

VĚDECKÝ ČASOPIS

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

**Práce Vysoké školy zemědělské
v Praze
katedry elektrizace
a automatizace**

11

ROČNÍK 16 (XLHI)
LISTOPAD 1970
PRAHA,
CENA 20 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

Rídí vedoucí redaktorka
ing. Jovanka Václavíčková
s redakční radou

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1970

■
Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací. Vychází měsíčně. Redakce: Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120.—

■
Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издает Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция Прага 2, Слезска 7.

■
The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Institute of Scientific and Technical Information. Issued monthly. Editorial office Prague 2, Slezská 7.

■
Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen. Erscheint monatlich. Redaktion Prag 2, Slezská 7.

■
Le journal scientifique ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de technique agricole. Publié par l'Institut des renseignements scientifiques et techniques. Paraît une fois par mois. Rédaction Prague 2, Slezská 7.

Některé problémy elektrizace zemědělských závodů

V roce 1960 byly v Československu (bez 2%) všechny obce a zemědělské provozovny připojeny na všeúčelnou rozvodnou síť. Z celkové energetické kvóty našeho státu odebírala však samotná zemědělská výroba pouze 3% roční produkce. V roce 1937 byla průměrná spotřeba, přepočtená na celkovou výměru zemědělské půdy, 20 kWh/ha za rok. V roce 1955 to bylo již 51 kWh/ha, přičemž některé moderní zemědělské závody měly spotřebu i přes 500 kWh/ha za jeden rok. V roce 1970 se počítá s průměrnou spotřebou 160 až 250 kWh/ha, v roce 1975 250 až 500 kWh/ha. Rozvoj spotřeby způsobí kromě příkonů na ohřev vody, lihně a velkochovy drůbeže, zpracování mléka, automatizaci stájové mechanizace a klimatizace, úpravy obilí a píce, služby strojní a chemické i příkony na rozsáhlá zavlažovací zařízení. Do konce roku 1970 se odhaduje příkon zavlažovacích systémů ČSSR na 200 MW. Po roce 1970 se bude konkretizovat i rozvoj příkonů v oblasti sušení a velkoskleníkového zahradnictví. Lze tedy říci, že spotřeba elektrické energie v zemědělství je funkcí modernizace celého tohoto odvětví.

Rozvoj tepelných spotřebičů je z energetického hlediska podmíněn odběrem v noci, respektive odběrem mimo energetické špičky. Zemědělským závodům by prospělo přednostní zavedení automatického připojování tepelných spotřebičů přiloženou frekvencí. Při převaze tepelných elektráren u nás (92%) je takto uvolněný odběr mimo špičky výhodný i pro elektrárny.

Přesto, že u nás mluvíme o zemědělské velkovýrobě, jsme v některých druzích zemědělské výroby pouze malopodnikateli. Například ve skleníkovém zahradnictví nejsou v Anglii vzácností skleníky s příkony 500 kW pro vytápění půdy. U nás se nevyrábějí půdní topné kabely ani neizolované vodivé topné sítě.

Dalším problémem moderního zahradnictví je automatická klimatizace skleníků. Je podmíněna spolehlivými snímači vlhkosti půdy, vzduchu, povrchové vlhkosti (umělý list), osvětlení a teploty, které získávají potřebné informace pro automatické zavlažování, klimatizaci a osvětlení.

Při automatizaci farem na výrobu hovězího a vepřového masa a farem na výrobu drůbeže a vajec je nutné se zamyslet nad extrémními pracovními podmínkami, ve kterých v těchto odvětvích elektrická zařízení pracují. Zařízení, která pracují mimo stabilní budovy, jsou vystavena velkým změnám teplot, větru, prachu a ještě vlhkosti, která se blíží rosnému bodu. Teplotní vliv slunečního záření způsobuje vzrůst oteplení elektrického zařízení o 7 až 10°C. Nízké záporné teploty snášejí izolační systémy třídy A, E, B, H bez závad i s ohledem na životnost. Nebezpečí záporných teplot u izolaci spočívá v tom, že i zařízení silně navlhla vykazují při teplotách -30°C a nižších izolační odpor řádově 10⁷ ohmů. Se zahřátím zařízení však izolační odpor klesá a je nebezpečí průrazu. Střídavé změny teplot, prach a vlhkost způsobují i u uzavřených provedení elektrických strojů korozi kovových materiálů.

Zařízení a instalace uvnitř budov pracují rovněž v nepříznivém prostředí. Normy připouštějí např. maximální dovolenou koncentraci NH₃ (amoniak) v kravině 0,026 promile, H₂S (sirovodík) 0,01 promile, prachu méně než 10 mg/m³. Tyto hodnoty se často přestupují. V hale pro drůbež bylo

naměřeno např. 5 mg/m³ prachu při klidu dopravníku a zvířat, ale až 40 mg/m³ u dopravníku v chodu. V přípravné krmiv u mlýnů a šrotovníků se vyskytuje až 400 mg/m³ prachu při vlhkosti 98 %. V takovýchto provozech jsou např. i osvětlovací tělesa napadena korozi tak rychle, že je nelze již při první výměně žárovky rozebrat, hliníkové vodiče ve šroubových spojích se rozpadají, spínací a řídicí prvky selhávají, povrchově chlazené motory se žebrovými profily se zanesou natolik, že chlazení není účinné.

Problém klimatizace zemědělských budov souvisí úzce s ventilátory a s jejich automatickým řízením. Nejužívanější pohonné motory jsou asynchronní s kotvou nakrátko. Jejich slabinou je i regulovatelnost a řízení otáček. Vzduchotechnici žádají regulaci otáček v poměru 1:10. U ventilátorů, kde moment klesá se čtvercem otáček, lze regulovat otáčky změnou napětí ve statoru. Tuto regulaci je možné kombinovat s přepínáním počtu pólů: tím lze regulovat otáčky v poměru 1:7. Dovážíme asynchronní motory regulované změnou napětí ve statoru pomocí kladičkových transformátorů, přitom však naše závody jsou schopné vyrábět moderní tyristorové pohony. Velké regulační rozpětí vyžaduje i otáčkově nezávislé chlazení motoru. Zajímavý je také způsob náhonu ventilátoru klínovými řemeny, užívaný v USA. Jednak zmenšuje hluk, jednak prach není hnán přímo na motory.

Technické zlepšení vyžadují i elektrické ohradníky, které se užívají ke hrazení prostorů, zejména venkovních. Předepsané parametry 5 kV, 2,5 mC, 300 mA, 3 ms, interval 0,75 s nejsou zcela v souladu s posledními výzkumy. Kromě toho jsou ve světě stále žádanější systémy bez mechanických kyvadlových přerušovačů a systémy bezproudé (vysílající impuls pouze při dotyku).

V člancích zařazených v tomto čísle jsou uvedeny některé aktuální problémy elektrizace zemědělských závodů. Snahou našeho pracoviště je na takovéto problémy poukazovat a společně s průmyslem je pomáhat řešit. Tak např. spolupracujeme na stanovení optimálních parametrů topných vodičů s podnikem Kabel Vrchlabí, na regulaci pohonu ventilátorů a na problémech koroze elektrických zařízení s VÚSE Praha atd.

V předstihu před rostoucími nároky našeho zemědělství je třeba i v elektrotechnickém průmyslu zajišťovat odpovídající technický rozvoj.

Doc. ing. Václav Černý, CSc.
Vysoká škola zemědělská v Praze,
mechanizační fakulta,
katedra elektrizace a automatizace

631.3.001.4 681.4 621.3

Elektrooptické třídící stroje rozlišují předměty ozářené polychromatickým světlem podle jejich jasu a spektra. Tyto veličiny jsou detekovány pomocí fotonek a fotonásobičů.

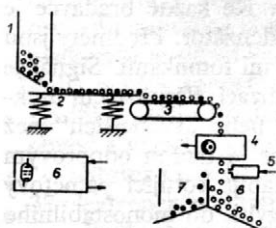
Pro třídění zemědělských produktů se u nás užívají stroje systému „Sortex“ (Anglie) a „Selexso“ (USA); cena stroje je v rozmezí 200 až 500 tisíc paritních korun. Tyto stroje mají ve své elektrické části hybridní obvody složené z elektronek, tranzistorů, fotonek a fotonásobičů. Nesou stopy vývojových stadií různých typů.

Z těchto důvodů jsme se na naší katedře pokusili o řešení elektrické části elektrooptického třídícího stroje, který by byl osazen výhradně polovodiči u nás vyráběnými. Řešili jsme také některé teoretické problémy související s elektrooptickým tříděním a experimentálně jsme je ověřovali na modelu čtecí hlavy.

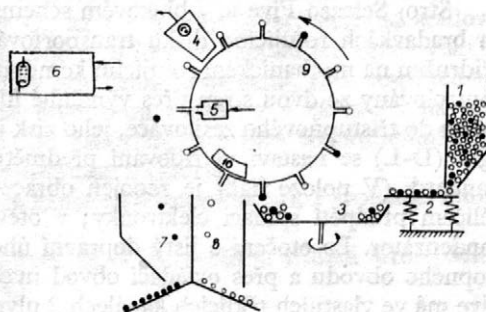
1. TRÍDÍCÍ STROJE ZAHRANIČNÍ VÝROBY

U systému Sortex (obr. 1) padají klasifikované předměty volným pádem čtecí hlavou, nevyhovující jsou akčním pneumatickým členem vyfukovány. Stroj vytřídí za hodinu 30 až 60 kg hrachu, fazolí a jiných semen.

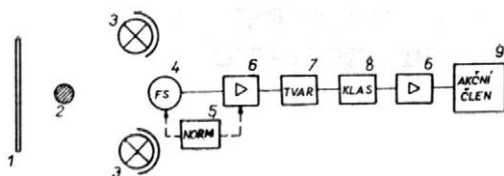
U systému Selexso (obr. 2) jsou klasifikované předměty přisávány podtlakem na



1. Systém Sortex: 1 - zásobník, 2 - vibrační podavač, 3 - klínový transportér, 4 - optická čtecí hlava s fotoelementy, 5 - akční pneumatický člen, 6 - elektronické obvody, 7 - předměty špatné, 8 - předměty dobré



2. Systém Selexso: 1 - zásobník, 2 - vibrační podavač, 3 - podávací talíř, 4 - optická čtecí hlava s fotoelementy, 5 - akční pneumatický člen, 6 - elektronické obvody, 7 - předměty špatné, 8 - předměty dobré, 9 - rotor s podtlakovými přísavkami, 10 - třecí smyk rušící podtlak v bradavkové přísavce



3. Obecný třídící obvod: 1 - optické pozadí, 2 - pozorovaný předmět, 3 - osvětlovací zdroj, 4 - fotoelektrický snímač, 5 - normalizační obvod, 6 - zesilovač, 7 - tvarovací obvod, 8 - logický obvod klasifikátoru, 9 - akční člen

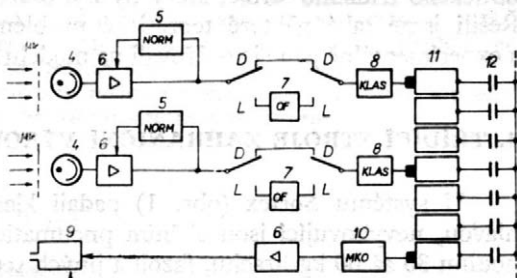
bradavky rotujícího disku, transportovány čtecí hlavou a nevyhovující jsou opět pneumatickým členem vyfukovány. Stroj vytřídí 50 000 předmětů za minutu, tj. 250 kg hrachu, 175 kg pražené kávy, 80 kg rýže atd. za hodinu.

ELEKTRICKÉ OBVODY TŘÍDÍCÍCH STROJŮ

Zabývali jsme se elektrickou částí elektrooptických třídících strojů. Obecný princip třídění je znázorněn na obr. 3.

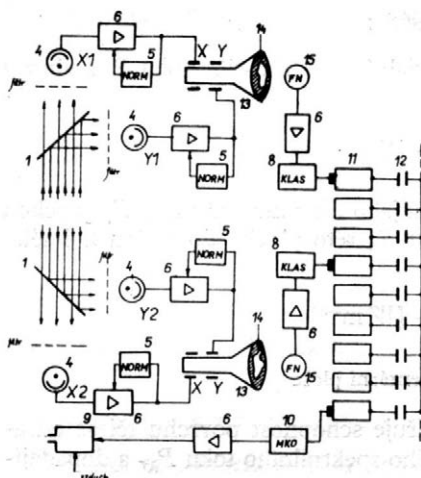
Osvětlený předmět se pozoruje proti pozadí, z fotonky nebo fotosnímače jde signál přes zesilovač do tvarovacího obvodu, dále do logického obvodu klasifikátoru, kde se uskuteční vlastní třídící klasifikace a přes výkonový zesilovač se ovládá akční člen (např. ejektor). Kromě běžných stabilizačních obvodů bývá užit ještě normalizační obvod, který eliminuje vliv pozvolných změn svítivosti zdrojů, pozvolné zaprašování čtecí hlavy aj. tím, že řídí buď napětí na snímači nebo zisk prvního zesilovače.

4. Blokové schéma stroje Selexso Five: 4 - plynové fotonky, 5 - normalizační obvod, 6 - zesilovač, 7 - obraceč fáze, 8 - klasifikátor, 9 - akční člen (ejektor), 10 - monostabilní klopný obvod, 11 - rotující komutátor, 12 - rotující pamětové kondenzátory

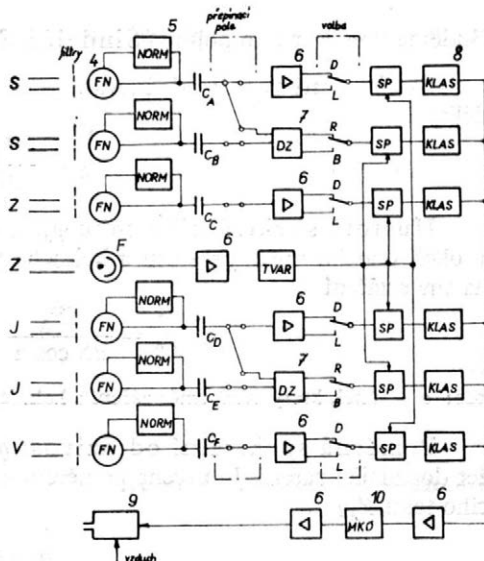


Stroj Selexso Five je v blokovém schématu na obr. 4. Klasifikované předměty jsou na bradavkách rotujícího disku transportovány do čtecí hlavy. Ke každé bradavce je přidružen na mechanickém rotujícím komutátoru pamětový kondenzátor. Předměty jsou kontrolovány ze dvou stran přes výměnné filtry dvěma plynovými fotonkami. Signál je veden do třístuňového zesilovače, jeho zisk je regulován normalizací. Přepínačem dark-light (D-L) se nastaví vyřizování předmětů buď „tmavších“ nebo „světlejších“ než standard. (V poloze light je zapojen obraceč fáze.) Klasifikátor je tvořen odporovým děličem předpětí spínací elektronky; v otevřeném stavu se nabije rotující pamětový kondenzátor. Po otočení o jistý dopravní úhel je kondenzátor vybit do monostabilního klopného obvodu a přes ovládací obvod uvede v činnost pneumatický ejektor. Selexso Five má ve vlastních třídících kanálech 2 plynové fotonky, 13 elektronek a 4 tranzistory.

Stroj Selexso Ten je na obr. 5. Klasifikované předměty jsou opět na bradavkách disku transportovány do čtecí hlavy. Předměty jsou kontrolovány ve dvou místech, světelný signál je vždy rozložen polopropustnou vrstvou do směrů X a Y, filtry je oddělena dolní část spektra pro fotonky X a horní část pro fotonky Y. Přes samostatné zesilovače s normalizačními obvody jsou pak signály vedeny na vychylovací systém obrazovky ve směru X a Y. Na obrazovku je přiložena maska (zhotovená pro každý tříděný druh podle specifikovaného postupu). Signál, detekovaný jako svítící bod obrazovky pomocí



5. Blokové schéma stroje Selexso Ten:
1 - polopropustná vrstva, 4 - plynové fotonky, 5 - normalizace, 6 - zesilovače, 8 - klasifikátory, 9 - ejektor, 10 - monostabilní klopný obvod, 11 - rotující komutátor, 12 - rotující poměrové kondenzátory, 13 - obrazovky, 14 - příločná maska, 15 - fotonásobiče



6. Blokové schéma stroje Sortex G.3.S.:
F - fotonka, 4 - fotonásobiče, 5 - normalizace, 6 - zesilovače, 7 - diferenciální zesilovač, 8 - klasifikátory, 9 - ejektor, 10 - monostabilní klopný obvod, SP - spouštěcí obvody

fotonásobiče, je zesílen a spínacím tranzistorem klasifikátoru řízený usměrňovač nabije paměťový kondenzátor. Ostatní je analogické jako u stroje Five.

Selexso Ten má ve vlastních čtecích signálech 4 plynové fotonky, 2 fotonásobiče, 2 obrazovky, 2 řízené usměrňovače, 17 elektronek a 6 tranzistorů.

Stroj Sortex G. 3. S. (obr. 6) je jak mechanicky, tak i elektricky odlišný od předešlých. Volně padající předměty jsou ve čtecí hlavě kontrolovány čtyřmi optickými systémy ve čtyřech směrech (S, Z, V, J); ve směru S a J je světelný signál ještě dělen světlovodou do dvou pásem, takže je celkem užito šesti fotonásobičů. Normalizační obvody řídí napětí fotonásobičů v závislosti na jejich klidových proudech. Střídavé signály z fotonásobičů jsou vedeny přes kondenzátory C_A až C_F a přepojovací pole na zesilovače, resp. diferenciální zesilovače (dvojice pro tvoření difference signálu lze různě volit). Ze zesilovačů je signál veden přes spínače volby prohlížení (dark-light, D-L resp. red-blue, R-B) a přes spouštěcí obvody (ovládané pomocnou fotonkou v závislosti na poloze klasifikovaného předmětu v zorném poli) do klasifikátoru a přes monostabilní klopný obvod a výkonový zesilovač opět k pneumatickému ejektoru.

Sortex G. 3. S. má ve vlastních čtecích kanálech 6 fotonásobičů, 1 spouštěcí fotonku, 37 elektronek a 3 tranzistory.

Podle provozních zkoušek předčí Sortex G. 3. S. kvalitou třídění stroje Selexso, ty jsou ovšem třikrát až pětikrát výkonnější.

2. OBECNÉ PROBLÉMY DETEKCE POMĚRNÉ SPEKTRÁLNÍ ODRAZIVOSTI

Matematicky popíšeme poměry nastávající v čtecí hlavě elektrooptického třídícího stroje. Čtecí hlavou rozumíme zařízení přeměňující záření odražené od tříděného předmětu na elektrickou veličinu. Obecně se skládá z několika fotoelementů s příslušnou optikou a z osvětlovacího zařízení.

