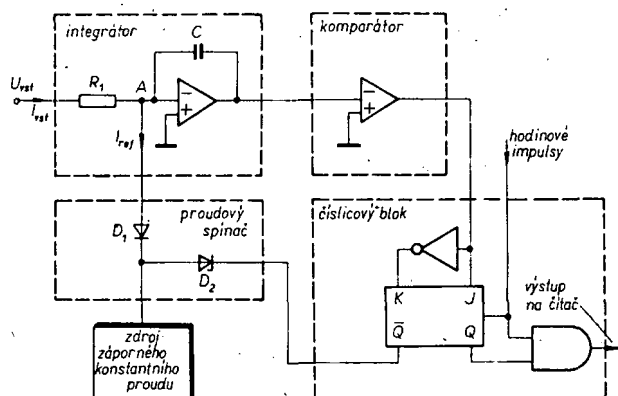




Obr. 4. Zjednodušené schéma převodníku CB

Povšimněme si ještě, že střední hodnota napětí na výstupu integrátoru se při zvětšování napětí  $U_{ref}$  od nuly do 2 V posouvá od kladných do záporných velikostí. Důvod je zřejmý – náběžná hrana od okamžiku překročení nulové úrovně končí po uplynutí jednoho hodinového impulsu.

Dostáváme se nyní k obr. 4, s jehož pomocí si již můžeme popsat zjednodušené obvodové uspořádání převodníku tohoto typu. Obrázek sám ukazuje jeho hlavní přednost, která spočívá v extrémní jednoduchosti: Aktivním prvkem integrátoru je operační zesilovač. Díky jeho velkému zesílení a zpětnovazební síti je bod A udržován na prakticky nulovém potenciálu. Vstupní odpor převodníku je tedy určen odporem  $R_1$ .

Zřejmě unikátní je řešení komparátoru. Tento obvod musí mít dvě prahové úrovně a tedy určitou hysterezi, které se v klasických konstrukcích dosahuje kladnou zpětnou vazbou, což často přináší různé problémy. Zvláštností systému charge balancing je možnost použít na tomto místě jednoduchý operační zesilovač bez zpětné vazby. Hystereze se dosahuje číslicovým způsobem, což částečně vyplývá již z předchozího popisu. Prahová úroveň komparátoru se potom volí shodná pro kladný i záporný smysl napětí výstupu integrátoru – jedinou možností z hlediska symetrie je úroveň 0 V.

Číslicový blok se skládá z klopného obvodu J-K, invertoru, hradla a dvou diod. Předpokládáme, že výstup Q klopného obvodu má úroveň log. 0,  $\bar{Q}$  = log. 1. Při  $Q$  = log. 0 je hradlo pasivní, na čítač nepřicházejí žádné impulsy. Protože  $\bar{Q}$  = log. 1, teče přes  $D_2$  proud  $I_{ref}$ . Tím je však uzavřena dioda  $D_1$ , takže do bodu A (obr. 4) referenční proud neteče. Předpokládáme, že se výstupní signál integrátoru zmenší do záporných hodnot. Jakmile napětí překročí prahovou úroveň (tedy 0 V), objeví se na výstupu komparátoru skokem signál kladné polarity, čímž má vstup J úroveň log. 1 a vstup K úroveň log. 0. Následující hodinový impuls překlápí obvod J-K, čímž dochází k aktivizaci hradla a průchodu hodinových impulsů do čítače. Současně nyní teče přes  $D_1$  ( $D_2$  je uzavřena) referenční proud z integrátoru. Dosáhne-li výstupní signál integrátoru znovu 0 V (prahové hodnoty), tentokrát při přechodu do kladných úrovní, přechází výstup komparátoru znovu do záporných hodnot, což funkčně odpovídá stavům  $J$  = log. 0,  $K$  = log. 1. S dalším hodinovým impulsem přechází  $\bar{Q}$  na úroveň log. 0,  $Q$  na log. 1. Hradlo je znovu pasivní a referenční proud je od integrátoru odpojen. Časový interval mezi skokem napětí na výstupu komparátoru a hodinovým impulsem, působícím překlacením obvodu J-K, je číslicově získaná hystereze systému. Vzhledem k volnoběžnosti číslicového bloku je možno stanovit maximální možnou přesnost (rozlišovací schopnost) převodníku  $\pm 1$  digit.

