

# Zariadenia na samočinnú reguláciu hladiny

## Predpoklady automatizácie v potravinárskom priemysle

### I.

K. JANKO

V potravinárskej výrobe sa veľmi často vyskytuje potreba udržiavať hladiny tekutín alebo iných tekutých prípadne kašovitých výrobkov a surovín. Ide zväčša o prečerpávanie z jednej nádrže do druhej alebo naplnenie zásobných nádrží plničiek. Klasickým príkladom pre takúto reguláciu je udržiavanie hladiny vody vo vodnej nádrži a jej samočinné doplňovanie.

Tradičný regulátor na udržiavanie hladiny je plavák. Je to duté, hermeticky uzavreté teleso, ktorého váha je menšia ako váha tekutiny, ktorú vytlačí. Preto ostáva na povrchu hladiny tekutiny a sleduje jej výšku. Tento všeobecne používaný spôsob snímania výšky hladiny je osvedčený a spoľahlivý, pritom ale nie veľmi presný. Dá sa používať len v dobre tekutých médiách, pri hustejšej konzistencii regulovanej látky pre nespoľahlivosť sa nedá používať.

Pomocou plaváka možno priamo ovládať ventil alebo mechanický spínač, ktorý zapína a vypína vodné čerpadlo.

Jestvuje mnoho spôsobov vyhotovenia plaváka a prevodov, pomocou ktorých ovláda plavák ventil alebo spínač. Pre sledovanie malých rozdielov hladiny plavák býva zavesený na páke a pre sledovanie väčších rozdielov hladiny na lane. V poslednom prípade možno, pomocou prevodov kladkami, sledovať aj veľmi značné rozdiely hladiny a používať plavák aj ako indikátor stavu tekutiny v nádrži. Nakoľko sú tieto klasické spôsoby všeobecne známe, netreba ich konštrukciu na tomto mieste bližšie rozoberať.

V mnohých prípadoch klasická konštrukcia plaváka nevyhovuje požiadavkám a preto sa používajú jeho rôzne obmeny. Tieto sú vždy určené danými podmienkami používania a jestvuje ich veľké množstvo. S ohľadom na zameranie tohto článku zaoberám sa však na tomto mieste len niekoľkými konštrukciami, ktoré sme realizovali a ktoré sa v praxi dobre osvedčili.

Jeden z problémov, ktorý náš ústav musel riešiť, bolo samočinné naplnenie zásobných nádrží objemových plničiek, ktoré sa používajú pri plnení obalov pri výrobe mrazeného špenátového pretlaku a mrazenej drčkovej polievky.

Pôvodný pracovný postup bol nasledujúci: kašovitý výrobok bol vedrami dopravený k plničke a takto sa naplnila kónusovitá nádrž plničky. Pracovníčka, ktorá obsluhovala plničku, musela sledovať stav hladiny v nádrži a včas dať dopraviť ďalšiu zásobu. Po rozšírení výroby tento spôsob bol zmechanizovaný tak, že kašovitý výrobok bol pomocou objemového rotačného čerpadla a po-

trubia prečerpaný priamo do nádržky plničky. Čerpadlo ovládala pomocou vypínača obsluha plničky. Teraz bol už postup dokonalejší a tým aj výkonnejší, okrem toho zavedením mechanizácie už boli dané reálne predpoklady pre automatizovanie.

Často sa stávalo, že pracovníčka, ktorá ovládala čerpadlo pomocou spínača, nevypínala čerpadlo včas, takže došlo k pretekaniu nádrže plničky. Toto malo za následok dlhšie prerušenie práce, lebo plničku bolo treba zbaviť pretekajúceho výrobku a umyť. Pri neskorom zapínaní čerpadla zase boli posledné dávky už nepresné, lebo dávkovací mechanizmus plničky už nasával aj vzduch, lebo zásobná nádržka už bola prázdna. Tieto dávky museli byť ručne doplnené a dovažované. Na odstránenie týchto nedostatkov zaviedli sme automatiku na samočinné prečerpávanie a plnenie nádrží plničiek.