Budeme používat tyto pojmy (Šindelář, Smrž 1968):

Spektrální tok P_λ , definovaný jako diferenciální podíl zářivého toku P_e a vlnové délky λ

$$P_\lambda = \frac{dP_e}{d\lambda} [W m^{-1}]$$

Hustota spektrálního toku ψ_λ , definovaná jako diferenciální podíl P_λ plochou v okolí daného místa prostoru a kolmého průmětu S_n této plochy do směru kolmého na směr záření

$$\psi_\lambda = \frac{dP_\lambda}{dS \cos \alpha} = \frac{dP_\lambda}{dS_n} [W m^{-3}]$$

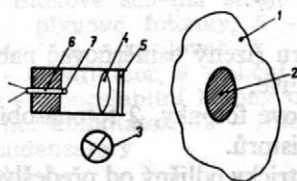
kde: α — úhel, který svírá směr záření s kolmicí k elementární ploše

Poměrná spektrální odrazivost ϱ_λ vyjadřuje schopnost povrchu tělesa odrážet dopadající záření. Je určena poměrem odraženého spektrálního toku $P_{\lambda r}$ a dopadajícího toku $P_{\lambda a}$

$$\varrho_\lambda = \frac{P_{\lambda r}}{P_{\lambda a}}$$

Poměrná spektrální propustnost τ_λ vyjadřuje schopnost tělesa propouštět záření. Je určena poměrem spektrálního toku $P_{\lambda t}$ propuštěného tělesem k dopadajícímu toku $P_{\lambda a}$

$$\tau_\lambda = \frac{P_{\lambda t}}{P_{\lambda a}}$$



7. Schéma zařízení A
1 - předmět, 2 - plocha S předmětu, 3 - zdroj osvětlení, 4 - objektiv, 5 - filtr, 6 - fotoelement, 7 - citlivá plocha fotoelementu

Spektrální citlivost fotoelementu W_λ , definovaná jako podíl fotoelektrického proudu I a spektrálního toku P_λ , který jej způsobil

$$W_\lambda = \frac{I}{P_\lambda} = \frac{I d\lambda}{dP_e} [A W^{-1} m]$$

Poznamenejme, že W_λ závisí též na zapojení fotoelementu do elektrického obvodu, viz např. Servít, Růžičková (1969), Turkulec, Udalov (1966).

2.1 ZAŘÍZENÍ TYPU A

Pro první přiblížení k poměrům nastávajícím v elektrooptické čtecí hlavě uvažme zařízení A (obr. 7). Předpokládejme, že veškerý spektrální tok P_λ zdroje záření 3 má směr kolmý na vytčenou plochu S předmětu. Předpokládejme dále, že jeho hustota ψ_λ se na ploše S nemění. Potom na plochu S dopadá spektrální tok

$$P_{\lambda a} = S \psi_\lambda$$

Je-li ϱ_λ po ploše S konstantní, pak se od ní odráží spektrální tok

$$P_{\lambda r} = S \psi_\lambda \varrho_\lambda$$

Předpokládejme, že je objektivem na citlivou plochu fotoelementu soustředováno pouze veškeré záření odražené od vytčené plochy S předmětu. Potom na citlivou plochu

fotoelementu dopadá spektrální tok $P_{\lambda t}$ (předpokládáme neměnnost τ_{λ} po ploše komplexu objektiv + filtr).

Platí:

$$P_{\lambda t} = \tau_{\lambda} S \psi_{\lambda} e_{\lambda}$$

Je-li W_{λ} po citlivé ploše fotoelementu konstantní, pak pro proud I fotoelementu platí:

$$I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W_{\lambda} \tau_{\lambda} S \psi_{\lambda} e_{\lambda} d\lambda \quad [\text{A}] \quad (1)$$

$$\text{kde: } \int_{-\infty}^{\lambda_1} \psi_{\lambda} d\lambda = 0 \text{ a } \int_{\lambda_2}^{\infty} \psi_{\lambda} d\lambda = 0 \quad (2)$$

určují meze vyzařování zdroje 3

Vlastnosti zařízení A jsou definovány výrazem X_{λ} ; předpokládáme, že zařízení A určuje velikost plochy S .

Platí:

$$X_{\lambda} = S W_{\lambda} \tau_{\lambda} \psi_{\lambda}$$

Platí tedy:

$$I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda} e_{\lambda} d\lambda \quad (3)$$

Z rovnice (3) vyplývá, že fotoelektrický proud závisí pouze na X_{λ} zařízení A na e_{λ} plochy S .

Stanovme vztah mezi proudy fotoelementu vyvolanými různými e_{λ} plochy S . Pro $\Delta I = I_1 - I_2$, kde I_1 odpovídá $e_{\lambda 1}$ a I_2 odpovídá $e_{\lambda 2}$, platí:

$$\Delta I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda} [e_{\lambda 1} - e_{\lambda 2}] d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda} \Delta e_{\lambda} d\lambda \quad (4)$$

Je zřejmé, že pro každé X_{λ} existuje množina takových Δe_{λ} , že platí $\Delta I = 0$. Naopak pro každé Δe_{λ} , splňující podmínku

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} |\Delta e_{\lambda}| d\lambda > 0 \quad (5)$$

existuje množina takových X_{λ} , že $\Delta I \neq 0$.

Uvažme nyní dvojici zařízení A, snímající záření odražené od plochy S , definovanou veličinami $X_{\lambda 1}$ a $X_{\lambda 2}$. Pro změny fotoelektrických proudů ΔI_1 a ΔI_2 , příslušných změně poměrné spektrální odrazivosti o Δe_{λ} , lze vyslovit toto tvrzení.

Nechť platí:

- funkce $X_{\lambda 1}$ a $X_{\lambda 2}$ jsou v intervalu $< \lambda_1, \lambda_2 >$ monotónní,
- neexistuje žádné λ_4 z $< \lambda_1, \lambda_2 >$, aby platilo $X_{\lambda 1} = 0$ nebo $X_{\lambda 2} = 0$ nebo $X'_{\lambda 1} = X'_{\lambda 2}$.

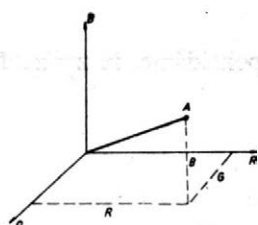
Pak alespoň jedna z veličin ΔI_1 a ΔI_2 je různá od nuly pro libovolné Δe_{λ} splňující podmínku (5).

Veličiny ΔI_1 a ΔI_2 lze vyhodnocovat i v jejich vzájemném vztahu. Zavedme proto výrazy α a β následovně:

$$\alpha = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_1} \cdot \varrho_{\lambda_1} \cdot d\lambda - \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_2} \cdot \varrho_{\lambda_1} \cdot d\lambda - \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_1} \cdot \varrho_{\lambda_2} \cdot d\lambda + \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_2} \cdot \varrho_{\lambda_2} \cdot d\lambda =$$

$$= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Delta X_{\lambda} \cdot \Delta \varrho_{\lambda} \cdot d\lambda \quad (6)$$

$$\beta = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_1} \cdot \varrho_{\lambda_1} \cdot d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_2} \cdot \varrho_{\lambda_1} \cdot d\lambda} - \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_1} \cdot \varrho_{\lambda_2} \cdot d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X_{\lambda_2} \cdot \varrho_{\lambda_2} \cdot d\lambda} \quad (7)$$



8. Trichromatický souřadnicový systém

Lze dokázat, že pro každou dvojici X_{λ_1} a X_{λ_2} existuje taková dvojice ϱ_{λ_1} , ϱ_{λ_2} , že platí $\alpha = 0$ (důkaz vyplývá přímo z rovnice (6)). Dále lze dokázat, že pro každou dvojici X_{λ_1} , X_{λ_2} existuje taková dvojice ϱ_{λ_1} , ϱ_{λ_2} , že platí $\beta = 0$ (pro všechny dvojice X_{λ_1} , X_{λ_2} je takovou dvojicí např. $\varrho_{\lambda_1} = K_1$, $\varrho_{\lambda_2} = K_2$).

Zabývejme se dále vztahem mezi barvou předmětu a fotoelektrickým proudem jí příslušným. Zavedme v soulase s Prokopem a kol. (1955) obrazec pro znázornění barev pomocí barevných souřadnic R , G , B (obr. 8).

a) Mějme zařízení A, pro které platí $X_{\lambda} = \text{konst.}$, tj. nezávisí na λ . Pak I fotoelementu udává vzdálenost od počátku souřadnicového systému na obr. 8. Signál I je stejný pro všechny barvy plochy S ležící na $\frac{1}{8}$ koule popsané rovnicí:

$$R^2 + B^2 + G^2 - I^2 = 0$$

$$R \geq 0, B \geq 0, G \geq 0 \quad (8)$$

b) Mějme zařízení A, pro které platí $X_{\lambda} = f(\lambda)$, kde f je obecná funkce. Pak signál I je stejný pro všechny barvy ležící na části elipsoidu popsané rovnicí:

$$K_1 R^2 + K_2 B^2 + K_3 G^2 - I^2 = 0$$

$$R \geq 0, B \geq 0, G \geq 0; K_i > 0, i = 1, 2, 3 \quad (9)$$

c) Mějme dvojici zařízení A vyhovující podmínkám a, b výše uvedeného tvrzení. Pak signály I_1 a I_2 jsou stejné pro všechny body křivky popsané rovnicemi:

$$K_1 R^2 + K_2 B^2 + K_3 G^2 - I_1^2 = 0$$

$$K_4 R^2 + K_5 B^2 + K_6 G^2 - I_2^2 = 0$$

$$R \geq 0, B \geq 0, G \geq 0; K_i > 0, i = 1, 2 \dots 6 \quad (10)$$

Také pro $(I_1 - I_2)$ a $\frac{I_1}{I_2}$ existují křivky v prvním oktantu obr. 8, pro které se tyto veličiny nemění.

Z předcházejících úvah vyplývá, že zařízení typu A umožňuje rozlišit mezi množinou ploch S s různými poměrnými spektrálními odrazivostmi, respektive barvami. Současně ale pro každé zařízení A existuje množina ploch S s různými poměrnými spektrálními odrazivostmi, respektive barvami, pro které se fotoelektrický proud nemění; zařízení A tedy mezi nimi nerozlišuje.

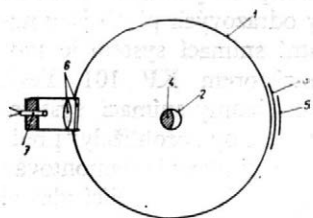
Dvojice zařízení A, mající vhodně zvolené průběhy X_{λ_1} a X_{λ_2} , rozlišuje mezi všemi

plochami S o různém ϱ_λ , jestliže vyhodnocujeme veličiny I_1 a I_2 zvlášť. Jestliže vyhodnocujeme rozdíl (viz. α) nebo podíl (viz. β) veličin I_1 a I_2 , pak dvojice zařízení degeneruje na jediné zařízení A, tj. nerozlišuje mezi všemi plochami o různém ϱ_λ .

Pro každou dvojici zařízení A existuje množina barev plochy S , pro kterou jsou veličiny I_1 , I_2 , $(I_1 - I_2)$, $\frac{I_1}{I_2}$ stejné, mezi nimiž tedy nerozlišuje. Jak vyplývá např. z práce Prokopa a kol. (1955), je pro rozlišení mezi celou škálou barev zapotřebí trojice zařízení A s vhodně zvolenými průběhy $X_{\lambda 1}$, $X_{\lambda 2}$, $X_{\lambda 3}$.

Dosud jsme se zabývali zařízením typu A, které vycházelo z některých předpokladů neuskutečnitelných v praxi, nicméně bylo vhodným matematickým modelem.

2.2 ZAŘÍZENÍ TYPU B



9. Schéma zařízení B
1 - zdroj nepřímého rozptýleného záření ve tvaru koule, 2 - testovaný předmět, 3 - plocha S_1 , 4 - plocha S_2 , 5 - plocha S_3 , 6 - filtr a objektiv, 7 - fotoelement

Toto zařízení (obr. 9) modeluje již se značnou přesností poměry nastávající v čtecích hlavách zahraničních třídících strojů i ve čtecí hlavě vlastní konstrukce, kterou dále popíšeme.

Testovaný předmět je ozářen nepřímým rozptýleným zářením o spektrálním toku P_λ , které je generováno zdrojem 1. Hustota spektrálního toku ψ_λ , dopadajícího na povrch předmětu, se po povrchu předmětu nemění. Ve shodě s Horákem a kol. (1961) a Horákem, Krupkou (1966) lze každou elementární plochu dS povrchu předmětu pokládat za zdroj difúzního sekundárního záření o

$$dP_{\lambda r} = \varrho_\lambda \psi_\lambda dS$$

Zavedme pro zařízení B veličiny S_1 , S_2 , S_3 takto: S_1 je plocha zdroje záření, která se objektivem zobrazuje na citlivou plochu fotoelementu; S_2 je plocha předmětu, která se zobrazuje na citlivou plochu fotoelementu; S_3 je plocha průmětu předmětu do plochy S_1 . Předpokládejme, obdobně jako u zařízení A, že veličiny ϱ_λ , τ_λ , W_λ se po příslušných plochách nemění a platí (2). Pak pro fotoelektrický proud platí:

$$I = K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [S_2 \varrho_\lambda Y_\lambda + (S_1 - S_3) Y_\lambda] d\lambda \quad [A] \quad (11)$$

kde: $Y_\lambda = \psi_\lambda \tau_\lambda W_\lambda$ definuje vlastnosti zařízení B a konstanta K je dána optickými vlastnostmi komplexu objektiv + fotoelement

Jsou-li plochy S_2 a S_3 konstantní, přechází rovnice (11) na rovnici lišící se od (1) pouze konstantami. Tedy úvahy platné pro zařízení A platí i pro zařízení B. Je ovšem zřejmé, že S_2 , S_3 a tím i I závisí na poloze, tvaru a velikosti předmětu. Při třídění předmětů podle ϱ_λ je třeba tuto závislost eliminovat; to je možné několika způsoby.

a) Vyhodnocovat proud I pouze v takové poloze předmětu a při takovém zorném poli objektivu, aby platilo $S_1 = S_3$. Pak zůstává pouze vliv tvaru předmětu.

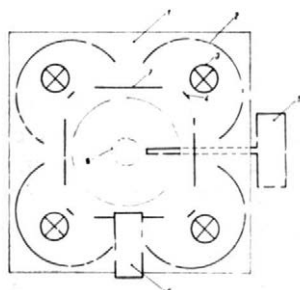
b) Rozdělit světelný signál procházející objektivem na dvě části zpracovávané přes různé filtry a přivedené na dva různé fotoelementy. Dále vyhodnocovat poměr nebo rozdíl jejich proudů. Vzhledem k tomu, že S_2 a S_3 jsou pro oba fotoelementy stejné, je závislost $\frac{I_1}{I_2}$, respektive $(I_1 - I_2)$ na S_2 a S_3 částečně eliminována. Úplné vyloučení vlivu S_2 a S_3 nastává pouze ve speciálních případech.

c) Na plochu S_1 přiložit desku, nazývanou pozadí, mající poměrnou spektrální odrazivost ρ'_λ . Pak závislost I na S_2 a S_3 pro předměty s $\rho_\lambda = \rho'_\lambda$ je snížena. Úplná eliminace nastává pouze pro předměty s $S_2 = S_3$. Tento způsob má význam pouze při třídění předmětů do dvou tříd.

3. EXPERIMENTÁLNÍ MODEL ČTEČÍ HLAVY

Teoretické závěry druhé části článku jsme ověřovali na modelu čtečí hlavy, která je po malých úpravách (především v optické části) použitelná ve skutečném stroji.

Model čtečí hlavy je schématicky znázorněn na obr. 10. Osvětlovací zařízení je tvořeno čtyřmi žárovkami (6V, 4A) uloženými v půlválcových odrazových plochách a čtyřmi obdélníkovými plochami. Vlákná žárovek jsou zastíněna proti přímému svitu do akčního prostoru. Vnitřní strany odrazových ploch jsou natřeny bílou matnou barvou. Vlastní snímací systém je tvořen spojnou čočkou a fototranzistorem KP 101 Tesla Rožnov. Na obr. 10 je zakreslen jediný snímací systém, model však umožňuje použít čtyř, které by „prohlížely“ předměty ze všech stran. Do modelu čtečí hlavy je namontován také ejektor (pneumatický logický člen), provádějící vlastní rozřídění předmětů.



10. Schéma modelu čtečí hlavy

1 - základní deska, 2 - půlválcová odrazná plocha, 3 - žárovka, 4 - ploška stínící vlákno žárovky, 5 - ejektor, 6 - objektiv s fototranzistorem, 7 - odrazná plocha obdélníková, 8 - akční prostor

Tříděné předměty padají volným pádem akčním prostorem, ve kterém je jejich poměrná spektrální odrazivost (a další veličiny viz rovnice 11) převedena na fotoelektrický proud I fototranzistoru KP 101. Velikost I udává, do které třídy předmět patří; podle toho je nebo není změněna jeho dráha proudem vzduchu z ejektoru. Ejektor je ovládán elektronickým třídícím zařízením, které dále popíšeme.

Na modelu třídící hlavy jsme měřili hodnoty I příslušné různým velikostem tříděných předmětů se stejným ρ_λ nacházejících se ve středu akčního prostoru. V tab. I jsou uvede-

ny výsledky pro černé koule o různém průměru. Výsledky vykazují dobrou shodu s rovnicí (11).

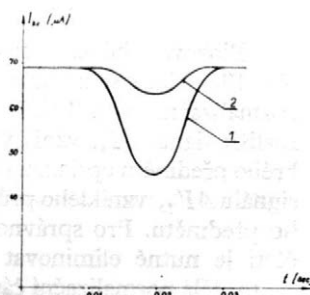
I. Závislost $I = f(S_3)$

$\varnothing$ [mm]	0	2	4	6	8	10	12	14
I [μA]	69	68	65	58	50	41	31	21

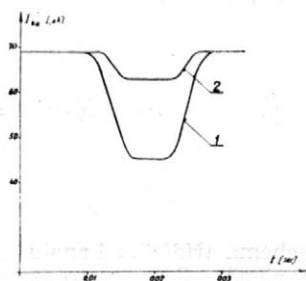
Dále jsme měřili tvary proudových pulsů KP 101 příslušných pádům předmětů akčním prostorem čtečí hlavy. Naměřené průběhy (obr. 11) se liší od ideálních (obr. 12), vyplývajících z rovnice (11). Je tomu tak proto, že „citlivost“ komplexu objektiv + fotoelement je v různých bodech akčního prostoru různá (ověřeno měřením). Platnost rovnice (11) je tedy omezena na dostatečně malé předměty, nacházející se v určitém bodu akčního prostoru. Aby měla obecnou platnost, museli bychom místo konstanty K zavést funkci $F(x, y, z)$, kde x, y, z jsou kartézské souřadnice prostoru uvnitř čtečí hlavy. Maximální hodnota změny I , příslušné pádu předmětu akčním prostorem, je proto také závislá na trajektorii pádu; to je nežádoucí. Aby třídění bylo dokonalé, je nutno mecha-

nickým podávacím zařízením specifikovat dráhu pohybu tříděných předmětů a zvýšit kvalitu komplexu objektiv + fotoelement tak, aby v akčním prostoru platilo $F(x, y, z) \doteq \text{konst.}$

Pro fototranzistor KP 101 jsme měřili voltampérové charakteristiky a teplotní závislosti pro různé hodnoty ψ_λ (Servít, Růžicková 1969). Z naměřených hodnot vyplývá, že citlivost KP 101 roste s teplotou T a napětím mezi kolektorem a emitorem



11. Naměřený tvar proudového pulsu, příslušný pádu předmětu čtecí hlavou
1 - černá koule Ø 9 mm,
2 - černá koule Ø 4,5 mm



12. Tvar proudového pulsu, příslušný pádu předmětu čtecí hlavou odpovídající rovnici (11)
1 - černá koule Ø 9 mm,
2 - černá koule Ø 4,5 mm

U_{ke} . Tedy rovnice (11) platí jen pro určité hodnoty T a U_{ke} . Aby měla pro KP 101 obecnou platnost, museli bychom místo W_λ , které je funkcí pouze λ , zavést W'_λ , které je funkcí λ , T , U_{ke} .

Je zřejmé, že vlivem stárnutí žárovek, změn jejich napájecího napětí, zaprášení čtecí hlavy apod. se mění hodnota ψ_λ .

