosť regulácie je na všetkých trubiciach univerzálneho plavákového prietokomera lepšia ako $\pm 1\%$ rozsahu. Uvedená presnosť plne vyhovuje technologickým požiadavkám v kvasnom priemysle. Regulácia prietoku živín zabezpečí stabilný priebeh technologického procesu, čo sa prejaví vo vyťažnosti a v kvalite výrobku.

Pri konštrukcii použitý tranzistorový zosilňovací kľopný obvod sa vyznačuje tým, že na vzájomné

blokovanie svetelných zdrojov a funkcie reléových systémov, sledujúcich odchýlku indikačného orgánu, sa nepoužívajú kontakty ovládacích relé. Tým sa zjednodušuje konštrukcia prístroja a zvyšuje jeho prevádzková spoľahlivosť.

Literatúra

- [1] Sher H., N.: Chem. Ind., 425, 1960.
- [2] Automatická regulácia prevzdušňovania s cieľom dosiahnuť optimálnu koncentráciu rozpusteného kyslíka vo fermentovaných substrátoch so zreteľom na konštrukciu vhodného meracieho a regulačného zariadenia. Záverečná zpráva, ÚVÚPP pob. Bratislava, 1963.
- [3] Vaňo F., Tóth J., Karabelli J.: Patentná prihláška PV 2716/62.

Došlo do redakcie 11. 4. 1964.

РЕГУЛИРОВКА ПРИТОКА ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ ПОПЛАВКОВОГО РАСХОДОМЕРА С ФОТОЭЛЕКТРИ- ЧЕСКИМ ДАТЧИКОМ

Авторы описывают разработанный ими прибор для регулирования притока воды при помощи ротаметра с фотоэлектрическим датчиком положения поплавка. Регулирующее устройство работает вполне надежно и обеспечивает выдающуюся точность. Отклонения от заданных значений не выходят — при применении любых размеров трубок в расходомере — за пределы $\pm 1\%$. Точность отвечает полностью технологическим требованиям заводов бродильной промышленности. Точная регулировка притока питательных растворов создает нужные условия для устойчивого хода технологического процесса, что в свою очередь отразится повышением выхода и улучшением качества продукции.

DURCHFLOSSREGULATION BEI FLÜSSIGKEITEN MITTELS SCHWIMMER-DURCHFLOßMESSER MIT PHOTOELEKTRISCHER ABTASTUNG

Die Autoren beschreiben einen Regulationsapparat zur Durchflußregulierung bei Flüssigkeiten, welcher als Rotometer mit photoelektrischer Abtastung der Schwimmerlage ausgeführt ist. Der Regulator arbeitet verlässlich und die Regulationsgenauigkeit ist auf verschiedenen Röhren des universalen Schwimmer-Durchflußmessers besser als $\pm 1\%$ des Bereichs. Die erzielte Genauigkeit entspricht vollständig den technologischen Forderungen in der Gärungsindustrie. Die Regulation des Nährstoff-Durchflusses garantiert den sterilen Verlauf der technologischen Prozesse, wodurch die Ausbeute und die Qualität der Erzeugnisse günstig beeinflusst wird.

REGULATING INFLOW OF LIQUIDS BY A FLOAT-TYPE FLOWMETER INCORPORATING A PHOTOELECTRIC SENSING DEVICE

The authors describe a new device which has been developed for regulating the inflow of liquids by means of a rotameter with a photoelectric sensing unit indicating the position of the float. The system operates very reliably being at the same time extremely accurate. Irrespective of the size of pipes in the float-type flowmeter the deviations from the preset values do not exceed $\pm 1\%$. Such accuracy meets fully the requirements of food industry. Accurate metering of inflowing nutritive solutions contributes to the stability of the process, which in its turn will be reflected in higher yields and higher quality of the final product.