Pri riešení tejto úlohy sa už plavákové systémy vôbec nedali používať, lebo konzistencia prečerpaného výrobku, ako aj veľkosť zásobnej nádrže plničky tento spôsob regulácie vylúčili.

Namiesto plavákov bol zvolený elektrický spôsob snímania stavu hladiny, a to pomocou elektród. Tento spôsob sa ukázal ako najjednoduchší a spoľahlivý. Bola tu využitá elektrická vodivosť týchto výrobkov.

Vodivosť špenátového pretlaku, ako aj zahustenej drčkovej polievky zistila sa meraním a výsledky dokázali, že vodivosť je postačujúca na uzavieranie elektrického okruhu. Nakoľko ale z bezpečnostných dôvodov nemožno používať na napájanie elektród prúd vyššieho napätia ako 70 V a z hľadiska hygieny nie je prípustné, aby došlo k elektrolyze medzi elektródami a používaný prúd nesmie prekročiť určitú hranicu intenzity, nie je možné ovládať elektrický obvod priamo prúdom z elektród.

Okrem týchto úvah bolo treba voľiť aj vhodný materiál na konštrukciu elektród. Podmienky, ktoré musí splniť takáto elektróda, možno zhrnúť do nasledujúcich bodov:

1. Teleso elektródy musí byť dobre izolované od ostatných elektród a vodivých častí nádrže, pritom musí byť mechanicky pevné a necitlivé na vlhkosť.
2. Činná časť elektródy musí byť dobre vodivá, pri použitej prúdovej hustote prakticky nerozpustná, nesmie sa na nej vytvoriť vrstva, ktorá by znížila jej vodivosť a musí byť zdravotne nezávadná. Nesmie reagovať ani na prítomnosť NaOH a iných solí. Musí byť vôbec inertná na kyslé prostredie.
3. Činná časť elektródy musí byť čo najmenšia, aby bolo možné snímať hladinu bodove.
4. Elektróda musí byť konštruovaná tak, aby sa jej ponor mohol nastaviť podľa potreby.

Tieto podmienky bolo možné najlepšie splniť pri používaní dostupných materiálov takto:

1. Pre výrobky, ktorých teplota nepresahuje 60 °C, možno používať ako teleso elektródy Novodur. Tento materiál má dobré elektroizolačné schopnosti, je necitlivý na vodu, a je zdravotne nezávadný. V prostredí, ktorého teplota je vyššie, možno s výhodou používať Teflon.

2. Hrot elektródy môže byť vyhotovený z kvalitnej nehrdzavejúcej ocele. Lepšie splní dané podmienky tzv. retortové uhlie, s výhodou možno používať uhlíkovú tyčinku zo suchých batérií. Tento materiál je dobre vodivý, má len veľmi malý prechodový odpor, je mechanicky pevný, dokonale necitlivý voči

soli a kyslému prostrediu, čo dokazuje aj jeho pôvodné použitie ako kladná elektróda galvanického článku.

3. Ak za teleso elektródy použijeme novodurovú rúrku o svetlosti cca 4–5 mm, možno uhlíkový hrot do rúrky zapustiť tak, aby vyčnieval len na 5–10 mm. Na jeden koniec uhlíka treba pripevniť zvod (medený káblík), ktorý vedie na horný koniec telesa elektródy a je zakončený svorkou na pripevnenie privodu. Najlepšie je zvod prilepovať na pôvodnú mosadznú hlavičku uhlíka. Inak možno koniec uhlíka pokoviť v malom galvanickom kúpeli meďou v rozpúšťadle modrej skalice a s protielektródou z medeného drôtu, aby sa mohol zvod prilepovať. Takýto spoj má veľmi dobrú mechanickú a elektrickú vlastnosť. Uhlík treba pred použitím vyvariť, aby sa očistil od zvyškov elektrolytu a bol odmastený.

V prípade potreby možno koniec uhlíka, ktorý slúži ako činná elektróda, zabrusiť do hrotu alebo na poglobulato.

4. Ponor elektródy možno regulovať najjednoduchším spôsobom tak, že sa používa držiak elektród, vyhotovený z pásky novoduru, texgumoidu alebo pertinaxu, v ktorom sú vyvŕtané otvory na priemer telesa elektródy. Výšku možno zaistiť skrutkou, ktorou sa elektróda v otvore zatlačí.