Proud fototranzistoru I lze rozdělit do dvou částí:

$$I = I_1 + \Delta I_1 \quad (12)$$

$$\text{kde: } I_1 = K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_1 Y_\lambda d\lambda \quad \text{a} \quad \Delta I_1 = K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [S_2 e_\lambda Y_\lambda - S_3 Y_\lambda] d\lambda$$

Změny I_1 jsou dlouhodobé (změna proudu o 1 % za dobu větší než 60 sec.), způsobené změnami ψ_λ a W_λ . Proud ΔI_1 charakterizuje krátkodobou změnu proudu I , vzniklou průchodem předmětu akčním prostorem čtecí hlavy. Doba pulsu je kratší než 0,1 sec.

Je třeba eliminovat vliv změn I a U_{ke} na W_λ a vliv stárnutí žárovek, zaprášení apod. na hodnotu ψ_λ . Změřili jsme proto závislosti ΔI_1 , vyvolané výskytem jednotkového předmětu ve čtecí hlavě (poloha byla specifikována), na T , U_{ke} , I_1 (tj. vlastně ψ_λ) a zatěžovacím odporu fototranzistoru R_z (Servít, Růžicková 1969). Zjistili jsme, že pro $T = 0$ až 80°C , $U_{ke} = 3$ až 20 V, $I_1 = 20$ až 200 μA , $R_z < 100$ k Ω platí:

$$\Delta I_1 \doteq k I_1 \quad (13)$$

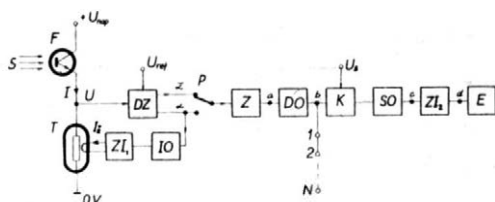
kde: k — definuje vlastnosti jednotkového předmětu vzhledem k čtecí hlavě

Z rovnice (13) vyplývá důležitý závěr, který jsme použili při návrhu normalizačního obvodu. Aby signál ΔI_1 , příslušný danému předmětu (tj. k), byl nezávislý na ψ_λ , W_λ (tj. I_1), je postačující jej zesílit zesilovačem, jehož zisk je nepřímo úměrný hodnotě I_1 .

4. ELEKTRONICKÝ TŘÍDÍCÍ KANÁL

Elektronická zařízení zahraničních třídících strojů se skládají z několika stejných kanálů. Třídící kanál, který dále popíšeme, je osazen výhradně československými polovodičovými součástkami.

4.1 BLOKOVÉ SCHÉMA



13. Blokové schéma třídícího kanálu

S - světelný signál, F - fototranzistor KP 101, T - nepřímo žhavený termistor, I - proud fototranzistoru, U - úbytek napětí na termistoru, I_z - žhavicí proud, DZ - diferenciální zesilovač, U_{ref} - referenční napětí, α - signál, ᾱ - negovaný signál, IO - integrační obvod, ZI₁ - zesilovač proudu, P - přepínač, Z - zesilovač, DO - derivační obvod, K - klasifikátor, U_s - srovnávací napětí, SO - spínací obvod, ZI₂ - zesilovač proudu, E - ejektor, 1, 2... N - body pro připojení dalších kanálů, a, b, c, d - měřicí body

nota ΔI₁) se nastavuje změnou srovnávacího napětí U_s v klasifikátoru. Třídící kanál rozdělí signály lišící se od sebe o 0,05 μA (minimální hodnota). Velikost proudu ovládacího ejektor je 0,8 A.

4.2 NORMALIZAČNÍ ČÁST

Normalizační část je tvořena regulační smyčkou (DZ, IO, ZI₁, T), jejímž úkolem je regulovat odpor nepřímo žhaveného termistoru tak, aby napětí na něm bylo nezávislé od I₁. Signál I je přiveden na termistor T, který tvoří zatěžovací odpor R_z fototranzistoru F. Na odporu R_z vzniká napěťový úbytek U. Platí

$$U = I_1 R_z + \Delta I_1 R_z = U_1 + \Delta U_1 \quad (14)$$

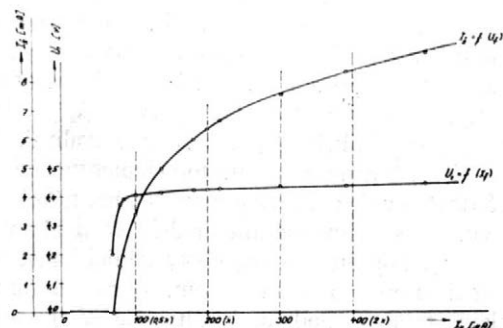
Napětí U je v diferenciálním zesilovači DZ srovnáváno s regulovatelným referenčním napětím U_{ref} a jejich rozdíl (U - U_{ref}) je zesílen a přiveden na integrační obvod IO, který nepropouští jeho složku ΔU₁. Takto zpracovaný signál je zesílen proudovým zesilovačem ZI₁ na žhavicí proud I_z, který ovládá velikost R_z termistoru. Odpor termistoru není závislý na ΔI₁.

Pro ideální normalizační obvod musí platit, že U₁ = konst. a R_z nezávisí na ΔI₁. Pak je totiž signál ΔU₁ nezávislý na I₁ (viz rovnice (12) a (13)). Tedy průchod daného předmětu optickou třídící hlavou vyvolá vždy stejný napěťový impuls ΔU₁ pro libovolnou hodnotu I₁. Normalizační obvod byl realizován pro maximální změnu I₁ na poloviční nebo dvojnásobnou hodnotu. Obvod je možno nastavit pro libovolnou počáteční hodnotu I₁ změnou U_{ref}. Na obr. 14 jsou základní charakteristiky normalizační části, závislost

Blokové schéma třídícího kanálu je na obr. 13. Skládá se z vlastní třídící části a z normalizační části. Třídící část má za úkol rozlišit signál ΔI₁, vzniklý průchodem dobrého předmětu optickou třídící hlavou, od signálu ΔI'₁, vzniklého průchodem špatného předmětu. Pro správnou funkci třídící části je nutné eliminovat vliv I₁ na ΔI₁ — to dělá normalizační část.

Třídící kanál je navržen tak, že předměty, které mají být vytrženy, musejí dávat absolutně větší signál než předměty dobré. Proto je nutné volit pozadí tak, aby dobré předměty dávaly co nejmenší ΔI₁. Maximální hodnota ΔI₁ pro dobré předměty je přibližně 30 μA, větší signály jsou omezeny. Přepínačem P lze zvolit formu třídění; je možné třdit buď předměty dávající kladné ΔI₁ nebo předměty dávající záporné ΔI₁. Třídící mez (tj. určitá hodnota

$I_z = f(I_1)$ a závislost $U = f(I_1)$, naměřené pro počáteční hodnotu $I_1 = 200 \mu\text{A}$. Z obr. 14 vyplývá, že změna I_1 na dvojnásobnou hodnotu způsobí změnu U_1 o méně než 0,5 %. Tedy změna I_1 v daných mezích způsobí změnu ΔU_1 pro dané k o méně než 0,5 %.



14. Základní charakteristiky normalizačního obvodu

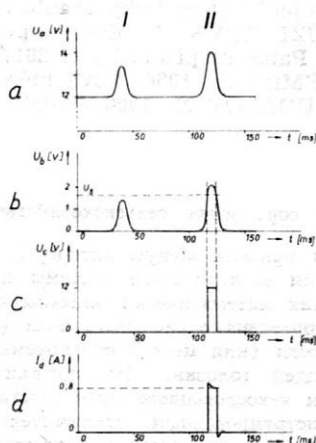
4.3 TŘÍDÍCÍ ČÁST

Třídící část je tvořena řetězcem (DZ, Z, DO, K, SO, ZI₂, E), jehož úkolem je upravit signál z fototranzistoru na takovou hodnotu a tvar, aby mohl být zpracován ejektorem.

Napětí U , vzniklé na odporu termistoru, je v diferenciálním zesilovači DZ srovnáno s napětím U_{ref} a jejich rozdíl ($U - U_{ref}$) zesílen zesilovačem Z. Zesílení A_u je možné regulovat od 17 do 30. Diferenciální zesilovač DZ má dva výstupy a a $\bar{a}$, poloha přepínače volí typ třídění. Následující část třídícího řetězce zpracovává signály jen kladné hodnoty. Z výstupu zesilovače Z je signál veden na derivační obvod DO, který propouští jen zesílené napěťové změny $A_u \Delta U_1$, které mají impulsní charakter. Derivační obvod je navržen tak, že jeho časová konstanta je pro kladné hodnoty signálu větší než 0,3 sec; pro záporné hodnoty je více než $100 \times$ menší. Tím je zmenšeno zkreslení tvaru impulsů. Takto upravený signál je přiveden na klasifikátor K, který vyhodnotí, zda je impuls větší nebo menší než nastavená hodnota srovnávacího napětí U_s . Je-li signál $A_u \Delta U_1$ větší než U_s ,

15. Průběhy signálu v třídícím kanále

a - napětí na vstupu derivačního obvodu, b - napětí na vstupu klasifikátoru, c - napětí na vstupu zesilovače proudu, d - proud cívkou ejektoru, I - signál od světlezelené koule o $\varnothing 7$ mm, II - signál od tmavozelené koule o $\varnothing 7$ mm



klasifikátor jej propustí, zesílí a přivede na vstup spínacího obvodu SO. Klasifikátor rozliší dvě úrovně napětí $A_u \Delta U_1$ s přesností větší než 10 mV. Tvar impulsu za spínacím obvodem je obdélníkový s amplitudou 12 V. Tyto impulsy jsou proudově zesíleny v zesilovači ZI₂ na pulsy 0,8 A. Průběh signálu v jednotlivých místech třídícího řetězce (označené na obr. 13 písmeny a, b, c, d) jsou na obr. 15.

ZÁVĚR

V článku je dokázáno, že proud fotoelementu čtecí hlavy je závislý na poměrné spektrální odrazivosti (respektive barvě) tříděných předmětů, přičemž tato závislost není jednoznačná. Pro rozlišení mezi všemi poměrnými spektrálními odrazivostmi předmětů je zapotřebí dvou fotoelementů s vhodně volenými filtry. Pro rozlišení mezi všemi barvami je zapotřebí tří fotoelementů s vhodně volenými filtry. Z rovnic a tvrzení, uvedených v druhé části článku, vyplývá, jak je třeba volit průběhy poměrné spektrální propustnosti filtrů, aby třídění bylo kvalitní.

Zjistili jsme, že proud fotoelementu závisí také na velikosti, tvaru a poloze tříděných předmětů v čtecí hlavě a navrhli jsme několik způsobů kompenzace tohoto nežádoucího jevu. V experimentálním modelu čtecí hlavy jsme použili kompenzace pomocí pozadí.

Byl popsán elektrooptický třídící kanál rozlišující signály generované jedním fototranzistorem do dvou skupin. Kanál eliminuje vliv stárnutí žárovek, zaprášení čtecí hlavy, teploty apod. na kvalitu třídění. Je sestaven z československých polovodičových součástek. Obsahuje 1 fototranzistor, 12 tranzistorů, 1 integrovaný obvod, 1 termistor a 5 diod. Kanál je vestavěn do mechanických modulů stavebnice URS. Jeho elektrické parametry jsou srovnatelné s parametry kanálů obsažených v zahraničních třídících strojích.

Třídící stroj obvykle obsahuje několik třídících kanálů, které kontrolují předmět z více stran. Třídící kanály naší konstrukce pak mohou mít společný koncový řetězec od bodu „b“ (obr. 13), a tedy i společný akční člen. Je-li požadováno třídění do více než dvou tříd, je nutné použít odpovídajícího počtu koncových řetězců (od bodu „b“) a akčních členů.

Literatura

- HORÁK Z., KRUPKA F., ŠINDELÁŘ V., 1961, Technická fyzika. SNTL Praha.
HORÁK Z., KRUPKA F., 1966, Fyzika. Příručka pro posluchače fakult strojního inženýrství. SNTL/SVTL Praha.
PROKOP M. a kol., 1955, Světelná technika. SNTL Praha.
SERVÍT M., RŮŽIČKOVÁ J., 1969, Možnosti optického třídění luštěnin s použitím polovodičových součástí čs. výroby. Výzkumná zpráva MF VŠZ Praha.
SERVÍT M., Zapojení automaticky regulující zesílení, Patentní přihláška č. 2918-69.
SERVÍT M., RŮŽIČKOVÁ J., Elektrooptický třídící automat na polovodičových součástkách. Patentní přihláška č. 2917-69.
ŠINDELÁŘ V., SMRŽ L., 1968, Nová měrová soustava. SPN Praha.
TURKULEC V., UDALOV N., 1966, Fotodiody a fototranzistory. SNTL Praha.

Došlo dne 11. 3. 1970

Электрооптическая сортировка сельскохозяйственных продуктов

В работе мы привели общую блочную схему электрооптической сортировочной машины и сравнивали электрические системы и цепи сортировочных машин заграничного производства. В них математически описаны отношения в читающей головке сортировочной машины и приведена зависимость тока фотоэлемента читающей головки от сравнительной отражаемости (или цвета) сортируемых предметов, от величины их формы и от параметров читающей головки. Мы описали реализованный макет читающей головки с фототранзистором чехословацкого производства КП 101 и сортирующий канал собственной конструкции, сконструированный исключительно из полупроводниковых элементов. Его электрические параметры сравнимы с параметрами заграничных изделий.

Electrooptical Classification of Agricultural Products

In this paper we present a general block scheme of the electrooptical sorting machine and we compare the electric systems and circuits of the foreign made sorting machines. We mathematically describe the relations in the reading head

of the sorting machine and demonstrate the dependance of the photoelement current in the reading head on the relative spectral reflectivity of the objects sorted (or on their colour), or on their size as to the shape and on the parameters of the reading head. We describe the realized model of the reading head containing the KP 101 phototransistor made in Czechoslovakia and a sorting channel of our own construction, assembled exclusively of semiconductive elements. Its electrical parameters are comparable with the parameters of foreign products.

Elektrooptische Sortierung der landwirtschaftlichen Produkte

In der Arbeit führten wir ein allgemeines Blockschema der elektrooptischen Sortiermaschine an und verglichen die elektrischen Systeme und Kreise der Sortiermaschinen ausländischer Produktion. Es sind hier mathematisch die Verhältnisse im Ablesekopf der Sortiermaschine beschrieben und die Abhängigkeit des Photoelementstroms des Ablesekopfes von der relativen Reflektionsvermögen (resp. Farbe) der sortierten Gegenstände, von deren Größe in Form und von den Parametern des Ablesekopfes angeführt worden. Wir beschrieben das realisierte Modell des Ablesekopfes mit Phototransistor tschechosl. Produktion KP 101 und den Sortierkanal eigener Konstruktion, der ausschließlich aus Halbleiterelementen zusammengesetzt wurde. Seine elektrischen Parameter sind mit den Parametern der ausländischen Produkte vergleichbar.

Adresa autorů:

Doc. ing. Václav Černý, CSc., ing. Jana Růžicková, ing. Michal Servít,
Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

DEN NOVÉ TECHNIKY PŘI PŘEDVÁDĚNÍ STROJŮ PRO VÝSADBU BRAMBOR

Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze-Řepích ve spolupráci s Okresním zemědělským sdružením v Nymburce uspořádal Den nové techniky na téma „Mechanizace sázení brambor“ na JZD Kostelní Lhota u Poděbrad. Cílem předvádění bylo ukázat nové perspektivní pracovní postupy v celém sledu prací, které vykazují maximální úsporu lidské práce. Předvádění bylo zaměřeno jednak na mechanizaci plnění sázecích strojů, jednak na vlastní výsadbu.

Sázecí stroje, zejména víceřádkové, byly plněny pomocí ohradových palet a vysokozdvížného vozíku. Zemědělský závod, který je zaměřen například na pěstování stolních brambor, si uloží nakoupenou sadbu do dřevěných ohradových palet o obsahu 3—4 q se základnou podle normalizovaného rozměru 1,20×0,80 m a se samootevíracím dnem. Palety se sadbou se skladují přes zimu v bramborárně s nuceným větráním při teplotě +4°C, aby nevzklíčily, ale aby na jaře jen narašily. Při výsadbě se pak v případě dobrého skladování naloží palety na přívěs a na poli se vyprázdní do sázecího stroje terénním vysokozdvížným vozíkem. Manipulace při plnění je možná na zpevnělé souvratí a na rovině. Plnění šestiřádkového sázecího stroje trvá 3 až 4 minuty; obsluhuje jej řidič vozíku a jeden pracovník.

Druhý mechanizovaný způsob je založen na dovozu volně ložené sadby na přívěsu, kterým se přijede k plnicímu dopravníku T-215, dováženému z NDR. Tento dopravník má otočný plnicí pás, kterým lze po zacouvání sázecího stroje naplnit násypky během 3-4 minut. Brambory se musí při plnění sázecího stroje sklápět do násypky dopravníku T-215. Protože dopravník je poháněn elektromotorem, použije se k přetahování dopravníku traktor RS-0,9, který má jako

příslušenství elektrický generátor 380/220 V. U nás nejsou bohužel tyto generátory k dispozici a je nutno proto použít libovolný generátor 380/220 V o výkonosti 6 KW a více. Tento způsob lze v praxi ihned realizovat.

Další variantou řešení je speciálně konstruovaný plnicí dopravník s benzinovým motorkem na samostatném podvozku. Toto zařízení je velmi výkonné a perspektivní.

Vlastní výsadbu uskutečňuje nový sázecí stroj 6-S a BP-75 pro výsadbu šesti řádků na rozteč 75 cm. Výkonost stroje je 1,0 ha/h, svahová dostupnost do 5°, přičemž v lehčích podmínkách stačí traktor 80 k a pro svažitéjší pozemky a těžší půdy je vhodnější traktor 120 k. Výsadba tímto strojem do řádků 75 cm je velmi perspektivní, protože dává možnost použít výkonnější traktory, a tím i možnost vyšších výkoností při mechanizovaném pěstování brambor. Závody s výměrou nad 60 ha by měly přejít na tuto novou technologii výsadby brambor, která podstatně snižuje pracnost na celém úseku pěstování brambor.

Ing. Josef Sedláček, CSc.,
VÚZT Praha - Řepy

631.3.001.4 631.372.001.4 531.714

1. ÚVOD

S rostoucím rozvojem mechanizace a automatizace zemědělské výroby rostou i požadavky na automatické řízení dopravy uvnitř i vně zemědělských závodů. Základním požadavkem automatizace dopravy je signalizace průjezdu vozidla určitým místem. Zařízení pro signalizaci průjezdu vozidla v nejjednodušší formě podává jedinou informaci: vozidlo je nebo není v zájmovém prostoru. Složitější zařízení může podávat více informací, např.: druh vozidla, směr jízdy, zjištění nákladu ap. Signalizační zařízení může být připojeno k automatickému řídicímu zařízení, které dává návěští nebo ovládá řízený objekt, jako: registrační váhu, závoru nebo bránu na příjezdové komunikaci, vrata garáže nebo jiných objektů, počítadlo průjezdu vozidel atd.

2. DRUHY BEZKONTAKTNÍ SIGNALIZACE

Jsou známy dva základní druhy signalizace:

- I. Neselektivní — signalizuje každé vozidlo v zájmovém prostoru.
- II. Selektivní — signalizuje jen předem vybraná vozidla. Tento druh signalizace dává možnost zabránit vjezdu nežádoucím vozidlům, registrovat příjezdy a odjezdy určitých vozidel atd.

Podle principu, na kterém signalizační zařízení pracují, rozeznáváme systémy:

- 1) kapacitní,
- 2) indukční,
- 3) akustický,
- 4) optický,
- 5) elektromagnetický.

Kapacitní a indukční systém je vhodný především pro neselektivní signalizaci. Snímána je změna kapacity — respektive indukčnosti — způsobená průjezdem vozidla. Akustický, optický a elektromagnetický systém může pracovat selektivně i neselektivně. Článek je zaměřen na selektivní elektromagnetický systém, o ostatních systémech blíže nepojednává.

