

Tranzistorový bezkontaktní regulátor odpěňování

ZDENĚK ČÁSLAVSKÝ a JAROSLAV HOSPODKA, Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha

66.066

Tvorba pěny u větraných fermentačních procesů je velmi nepříjemným průvodním zjevem a problému jejího odstranění bylo věnováno mnoho úsilí. Přesto neexistuje dosud ideální způsob odpěňování. Tvorba pěny závisí na fyzikálně chemických vlastnostech fermentační pudy, jejím složení, koncentraci mikroorganismů a jejich produktů, množství vzduchu použitého na větrání a její stabilita je závislá na povrchovém napětí a přítomnosti koloidních a pěnících látek.

K odpěňování byla navržena celá řada zařízení na nejrůznějším principu — mechanickém, která pěnu ruší pohybem kotoučů nebo lopatek, sít apod. nebo pěnu uvádějí do pohybu a strhávají cirkulací kapaliny cirkulačním válcem [Waldhof]. Byly též navrženy ultrazvukové generátory, pracující s frekvencí několika desítek kilocyklů apod. Dosud největší úspěch v boji s pěnou má přidávání povrchově aktivních látek, jako jsou mastné kyseliny, vyšší alkoholy, estery, oleje, silikonové oleje aj. Tyto látky jsou však drahé a navíc, a to nebývá bráno v úvahu, silně snižují absorpci kyslíku z větraného vzduchu, a tím silně snižují ekonomii větrání. Přidávek těchto látek, obvykle používaných např. v droždářství, může přechodně snížit přestup kyslíku až o 80 %. Vyčerpáním kyslíku rostoucími kvasinkami v zápare pochopitelně nastanou anaerobní podmínky, začne se tvořit alkohol a výtěžek se snižuje. I když přestup kyslíku se po emulgaci dávky protipěnidla opět zvýší, zvýší se i pěníení a je třeba přidat další podíl. Toto nerovnoměrné dávkování při ručním provádění způsobí svými výkyvy ztráty na výtěžku, které zdaleka překročí cenu samotného protipěnidla. Z tohoto důvodu musí být protipěnidla prostředky přidávány v nejmenším nutném množství a velmi rovnoměrně a je nutno kombinovat jejich použití s některým způsobem mechanického odpěňování, které pomůže dále snížit jejich spotřebu. Rovnoměrného přidávání se ovšem dosáhne pouze automatizací. Ani přidávání stálým přítokem tento problém neřeší, poněvadž tvorba pěny je závislá také na průběhu kvašení a přidavku živin, hlavně čpavku. Proto musí být protipěnidlo dávkováno podle intenzity pěníení.

Tuto otázku řešila řada autorů a používala k detekci pěny především elektrického zařízení. Do fermentoru se instaluje elektroda elektricky izolovaná od hmoty fermentoru, jejíž konec je neizolován. Na tuto elektrodu je připojen jeden pól zdroje a druhý pól tvoří kov fermentoru. Pěna při dotyku s elektrodou tvoří vodivé spojení a zesilovač zařazený do série s elektrodou ovládá zesíleným proudem dávkovací zařízení na odpěňovací prostředek, např. solenoidový ventil nebo dávkovací čerpadlo. Příkladem mohou být zařízení popsaná v řadě prací [4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 16]. Zesilovač obsahuje elektronky nebo tranzistory jako zesilovací a relé jako spínací prvky. Aby se omezila frekvence spínání při náhodném dotyku pěny při jejím pohybu ve fermentoru, zařazuje se obvykle časový spínač, který v pravidelných časových intervalech vhodně volených zařízení vypíná nebo zpožďuje počátek přidávání. Tyto prvky v provozních podmínkách s vysokou vlhkostí a korozivním ovzduším velmi trpí a jsou příčinou nespolehlivosti. Nespolehlivé zařízení ovšem nemá v tomto případě vůbec žádnou cenu.