Elektródu, ktorá bola vyhotovená uvedeným spôsobom, vidieť na obr. 1. Sada elektród v držiaku je na obr. 2.

Aby sa hladina v zásobnej nádrži plničky mohla udržiavať tak, aby jej výška nemohla ovplyvniť presnosť nastavených dávok a pritom nemuselo byť čerpadlo príliš často v činnosti, je výhodné voľiť reguláciu dvoch hladín, a to hladiny maximálnej, pri ktorej čerpadlo bude zastavené, a hladiny minimálnej, pri ktorej čerpadlo zasa začína dopravovať do nádrčky už spotrebované množstvo výrobku. Usporiadanie takejto elektródovej regulácie dvoch hladín vidieť na obr. 3, na ktorom slúži kovová nádoba zásobnej nádrčky plničky ako jedna elektróda (č. 1), maximálnu hladinu určí horná elektróda (č. 2) a minimálnu hladinu dolná elektróda (č. 3). Činnosť tejto regulácie je nasledovná: keď je aj dolná elektróda voľná (napr. nádrž je prázdna), čerpadlo je v činnosti a dopĺňa. Keď hladina dosiahne hornú elektródu, čerpadlo sa zastaví. Hladina postupne klesá, opustí najprv hornú elektródu a potom aj dolnú. Keď dolná elektróda stratí kontakt, čerpadlo sa znova zapína a celý cyklus sa opakuje. Rozdiel hladín A a B, označený písmenom C, je premenlivý, hladina D je konštantná. Podľa veľkosti nádrčky, potreby výšky hladiny označenej písmenom D, ktorá je potrebná pre presné dávkovanie, a výkonnosti čerpadla sa volí rozdiel medzi elektródami C.

Pri tomto spôsobe regulácie odpadá manipulácia s vypínačom, ako aj kontrola hladiny, čo znamená značné urýchlenie práce a zvýšenú pohodlnosť obsluhy. Nakoľko pri hladine A čerpadlo vždy spoľahlivo vypína, odpadá časté pretekánie a tým aj nepohodlné a zdĺhavé čistenie, zvýši sa aj hygiena zariadenia a straty na výrobku sú vylúčené.

Ďalšia časť regulačného zariadenia obsahuje prístroj na spracovanie signálu z elektród, ovládanie čerpadla, signalizáciu a napájanie. Pri konštrukcii tejto časti sme vychádzali z nasledujúcich úvah:

a) elektródy a tým aj celý prúdový okruh, ktorý sa uzatvára cez výrobok, ktorého hladina sa reguluje, má byť zafarbený čo najslabším prúdom, aby sa predišlo škodlivej elektrolyze a polarizácii elektród.