3. TEORETICKÝ ROZBOR SELEKTIVNÍHO ELEKTROMAGNETICKÉHO SYSTÉMU

Elektromagnetický systém používá malého rádiového nebo speciálního vysílače pracujícího na velmi nízkém kmitočtu a přijímače. Vysílač je upevněn na vozidle a přijímač je umístěn v zájmovém prostoru. Citlivost přijímače a výkon vysílače závisí na velikosti zájmového prostoru. S ohledem na požadovanou funkci zařízení (viz odst. 3.1 bod 4) jsme stanovili, že přítomnost vybraného vozidla musí být signalizována při vzdálenosti přijímač — vysílač menší než 3 m a nesmí být signalizována při vzdálenosti přijímač — vysílač větší než 10 m.

3.1 POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ PRO BEZKONTAKTNÍ SIGNALIZACI

Zařízení musí vyhovovat řadě náročných požadavků. Na vysílač umístěný na vozidle jsou z provozního hlediska kladeny tyto požadavky:

1. Mechanická odolnost — vysílač je vystaven vibracím a otřesům, zrychlení dosahuje několika g.
2. Klimatická odolnost — vliv atmosféry a povětrnostních podmínek, teplota -30 až $+50$ °C, relativní vlhkost až 100 %, prach, voda.
3. Chemická odolnost — působení provozních kapalin a jiných agresivních látek.
4. Definované pole vysílače — tento požadavek se vyskytuje např. v případě, že zařízení se používá pro automatické otevírání vrat u průjezdných objektů. Při příjezdu vozidla se mají otevřít pouze vrata „vjezdová“, při odjezdu jen „výjezdová“. Stejného efektu lze dosáhnout i složitější cestou, kódováním signálu vysílače.

Na přijímač jsou kladeny nároky přiměřeně nižší, podle jeho umístění.

3.2 VOLBA PRACOVNÍHO KMITOČTU

Na použitém kmitočtu závisí celková koncepce vysílače i přijímače včetně antén. Byl zvolen kmitočet 8,6 kHz z těchto důvodů:

1. Vysílač se ve smyslu vyhlášky č. 23 Ústřední správy spojů a ministerstva vnitra ze dne 31. 3. 1966 nepokládá za vysílací rádiovou stanici. Odpadají proto konstrukční potíže spojené s dosažením předepsané kmitočtové stability.
2. Intenzita pole vysílače je přesně definovatelná. Neprojevují se zde odrazy od blízkých předmětů ani vlivy atmosféry. Není proto nutná kodifikace signálu.
3. Vysílací anténa může tvořit s vysílačem jeden konstrukční celek. Vysílač má malý počet součástí a tedy velkou spolehlivost. Použitím polovodičových součástek a zalitím do zalévací pryskyřice se získá vysoká mechanická, klimatická i chemická odolnost.
4. Větší příkon vysílače není na závadu při napájení z vozidlového akumulátoru.

3.3 VOLBA TYPU ANTÉNY

Pracovním kmitočtem je prakticky určen i typ antén. Na frekvenci 8,6 kHz lze použít jen antény magnetické, tj. rámové nebo feritové. Pro vysílač je vhodnější rozměrově nenáročná anténa feritová. Rozměry přijímací antény nejsou podstatné. Z hlediska nutných stavebních úprav při umísťování přijímače v zájmovém prostoru i zde vyhovuje feritová anténa.

Magnetická anténa má proti kapacitní další výhodu v tom, že je méně citlivá na rušení. Přijímací anténa pracuje v těsné blízkosti zdroje rušení — motorových vozidel. V bezprostředním okolí zdroje rušení, jak uvádí Žalud (1965), je relativně silnější elektrická složka rušivého elektromagnetického pole. Její vliv na příjem lze vyloučit nebo alespoň podstatně omezit stíněním antény.

3.4 VÝKON VYSÍLAČE

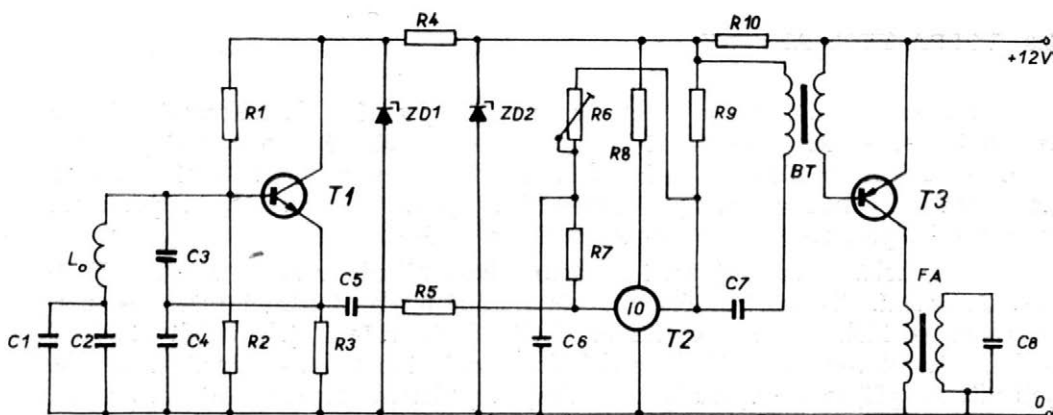
Výkonem vysílače se rozumí intenzita magnetické složky pole vysílače v určité vzdálenosti od vysílací antény. Výkon vysílače závisí na dosahu spojení (min. 3 m, max. 10 m) a intenzitě rušivého pole v místě příjmu. Odstup úrovně užitečného a rušivého pole udává tzv. činitel bezpečnosti p , udávaný v dB (Žalud 1965). Velikost činitele bezpečnosti se volí podle druhu modulace, důležitosti spojení a řady dalších požadavků. Pro účely signalizace se volí činitel bezpečnosti p v rozmezí 10–30 dB. Při stanoveném činiteli bezpečnosti a známé intenzitě rušivého pole lze určit potřebný výkon vysílače.

Přípustné hodnoty rušivých polí motorových vozidel jsou stanoveny normou (ČSN 34 2875). Norma se vztahuje na odrušení v pásmu 150 kHz — 300 MHz. Na kmitočtech nižších než 150 kHz není úroveň rušení určena, byla proto zjištěna měření (popis měření a naměřené hodnoty jsou uvedeny v kapitole 6). Z naměřených hodnot vyplývá, že intenzita magnetické složky rušivého pole na kmitočtu 8,6 kHz se pohybuje v rozmezí 10–15 $\mu\text{A/m}$ ve vzdálenosti 3 m od vozidla. Při spouštění motoru byly zjištěny hodnoty zhruba dvojnásobné. Pro činitel bezpečnosti v rozmezí 10–30 dB vychází intenzita magnetické složky pole vysílače (ve vzdálenosti 3 m od vysílače) $H_{3m} = 1 \text{ mA/m}$.

Podle výše uvedených požadavků byl navržen a postaven funkční vzorek vysílače a přijímače. Podrobný návrh a výpočty vysílače a přijímače uvádí Bureš (1970).

4. VYSÍLAČ

Na obr. 1 je nakresleno celkové schéma vysílače. Vysílač se skládá z oscilátoru osazeného tranzistorem $T1$, oddělovacího obvodu tvořeného integrovaným obvodem $T2$ a koncového stupně s tranzistorem $T3$. Střídací signál vzniká v obvodu tranzistoru $T1$, zapojeného jako Clappův oscilátor. Signál je odebírán z emitoru tranzistoru $T1$ přes kondenzátor $C5$ a odpor $R5$ je přiváděn na vstup integrovaného obvodu $T2$. Zesílený a omezený signál se odebírá z kolektorového odporu $R9$ integrovaného obvodu $T2$ a přes kondenzátor $C7$ je přiváděn na vstupní transformátor BT koncového stupně. V kolektoru tranzistoru $T3$ pracujícího ve třídě B je zapojena feritová anténa FA , laděná na sekundáru kondenzátorem $C8$ na pracovní frekvenci.

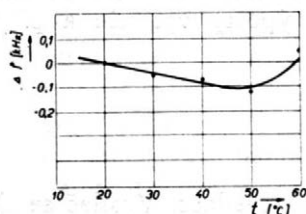


1. Schéma vysílače

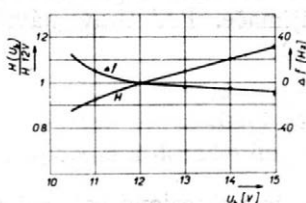
4.1 FUNKČNÍ VZOREK VYSÍLAČE

Vysílač podle obr. 1 byl realizován a na funkčním vzorku byla vykonána základní měření:

1. Příkon z napájecího zdroje při napětí zdroje 12 V je 3 W.
2. Závislost kmitočtu na teplotě je znázorněna na obr. 2. Na osu y je vynesena rozdíl kmitočtů $\Delta f = f(t) - f(20^\circ\text{C})$.
3. Vliv velikosti napětí zdroje na výkon a kmitočet vysílače je znázorněn na obr. 3. Symbol $H(U_b)$ značí intenzitu magnetického pole vysílače při napětí U_b . Symbol $H(12\text{ V})$ značí intenzitu magnetického pole při jmenovitém napětí zdroje 12 V. Kmitočtová odchylka Δf je vynesena v závislosti $\Delta f = f(U_b) - f(12\text{ V})$.
4. Úplný směrový diagram vysílací antény je na obr. 4. Intenzita magnetického pole H_{3m} je vynesena přímo v mA/m. Směrový diagram byl měřen při napětí zdroje $U_b = 12\text{ V}$.



2. Závislost kmitočtu vysílače na teplotě okolí

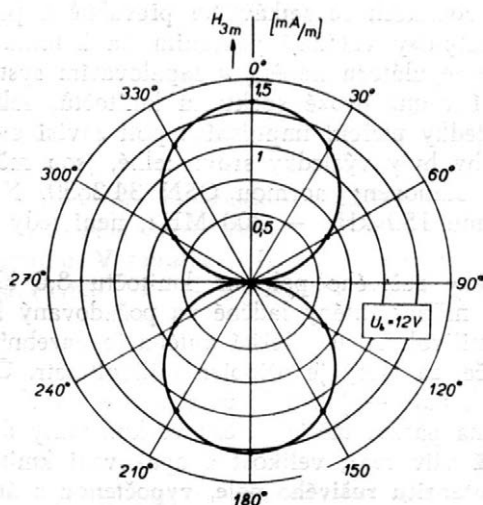


3. Závislost kmitočtu vysílače (křivka Δf) a závislost výkonu vysílače (křivka H) na velikosti napájecího napětí

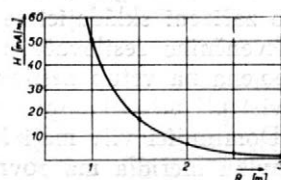
5. Závislost intenzity magnetického pole H na vzdálenosti od vysílací antény je znázorněna na obr. 5. Měřeno v maximu směrového diagramu $\alpha = 0^\circ$ při napětí $U_b = 12\text{ V}$.

5. PŘIJÍMAČ

Celkové schéma přijímače je na obr. 6. Přijímač se skládá z lineárního zesilovače osazeného integrovaným obvodem $T1$ a z tvarovacího obvodu osazeného tranzistory $T2$ a $T3$. Napětí nakmitané na feritové anténě FA , která je kondenzátorem $C1$ naladěna na pracovní kmitočet, se přes odpor $R2$ a kondenzátor $C3$ přivádí na vstup integrovaného obvodu $T1$. Zesílené napětí se odebírá z od-



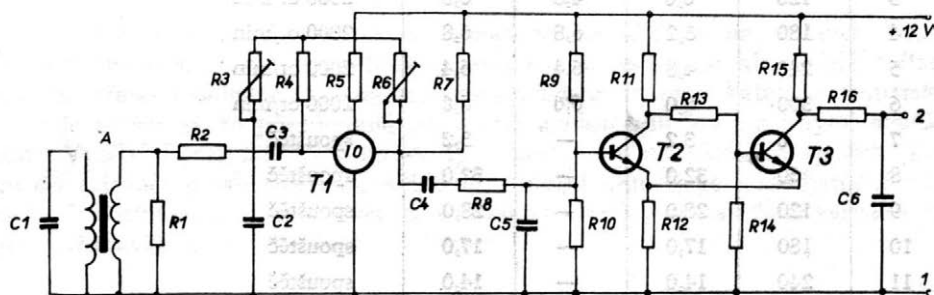
4. Směrový diagram vysílací antény



5. Spádová křivka pole vysílače

poru $R7$ a přes kondenzátor $C4$ a odpor $R8$ se přivádí na bázi tranzistoru $T2$, který spolu s tranzistorem $T3$ tvoří Schmittův klopný obvod. Tento obvod převede signály libovolné amplitudy na signál dvouhodnotový. Na výstup Schmittova obvodu je připojen integrační člen tvořený odporem $R16$ a kondenzátorem $C6$, který filtruje krátké poruchové impulsy. Zátěž se připojuje na svorky 1,2 zapojené na kondenzátor $C6$. Aby nedocházelo k ovlivnění obvodů přijímače zátěží, předpokládá se zátěž vysokoohmová, např. tranzistorové relé.

Měřením bylo zjištěno, že spínací vzdálenost při minimálním napětí akumulátoru, používaného v motorových vozidlech, je nastavitelná od 3 m do 4 m vzdálenosti vysílače od přijímače. I při maximálním napětí akumulátoru nevzroste spínací vzdálenost nad 6 m; tím je splněn požadavek, aby přijímač nereagoval při vzdálenostech větších než 10 m.



6. Schéma přijímače

6. MĚŘENÍ MAGNETICKÉ SLOŽKY RUŠIVÉHO ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE MOTOROVÝCH VOZIDEL NA KMITOČTU 8,6 kHz

K měření rušivých elektromagnetických polí se používá měřičů rušení ve spojení s vhodnou anténou. Pro měření magnetické složky elektromagnetického pole je vhodná anténa rámová nebo feritová.

Při měření na motorových vozidlech se setkáváme převážně s poruchami impulsního charakteru. Rušivé impulsy vznikají jiskřením na komutátoru dynamu a spouštěče, na kontaktech regulátoru napětí, v zapalovacím systému zážehových motorů apod. Obsahují velmi široké spektrum kmitočtů, sahající od desítek Hz do stovek MHz. Výsledky měření impulsních polí závisí značně na vlastnostech použitého měřiče. Aby byly výsledky srovnatelné, jsou měřicí metody a vlastnosti měřičů rušení stanoveny normou ČSN 34 2850. Norma se vztahuje pouze na měření v pásmu 150 kHz — 300 MHz, není tedy pro toto měření závazná.

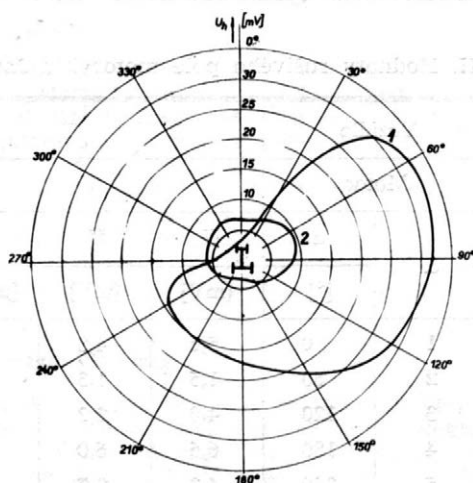
Pro měření magnetické složky rušivého pole na kmitočtu 8,6 kHz bylo navrženo zařízení skládající se z měřicí antény laděné na požadovaný kmitočet, nízkofrekvenčního zesilovače a milivoltmetru. Měřicí anténa je vazebním vinutím připojena na vstup zesilovače, za který je připojen milivoltmetr. Údaj měřidla závisí při měření impulsních polí — jak bylo uvedeno — na vlastnostech měřiče. Dominující vliv mají šířka pásma měřiče a časové konstanty detektoru. Na výchylku měřidla má rovněž vliv tvar, velikost a opakovací kmitočet impulsů. Proto je třeba pokládat intenzitu rušivého pole, vypočtenou z údaje měřidla, za intenzitu ekvivalentního sinusového pole, tj. pole, které způsobí na použitém měřiči stejnou výchylku, jako měřené pole impulsního charakteru.

1. Hodnoty rušivého pole traktoru Z 4011

Vozidlo		Traktor Z 4011			
Motor		vznětový čtyřdobý			
č.	α	U_h	U_v	H_e	poznámka
	[°]	[mV]	[mV]	[μ A/m]	
1	0	6,4	5,7	6,4	2000 ot/min
2	60	9,6	4,8	9,6	2000 ot/min
3	120	6,0	4,8	6,0	2000 ot/min
4	180	3,2	6,8	6,8	2000 ot/min
5	240	4,8	6,4	6,4	2000 ot/min
6	300	6,0	6,6	6,6	2000 ot/min
7	0	3,2	—	3,2	spouštěč
8	60	32,0	—	32,0	spouštěč
9	120	28,0	—	28,0	spouštěč
10	180	17,0	—	17,0	spouštěč
11	240	14,0	—	14,0	spouštěč
12	300	3,0	—	3,0	spouštěč

6.1 POSTUP MĚŘENÍ

Měří se na stojícím vozidle podle všeobecných ustanovení normy ČSN 34 2850. Vozidlo stojí těžištěm nad středem vyznačených polárních souřadnic. Podélná osa vozidla, orientovaná ve směru jízdy, souhlasí s paprskem 0° . Měří se při konstantních otáčkách motoru v měřicí vzdálenosti 3 m, postupně na paprscích $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ atd. Za měřicí vzdálenost se považuje vzdálenost mezi svislými průměty těžiště vozidla a středu měřicí antény na rovinu proloženou terénem. Střed měřicí antény je ve výšce 1,25 m nad zemí. Měří se pro horizontální a vertikální polarizaci antény. V horizontální rovině se anténa natáčí tak, aby výstupní napětí bylo maximální. Z naměřených hodnot se podle vztahů uvedených v Burešovi (1970) vypočte velikost magnetické složky rušivých polí. Tabulka I udává naměřené hodnoty pro traktor Z 4011. Symbol U_h značí napětí naměřené při horizontální polarizaci, symbol U_v pro vertikální polarizaci a H_e intenzitu ekvivalentního pole. Hodnoty jsou na obr. 7 vyneseny do směrového diagramu. V tabulkách II a III jsou pro zajímavost uvedeny hodnoty pro automobil Trabant 601 a pro motocykl Jawa 250.



7. Směrový diagram magnetické složky rušivého elektromagnetického pole traktoru Z 4011

křivka 1 — při spouštění
křivka 2 — při 2000 ot/min

7. ZÁVĚR

Velikost výkonu vysílače byla vypočtena na základě naměřených hodnot velikosti rušivého elektromagnetického pole na kmitočtu 8,6 kHz. Celé zařízení bylo navrženo s ohledem na nejhorší parametry uváděné v katalogu tranzistorů a tím je zaručeno, že požadované parametry budou splněny i s jinými součástkami. Vysílač i přijímač byly navrženy a postaveny na tištěných spojích. Zalitím do zalévací pryskyřice se dosáhlo maximální klimatické i mechanické odolnosti. Základní měření na funkčním vzorku prokázala, že navržené zařízení splňuje požadavky na něj kladené.