Ve srovnání s nejrozšířenějším systémem převodníku A/C – systém dvoji integrace – je

možno vidět přednost popsaného řešení především v jednoduchosti a průměrných požadavcích na tolerance součástí, nedostatkem

# Příklady použití MAA436

Ing. M. Arendáš

V RK 5/1975 bylo uveřejněno zapojení a popis činnosti nového integrovaného obvodu TESLA, MAA436. V tomto článku jsou přehledně uvedeny aplikace tohoto obvodu v regulačních a jiných zařízeních.

Obvod MAA436 se hodí pro každou tyristorovou či triakovou regulaci, tedy k řízení proudu do topných těles, k řízení rychlosti otáčení motorů – ovšem pouze těch, jejichž rychlost je úměrná napájecímu napětí, k řízení svářecího proudu svářeček, jak střídavých, tak stejnosměrných, k řízení proudu nabíječek akumulátorů atd. Uvedené příklady použití mají být typickými příklady a vodítkem k hledání dalších možností.

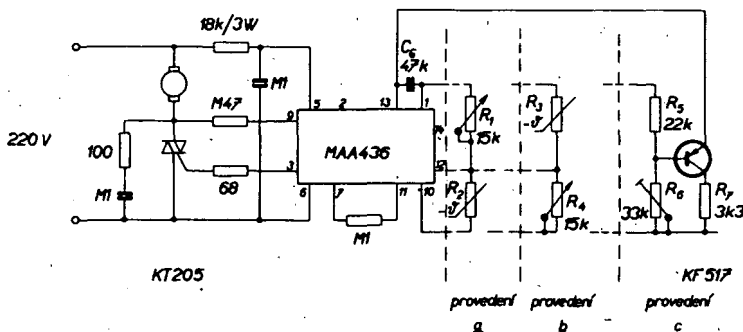
Na obr. 1a je obvod k řízení teploty změnou rychlosti otáčení motoru ventilátoru. Předpokládá se, že ventilátor slouží pouze k chlazení. Odporem  $R_1$  se nastaví rychlost otáčení motoru vzhledem k teplotě, které chceme dosáhnout (stupnice pod ovládacím knoflíkem  $R_1$  může být popř. ocejchována ve  $^{\circ}\text{C}$ ). Termistor  $R_2$  má odpor asi 5 k $\Omega$  při sledované teplotě. Zvyšuje-li se v daném prostředí teplota, zvětšuje se rychlost otáčení – stejnosměrné řídicí napětí na vstupu 12 integrovaného obvodu MAA436 se zvětšuje, fázový řídicí úhel impulsů na výstupu 3 se zmenšuje, triak se více otevírá (na větší část pulsuje triadového síťového napětí), motorem ventilátoru teče větší proud a jeho

je obtížnější potlačení rušivého napětí síťového kmitočtu a jeho harmonických (vyšší požadavky na vstupní filtry).