b) Zariadenie musí byť tak citlivé, aby spoľahlivo pracovalo aj pri vysokom

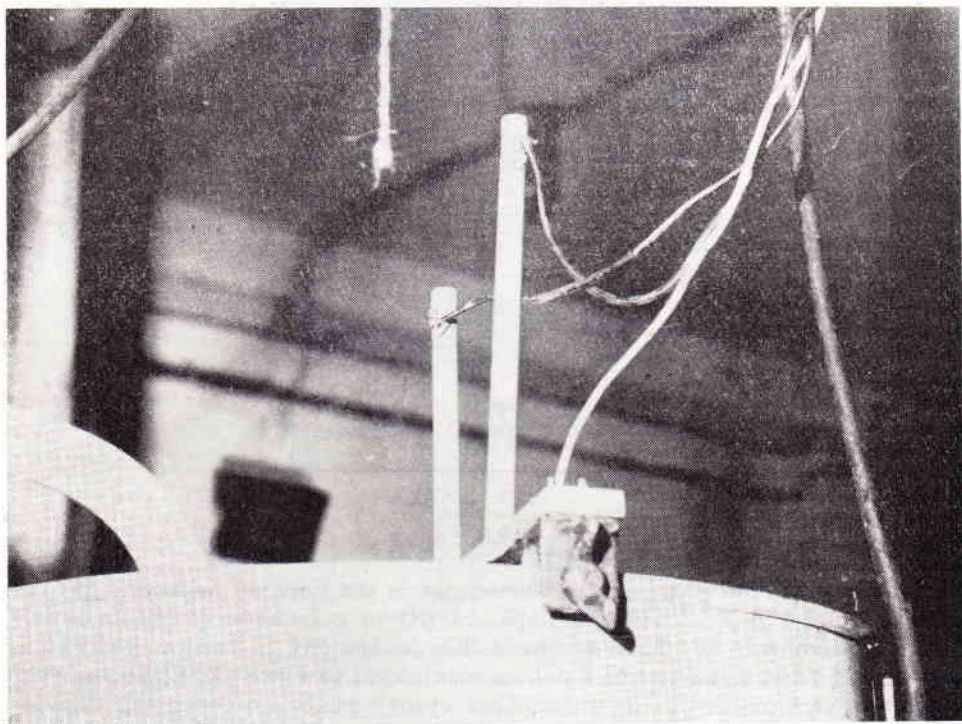
vnútornom odpore regulačného okruhu a aby spoľahlivo pracovalo aj v prípade znečistenia elektród.

c) Zariadenie má byť napájané čo najnižším napätím.

d) Zariadenie musí mať veľkú životnosť, nesmie vyžadovať náročnú údržbu a manipulácia musí byť jednoduchá.

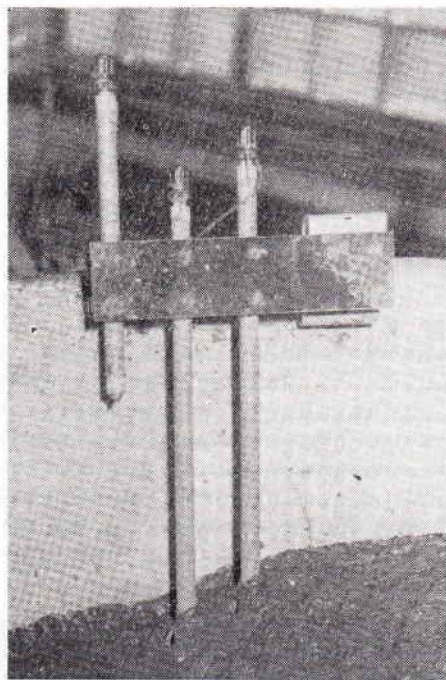
Tieto podmienky bolo možné splniť tak, že sa na spracovanie signálov z elektród používali elektronické relé. Pre konštrukciu týchto relé sme použili polovodiče tuzemskej výroby, a tým je zaručená jednak dlhá životnosť (polovodiče majú minimálnu životnosť okolo 10 000 hodín), ako aj nízke napájacie napätie. Elektronické relé, ktoré sú osadené tranzistormi a sú zapojené ako monostabilný klopný obvod (Schmitt-trigger), majú veľkú citlivosť. K ich budeniu stačí zmena napätia na vstupe vo výške 1–3 V pri prúde niekoľko mikroampérov. Pri voľbe osadenia vhodnými tranzistormi možno konštrukciu uskutočniť minimálnym počtom súčiastok. Pri používaní správne vybraných súčiastok je poruchovosť zanedbateľná. Pri celkovej konštrukcii elektroniky treba rešpektovať pracovné podmienky, najmä nadmerne vlhké konzervárenské prostredie.

Ako príklad nech slúži regulačné zariadenie pre udržiavanie hladiny a prečerpávanie mrazenej drčkovej polievky (obr. 4). Elektronika zariadenia je umiestnená na stene výroby tak, že neprekáža v prevádzke (obr. 5). Elektródy sú umiestnené na plničke (obr. 1) a spojené jedným trojžilovým káblom so skrinkou regulačného zariadenia.

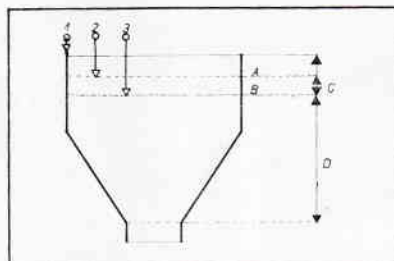


Obr. 1.