Podle diplomové práce ing. Milana Bureše (vedoucí doc. ing. Václav Černý, CSc.) zpracovala článek ing. Jana Růžicková

II. Hodnoty rušivého pole automobilu Trabant 601

Vozidlo		Automobil Trabant 601			
Motor		zážehový dvoudobý			
č.	α [°]	U_h [mV]	U_v [mV]	H_e [μA/m]	poznámka
1	0	7,2	12,0	12,0	max. otáčky
2	60	0,8	8,0	8,0	max. otáčky
3	120	1,2	2,6	2,6	max. otáčky
4	180	2,4	3,3	3,3	max. otáčky
5	240	2,4	2,4	2,4	max. otáčky
6	300	4,0	4,4	4,4	max. otáčky
7	0	170,0	40,0	170,0	spouštěč
8	0	18,0	7,0	18,0	klakson

III. Hodnoty rušivého pole motocyklu Jawa 250

Vozidlo		Motocykl Jawa 250			
Motor		zážehový dvoudobý			
č.	α [°]	U_h [mV]	U_v [mV]	H_e [μA/m]	poznámka
1	0	5,6	4,8	5,6	volnoběh
2	60	1,5	1,3	1,5	volnoběh
3	120	4,0	2,2	4,0	volnoběh
4	180	6,6	6,0	6,6	volnoběh
5	240	4,3	2,7	4,3	volnoběh
6	300	1,8	1,2	1,8	volnoběh
7	0	10	—	10	max. otáčky

Literatura

- BUDÍNSKÝ J., 1961, Nízkofrekvenční tranzistorové zesilovače. SNTL Praha.
 BUDÍNSKÝ J., 1963, Technika tranzistorových spínacích obvodů. SNTL Praha.
 BUREŠ M., 1970, Bezkontaktní signalizace průjezdu vozidla. Diplomová práce na katedře elektrizace a automatizace mechanizační fakulty VŠZ v Praze.
 FAKTOR Z. a kol., 1966, Magneticky měkké materiály ve sdělovací technice. SNTL Praha.
 FAKTOR Z., REJMÁNEK M., ŠIMEK B., 1968, Transformátory a laděné cívky pro sdělovací techniku.
 CHOMIČ I. V., 1960, Prijemnyje ferritovyje anteny. Goseněrgoizdat Moskva.
 NEUMAN P., 1964, Stabilizace kmitočtu tranzistorových LC oscilátorů. Kandidátská práce ČVUT Praha.

- VRÁNA M., 1963, Antény a šíření rádiových vln. Skripta VUT Brno, SNTL Praha.
 ŽALUD V., 1965, Měření rozhlasových přijímačů. Skripta ČVUT Praha.
 —, Ochrana rádiového příjmu před rušením. Norma ČSN 34 2850.
 —, Odrušení motorových vozidel a jiných zařízení se spalovacími motory. Norma ČSN 34 2875.
 —, Měření rozhlasových přijímačů. Norma ČSN 36 7090.

Došlo dne 28. 7. 1970

Бесконтактная селективная сигнализация проезда транспортного средства

В статье приводятся основные виды и системы сигнализации проезда транспортных средств. Проводится анализ селективной электромагнитической системы и описывается проект устройства, работающего на частоте 8,6 кГц. Устройство состоит из передатчика, помещенного на подвижной единице и приемника, помещенного в интересующем нас месте. Измерения, осуществленные на действующей модели удовлетворили исключительные требования, прежде всего дальность сигнализации 3—10 метров и механическую и климатическую сопротивляемость.

Статья посвящена также измерению магнитической составной части мешающего электромагнитического поля двигательных подвижных единиц на частоте 8,6 кГц, результаты которого были использованы при проектировании устройства.

Contact-Free Selective Vehicle Passage Signalling

The basic kinds and systems of vehicle passage signalling are mentioned in the article. A selective electromagnetic system is analysed and a draft of an equipment operating on a frequency of 8,6 kHz is described. The equipment consists of a transmitter placed on the vehicle and a receiver placed in the area of interest. Measurements made on the function specimen proved the fulfilment of the set requirements, above all of the signalling range of 3 to 10 meters and the mechanical and climatic resistance.

The measurement of the magnetic component of the disturbing electromagnetic field of motor vehicles on the frequency 8,6 kHz, the results of which were used for the draft of the equipment, is also included in the article.

Kontaktlose selektive Fahrzeugdurchfahrtssignalisierung

Im Artikel sind die grundsätzlichen Arten und Systeme der Fahrzeugdurchfahrtssignalisierung angeführt worden. Es ist eine Analyse des selektiven elektromagnetischen Systems durchgeführt und ein Vorschlag einer auf Frequenz 8,6 kHz arbeitenden Anlage beschrieben worden. Die Anlage besteht aus einem auf dem Fahrzeug unterbrachten Sender und einem in der Interessensphäre untergebrachten Empfänger. Die auf dem Funktionsmuster vorgenommenen Messungen bewiesen die Erfüllung der festgesetzten Anforderungen, vor allem des Signalisierungsbereichs 3 bis 10 Meter und einer mechanischen sowie klimatischen Widerstandsfähigkeit.

Der Artikel befaßt sich auch mit der Messung der magnetischen Komponente des störenden elektromagnetischen Feldes der Kraftfahrzeuge auf der Frequenz 8,6 kHz, deren Ergebnisse bei dem Vorschlag der Anlage benützt wurden.

Adresa autora:

Ing. Milan Bureš, Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

Nový časopis ZAHRADNICTVÍ

Československá akademie zemědělská rozšíří v nejbližší době řadu svých vědeckých časopisů o další, a to

ZAHRADNICTVÍ

Časopis bude uveřejňovat původní studie, rozborů a vědecká pojednání ze všech odvětví zahradnictví (ovocnictví, zelinářství, květinářství, sadovnictví, vinařství) v celé šíři oboru, tj. problematiku biologickou stejně tak jako agrotechnickou, technologickou, ekonomickou apod. Pozornost bude věnována zejména pracím, které mají širší význam pro více zahradnických odvětví, takže časopis bude vhodně doplňovat již existující vědecké časopisy ÚVTI.

Vedle původních příspěvků budou uveřejňovány i souborné referáty o určité aktuální problematice, dále informace o obhájených kandidátských a jiných disertačních pracích, závěrečných zprávách výzkumných úkolů, o vědeckých konferencích z domova i ze zahraničí. Dále to budou recenze o významných publikacích našich i zahraničních a různé aktuality a přehledy. Počítá se i s uveřejňováním určitých vyžádaných příspěvků význačných zahraničních odborníků.

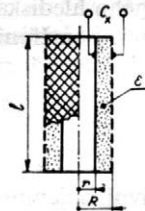
Časopis bude zpočátku vydáván rotaprintovou formou; souběžně však budou vytvářeny předpoklady pro pozdější vydávání knihtiskem. Vycházet budou čtyři čísla ročně v rozsahu 80 stran a příspěvky budou mít formu obvyklou u ostatních vědeckých časopisů ÚVTI. Bude mít celostátní působnost.

631.432.2 621.3 531.714

Snímače tohoto typu umožňují měření vlhkosti bez odebrání vzorků. Při jejich trvalém umístění v půdě dovoluují sledovat vlhkost průběžně. Principiálně lze tento úkol řešit několika způsoby. Článek se zabývá snímačem, který byl zhotoven a vyzkoušen na katedře elektrizace a automatizace VŠZ v Praze. Jeho základem je tzv. sádrový blok (Bouyoucos, Mick 1951), ve kterém jsou zalaty elektrody. Při umístění snímače do půdy dochází k jeho navlhnutí, a tím i ke změnám elektrických vlastností. V rovnovážném stavu budou elektrické parametry odpovídat půdní vlhkosti.

POPIS SNÍMAČE

Konstrukčně je snímač řešen jako kondenzátor, jehož elektrody tvoří dva koaxiální válce (obr. 1). Mezi elektrodami je hydroskopické dielektrikum, které přijímá vodu z okolního prostředí. Vnější elektroda je tvořena válcem z drátěné sítě. Tato síť umožňuje



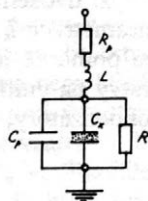
1. Schématické znázornění snímače
 ϵ - permitivita hydroskopické náplně snímače
 C_x - kapacita snímače

průnik vody v obou směrech. Náhradní elektrické schéma je znázorněno na obrázku 2.
 Impedanci snímače vyjádříme:

$$Z = R_p + j\omega L + \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega(C_x + C_p)} \quad (1)$$

Některé prvky v náhradním schématu můžeme zanedbat při těchto předpokladech: indukčnost L při kmitočtech $f < 10$ MHz; činný odpor snímače R_p vzhledem k tomu, že $R_p \ll R$. Parametr C_p je konstantní veličina, daná délkou přívodního kabelu a konstrukcí snímače; můžeme jej dále zahrnout do parametru C . Parametr ω je kruhová frekvence, přičemž platí, že $\omega = 2\pi f$.

Dielektrikum může při značném navlhnutí způsobit téměř zkrat mezi elektrodami kondenzátoru. Proto je vnitřní válcová elektroda izolována. Vzhledem k dobrým izolačním vlastnostem můžeme zanedbat



2. Úplné náhradní elektrické schéma snímače

činný odpor této izolační vrstvy. Zjednodušené náhradní schéma upraveného snímače je na obr. 3.

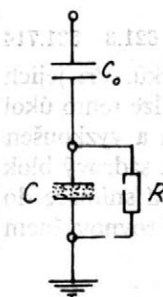
Admittance snímače ($Y = \frac{1}{Z}$), s rozdělením reálné a imaginární složky, bude (podle Výzk. zprávy úkolu R IV - 3/7)

$$Y = \frac{G \omega^2 C_o^2}{G^2 + \omega^2 (C + C_o)^2} + j \frac{\omega G^2 C_o^2 + \omega^3 C C_o^2 (C + C_o)}{G^2 + \omega^2 (C + C_o)^2} \quad (2)$$

kde: $G = \frac{1}{R}$

R — činný odpor charakterizující ztráty v dielektriku

C_o — kondenzátor daný izolační vrstvou na vnitřní elektrodě



3. Zjednodušené náhradní schéma snímače s izolační vrstvou na jedné elektrodě

VLASTNOSTI SNÍMAČE

Snímač může být posuzován buďto jako obecná impedance Z nebo jako určitá kapacita C . Důležité jsou změny těchto veličin v závislosti na vlhkosti, a to hlavně charakter těchto změn (linearita). Měřící obvod musí být konstruován ze stejného hlediska. Změny kapacity v závislosti na vlhkosti jsou příznivější (větší možný rozsah měření, lineárnější závislost kapacity na vlhkosti) než je tomu v případě Z . Proto byl navržen snímač dále posuzován z hlediska změn jeho kapacity při změnách vlhkosti.

CITLIVOST SNÍMAČE

Za citlivost snímače je považována změna $\Delta C / \Delta \varphi$, kde φ — relativní objemová vlhkost půdy.

Pro uvažovaný snímač bude kapacita vyjádřena vztahem (Forejt 1963):

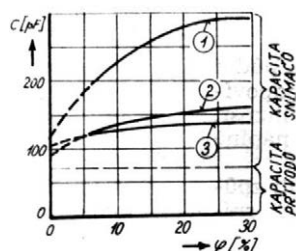
$$C = 24,2 \cdot 10^{-12} \varepsilon \frac{l}{\log \frac{R}{r}} [F, m] \quad (3)$$

Z uvedeného vztahu je zřejmé, že citlivost snímače bude záviset na rozměrových parametrech l , r a R a na parametru ε . Změny citlivosti vlivem rozměrových parametrů lze poměrně jednoduše zjistit matematicky na základě vztahu (3). V případě izolační vrstvy na vnitřní elektrodě bude citlivost snížena. Jedná se potom o dva sériově řazené kondenzátory, pro které platí:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Jak bylo uvedeno, dalším faktorem, který má vliv na citlivost snímače, je ε ve vztahu (3). Prakticky to znamená, že citlivost je ovlivněna použitým dielektrikem, které absorbuje z okolní půdy vodu. Pro ověření těchto vlastností byly zhotoveny snímače se třemi

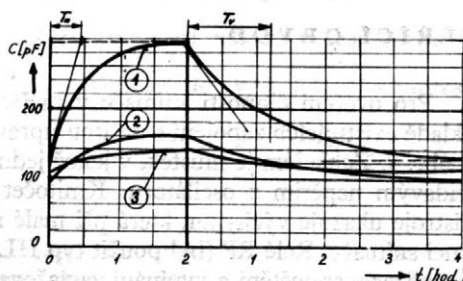
různými dielektriky: 1 — sádra, 2 — skelná tkanina napuštěná sádrovou maltou, 3 — skelná tkanina. Vlastnosti těchto tří snímačů jsou porovnány na obr. 4. Grafické znázornění odpovídá číselně uvedeným třem hmotám. Hlavní rozměry použitého snímače jsou: $l = 60$ mm, $R = 7$ mm, $r = 4,5$ mm, izolační vrstva vnitřní elektrody má tloušťku 0,2 mm a je provedena epoxydovou pryskyřicí. Největší přírůstky kapacity, a tedy i největší citlivost, vykazuje snímač s čistou sádrovou. Ovšem, jak je z grafu patrné, dochází k určitému zpomalení přírůstku C_x při vyšších vlhkostech. To je vlastnost všech snímačů tohoto typu, která se nedá úplně odstranit. Z hlediska praktického použití je nejdůležitější citlivost v oblasti vadnutí rostlin ($\varphi = 5 - 15$ %).



4. Závislost kapacity snímače na vlhkosti půdy pro tři různá dielektrika
1 - sádra, 2 - skelná tkanina napuštěná sádrovou maltou,
3 - skelná tkanina

RYCHLOST REAKCE SNÍMAČE NA ZMĚNY PŮDNÍ VLHKOSTI

Všeobecně je třeba říci, že snímač reaguje na změny půdní vlhkosti pomalu. Aby bylo možno posoudit dobu odezvy snímače na změny půdní vlhkosti, bylo provedeno experimentální měření. Snímače o nulové vlhkosti byly umístěny náhle do vlhkého písku ($\varphi = 35$ %). Změna parametru C byla měřena po 10 minutách. Po dosažení ustáleného stavu, kdy přírůstky C byly zanedbatelné, byl vlhký snímač umístěn do suchého písku ($\varphi = 5$ %) a po 30 minutách byla zaznamenávána změna C . Výsledek měření pro tři typy snímačů je uveden na obr. 5.



5. Závislost kapacity snímače na době jeho umístění ve vlhké půdě

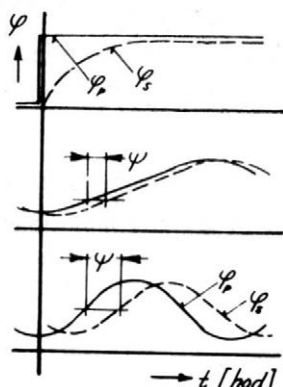
T_n - časová konstanta vlnutí dielektrika, T_v - časová konstanta vysychání

Grafy ukazují, že doba reakce čidla při skokových změnách vlhkosti je řádově desítky minut. Hlavní vliv na tuto dobu má především objem dielektrika a jak je patrné z obr. 5 také materiál dielektrika. Oba faktory můžeme ovlivnit. Zmenšováním vrstvy dielektrika (rozměr $R - r$ v obr. 1) bude rychlost reakce vzrůstat, ovšem při současném klesání citlivosti. Citlivost můžeme však zvýšit zvětšením délky l snímače. Časová konstanta T_n (vlnutí dielektrika) a časová konstanta T_v (vysychání dielektrika) se vzájemně liší. To je dáno rozdílem struktury půdy a použitého dielektrika. Obvykle $T_n < T_v$. Cílem dalšího výzkumu bude nalézt takové vhodné materiály, u kterých T_n a T_v bude minimální.

Vzhledem k tomu, že změny vlhkosti v půdě (hlavně vysychání) probíhají pomalu, není zpožděná reakce čidla na závadu jeho použití v provozních podmínkách. Absorpční

snímač může v těchto případech dostatečně přesně sledovat změny půdní vlhkosti.

Na obr. 6 je znázorněn přibližně průběh vlhkosti půdy φ_p a odpovídající průběh vlhkosti snímače φ_s . Je zřejmé, že zvyšováním frekvence φ_p bude docházet ke zvětšování fázového posuvu ψ a ke zmenšování amplitudy φ_s . Průběh je idealizován.



6. Časový průběh půdní vlhkosti φ_p a odpovídající průběh vlhkosti hygroskopické náplně snímače φ_s
 ψ - fázové posunutí způsobené setrvačností snímače

ULOŽENÍ SNÍMAČE V PŮDĚ

Snímač může být uložen v půdě trvale. Stálost jeho parametrů závisí na použitém dielektriku. Z tohoto hlediska je výhodná skelná tkanina umožňující použití snímače po dobu více než jedné sezóny. Hloubka uložení je libovolná; obvykle bývá na úrovni kořenového systému rostlin. Ovšem vzhledem k tomu, že ve větších hloubkách probíhají změny vlhkosti půdy pomaleji, bude také snímač, uložený ve větší hloubce, přesněji reagovat na tyto změny. Rovněž tak kolísání teploty se projeví v menší míře.

MĚŘICÍ OBVOD

Pro ověření činnosti snímače v měřicím obvodu byl sestaven kapacitní měřič na základě existujících zapojení s určitou úpravou pro požadovaný účel. Schéma je uvedeno na obr. 7. Základem je můstek, v jehož jedné větvi je zapojen snímač. Můstek je napájen střídavým napětím z oscilátoru. Kmitočet $f = 100$ kHz. Údaj ručičkového měřicího přístroje ukazuje výchylku, která při malé nerovnováze můstku je přímo úměrná impedanci snímače. Relé RP (byl použit typ HL 100 11) je určeno k ovládání dalších obvodů (signalizace, spouštění a vypínání zavlažovacích zařízení) při mezích hodnotách vlhkosti půdy. Okamžik sepnutí relé lze nastavit potenciometrem 2,2 k. Příklady od snímače k můstku má tvořit co nejkratší malokapacitní kabel. Ukazovací přístroj již může být spojen se zesilovačem dlouhým vedením.

ZÁVĚR

Uvedený snímač je jednoduchý a nevyžaduje náročnou obsluhu. Výhodou je možnost kontinuálního měření vlhkosti v půdě. Nevýhodou je pomalá reakce na náhlé změny půdní vlhkosti. Vzhledem k tomu, že v přirozených podmínkách se vlhkost půdy mění pozvolna (při vysychání), může snímač dostatečně přesně sledovat tyto změny. Je vhodný pro použití při automatizaci závlah.

design and continuous measuring action of determining soil humidity. A disadvantage is a slow response to sudden variations of soil humidity. As the soil humidity changes only slowly in natural conditions, the indicator gives a sufficient accuracy in determination of these changes. The indicator can be suitably used for the automation of irrigating.

Meßgeber für die kontinuierliche Messung der Bodenfeuchtigkeit

Im Aufsatz wird ein Meßgeber für die kontinuierliche Bodenfeuchtigkeitsmessung beschrieben. Der Meßgeber besteht aus zwei coaxialen Zylindern, von denen der innere isoliert ist und der äußere durch ein Drahtnetz gebildet wird. Der Zwischenzylinderraum wird durch eine die Feuchtigkeit gut absorbierende Masse ausgefüllt. Der Meßgeber verhält sich als ein Kondensator, dessen ϵ in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit veränderlich ist. Der Vorteil des Meßgerätes besteht in seiner Einfachheit und der Möglichkeit einer kontinuierlichen Feuchtigkeitsmessung im Boden. Nachteilig ist ein langsames Ansprechen auf plötzliche Änderungen der Bodenfeuchtigkeit. In natürlichen Bedingungen wird die Bodenfeuchtigkeit allmählich geändert, der Meßgeber kann folglich mit ausreichender Genauigkeit diese Änderungen verfolgen. Ein angebrachter Einsatzbereich des Meßgebers besteht vor allem bei der Automatisierung der Bewässerungstätigkeit.

Adresa autora:

Ing. Václav Vítek, Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

631.273.3 621.3

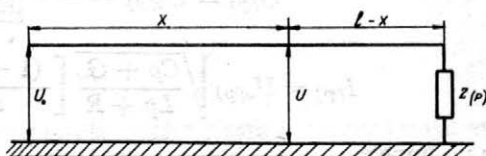
Největší úbytek energie na vedení elektrických ohrazení vzniká svodem. U správně instalovaných a ošetřovaných oplocení je způsoben znečištěnými izolátory, zejména při vyšší vlhkosti vzduchu. Úbytek lze přesně zjistit měřením vstupního odporu celého vedení při provozním napětí a vyloučením odporu půdy a vodiče oplocení. Ve výpočtech je užita Laplaceova transformace.