Vyšli jsme proto při konstrukci provozního regulátoru odpěňování ze zásady, že zařízení nesmí mít žádné pohyblivé části, kontakty nebo elektronky a musí být dlouhodobě spolehlivě chráněno před korozí. Použili jsme proto k dosažení potřebné citlivosti spínače polovodičových zesilovacích i spínacích prvků. Celé zařízení je v podstatě tranzistorové relé pracující s bezpečným napětím 24 V, takže vyhovuje provozním podmínkám. Mimo to je na ochranu před korozí celý zesilovač zalit v chemicky odolné pryskyřici. Zařízení nepoužívá fermentoru jako druhého pólu, nýbrž dvou elektrod, jejichž vhodným umístěním lze omezit frekvenci sepnutí a není tedy třeba užívat zpožďovací nebo vypínací členy. Zařízení je ovšem možno použít i k jiným účelům a nahradit jím citlivé elektronkové relé s výstupním výkonem 10 až 12 W.

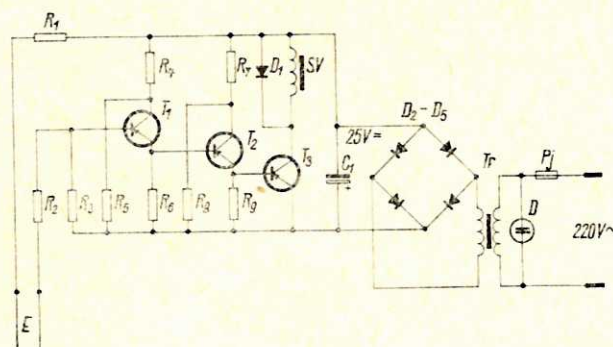
Popis zařízení

Použití tranzistorů jako spínačů je velmi výhodné, zejména pro jejich velký poměr odporů v nevodivém a vodivém stavu, pro rychlý přechod z vodivého do nevodivého stavu a pro skutečnost, že životnost tranzistorů nezávisí na počtu proudových sepnutí. Tranzistory mají malé rozměry, nízký odběr a malé oteplení za provozu. Proto umožňují montáž na plošné spoje a navíc ještě zalití ochrannou pryskyřicí. Tranzistory zde pracují ve spínacím režimu, tj. jen ve dvou stabilních stavech. Tím je funkce obvodu spolehlivá v širokém rozmezí teplot a u stupňů výkonových je možné ovládat výkony rovné až desetinásobku kolektorové ztráty tranzistoru [1, 10, 12].

Spínací obvody s polovodiči nutně předčí klasické elektromechanické členy — relé, stykače a spínače, kde se vždy nepříznivě projevuje malá životnost a spolehlivost těchto členů, pomalá činnost, malá odolnost proti nepříznivým vlivům prostředí (prach, vlhkost, chemické vlivy) a nespolehlivost funkce při otřesech [3].

Princip zařízení

Protože dosavadní typy odpěňovačů, založené na mechanickém spínacím relé, ovládaném buď elek-



Obr. 1. Schéma tranzistorového bezkontaktního relé

E — indikační elektrody; R 1 — 500 ohmů/0,25 W; R 2 — 500 ohmů/0,25 W; R 3 — 10 kiloohmů/0,25 W; R 4 — 22 kiloohmů/0,25 W; R 5 — 47 kiloohmů/0,25 W; R 6 — 3,3 kiloohmů/0,25 W; R 7 — 2,2 kiloohmů/0,5 W; R 8 — 1 kiloohm/0,5 W; R 9 — 4,7 kiloohmů/0,25 W; C 1 — 2000 μF/25 V; D 1 — germaniová dioda 13NP70 TESLA; D 2 — D 5 — germaniové diody 12NP70 TESLA; T 1 — T 2 — tranzistory OC 72 TESLA (p-n-p); T 3 — tranzistor OC 1016 TUNGSRAM (OC 26 nebo 3NU73 TESLA apod.); D — doutnavka 220 V; Tr — transformátor ST 63 upravený (viz text) primár: 110–220 V sekundár: 18 V ~; Pj — tavná pojistka 0,3 A; SV — solenoidový ventil 24 V = 12 W

tronkou, nebo tranzistorem se po delší době v provozních poměrech neosvědčily (koroze kontaktů relé, patic, konektorů aj.) byly hledány cesty, jak nahradit toto zařízení spolehlivějším, tj. pokud možno bezkontaktním [16].