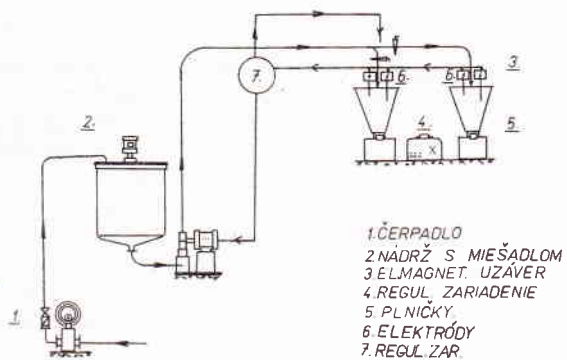


Obr. 2.

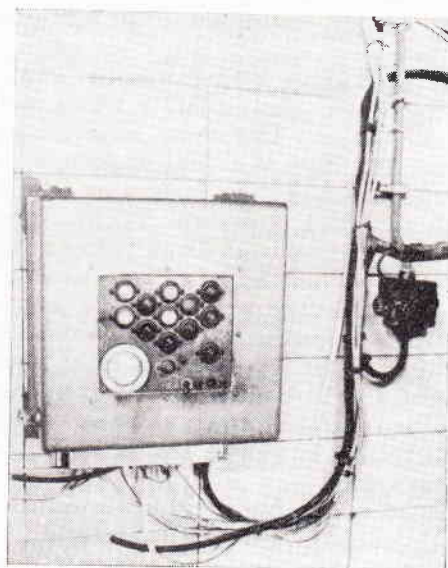


Obr. 3.

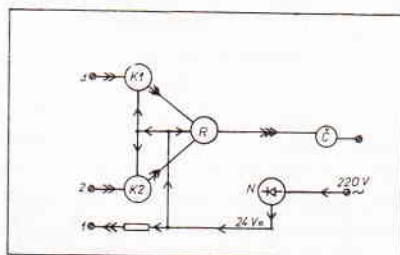
Blokové zapojenie je na obr. 6. Zariadenie je cez napájač pripojené na jednofázovú sieť 220 V. Z výstupu napájača (N) je zariadenie zásobené usmerneným prúdom 24 V. Klopný obvod K1 je spojený s hornou elektródou (2 v obr. 3), klopný obvod K2 s dolnou elektródou (3 v obr. 3). Spoločná elektróda — nádrž plničky — je spojená cez vysoký odpor na jeden pól napájacieho napätia 24 V. Výstupy klopných obvodov ovládajú elektromagnetické relé R, ktoré spina prúdový okruh stykača čerpadla.



Obr. 4. Automatická regulácia prečerpávania

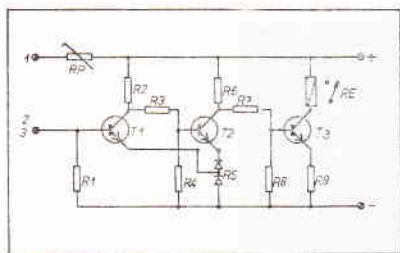


Obr. 5.

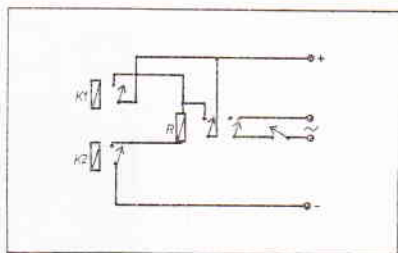


6.

Obr. 6.



Obr. 7.



Obr. 8.

Schéma použitých elektronických relé je na obr. 7. Nakoľko sú obe relé úplne zhodné, uvediem len schému jedného relé. Ako je zo schémy zrejmé, boli použité tri rovnaké tranzistory NPN typu 101 NU 71. Tranzistory T1 a T2 sú zapojené ako Schmittov kľopný obvod, tranzistor T3 je zapojený ako spínací tranzistor.