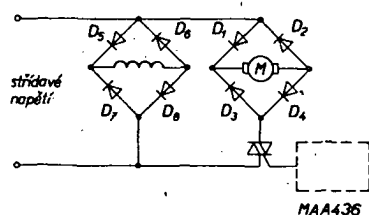
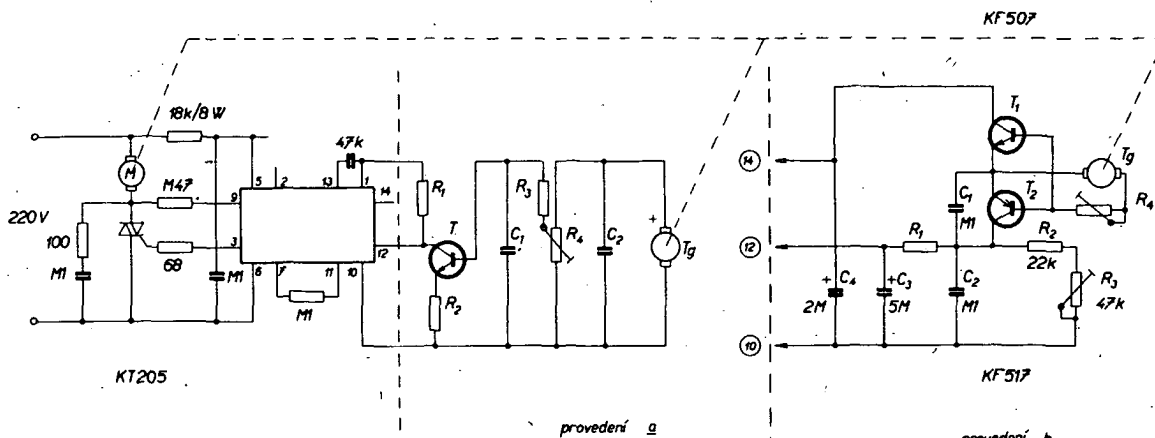
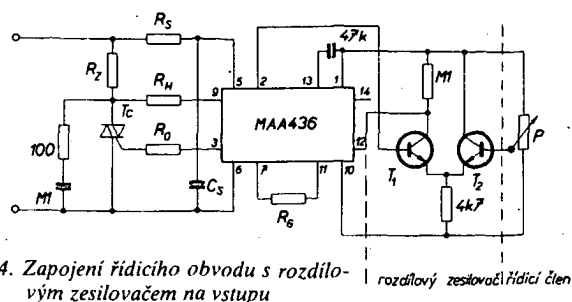
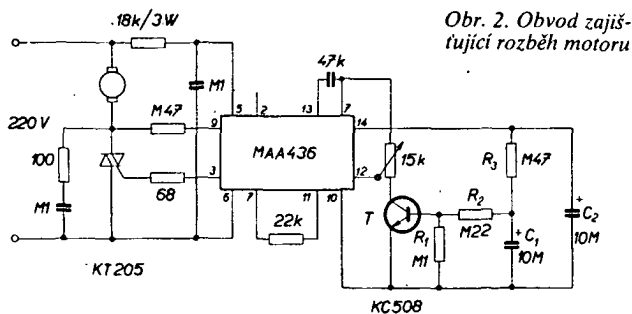
Fa Keithley ověřovala funkční vlastnosti svého převodníku déle než dva roky v multimetru Modell 167 s výstupem na tiskárnu. V současné době nabízí nový multimetr (Modell 168) pro měření odporů, ss a st napětí a proudů, který je vybaven automatickou volbou rozsahu.

## Literatura

- [1] Kime, R. C.; Kusterer, V.: „Charge balancing“ – ein neues A/D-Integrationsverfahren. Elektronik 12/1974.
- [2] Georg, O.: Digitale Messtechnik. ATM + Messtechnische Praxis 3/75.



Obr. 1. Řízení teploty změnou rychlosti otáčení motoru ventilátoru



Obr. 5. Řízení stejnosměrného derivačního motoru triakem

určité úrovně regulace funkci regulátoru vnější přidaný tranzistor, který nabíjí kondenzátor  $C_6$  na jistou minimální úroveň napětí, kterou lze nastavit potenciometrem  $R_6$ . Tuto úroveň pak odpovídá jistý minimální proud motorem a jemu pak určitá minimální rychlost otáčení.

U některých regulací, zejména tehdy, má-li motor na hřídeli velkou setrvačnou hmotu, je požadován „měkký“ rozběh po zapnutí. V okamžiku zapnutí jsou kondenzátory (obr. 2)  $C_1$  a  $C_2$  bez napětí a tranzistor  $T$  je uzavřen, neboť nemá na bázi žádné napětí. Úhel otevření triaku je nulový. S postupným nabíjením kondenzátorů se začíná tranzistor  $T$  otevírat a ss napětí na vstupu 12 se zvětšuje, takže se fázově posouvají impulsy na vstupu 3 a proud motorem se postupně zvětšuje. Proud se ustálí tehdy, otevře-li se tranzistor  $T$  až do saturace. Pak se na vstupu 12 integrovaného obvodu MAA436 uplatňuje pouze regulační napětí z děliče (dáno nastavením potenciometru 15 k $\Omega$ ). Podobnou regulaci lze uplatnit i v zapojení s tzv. uzavřenou smyčkou. Doba rozběhu je závislá převážně na časové konstantě dané odpory  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  a kondenzátory  $C_1$ . Kondenzátor  $C_2$  se uplatňuje již méně.