Pro dosažení požadované citlivosti byl vyvinut třístupňový tranzistorový zesilovač v zapojení se společným emitorem (obr. 1). V podstatě jde o tzv. Darlingtonovo zapojení, které je vhodné všude tam, kde vyžadujeme stabilní a přitom značné proudové zesílení. Emitorový sledovač je galvanicky spojen s bázi následujícího stupně. Na dvojici tranzistorů T_1 a T_2 lze pohlízet také jako na jediný tranzistor těchto vlastností:

Zesilovací činitel je přibližně

$$\beta_{12} = \beta_1 \beta_2 \quad (1)$$

a zbytkový proud

$$I_{co} = I_{cer}^2 + \beta_2 I_{cer}^1 \quad (2)$$

kde I_{cer} je kolektorový zbytkový proud tranzistoru se zapojeným stejnosměrným odporem mezi emitorem a bází.

Tohoto výhodného zapojení v kaskádě, kdy lze teoreticky vytvořit tranzistor s extrémně vysokým zesilovacím činitelem β_{12} , využívá se zejména v regulačních obvodech. Pro úplnost nutno však uvést, že počet kaskád je prakticky omezen (hlavně u germaniových tranzistorů), neboť zařazováním dalších členů se neúměrně zvyšuje zbytkový proud [8, 17].

Koncový výkonový stupeň (T_3) je v principu zapojen jako zesilovač třídy A. V jeho kolektorovém obvodu je vinutí solenoidového ventilu. Klidový proud kolektoru je omezen maximální kolektorovou ztrátou a nesmí být překročen, jinak se tranzistor zničí. Klidový proud je vhodně snížen odporem R_9 . Omezení maximálního proudu při otevřeném tranzistoru T_3 je řízeno ochrannými odpory R_1 a R_2 , jejichž hodnotu nutno určit zkusmo, podle použitého tranzistoru, aby maximální kolektorový proud odpovídal katalogovým hodnotám [2, 17]. Úplně se otevře tranzistor T_3 při odporu max. 500 kiloohmů mezi indikačními elektrodami.

Protože výkonový tranzistor má v kolektorovém obvodu induktivní zátěž, použije se k ochraně plošné germaniové diody D_1 . Je připojena v závěrném směru paralelně k indukčnosti. Nevýhodou tohoto zapojení je sice zpomalení poklesu proudu kolektorem, avšak v našem případě není na závažu [2, 9, 18].

Praktické provedení funkčního vzorku

Odpěňovací zařízení, které jsme vyvinuli a vyzkoušeli se skládá ze 4 hlavních částí:

1. Tranzistorové bezkontaktní relé,
2. Napájecí zdroj,
3. Elektrody,
4. Solenoidový ventil.

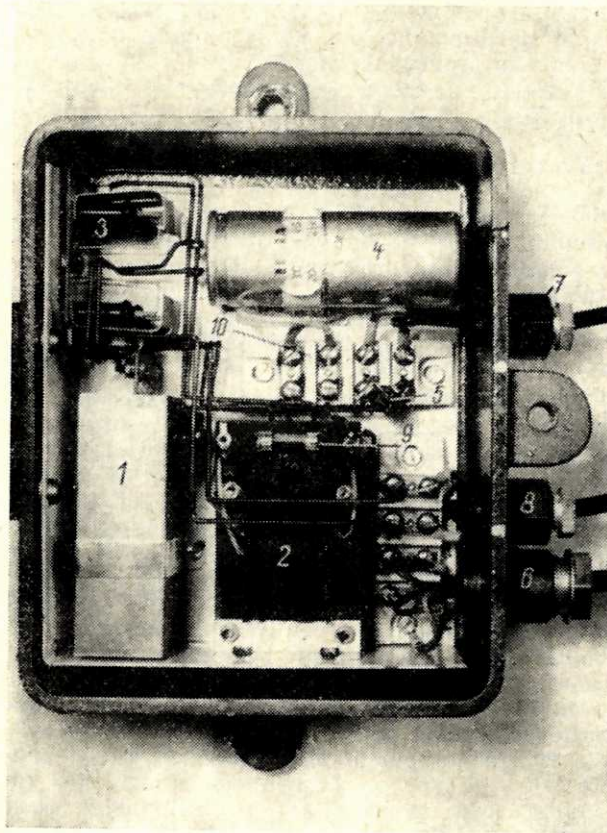
1. Tranzistorové relé, jehož schéma je na obr. 1, je třístupňový tranzistorový zesilovač, jehož poslední člen tvoří výkonový tranzistor. Ten bezkontaktně ovládá proud pro cívkou solenoidového ventilu, který přímo dává odpěňovací olej do kvasné kádě. Relé i ventil jsou společně napájeny nízkým stejnosměrným napětím 24 V. Relé je provedeno technikou plošných spojů na destičce z Cuprexitu v rozměrech 105 X 60 mm. Destička nesoucí tranzistory T_1 a T_2 spolu s odpory R_1 až R_9 je umístěna na duralových distančních podložkách na nerezovém,