V této práci je uvedena graficko-početní metoda stanovení svodu vedení elektrických ohrazení. Z rovnic pro elektrické vedení s rozloženými parametry je vyřešena závislost vstupního odporu celého vedení (R_{vst}) na činném odporu vodiče (R_v), zemním odporu (R_z), svodu (G) a délce vedení (l). Grafickým vyjádřením této závislosti pro konkrétní R_v , R_z a l je zjištěn svod s vyloučením vlivu R_v a R_z . Podle popsané metody je zjištěn svod tří ohrazení.

Výpočet plyne z následujících úvah (Angot 1960, Bubeník 1958):

Elektrický plot se považuje za homogenní vedení o délce l s rozloženými parametry R , L , C a G na jednotku délky, uzavřené komplexní impedancí $Z(p)$ (obr. 1).

1. Model elektrického vedení, zakončeného obecnou impedancí $Z(p)$



Pro pokles napětí a úbytek proudu v libovolném místě x je

$$\frac{dU(p)}{dx} = -(Lp + R) I(p)$$

$$\frac{dI(p)}{dx} = -(Cp + G) U(p)$$

kde: $U(p)$ a $I(p)$ — napětí a proud v komplexním tvaru

Lp — induktance v komplexním tvaru na jednotku délky

$\frac{1}{Cp}$ — kapacitance v komplexním tvaru na jednotku délky

Po vzájemném dosazení těchto rovnic je

$$\frac{d^2 U(p)}{dx^2} - \lambda^2 U(p) = 0$$

a

$$\frac{d^2 I_{(p)}}{dx^2} = -\lambda^2 I_{(p)}$$

kde: $\lambda^2 = (Lp + R)(Cp + G)$

Obecný integrál těchto rovnic je

$$U_{(p)} = Ae^{\lambda x} + Be^{-\lambda x}$$

Pro $x = l$ je napětí

$$U_{1(p)} = Ae^{\lambda l} + Be^{-\lambda l} = I_{1(p)} Z_{(p)}$$

kde: $Z_{(p)}$ – impedance, jež zakončuje vedeníKoeficienty A a B jsou z výchozích rovnic po dosazení počátečních podmínek

$$A = -U_{o(p)} \frac{e^{-\lambda l} (1 - \gamma)}{e^{\lambda l} (1 + \gamma) - e^{-\lambda l} (1 - \gamma)}$$

kde: $\gamma = Z_{(p)} \sqrt{\frac{Cp + G}{Lp + R}}$

$$B = U_{o(p)} \frac{e^{\lambda l} (1 + \gamma)}{e^{\lambda l} (1 + \gamma) - e^{-\lambda l} (1 - \gamma)}$$

Po dosazení za koeficienty A a B do obecné rovnice pro $U_{(p)}$ je

$$U_{(p)} = U_{o(p)} \frac{[e^{\lambda(l-x)} - e^{-\lambda(l-x)}] + \gamma [e^{\lambda(l-x)} + e^{-\lambda(l-x)}]}{(e^{\lambda l} - e^{-\lambda l}) + \gamma (e^{\lambda l} + e^{-\lambda l})}$$

a po úpravě

$$U_{(p)} = U_{o(p)} \frac{\sinh \lambda (l - x) + \gamma \cosh \lambda (l - x)}{\sinh \lambda l + \gamma \cosh \lambda l}$$

$$I_{(p)} = U_{o(p)} \sqrt{\frac{Cp + G}{Lp + R}} \left[\frac{(1 + \gamma) e^{\lambda(l-x)} + (1 - \gamma) e^{-\lambda(l-x)}}{e^{\lambda l} (1 + \gamma) - e^{-\lambda l} (1 - \gamma)} \right]$$

a po úpravě

$$I_{(p)} = U_{o(p)} \sqrt{\frac{Cp + G}{Lp + R}} \left[\frac{\cosh \lambda (l - x) + \gamma \sinh \lambda (l - x)}{\sinh \lambda l + \gamma \cosh \lambda l} \right]$$

V dalších výpočtech se nebude uvažovat L a C , protože vstupní odpor celého vedení byl měřen ohmovou metodou při stejnosměrném napětí 5 kV (Petrbok 1969).

$$\text{Pak } \lambda = \sqrt{RG} \quad \text{a } \gamma = Z_{(p)} \sqrt{\frac{G}{R}}$$

Pro otevřené vedení, tj. kdy $Z_{(p)} = \infty$, je $\gamma = \infty$, $x = 0$, platí pro vstupní odpor

$$R_{vst} = \frac{U_{o(p)}}{I_{o(p)}} = \sqrt{\frac{R}{G}} \frac{\sinh \lambda l + \gamma \cosh \lambda l}{\cosh \lambda l + \gamma \sinh \lambda l}$$

$$\lim_{\gamma \rightarrow \infty} R_{vst} = \sqrt{\frac{R}{G}} \coth \lambda l = \sqrt{\frac{R}{G}} \coth \sqrt{RG} l$$

Tedy vstupní odpor

$$R_{vst} = \sqrt{\frac{R}{G}} \coth \sqrt{RG} l$$

Svod oplocení o konkrétních hodnotách R a l se zjistí z graficky znázorněné závislosti $R_{vst} = f(R, l, G)$. Za G se dosazují hodnoty, v jejichž oboru leží skutečný svod (obr. 2). Z grafu pak odpovídá naměřenému vstupnímu odporu R_{vst} svod G .

Touto graficko-početní metodou byl vyšetřen svod tří elektrických ohrad. Za parametry R a l se dosazovaly naměřené hodnoty a za G $0,05 \cdot 10^{-9}$ až 10^{-8} .

Z grafu se pak určil svod G příslušného oplocení z naměřeného vstupního odporu (obr. 3).

Činný odpor vodiče oplocení byl stanoven výpočtem: Ocelové pozinkované lanko o průměru 2,5 mm a měrném odporu $\rho = 0,13 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ má činný odpor na jednotku délky

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{s} = \frac{0,13}{4,9} = 0,027 \Omega/\text{m}$$

Odpor půdy byl změřen v prostoru tří pastvin ohmovou metodou střídavým napětím 50 V, 50 Hz (vyrobeným vlastním generátorem) mezi dvěma tyčovými zemniči, vzdálenými od sebe 100 m (Verébelyi 1956, ČSEZ 1967).

Po odečtení přechodových odporů obou zemničů vykazoval v prostoru pastviny I odpor půdy R_{zI}

$$R_{zI} = 1,21 \Omega/\text{m}$$

v prostoru pastviny II

$$R_{zII} = 0,84 \Omega/\text{m}$$

a v prostoru pastviny III

$$R_{zIII} = 1,04 \Omega/\text{m}$$

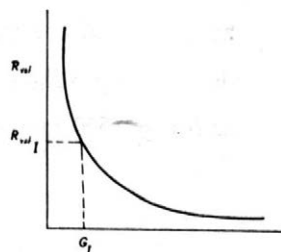
U všech ohrad byl zavěšen vodič oplocení na izolátorech z plastické hmoty a izolátory byly připevněny na kovových tyčkách.

Délka l plotu I byla	856 m
plotu II	1220 m
a plotu III	1560 m

Po prověření obvodů plotů z hlediska zkratů trávou byly změřeny vstupní odpory R_{vst} ohmovou metodou stejnosměrným napětím 5 kV.

Plot I vykazoval vstupní odpor	R_{vstI}	$1,54326 \cdot 10^6 \Omega$
plot II	R_{vstII}	$0,7285 \cdot 10^6 \Omega$
plot III	R_{vstIII}	$1,0456 \cdot 10^6 \Omega$

Pro grafické znázornění vztahu $R_{vst} = f(R, l, G)$ jednotlivých ohradníků (obr. 3) se dosazovala do rovnic za l délka příslušného plotu, za R činný odpor vodiče oplocení a odpor půdy a za G do všech rovnic hodnoty v rozmezí $0,05 \cdot 10^{-9}$ až 10^{-8} .



2. Závislost $R_{vst} = f(R, G, l)$

Tedy do rovnice pro R_{vstI}

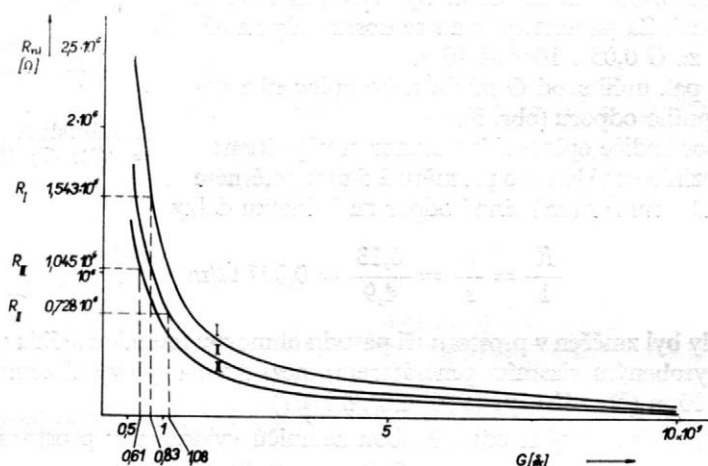
$$\text{za } l_I = 856 \text{ m a za } R = R_v + R_{zI} = 0,0265 + 1,21 = 1,2365$$

do rovnice pro R_{vstII}

$$\text{za } l_{II} = 1220 \text{ m a za } R = R_v + R_{zII} = 0,0265 + 0,89 = 0,9165$$

do rovnice pro R_{vstIII}

$$\text{za } l_{III} = 1560 \text{ m a za } R = R_v + R_{zIII} = 0,0265 + 1,04 = 1,0665$$



3. Graf $R_{vst} = f(R; G; l)$ skutečných ohradníků, sestavený z naměřených hodnot R a l

Z grafu na obr. 3 je

$$\text{pro } R_{vstI} \quad 1,54326 \cdot 10^6 \quad \text{svod } G_I = 0,83 \cdot 10^{-9} \quad \left(\frac{S}{m} \right)$$

$$\text{pro } R_{vstII} \quad 7,285 \cdot 10^5 \quad \text{svod } G_{II} = 1,08 \cdot 10^{-9} \quad \left(\frac{S}{m} \right)$$

$$\text{pro } R_{vstIII} \quad 1,0456 \cdot 10^6 \quad \text{svod } G_{III} = 0,61 \cdot 10^{-9} \quad \left(\frac{S}{m} \right)$$

Z těchto tří měření vychází průměrná hodnota svodu $G = 0,84 \cdot 10^{-9} \left(\frac{S}{m} \right)$.

$$\begin{aligned} \text{Střední hodnota zemního odporu } R_z &= 1,046 \left(\frac{\Omega}{m} \right) \text{ a střední hodnota odporu } R = \\ &= R_z + R_v = 1,0725 \left(\frac{\Omega}{m} \right). \end{aligned}$$

Z Á V Ě R

V práci je odvozena graficko-početní metoda stanovení svodu vedení elektrických ohradníků k hrzení pastvin. Výsledný vztah udává závislost vstupního odporu na činném odporu vodiče, zemním odporu, svodu a délce vedení. Vliv kapacity a indukčnosti vedení

je vyloučen, protože vstupní odpor vedení jako výchozí veličina se měří při stejnosměrném napětí 5 kV. Toto napětí zaručuje přesnější výsledky, protože odpovídá provoznímu napětí. Z grafického znázornění tohoto vztahu pro konkrétní hodnoty odporu vodiče a země a G v rozmezích daného svodu se zjistí skutečná hodnota G , odpovídající naměřenému vstupnímu odporu.

Střední hodnota svodu tří ohradníků, měřená podle této metody, vykazuje svod $0,8 \cdot 10^{-9} \left(\frac{S}{m} \right)$.

Literatura

- ANGOT A., 1960, Užitá matematika pro elektrotechnické inženýry. SNTL.
BUBENÍK V., 1958, Impulsová technika I, SNTL.
PETRBOK K., 1969, Kandidátská disertační práce.
VEREBEL'YI L., 1956, Prenos elektrickej energie II — Rozvodné a diaľkové vedenie. 1. vyd. SNTL Bratislava.
—, 1967, Československé energetické závody, gen. řed., Praha, Technika uzemňování I.

Došlo dne 11. 3. 1970

Методы вычисления токоотвода проволоки электроизгородей для огораживания пастбищ

В работе приводится графическо-аналитический метод определения токоотвода проволоки электроизгородей для огораживания пастбищ.

В результирующее уравнение, выражающее входное сопротивление проволоки в зависимости от активного сопротивления провода и земли, от длины проволоки и токоотвода

$$R_{вст} = \sqrt{\frac{R}{G}} \cot h \sqrt{RG} \cdot l$$

для графического изображения включаются конкретные величины R и l , а также величины G в рамках данного токоотвода. После чего фактический токоотвод отвечает вычисленному по диаграмме входному сопротивлению. Влияние емкости и индуктивности проволоки исключено, так как входное сопротивление измеряется равномерным напряжением 5 кВ. Это сопротивление гарантирует точность данных, потому что оно отвечает производственному напряжению.

Средняя величина токоотвода трех изгородей, замеренная при помощи этого метода, выражает

$$0,84 \cdot 10^{-9} \left(\frac{S}{m} \right)$$

Method for the Calculation of Leakage of Electric Fencing for Control Grazing

The paper presents a derivation of a graphico-mathematical method, devised to determine leakage of lead of electric fences for control grazing.

In the resulting equation for the input resistance of the lead in dependence of the active resistance of the conductor and earth, length of the lead and leakage

$$R_{pst} = \sqrt{\frac{R}{G}} \cot h \sqrt{RG} \cdot l$$

are substituted actual values R and l for the graphic illustration and values in limits of given leakage for G . Consequently, the actual leakage corresponds to input resistance determined from the graph. Influence of capacity and inductance of the lead is out of question, as the input resistance is measured by direct current

voltage 5 kV. This voltage ensures more accurate results, as it corresponds to operational voltage.

The mean value of leakage of three fences, determined by this method, corresponds to

$$0,84 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{S}}{\text{m}} \right)$$

Verfahren zur Berechnung der Ableitung eines Elektroweidezaungerätes

In der Abhandlung wird das graphisch-rechnerische Verfahren zur Bestimmung der Ableitung eines Elektroweidezaungerätes abgeleitet.

In die resultierende Gleichung werden für den Eingangswiderstand der Leitung in Abhängigkeit von dem Leiter- und Erdewirkwiderstand, Leitungslänge und Ableitung

$$R_{\text{es}} = \sqrt{\frac{R}{G}} \cot h \sqrt{RG} \cdot l$$

zur graphischen Darstellen konkrete Werte R und l und für G Werte im Bereiche der gegebenen Ableitung eingesetzt. Die tatsächliche Ableitung entspricht dann dem anhand des Diagrammes gemessenen Eingangswiderstand. Der Einfluß der Kapazität und Induktivität der Leitung ist ausgeschlossen, denn der Eingangswiderstand wird mittels der Gleichspannung von 5 kV gemessen. Diese Spannung gewährleistet genauere Ergebnisse, denn sie entspricht der Betriebsspannung.

Der Mittelwert der Ableitung der drei Elektrozaungeräte, anhand dieses Verfahrens gemessen, weist

$$0,84 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{S}}{\text{m}} \right)$$

auf.

Adresa autora:

Ing. Kamil Petrůk, Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

M. Servít

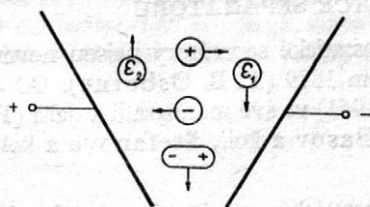
ELEKTROSTATICKÁ SEPARACE SMĚSÍ TUHÝCH TĚLES

631.362.36 621.3 531.2 531.43

Využití elektrostatického pole je v průmyslu i v zemědělství rozsáhlé. Zahrnuje především oblasti separace (tuhých těles od tuhých, tuhých těles od kapalin, tuhých těles od plynů), nanášení materiálu (tisk, barvení, nanášení povrchových vrstev), konzervace a sterilace potravin a jiné.

Princip elektrostatické separace směsí tuhých těles závisí v tom, že tříděná tělesa procházejí elektrostatickým polem*) a jsou jím vychylována tak, aby dráhy těles, náležející do různých tříd, se lišily. Před průchodem elektrostatickým polem jsou u většiny separátorů tělesa nabitá (získávají volný náboj). Silové účinky elektrostatického pole jsou zřejmé z obr. 1 (Ralston 1961).

1. Síly působící na těleso v elektrostatickém poli. Pro permitivitu prostředí ϵ platí $\epsilon_1 > \epsilon > \epsilon_2$



Pro sílu $\vec{F}$ působící na bodový náboj Q platí známý vzorec

$$\vec{F} = Q \vec{E} \quad (1)$$

kde: $\vec{E}$ – vektor intenzity elektrostatického pole

Tedy souhlasné náboje se odpuzují a nesouhlasné přitahují.

Účinky dvojice sil, působící na dipól, můžeme nahradit posuvnou silou $\vec{F}$ a momentem $\vec{M}$. Pro sílu a moment působící v místě náboje $-Q$ platí

$$\vec{F} = Q (\vec{E}_1 - \vec{E}_2) \quad (2)$$

$$\vec{M} = \vec{r} \times Q \vec{E}_1 \quad (3)$$

kde: $\vec{E}_1$ (resp. $\vec{E}_2$) – vektor intenzity pole v místě náboje $+Q$ (resp. $-Q$)

$\vec{r}$ – polohový vektor kladného náboje vůči zápornému

*) Některé separátory používají časově proměnné pole. I zde jsou však využívány jeho elektrostatické účinky – především polarizace dielektrika a elektrostatická hystereze.

Síla $\vec{F}$ má tedy směr maximálního růstu intenzity pole a moment $\vec{M}$ polarizuje dipól ve směru $\vec{E}$. V homogenním poli je $\vec{F} = 0$.

Pro energii nenabitěho dielektrického tělesa o objemu V , uloženého v izotropním lineárním dielektriku o permitivitě ϵ_1 , platí (Stratton 1961)

$$W = \frac{1}{2} \int_V (\epsilon_1 - \epsilon_2) \vec{E} \cdot \vec{E}' dv \quad (4)$$

kde: ϵ_2 — permitivita tělesa

$\vec{E}$ — intenzita pole před vložením tělesa

$\vec{E}'$ — intenzita po vložení tělesa do pole

Ve směru osy x kartézských souřadnic působí tedy na jednotku objemu tohoto tělesa síla

$$F_x = \frac{1}{2} (\epsilon_2 - \epsilon_1) \frac{dE_x}{dx} \frac{dE'_x}{dx} \quad (5)$$

kde: E_x (resp. E'_x) — složka $\vec{E}$ (resp. $\vec{E}'$) ve směru osy x

Obdobně bychom mohli napsat výrazy pro F_y a F_z . Je-li pole, prostředím i těleso homogenní, pak na těleso nepůsobí žádná síla. Je-li $\epsilon_1 > \epsilon_2$ a pole nehomogenní, pak je těleso puženo do míst s menší intenzitou pole a pro $\epsilon_1 < \epsilon_2$ naopak.

KONSTRUKCE SEPARÁTORŮ

Elektrostatické separátory nejsou novou záležitostí. Ralston (1961) datuje první patent rokem 1879 (T. B. Osborne). Od té doby byla vyvinuta celá řada separátorů. Ralston (1961) ve své monografii a další (Plaksin, Olofinskij 1964, Leonov, Ležnin 1969, Basov a kol., Stefanova a kol., Šmigel a kol.) uvádějí více než čtyřicet typů.