Stabilizace rychlosti otáčení motoru je

nutná zpravidla tehdy, má-li se zajistit pravidelný chod motoru při proměnném zatížení na hřídeli. Uzavřená zpětnovazební smyčka zdánlivě zvětšuje kroučící moment na hřídeli motoru, zejména při zmenšení rychlosti otáčení. K zajištění uzavřené zpětnovazební smyčky je nutné převést skutečnou rychlost otáčení motoru na tzv. chybové napětí, které se zavádí do regulačního členu, kterým je v našem případě integrovaný obvod MAA436. Nejpoužívanějším prvkem k získání chybového napětí je tachogenerátor, což je dynamo, obvykle cejchované, které dává ss napětí při otáčení na hřídeli. Umístíme jej s motorem na společný hřídel. Bývá obvyklé, že tachogenerátor je mnohdy až na hřídeli, na jehož rychlosti otáčení nejvíce záleží, tedy od motoru až za převodem a spojkou. Teoreticky je možné použít k získání chybového napětí i kotouč, který zakrývá při otáčení fotonku. Získané impulsy mají pak kmitočet úměrný rychlosti otáčení motoru. V kmitočtovém detektoru přeměníme tyto impulsy na stejnosměrné napětí. Tohoto způsobu se však užívá zřídka.

Na obr. 3 jsou dva způsoby připojení tachogenerátoru. V případě a se řídí proud do motoru změnou ss napětí na výstupu tachogenerátoru. Potenciometr  $R_4$  slouží k nastavení rychlosti otáčení motoru. Zvětší-li se rychlost motoru, je na výstupu tachogenerátoru větší ss napětí, které otevře více tranzistor  $T$ , to má za následek, že se zmenší napětí na vstupu 10, čímž se fázově posunou řídicí impulsy, omezí se proud do motoru a zmenší se rychlost otáčení motoru. Při rozběhu se naopak dostává na vstup 12 integrovaného obvodu takové stejnosměrné napětí (přes  $R_1$ ), které by mělo stačit na výstupu k plnému otevření triaku a plnému proudu do motoru. Kondenzátory  $C_1$  a  $C_2$  zjišťují stabilitu soustavy vůči kmitání.

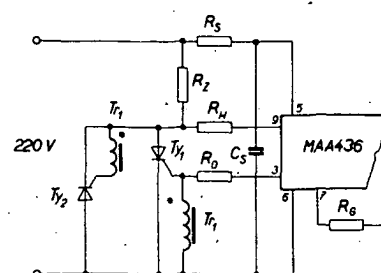
Při provedení podle obr. 3b je použit kmitočtově citlivý tachogenerátor. Změně rychlosti otáčení neodpovídá změna ss napětí, ale změna kmitočtu. Při každé změně napětí z tachogenerátoru se nabíjí a vybíjí kondenzátor  $C_1$  přes tranzistory  $T_1$  a  $T_2$ . Nabíjení  $C_1$  se nabíje i kondenzátor  $C_2$ , který

se pomalu vybíjí přes odpory  $R_2$  a  $R_3$ . Střední napětí na  $C_2$  je po filtraci členy  $R_1$  a  $C_3$  stejnosměrným řídicím signálem pro MAA436. Z výstupu 14 se odebírá napětí k napájení obou tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$ .

Mnohdy je úroveň řídicího napětí tak malá, že k řízení integrovaného obvodu MAA436 nestačí. Tehdy je nutné připojit na vstup 12 ještě další zesilovač, nejlépe rozdílový, jenž je zjednodušeně naznačen na obr. 4. Jeho dva tranzistory lze napájet z výstupu 1 integrovaného obvodu. Bázi tranzistoru  $T_2$  pak použijeme pro vstup řídicího signálu.

Při řízení stejnosměrného derivačního motoru musíme ještě řízené napětí usměrnit, než jím můžeme napájet kotvu motoru. Stejnosměrné napětí pro buzení se obvykle usměrňuje zvlášť ( $D_1$  až  $D_4$  na obr. 5).

U všech popsaných zapojení jsme předpokládali, že jako řídicí člen je použit triak. Triak lze nahradit dvěma antiparalelně zapojenými tyristory. Každý z nich reaguje pak vždy jednu půlperiodu. Aby i na řídicí elektrodě druhého tyristoru byl kladný, fázově se posouvající impuls, musíme do zapojení přidat ještě transformátor se dvěma vinutími (převod 1:1), který přenesne kladnou náběžnou hranu. Vlastnosti takto spojených dvou tyristorů jsou stejné jako vlastnosti jednoho triaku (obr. 6).



Obr. 6. Náhrada triaku dvěma tyristory