1 mm silném plechu, ohnutém do tvaru hranatého „U“ a je po vyzkoušení zalita pryskyřicí Epoxy 2100. Výkonový tranzistor T_3 je přišroubován přímo na nerezovém krytu do distančních podložek a je propojen s plošným spojem. Kryt slouží zároveň jako chladicí deska. Celé zařízení tvoří po zalití pryskyřicí kompaktní celek v rozměrech 60 X 105 X 30 mm. Vývody jsou vyvedeny na svorkovnici.

2. Napájecí zdroj se skládá z transformátoru Tr , jehož, sekundární napětí asi 18 V ~ je usměrněno 4 plošnými germaniovými diodami (D_2 — D_5) v Graetzově zapojení. Potřebné dokonale vyhlazení usměrněného napětí obstarává vysokokapacitní elektrolytický kondensátor C_1 . Jištění celého zařízení je provedeno tavnou pojistkou 0,3 A na primáru transformátoru. Pro jednoduchost jsme použili transformátoru JISKRA typ ST 63, kde jsme odvinuli sekundární vinutí a nahradili jej 175 závitů drátu průměru 0,55 mm CuS. Na sekundáru musíme naměřit naprázdno asi 18—20 V ~.

3. Čidlo, které snímá mezní stav hladiny s pěnou ve fermentačním tanku tvoří elektrody, vyrobené z měděného nebo nerezového drátu o průměru 4 až 5 mm.

4. Protože se nám nepodařilo obstarat speciální solenoidový ventil pro 24 V = použili jsme běžný typ REGULA 96072/II, určený původně pro 220 V ~, jehož cívkou jsme nahradili jinou ve stejných rozměrech, navinutou však drátem průměru 0,4 mm CuS s 3500 závity. Odpor této cívky má být 45—50 ohmů.



Obr. 2. Sestavený regulátor odpěňování

1 — tranzistorové relé; 2 — síťový transformátor — Tr ; 3 — usměrňovací diody — D_2 — D_5 ; 4 — kondenzátor — C_1 ; 5 — ochranná dioda — D_1 ; 6 — přívod sítě — 220 V ~; 7 — přívod k solenoidovému ventilu — SV; 8 — přívod k elektrodám — E; 9 — síťová pojistka — PJ; 10 — přívod k indikační doutnavce — D

Celé zařízení včetně zdroje a kontrolní doutnavky je zabudováno do normalizované montážní skříňky ZPA typu MS 1 v rozměrech 170×210×100 mm. Citlivost zařízení je značná a funkce zcela spolehlivá, díky tomu, že přístroj neobsahuje žádné pohyblivé části nebo kontakty, které by mohly trpět korozi v provozním prostředí závodů (obr. 2).

Praktické zkoušky odpěňovacího zařízení

Popsané zařízení bylo zkoušeno v provozní 1000hl kvasné kádì v droždárně v Libáni a bylo zapojeno podle blokového schématu na obr. 3.