Elektrostatický separátor lze charakterizovat čtyřmi základními údaji.

1. Fyzikální veličina, která má rozhodující vliv na separaci těles:
 - a) měrná vodivost,
 - b) permitivita tělesa,
 - c) dielektrická hystereze (Petržílka a kol. 1960),
 - d) velikost, tvar, hmota, kvalita povrchu a další.
2. Způsob nabíjení, který má rozhodující vliv na náboj tělesa:
 - a) nejsou nabíjena,
 - b) kondukcí — tj. dotykem s vodivou elektrodou,
 - c) průchodem tělesa ionizovaným prostředím,
 - d) využitím triboelektrického efektu — tj. získání náboje třením,
 - e) využitím pyroelektrického efektu — tj. získání náboje změnou teploty (Petržílka a kol. 1960),
 - f) aerosolem nebo jiným způsobem přenosu mikroskopických nabitých částic na povrch tělesa (Leonov, Ležnin 1969).
3. Způsob pohybu elektrostatickým polem:
 - a) pád prostorem,
 - b) pohyb po nakloněných rovinách,
 - c) pohyb po otočných válcích nebo pohyblivých pásech,
 - d) pohyb po střásacích sítích (Šmigel a kol.),
 - e) pohyb ve vznosu (Morel 1967).

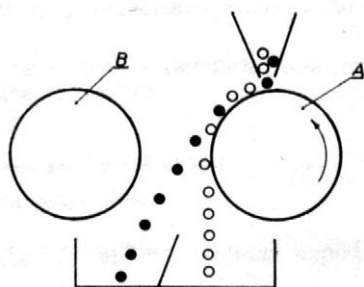
4. Tvar a intenzita elektrostatického pole, tedy vlastně tvar a prostorové rozložení elektrod spolu s jejich potenciálovými spády.

Jednotlivé faktory jsou spolu svázány. Například při separaci podle dielektrické konstanty je nutno užít nehomogenního pole (viz rovnice (5)); dále není vhodné těleso nabíjet, proto je také výhodné užít pohybu tělesa pádem, který eliminuje triboelektrický jev.

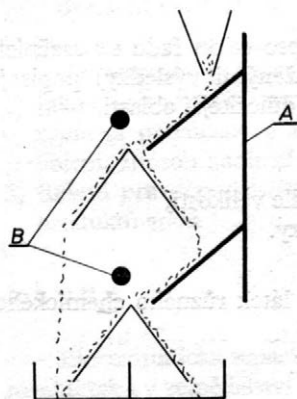
Pro ilustraci konstrukce uvedeme několik typických separátorů ve značně zjednodušených schématech, převzatých vesměs z Ralstona (1961). Na obr. 2 je válcový separátor. Tříděné předměty padají na kladně nabitý otáčející se válec *A*; podle své vodivosti a rozměrů získávají kondukci různě velký náboj. Předměty s velkou vodivostí (plné kroužky) jsou přitahovány záporně nabitou válcovou elektrodou *B*, na nevodivé *B* nepůsobí. U válcových separátorů se často užívá elektrody vytvářející koronární výboj, tedy nabíjení těles ionty.

Na obr. 3 je tobogánový kaskádní separátor. Tříděná směs padá ze zásobníku na záporně nabitou žlabovou elektrodu *A*. Ta tělesa, která získají dostatečný náboj, jsou přitahována kladně nabitou válcovou elektrodou *B*. Dráhy obou druhů těles jsou rozděleny a celý proces se v kaskádě několikrát opakuje.

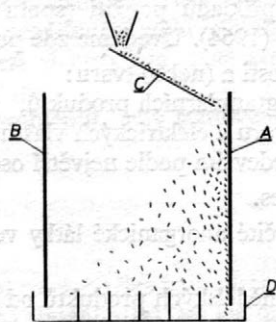
Na obr. 4 je laboratorní separátor. Směs se pohybuje po nakloněné rovině *C* a dopadá na deskovou kladně nabitou elektrodu *A*. Podle velikosti náboje, který těleso tímto způsobem získá, je různou silou přitahováno k deskové záporně nabitě elektrodě *B*. V zásobníku *D* je směs již roztržena.



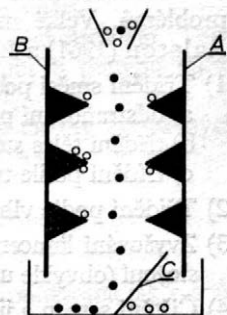
2. Schéma jednoho typu válcového separátoru



3. Schéma tobogánového kaskádního separátoru



4. Schéma laboratorního separátoru

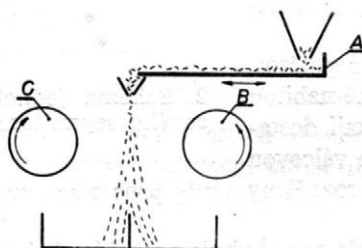


5. Schéma separátoru s dielektrickým médiem

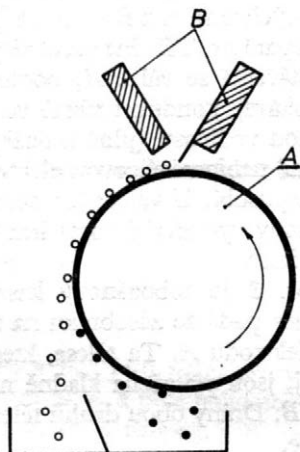
Na obr. 5 je separátor s dielektrickým médiem. Potenciální spád mezi elektrodami *A* a *B* vytváří nehomogenní pole v prostoru naplněném dielektrickou kapalinou s permitivitou ϵ . Materiál s $\epsilon_1 > \epsilon$ (prázdné kroužky) se zachycuje na místech s maximální intenzitou pole. Materiál s $\epsilon_2 < \epsilon$ propadává. Periodicky se přehodí klapka *C* zásobníku, je odpojeno napětí mezi *A* a *B* a kapalina se zachyceným materiálem je vypuštěna do druhé poloviny zásobníku.

Na obr. 6 je vibrační separátor. Na vibrujícím sítu *A* se jednotlivé částčky o sebe třou a v důsledku triboelektrického jevu získávají náboje různé polarity a velikosti. Při pádu mezi opačně nabitými válcovými elektrodami *B* a *C* pak na ně působí síly různé jak co do směru, tak i velikosti.

Na obr. 7 je pyroelektrický separátor. V zásobníku *B* je směs zahřátá a padá na skleněný válec *A* chlazený vodou. Důsledkem pyroelektrického jevu jsou některé materiály polarizovány (plně kroužky) a lpi na válci.



6. Schéma vibračního separátoru



7. Schéma pyroelektrického separátoru

POUŽITÍ ELEKTROSTATICKÉ SEPARACE

Elektrostatická separace směsí tuhých těles je vhodná pro celou řadu separačních problémů. Velké množství příkladů použití (spolu s dosaženými výsledky) popisují Ralston (1961) a Lebaron (1964). Uvedeme zde pouze nejdůležitější oblasti.

- 1) Třídění směsí podle velikosti a (nebo) tvaru:
 - a) odstraňování prachu z granulárních produktů,
 - b) třídění těles stejného tvaru a elektrických vlastností podle velikosti,
 - c) třídění podle tvaru, především podle největší osové délky.
- 2) Třídění podle vlhkosti těles.
- 3) Zvyšování koncentrace určité anorganické látky ve směsi látek různého chemického složení (obvykle u rud).
- 4) Čištění semen a jiných zemědělských produktů od příměsí.
- 5) Oddělování látek různého chemického složení.

TEORETICKÉ PROBLÉMY ELEKTROSTATICKÉ SEPARACE

Základními teoretickými problémy elektrostatické separace je stanovení obecné rovnice pohybu tělesa polem pro různé typy separátorů a stanovení výsledného náboje tělesa pro různé druhy nabíjení. I když celá řada prací (Harper 1967, Felici 1967, Reffay 1964, Lebaron 1964, Leonov a Ležnin 1969, Kalganov a Caturjan 1969, Besov a Olofinskij 1969) se zabývá dílčími otázkami, komplexně dosud oba problémy nebyly vyřešeny.

Pohyb tuhého tělesa elektrostatickým polem je možno popsat rovnici

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_{i=1}^5 \vec{F}_i \quad (6)$$

kde: m — hmota tělesa

$\vec{v}$ — vektor rychlosti tělesa

$\vec{F}_1$ — mechanická síla pole, respektující vliv ostatních těles (pro bodový náboj je dána rovnicí (1))

$\vec{F}_2$ — síla charakterizující polarizaci dielektrika tělesa, zahrnující vliv ostatních částic (pro jednotku objemu a za speciálních podmínek je dána rovnicí (5))

$\vec{F}_3$ — síla gravitačního pole ($\vec{F}_3 = m\vec{g}$)

$\vec{F}_4$ — síla charakterizující vliv odporu prostředí (tření, obtékání tělesa apod.)

$\vec{F}_5$ — síla charakterizující vliv korpuskulárního záření na pohyb tělesa

Síly $\vec{F}_1$ až $\vec{F}_5$ jsou vesměs funkcemi velkého množství dalších veličin; uvádíme nejpodstatnější z nich.

- 1) Rozměry, tvar, hmota a kvalita povrchu tělesa.
- 2) Permittivita, vodivost, objemová hustota volného náboje tělesa.
- 3) Intenzita elektrostatického pole, permittivita, vodivost a mechanické vlastnosti prostředí, ve kterém se těleso pohybuje.

Z uvedeného je zřejmé, že obecné řešení rovnice (6) je velmi obtížné.

Stanovení výsledného náboje tělesa, resp. stanovení objemového rozložení volného náboje závisí především na typu nabíjení. Pro každý typ pak závisí na celé řadě veličin. Matematické řešení je v některých případech velmi obtížné, ne-li za obecných podmínek nemožné.

Vyřešení uvedených problémů umožní odpověď na otázky:

- 1) Jaké směsi je možno elektrostaticky separovat; respektive lze danou směs roztrždit? S tím souvisejí požadavky na předběžné třídění či jinou přípravu směsi.
- 2) Jakou nejvhodnější konstrukci separátoru zvolit pro daný separační problém. Tedy zejména potenciálový spád mezi elektrodami, tvar elektrod, způsob pohybu tělesa polem, způsob nabíjení těles apod.
- 3) Řešení pravděpodobnostních problémů, tedy stanovení konečné čistoty vytržiděných produktů apod.

ZÁVĚR

Elektrostatická separace směsí tuhých těles je moderní metoda používaná jak v průmyslu, tak i v zemědělství (zejména třídění osiv). Na její další uplatnění bude mít značný vliv vyřešení základních teoretických otázek, které jsme v článku uvedli.

Literatura

- BASOV A. M. a kol., Sposob razdělenija zernovoj smesi. Patent SSSR, třída 45e, 7/44, č. 197340.
- BESOV B. D., OLOFINSKIJ N. F., 1969, O razdělenii miněralov različajušichsja udělnym vesom na koronnom kamernom separatore. Sb.: Silnye električeskie polja v tehnologičeskich processach. Energija, Moskva.
- FELICI N. J., 1967, Electrostatics and electrostatic engineering. Sb.: Static electrification. Londýn.

- HARPER W. R., 1967, How do solid surfaces become charged. Sb.: Static electrification. Londýn.
- KALGANOV A. F., CATURJAN A. N., 1969, K voprosu o dvizhenii pučka zarjážennyh častic v poperečnom električeskom pole. Sb.: Silnyje električeskie polja v tehnologičeskich processach. Energia, Moskva.
- LEBARON J., 1964, Elektrostaticeskoje razdělenije miněralov. Sb.: Primeněnije sil električeskogo polja v promyšlennosti i selskom chozjajstve. Moskva.
- LEONOV V. A., LEŽNIN D. N., 1969, Zarjáženie tverdyh častic elektroaerozolem električeski raspyljajemoj židkosti. Sb.: Silnyje električeskie polja v tehnologičeskich processach. Energia, Moskva.
- MOREL R., 1967, Electrostatic sorting in a fluidized bed. Sb.: Static electrification. Londýn.
- PETRŽILKA V. a kol., 1960, Piezoelektrina a její technické použití. ČSAV Praha.
- PLAKSIN I. N., OLOFINSKIJ N. F., 1964, O primeněniji koronnyh obezpylivatělej i klasifikatorov dlja obogaščeniya melkich klassov poleznyh iskopajemyh. Sb.: Primeněnije sil električeskogo polja v promyšlennosti i selskom chozjajstve. Moskva.
- RALSTON O. C., 1961, Electrostatic separation of mixed granular solids. Elsevier, Amsterdam.
- REFFAY R., 1964, Zakony zarjážada izolacionnyh sferičeskich častic električeskim polem unipoljarnoj i bipoljarnoj korony. Sb.: Primeněnije sil električeskogo polja v promyšlennosti i selskom chozjajstve. Moskva.
- STEFANOVA M. M. a kol., Elektrostaticen triboseparator — barabanen tip. Bulharský patent, třída 1b, č. 10943.
- STRATTON J. A., 1961, Teorie elektromagnetického pole. SNTL Praha.
- ŠMIGEL V. N. a kol., Ustrojstvo dlja razděleniya zernovyh smesej po električeskim svojstvám. Patent SSSR, třída 45e, 7/44, č. 234033.

Došlo dne 28. 7. 1970

Электростатическая сепарация смеси жестких тел

Электростатическая сепарация смеси жестких тел — это современный метод, применяемый как в промышленности, так и в сельском хозяйстве (особенно при сортировке посевного материала). На его дальнейшее внедрение значительное влияние будет оказывать решение приведенных в статье основных теоретических вопросов.

Electrostatic Separation of Solid Body Mixtures

Electrostatic separation of the mixtures of solid bodies is a modern method used both in industrial production and in agriculture (particularly in seeds sorting). The further utilization of this method will be considerably influenced by the solution of the basic theoretical problems presented in the study.

Elektrostatiche Separierung der Gemische von festen Körpern

Die elektrostatiche Separierung der Gemische von festen Körpern ist eine moderne Methode, welche in der Industrie und in der Landwirtschaft angewendet wird (hier besonders für Saatgutsortierung). Für die weitere Geltendmachung dieser Methode wird die Lösung der grundlegenden theoretischen Fragen, die in dem Artikel angeführt werden, einen bedeutenden Einfluß haben.

Adresa autora:

Ing. Michal Servít, Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

631.22 : 628.81 697.71

V zemědělské výrobě všech průmyslově vyspělých států probíhá zprůmyslnění výroby a s ním spojené zvýšení její efektivity. Bezprostředně s tím souvisí rozšíření použití elektrického ohřevu a topných kabelů. Z odborné literatury zemědělské výroby se již rýsují zásadní směrnice o tom, kde a za jakých podmínek je použití topných kabelů nutné a jaké ekonomické výhody poskytují.

Z dřívější praxe v našem zemědělství víme, že použití topných kabelů pro ohřev půdy není u nás novinkou. Již v letech před druhou světovou válkou bylo použito v zájmu zvýšení efektivity rostlinné výroby ohřívání skleníků topným kabelem. Kabelovna v Kladně po dohodě se zahradnickými podnikateli v Praze (firma Strnad a jiné závody) vyráběla, běžně dodávala a pokládala topné kabely ve sklenících pro urychlené pěstování květin a raných sazenic. Provedení topných kabelů bylo v rámci závodu normalizováno, byly vydány katalogy a montážní návody pro jejich používání. Za války se topné kabely u nás přestaly vyrábět a po válce jejich výroba nebyla obnovena.

V zahraničí se v dnešní době používají topné kabely na širší bázi; ta obsahuje oblast vytápění obytných budov, průmyslových objektů, potrubí, nádrží, úseků silnic, ramp a podobně a rychle proniká i do zemědělské výroby. Odborníci v tepelné technice vyhledávají další ekonomicky výhodné způsoby využití topných kabelů.

V zemědělské výrobě se používají topné kabely ve výrobě živočišné, rostlinné, při ohřívání ramp a pro účely rozmrazovací (Lux 1967, Crist 1968, Kastroll 1968, Loos 1968, Münchenberg 1968, Canham 1968, Pčelkin a kol. 1968).

Při správném tepelném propočtu, správném položení a dobré regulaci teploty má ohřev topnými kabely v porovnání s jinými způsoby ohřívání tyto výhody:

- 1) Lze přesně lokalizovat prostor, který má být vyhříván.
- 2) Ohřev lze rychle odpojovat a připojovat, regulovat, programovat a automatizovat.
- 3) Lze využít levnějších nočních sazeb i řízení tepelných spotřebičů přiloženou frekvencí.
- 4) Lze prokázat ekonomickou účelnost při správném návrhu.

Topné kabely se zpravidla ukládají do podlah nebo do půdy, takže ohřev probíhá zdola, v některých případech lze ohřívát spodní části zdi. Při ohřívání potrubí, nádrží apod. se kabely pokládají do bezprostředního styku s ohřívaným objektem (BICC).

Technické parametry topných kabelů

Topné kabely musí vyhovovat těmto požadavkům:

- 1) Musí mít stálý výkon na jednotku délky, postačující pro dosažení rovnoměrného ohřevu v prostorách, a to po celou dobu jejich životnosti.
- 2) Maximální povrchová teplota nesmí přesahovat předepsanou hodnotu.
- 3) Mají být odolné proti možnému mechanickému namáhání (tah, tlak, apod.), a to za provozních teplot.
- 4) Musí vzdorovat vlhkosti a chemickým vlivům.
- 5) Musí být zaručena bezpečná ochrana proti úrazu elektrickým proudem i proti vzniku požáru.
- 6) Podmínkám 2, 3, 4 a 5 musí vyhovovat i veškeré příslušenství, zejména spojky a koncovky.

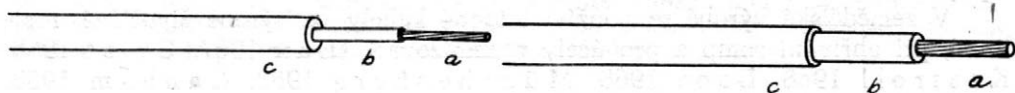
Kovové jádro kabelu se zhotoví buď z kulatého drátu nebo z lanka. Ohmický odpor jádra se vypočte podle požadovaného výkonu na 1 m délky kabelu a zhotoví se z materiálu s příslušným specifickým odporem.

Izolační obal jádra musí trvale vzdorovat poměrně vysokým povrchovým teplotám. Jako izolace se používá PVC s vyšší tepelnou odolností, etylenpropylenová guma (EPG), silikonová guma, asbestová nebo skleněná příze vysušená a impregnovaná, izolace minerální (např. MgO) i izolace keramická.

Ochranu izolačního obalu proti mechanickému poškození, vlhkosti, chemickým vlivům, korozi apod. tvoří ochranný obal z PVC, nehořlavé gumy (svitprenu) apod. Tam, kde jsou kladeny na ochranné obaly zvláště těžké požadavky, chrání se kabel oloveným nebo jiným kovovým pláštěm, který slouží zároveň jako zemnicí vodič.

V zemědělské výrobě, kde kabely jsou používány v prostředí vlhkém a chemicky agresivním, bude většina kabelů požadována v kovovém ochranném plášti, event. zesíleném protikorozním obalem z teplovzdorné umělé hmoty.

Na obrázcích 1 až 4 jsou příklady konstrukcí zahraničních kabelů a jejich hlavní parametry.