Pri dotyku elektródy sa dostáva kladné napätie, ktoré je raz navždy nastavené odporom RP o veľkosti okolo 50kΩ z telesa nádrže cez výrobok na pracovný odpor báze T1, R1, na ktorom sa objaví napätie o niečo vyššie, ako je predpätie emitoru T1, ktoré je určené spoločným emitorovým odporom R5. Tranzistor T1, ktorý bol doposiaľ uzavretý a na jeho kolektorovom odpore bolo plné napätie, (R2) sa otvorí. Tranzistor T2, ktorý bol doposiaľ otvorený napätím cez väzobný odpor R3, sa následkom poklesu napätia na R4 uzavrie a na jeho kolektore sa objaví plné napätie. Toto napätie sa preniesie cez väzobný odpor R7 na bázu spínacieho tranzistora T3, ktorý sa následkom toho otvorí a relé typu RP100R9 v jeho kolektore pritiahne kotvičku. Ak hladina opustí elektródu, napätie na báze T1 klesne na nulu a celý obvod sa skokom vráti do pôvodného stavu, t. j. T1 bude zatvorený, T2 otvorený a T3 zatvorený, kotvička relé bude odpadnutá. Zvláštnosťou kľopného obvodu je, že zmeny jeho stavu prebiehajú veľmi rýchlo, lavínovite tak, že obvod reaguje bez oneskorenia na zmeny napätia na vstupe.

Tranzistory T1, T2 a T3 sú umiestnené v spoločnom kovovom bloku z hliníka alebo medi, ktorý udržiava ich pracovnú teplotu na rovnakej úrovni. Stabilitu zapojenia zaručujú ďalej spoločný emitorový odpor R5 a emitorový odpor T3 R9.

Spínací okruh čerpadla je znázornený na obr. 8. a pracuje takto: pri prázdnej nádrži sú kontakty relé K1 a K2 otvorené, relé R je odpadnuté a svojím kľudovým kontaktom spojuje prúdový okruh čerpadla, ktoré je v činnosti. Pri naplnení nádrže najprv dostáva prúd dolná elektróda, elektronické relé K2 zopne. Relé R ostáva ale odpadnuté, lebo kontakty K1 sú ešte rozpojené. Keď aj horná elektróda dostáva napätie, zopne aj K1 a relé R pritiahne kotvičku. Následkom toho sa rozpojí okruh čerpadla, ktoré sa zastaví. Keď hladina poklesne pod elektródu K1, rozpojí sa kontakt K1. Relé R ostáva pritiahnuté, lebo sa drží svojím pridržiacim kontaktom A. Až keď hladina poklesne aj pod dolnú elektródu a K2 sa rozpojí, odpadne aj relé R a čerpadlo sa znova rozbehne.

Na ostatné kontakty relé K1, K2 a R sú zapojené signalizačné žiarovky,

ktoré opticky oznamujú stav zariadenia a stav hladiny v nádrži. Ak je potrebné, aby skrinka elektroniky bola umiestnená vo väčšej vzdialenosti od plničky, možno umiestniť na plničke malú skrinku, v ktorej sa umiestnia signálne žiarovky a vypínač zariadenia, aby obsluha plničky mohla kontrolovať stav zariadenia a podľa potreby čerpadlo ručne zastaviť.

Toto zariadenie pracuje v niekoľkých obmenách už niekoľko rokov bez poruchy a bez podstatnej údržby. Udržiavanie spočíva v občasnom čistení elektród, kontrole stavu spojovacieho vodiča medzi elektródami a elektronikou a v kontrolnom stave kontaktov relé. Čistenie elektród sa obvykle vykonáva spolu s čistením nádrže, kontrola spojovacieho vedenia má byť prevedená aspoň raz mesačne, kontrola kontaktov stačí raz ročne.

Spotreba zariadenia je taká malá (cca 15 W), že prakticky neprichádza do úvahy.

S použitím popísaných elektronických relé sme vyhotovili aj automatiku na plnenie špenátového pretlaku. Pracuje s dvoma plničkami súčasne. Tu sa namiesto čerpadla ovládajú motorické ventily a súčasne trojcestný motorický ventil, ktorý usmerňuje tok špenátového pretlaku do chladiča a do plničiek.