Byly použity dvě elektrody a pro spojení nebylo využito hmoty fermentoru. Obě elektrody byly umístěny ve stejné výši, avšak na vzdálenost téměř celého průměru kádě. Tím bylo prakticky zabráněno nežádoucímu spínání relé při náhodném vyšplouchnutí pěny a omezen tak počet sepnutí jednoduchým způsobem na místo někdy používaného časového spínače, který zařízení komplikuje a činí nespolehlivým v korozivní atmosféře. Jako odpěňovadla bylo použito odpěňovacího tuku ISTA D2, kterého však v běžně dodávané formě nelze použít pro přímé dávkování solenoidovým ventilem. Již při teplotě 15 °C tekutý tuk vločkuje a ucpává

potrubí i ventil. Proto byl odpěňovací tuk zahřát na teplotu asi 50–60 °C, zkolírován přes plátno a rozpuštěn v etylalkoholu denaturovaném 1% benzínu ve váhovém poměru 1 : 1. Takto připravený odpěňovací tuk tuhne při 0–2 °C a při pokusech plně vyhověl. Při zkouškách se dosáhlo v průměru úspory asi 40 % odpěňovacího tuku, proti spotřebě při ručním dávkování. Zvýšený přestup kyslíku se mimo to projeví zvýšeným výtěžkem droždí a omezením tvorby alkoholu. Droždí má také lepší vůni a vzhled.

Nové možnosti by jistě přineslo použití moderních odpěňovacích přípravků s přídavkem silikonových olejů (např. LUKOSAN MO-7 výrobek VCHZ-Kolín apod.).

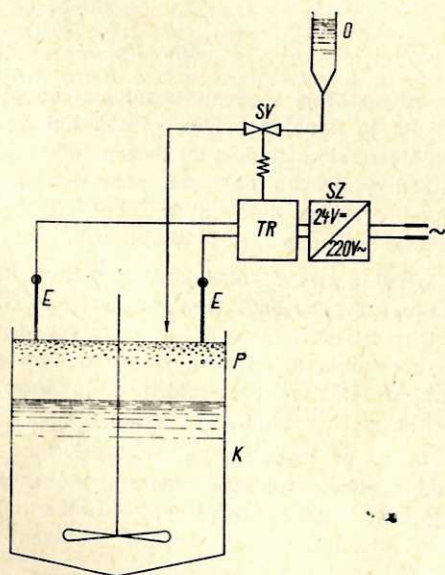
Souhrn

Bylo vyvinuto a vyzkoušeno tranzistorové bezkontaktní odpěňovací zařízení, jehož podstatou je třístupňový tranzistorový zesilovač v Darlingtonově zapojení. Koncový tranzistor může přímo spínat 24 V solenoidový ventil (12 W) nebo jiné dávkovací zařízení pro přídavek odpěňovacího prostředku. Hladina pěny je indikována 2 elektrodami. Spolehlivost zařízení je zaručena tím, že při konstrukci nebylo použito žádných pohyblivých prvků (relé apod.). Celý zesilovač je zalit do pryskyřice, a tím dokonale chráněn před korozivním prostředím.

Zařízení bylo vyzkoušeno provozně a bylo dosaženo úspory odpěňovacího tuku v průměru o 40 %.