1. Kabel s izolací PVC, výkon 11 až 13 W/m

a - odporový vodič, b - PVC izolace, c - PVC plášť

2. Kabel s izolací EPG, výkon 12 až 16 W/m

a - odporový vodič, b - etylenpropylenová guma, c - svitpren



3. Kabel s izolací ze silikonové gumy, opletený sklem, impregnovaný lakem, výkon 25 až 33 W/m

a - odporový vodič, b - silikonová guma, c - skleněná příze s lakem

4. Kabel izolovaný asbestem nebo skleněnou přízí nebo s minerální izolací, kovový plášť, ochrana PVC, výkon 30 až 60 W/m

a - odporový vodič, b - skleněná příze, asbest nebo MgO, c - plášť Cu nebo Pb, d - PVC

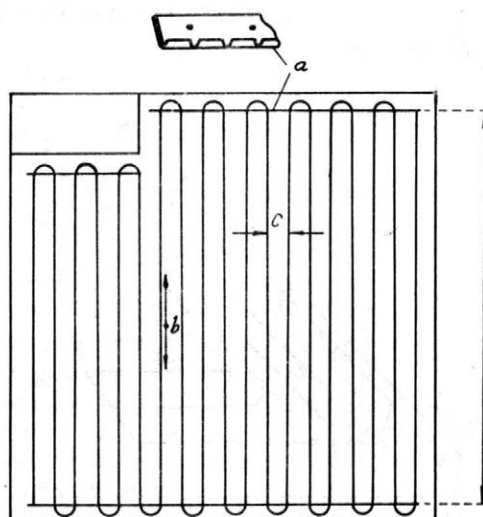
Zahraniční výrobci kabelů nabízejí přímo určité druhy topných kabelů v délkách odpovídajících celkovému ohřevacímu výkonu při zvoleném provozním napětí (BICC).

Ohřev topnými kabely

Připojení rozsáhlejších instalací s topnými kabely je třeba předem dohodnout s energetickým závodem. Přitom je nutné pro dosažení ekonomické efektivity využívat mimošpičkového a nočního provozu, eventuálně výhod řízení přiloženou frekvencí.

Ohříváme-li podlahu uzavřených objektů, je nutné přesně vypočítat tepelnou bilanci (Kureš 1969).

Tepelné ztráty jsou závislé na konstrukci ohřívajícího objektu, způsobu provedení tepelné izolace zdí, stropu, podlahy a oken. Údaje o specifických tepelných ztrátách lze získat ze stavebních podkladů. Zvláštní pozornost je nutno věnovat propočtu výměny vzduchu a s tím spojených tepelných ztrát. Vyhřívání podlahy je zároveň akumulátorem tepla pro tu část dne, kdy tepelné spotřebiče nemohou být připojovány s ohledem na předepsaný odběrový diagram. Tepelná kapacita podlahy musí zaručit minimální kolísání teploty během celého dne, přitom však její teplota nesmí nikdy přestoupit ani horní dovolenou mez. Topné kabely se zpravidla ukládají na prefabrikované panely, uložené izolovaně od pevné půdy. Minimální tloušťka panelů bývá 10 cm, na panel přijde 3 až 5 cm ochranné omítky. Kabel se ukládá tak, aby celá plocha podlahy byla rovnoměrně vytápěna. Příklad pokládání je na obr. 5. Pro výpočet rozteče os topného kabelu se užívá empirického vztahu (BICC):



5. Způsob ukládání kabelu na betonový panel

a - zajišťovací příchytky z umělé hmoty, b - začátek a směr pokládání, c - rozteč

$$c = \frac{12 A w}{1000 L}$$

kde: c - rozteč os kabelu (m)

A - ohřívání plocha podlahy (m²)

w - výkon kabelu na jednotku délky (W/m²)

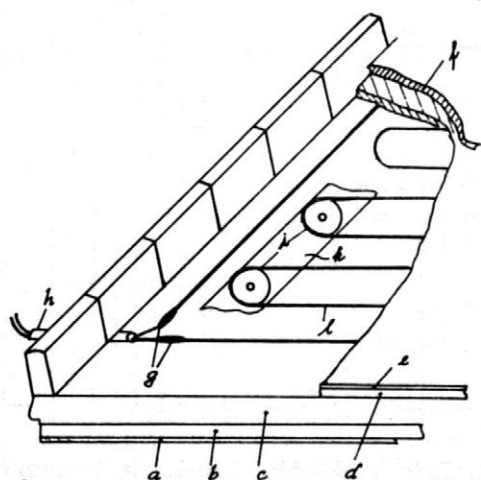
L - celkový výkon pro ohřev prostoru (kW)

V řadě případů je výhodné rozdělit kabely do několika sekcí, které jsou samostatně kontrolovány a zapojovány. Rohové prostory s větší plochou chladících zdí lze zabezpečit položením kabelu s menší roztečí.

Při vyhřívání zemědělské půdy (převážně ve sklenících) je třeba odizolovat topné kabely dostatečnou izolací od podloží i od okolní půdy po stranách (Černý 1969). Na podloží se navrství cca 25 cm izolačního materiálu (např. škváry). Na tuto izolační vrstvu se položí prefabrikované tvárnice nebo panely

s otvory pro kabel a nad tvárnice potřebná vrstva prsti. Kabel lze uložit i do vrstvy písku, pokud je zaručeno, že nemůže být mechanicky poškozen. Tvárnice (panely) i vlastní prst jsou zároveň akumulátory tepla. V tomto případě se musí pečlivě respektovat maximální teplota půdy s ohledem na citlivost pěstovaných rostlin.

Na betonový podklad nebo panely se kabely s izolací PVC nebo EPG pokládají pomocí izolačních přichytek z umělé hmoty (obr. 5). Kabely s kovovým pláštěm se ohýbají napínacími kladkami, upevňují se do kovových pasů, v některých bodech se fixují asfaltem o vysokém bodu tání. Ohýbací kladky se po upevnění kabelu odstraní (obr. 6). Položené kabely se kontrolují na kontinuitu a izolační odpor. Většinou se zakryjí betonovou vrstvou nebo vrstvou živcové směsi.



6. Ukládání kabelu s kovovým pláštěm
a - izolace proti vlhkosti, b - tepelná izolace, c - panel, d - písek, e - spodní vrstva podlahy, f - podlaha, g - kabelové spojky, h - průchodka, i - napínací kladky, k - šablona s kladkami, l - topný kabel

REGULACE A PROGRAMOVÁNÍ

Pro regulaci prostředí vyhřívaného topnými kabely lze užít regulátorů spojitých i nespojitých.

Spojitou regulaci volíme výjimečně, a to v případech, kdy se vyžaduje jemná regulace teploty bez teplotních výkyvů a kde ohřívání prostředí má malou tepelnou jímavost. V těchto případech je vhodné použít transduktorových nebo tyristorových regulačních členů. Jako čidlo teploty se užívají v tomto případě teplotně závislé odporové materiály, termistory nebo termočlánky ve spojení se zesilovacími, event. kompenzačními obvody.

Nespojitá regulace je ve většině případů plně postačující. Velmi často se zde užívá dvoupolohové regulace se stavy zapnuto a vypnuto. Jako čidla teploty se používají metylalkoholové, tyčové a bimetalové termostaty, kontaktní teploměry, odporové teploměry, termistory i termočlánky. V nejjednodušších případech spíná termostat nebo kontaktní teploměr přes pomocné relé přímo cívku pracovního stykače. V náročnějších případech se užívá regulátorů kompenzačních. Práci regulátoru lze kombinovat s ručním přepínáním sério-paralelním, event. s přepínáním hvězda - trojúhelník.

Čidla teploty se umísťují jednak do referenční výšky nad podlahou (např.

1,5 m), jednak tak, aby se kontrolovala např. maximální teplota podlahy, teplota vně objektu, teplota u kořenů rostlin atd.

Nejjednodušší programátor jsou časové spínací hodiny, spojené zpravidla s dvoutarifovým elektroměrem. Výhodnější pro spotřebitele i dodavatele elektrické energie je řízení pomocí přiložené frekvence, opět ve spojení s dvoutarifovým elektroměrem. Pro náročné případy lze teplotu programově řídit během celého dne, popřípadě celého vegetačního období. Používají se povelové válce s nastavitelnými spínacími prvky, programové disky, děrné pásky aj.

ZAHRAŇIČNÍ ZKUŠENOSTI S TOPNÝMI KABELY

Velkovýkrmna prasat v USA (cca 7 000 ks ročně) (L u x 1967) použitím elektrického ohřevu topnými kabely v podlahách snížila původní 10 % úhyn na zlomek procenta. Panely jsou v hloubce 45 cm, jsou tepelně izolovány polystyrolovými bloky a zasypány 30 cm vysokou vrstvou písku. Na písku je vlastní betonová podlaha 15 cm silná. Tepelné ztráty činí 25 % příkonu.

Plně elektrizovaná farma v USA (L u x 1967) programuje pro novorozená selata teplotu 38 °C a postupně ji snižuje během tří týdnů. Při poklesu venkovní teploty se ohřev topnými kabely doplňuje elektrickými kamny a zaručuje se tak minimální teplota vzduchu 13 °C v referenční výšce nad podlahou.

V NSR (K a s t r o l l 1968) se užívá topných kabelů zejména s cílem zmenšit úhyn novorozených selat. Příkony jsou v rozmezí 300 až 350 W/m², používané napětí 24 V. Hojně se užívají gumové matrace rozměru 0,5 × 1 m s ohřívacími vodiči izolovanými silikonovou gumou. Příkon matrace je 175 W.

V časopise Schlepper u. Landmaschienen je doporučována pro novorozená selata teplota podlahy 35 °C, u čtyřkilogramových selat teplota 29 °C, u desetikilogramových selat teplota 19 °C, pro vzrostlá prasata teplota 15 až 20 °C. Používané napětí: 24 V i 220 V (zde je bezpodmínečně nutná dokonalá automatická ochrana). Při příkonech 300 až 350 W/m² je pro jedno sele třeba 0,8 kWh za týden, resp. 4 až 7 kWh za dobu, pokud je sele u prasnice. Infraohřev by byl dražší a je málo vhodný.

Z e h e n t e r (1968) doporučuje rovněž ohřev podlahy topnými kabely pro odchovny prasat, pro novorozenáta doporučuje teplotu podlahy 35 až 38 °C, teplotu vzduchu 15 až 18 °C. Příkon odhaduje o 35 až 40 % menší než při infraohřevu. Přitom téměř odpadá údržba i nebezpečí, spojené s použitím infražárovek (popáleniny, nastuzení). Doporučený příkon opět 300 až 350 W/m², měrný výkon kabelu 20 W/m, kabel s olověným pláštěm a PVC ochranou, napětí 220 V, proudová diferenciální ochrana 30 mA. Pro přenosné topné panely se doporučuje napětí pouze 24 V.

V Holandsku (G e n s 1968) se topné kabely užívají od roku 1965. Kabely se zatahují do panelů o rozměrech 150 × 50 × 10 cm, příkon je 330 W/m², povrchová teplota až 40 °C.

Ohřev prostory pro dojení je užíván v NSR (L o o s 1968, M ü n c h e n b e r g 1968). Topný kabel je uložen v betonové podlaze a spodních částech zdí. Specifický výkon je 20 W/m². Při celkovém příkonu 3 až 4 kW a při vhodné regulaci a programování je spotřeba 1000 až 2000 kWh za rok. Cena celého zařízení pro ohřev dojírny je 1000 až 1200 dolarů.

M o r i m o t o (1968) uvádí aplikaci topných kabelů při chovu úhořů. Dvě sekce kabelů jsou připojeny na 210 V a uprostřed uzemněny. Celkový příkon bazénu je 63 kW, teplota vody se reguluje na 13 °C pomocí dvoustupňové regulace.

Použití v rostlinné výrobě uvádí Andrews (1968) a Canham (1968). Zde se topných kabelů užívá ve sklenících pro pěstování sazenic kvě-
táku, salátu a rajských jablek zároveň s infračervenými a ultrafialovými zářiči.

Používání topných kabelů v SSSR popisují články Pčelkina a kol. (1968) a Krylova (1968). Např. prostor 1000 m², zakrytý lehkou konstrukcí potaženou fólií z umělé hmoty, je vyhříván topným kabelem o celkovém příkonu 30 kW. Kabel je rozdělen do 12 sekcí, uložen v hloubce 30 cm a zakryt 5 cm tlustou vrstvou betonu. Délka vodiče každé sekce je 320 m. V Doněcké oblasti je od roku 1967 v provozu ohřev topným kabelem ve 335 000 skleníkových rámech. Ohřívací těleso tvoří asbestocementové nebo keramické roury, ve kterých je železný drát o průměru 25 až 30 mm. Spotřeba energie pro pěstování sazenic raného zelí je 140 až 160 kWh na rám, u rajčat 105 až 115 kWh na rám.

Literatura

- ANDREWS R. G., 1968, Fluorescent lighting for tomato growing. *Electricity Times* 154: 8.
- CANHAM A. E., 1968, Controlled environment in horticulture. *Light e. Lighting* 10.
- CRIST R. S., 1967, Electrical heating eliminated frost problems in modern dairy barn. *Farm electrification* 21, 6.
- CRIST R. S., 1968, Electric heat increases pig brooding profits. *Farm electrification* 12.
- ČERNÝ V., 1969, *Elektrotechnika II*. SPN Praha: 94-95.
- FATE KENNETH L. Mc., 1967, These little pigs like electric heat. *Electricity of the Farm* 40, 9.
- GENS P. A. de, Biggenopfok met elektrisch verwarmde tidels in de voloer. *Elektrotechnik* 46, 5.
- KASTROLL H. J., 1968, Moderne Fußbodenheizung — Systeme für die Ferkel Aufzucht. *Electro-Anzeiger Ausg. Handel u. Installationstechnik* 21, 6.
- KRYLOV D., 1968, Opyt ispolzovaniya parnikov na elektroobogrevě. *Technika v selskom chozjajstve* 3.
- KUREŠ J., 1969, Výpočty tepelných ztrát obytných budov. *Elektrické teplo* 2.
- LOOS A., 1968, Heizungen für den Melkstand. *Elektrodienst* 10, 5.
- LUX J., 1967, Pigs saved add up to hog profits! *Electricity of the Farm* 40, 12.
- MANFULL G., 1968, Deepheat — a unique blend of old and new is an interior stored heat. *Electricity of the Farm* 41, 9.
- MORE Y., 1967, L'industrie porcine et l'électricité dans les côtes du Nord. *Revue Française de l'Electricité* 40, 219.
- MORIMOTO JOSINARU, 1968, Denky hyoron. *Electr. Rev.* 53, 11.
- MÜNCHENBERG F., 1968, Elektrische Heizung für Melkstände. *Elektrizität (NSR)* 18, 5.
- PČELKIN J., LOPATČENKO A., KLIMENKO M., 1968, Plenočnaja teplica s elektroobogrevom. *Technika v selskom chozjajstve* 1.
- PČELKIN J., LOPATČENKO A., 1968, Električeskij obogrev v plenočnoj teplice. *Mechanizacija i elektrifikacija selskogo chozjajstva*.
- ZEHENTER L., 1968, Die elektrische Beheizung für Ferkelaufzucht. *Elektrizität* 18, 5.
- , BICC (British Insulated Callender's Cables Limited) — Heating Handbook.
- , BICC — Mineral Insulated — Heating Cables.
- , Wärmebedarf bei Ferkeln — elektrische Fußbodenheizung. *Schlepper und Landmaschine* 18, 12.

Došlo dne 11. 3. 1970

Применение нагревательных кабелей в сельском хозяйстве

В статье обращается внимание на возможность применения нагревательных кабелей в сельском хозяйстве. Авторы приводят технические параметры нагревательных кабелей и требования, предъявляемые к их конструкции. Знакомят с их применением в животноводстве и растениеводстве и со способами регулирования с программированием нагрева.

Ссылаясь на иностранную литературу, авторы подытоживают опыт применения нагревательных кабелей в сельскохозяйственных предприятиях в США, ФРГ, Голландии, СССР и Японии.

The Use of Heating Cables in Agriculture

The article indicates the possibilities of the use of heating cables in agriculture. Technical parameters of heating cables and the requirements for their construction are presented. The methods of application to animal husbandry and plant production are mentioned and the ways of the controlling and programming of heating are indicated. The references to foreign literature sum up the experience with heating cables obtained in the agricultural enterprises in the U.S.A., German Federal Republic, the Netherlands, U.S.S.R. and Japan.

Benützung von Heizungskabeln in der Landwirtschaft

Der Artikel weist auf die Möglichkeit der Benützung von Heizungskabeln in der Landwirtschaft hin. Er führt die technischen Parameter der Heizungskabel mit Anforderungen auf ihre Konstruktion an. Er führt die Applikation für die tierische sowie pflanzliche Produktion und die Regulationsmethoden mit der Heizungsprogrammierung an. Mit Hinweisen auf ausländische Literatur sind Erfahrungen mit Heizungskabeln in landwirtschaftlichen Betrieben in USA, BRD, Holland, UdSSR und Japan zusammengefaßt worden.

Adresa autorů:

Ing. Alexandr Čajka, doc. ing. Václav Černý, CSc., Vysoká škola zemědělská, katedra elektrizace a automatizace, Praha - Suchbát

Černý V.: Některé problémy elektrizace zemědělských závodů	679
Černý V., Růžicková J., Servít M.: Elektrooptické třídění zemědělských produktů	681
Bureš M.: Bezkontaktní selektivní signalizace průjezdu vozidla	695
Vítek V.: Snímač pro kontinuální měření vlhkosti půdy	705
Petrbok K.: Metoda výpočtu svodu vedení elektrického ohradníku k hrazení pastvin	711

Zemědělská technika v zahraničí

Servít M.: Elektrostatická separace směsí tuhých těles	717
Čajka A., Černý V.: Používání topných kabelů v zemědělství	723

СОДЕРЖАНИЕ

Черны В., Ружицкова Й., Сервит М.: Электрооптическая сортировка сельскохозяйственных продуктов (692). — Буреш М.: Бесконтактная селективная сигнализация проезда транспортного средства (703). — Витек В.: Адаптер для непрерывного измерения влажности почвы (709). — Петрбок К.: Методы вычисления токоотвода проволоки электроизгороди для огораживания пастбищ (715). — Сервит М.: Электростатическая сепарация смеси жестких тел (722). — Чайка А., Черны В.: Применение нагревательных кабелей в сельском хозяйстве (728).

CONTENT

Černý V., Růžicková J., Servít M.: Electrooptical Classification of Agricultural Products (692). — Bureš M.: Contact-Free Selective Vehicle Passage Signalling (703). — Vítek V.: Indicator for Continuous Determination of Soil Humidity (709). — Petrbock K.: Method for the Calculation of Leakage of Electric Fencing for Control Grazing (715). — Servít M.: Electrostatic Separation of Solid Body Mixtures (722). — Čajka A., Černý V.: The Use of Heating Cables in Agriculture (729).

INHALT

Černý V., Růžicková J., Servít M.: Elektrooptische Sortierung der landwirtschaftlichen Produkte (693). — Bureš M.: Kontaktlose selektive Fahrzeugdurchfahrtssignalisierung (703). — Vítek V.: Meßgeber für die kontinuierliche Messung der Bodenfeuchtigkeit (710). — Petrbock K.: Verfahren zur Berechnung der Ableitung eines Elektroweidezaengerätes (716). — Servít M.: Elektrostatische Separierung der Gemische von festen Körpern (722). — Čajka A., Černý V.: Benützung von Heizungskabeln in der Landwirtschaft (729).

TABLE DES MATIÈRES

Černý V., Růžicková J., Servít M.: Classification électrooptique des produits agricoles (res. An/692, Al/693). — Bureš M.: Signalisation sélective sans contact du passage du véhicule (res. An, Al/703). — Vítek V.: Capteur pour la mesure continue de l'humidité du sol (res. An/709, Al/710). — Petrbock K.: Méthode de calcul de la descente de la ligne de l'électrificateur de clôture, destiné à clôturer les pâturages (res. An/715, Al/716). — Servít M.: Séparation électrooptique des mélanges des corps solides (res. An, Al/722). — Čajka A., Černý V.: Emploi des câbles de chauffage en agriculture (res. An, Al/729).

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova 22, Praha 2.