Elektronika, ktorá slúži aj na reguláciu chedu špenátovej linky a ktorá bola už skôr popísaná, je umiestnená na prízemí konzervárne, plničky sú pri tom umiestnené na I. poschodí. Aj toto zariadenie pracuje už niekoľko rokov s minimálnou údržbou.

Elektronické relé podľa uvedeného príkladu sa dajú používať aj na rôzne iné účely, napr. na udržiavanie hladiny chladiacej vody, na reguláciu hladiny a prečerpávanie kondenzu, na stráženie nádrží proti pretekaniu a na dávkovanie rovnakého množstva tekutín. Všetky tieto variácie sme v praxi odskúšali a osvedčili sa.

Veľkou výhodou tohto spôsobu regulácie oproti klasickým regulátorom je, že neobsahuje mechanické prvky, ktoré spôsobujú známe ťažkosti a pre ktoré sa v potravinárstve nepoužívajú. Náklady zariadenia sú minimálne a pre dlhú životnosť sa dobre vyplácajú.

Elektronickú reguláciu hladín pomocou elektród ako snímačov hladiny možno používať hlavne pre udržiavanie hladín v pomerne malých rozmedziach. Neodporúčame používať elektródy podľa vyššie uvedeného popisu, ktoré by boli dlhšie ako 1 meter. Pri väčších dĺžkach elektród by sa musel používať izolačný materiál hrubší, lebo rúrky z izolantu väčšej dĺžky vykazujú snahu jednostrannej deformácie, čo by viedlo k nežiadúcim nepresnostiam. Väčšinou stačí udržiavanie rozdielu hladín od 10–80 cm.

Pre reguláciu plnenia nádrží s väčšou hĺbkou, ktoré sa plnia dobre tekutou vodivou látkou, možno konštrukciu elektród pozmeniť. V takom prípade sme používali ako hrot elektród valec, vysústružený z vodivého kovu, ktorý nehrdzavie a ktorého oxidy sú tiež vodivé, napr. meď alebo mosadz. V tomto prípade treba hrot urobiť ťažší a zavesiť ho na vodivom medenom lane. Takto možno regulovať aj nádrže s väčšou hĺbkou, ako sme urobili napr. v liehovare u tankov s hĺbkou 2 m.

Pre úplnosť popisu uvádzame ešte, že elektródovú reguláciu — tak ako sme už vyššie spomínali — možno používať len pri vodivých výrobkoch. Sú to výrobky, ktoré obsahujú aspoň 20 % vody, alebo aspoň 5 % vody s obsahom soli. Iné — aj nevodivé látky, ako napr. mastnoty — nie sú na závalu, pokiaľ je zmes dobre premiešaná.



Ďalšie informácie, návrhy konštrukcie prispôsobené pre ten-ktorý technologický postup, prípadne vyhotovenie prototypu poskytuje záujemcom na požiadanie náš ústav, oddelenie automatizácie.

Reguláciu nevodivých výrobkov alebo surovín treba uskutočniť iným spôsobom, o ktorom informujeme v pokračovaní tohto článku.

#### S ú h r n

Popisuje sa spôsob a konštrukcia regulácie hladiny, ktoré sa môžu s výhodou používať pri potravinárskej výrobe. Autor popisuje spôsob regulácie pomocou elektród a elektronických relé, ktorý vykazuje veľkú citlivosť, presnosť a spoľahlivosť funkcie. Uvádza príklady realizovaných konštrukcií.

### Автоматизация в пищевой промышленности

#### Выводы

В статье приведен способ и конструкция регуляции уровня, которые могут быть выгодно применены в пищевой промышленности. Автор описывает способ регуляции помощью электрод и электрических реостатов, которые обнаруживают высокую чувствительность, точность и надежность функции. В статье приведены примеры уже осуществленных конструкций.

### Automatic level control device

#### Summary

The method and construction of level control device, to be used advantageously in food industry are described. The author presents a description of regulation method by electrodes and electronic relays, showing high sensibility, precision and reliability of functioning. Examples of practical constructions are mentioned.