Literatura

- [1] Bruckmoser L.: Schaltverstärker mit Transistoren, Elektronik 12,353 (1963).
- [2] Budínský J.: Nízkofrekvenční tranzistorové zesilovače, SNTL Praha 1961, str. 94.
- [3] Budínský J.: Technika tranzistorových spínacích obvodů, SNTL Praha 1963, str. 63.
- [4] Bungay H. R.; Simons C. F., Hosler P.: Handling of antifoam oils for fermentations. J. Biochem. Microbiol. Tech. Eng. 2,143 (1960).
- [5] Dorsey A. E.: Control of foam during fermentation by the application of ultrasonic energy. J. Biochem. Microbiol. Tech. Eng. 1,289 (1959).
- [6] Dworschack R. G., Lagoda A. A., Jackson R. W.: Fermentor for small scale submerged fermentations. Appl. Microbiol. 2,190 (1954).
- [7] Fuld G. J., Dunn C. G.: A 50-Gallon pilot plant fermentor for classroom instruction. Appl. microbiol. 6,15 (1958).
- [8] Horna O. A.: Zajímavá zapojení s tranzistorem, SNTL Praha 1963, str. 35 a 44.
- [9] Janata L.: Tranzistorové relé signalizační elektrody ES-61. Automatisace 6,199 (1963).
- [10] Klimeš M.: Tranzistorové stavebnicové spínací jednotky. Automatisace 7,95 (1964).
- [11] Kroll et al.: Equipment for small scale fermentations. Ind. Eng. Chem. 48,2190 (1956).
- [12] Lennartz H., Taeger W.: Transistor - Schaltungstechnik. Berlin 1963, str. 170.
- [13] McCann E. P. et al.: Equipment for laboratory and pilot plant scale fermentations. The Chem. Engineer, A 61 (1961).
- [14] Nelson H. A., Maxon W. D., Elferding T. H.: Equipment for detailed fermentation studies. Ind. Eng. Chem. 48,2183 (1956).
- [15] Pfeifer V. F., Heger E. N.: Electronic foam controller for fermentors. Appl. Microbiol. 5,44 (1957).



Obr. 3. Blokové schéma odpěňovacího zařízení

K — kvasná kád; P — pěna; E — indikační elektrody; TR — Tranzistorové relé; SZ — síťový zdroj; SV — solenoidový ventil; O — odpěňovací olej

[16] Vaňo F., Tóth J., Karábeli J.: Meranie, signalizácia a regulácia v pokusnej poloprevádzke na výrobu biologicky aktívneho drożdžia v závodu Trenčín. Kvasný průmysl 9,237 (1963).

[17] Wagner B.: Elektronische Verstärker. Berlin 1961, str. 183.
[18] Young J. F.: Spínání indukčních zátěží pomocí tranzistorů. Brit. Commun. Electr. 10,844 (1963).

Došlo do redakce 8. 7. 1964.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ, БЕЗКОНТАКТНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДОЗИРОВАНИЯ ПЕНОПО- ПОДАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Было спроектировано, построено и проверено бесконтактное транзисторное устройство регулирующее процесс подавления пенообразования. Главным элементом устройства является транзисторный усилитель включенный по схеме Дарлингтона. Концевой транзистор включает 24-вольтный соленоидный вентиль (12 Вт), или другое дозирующее устройство добавляющее пеноподавляющие химикаты в сосуды, где проходит процесс ферментации. Уровень пены показывают 2 электрода. Усилитель заключен в оболочку из смолы, защищающую его от окружающей агрессивной среды. Благодаря установке описываемого устройства была получена экономия пеноподавляющего жира примерно 40 %.

KONTAKTLOSER TRANSISTOR- ABSCHÄUMREGULATOR

Es wurde ein kontaktloser Abschäumregulator mit Transistorelementen entwickelt und erprobt. Das Hauptelement des Regulators ist ein Dreistufen-Transistorverstärker in Darlington-Schaltung. Der Endtransistor kann direkt ein 24-V-Solenoidventil (12 W) oder ein anderes Dosiergerät für das Abschäummittel einschalten. Die Indikation der Schaumoberfläche wird durch 2 Elektroden besorgt. Der Verstärker ist in Harz eingegossen und dadurch vor der korrosiven Umgebung gut geschützt. Die Applikation der beschriebenen Apparatur ermöglichte eine ca. 40% Einsparung des Abschäumfettes.

TRANSISTORIZED CONTACTLESS FROTH KILLER METERING DEVICE

The article deals with a transistorized, contactless device for metering froth killers, which has recently been developed and tested with outstanding success. The principal element of the device is a three-step transistorized amplifier in the Darlington arrangement. The end transistor can switch either a 24 V solenoid valve (12 W) or any other metering mechanism introducing froth killing agent into the fermenting substance. The froth level is indicated by two electrodes. The amplifier is enclosed in a resin shell protecting it positively against corrosion. By incorporating the described device some 40 % of froth killing fat could be saved.