HIGH SENSITIVE RECOVERING CIRCUIT FOR MEASURING BRIDGE OF THE STRAIN GANGES

OBVOD SPRACOVANIA SIGNÁLU Z TENZOMETRICKÉHO MOSTÍKA S VYSOKOU CITLIVOSŤOU.

Michaeli, L., Kalakaj, P.

Abstract

The AC recovering circuit for amplification of diagonal voltage from Wheatstone bridge is described in the article. The diagonal voltage represents the output port of the bridge completed from strain gauges that are sticked on the deformation element of the dynamometer. The output results are in the digital form and the sensitivity is 10mV/50Nm.

Úvod

Obvod pre vyhodnocovanie signálov z odporového mostíka bol použitý v tenzometrickom dynamometri. Deformačný torzný element je vytvorený z dvoch prírub navzájom spojených tenkostennými stojinami. Na stojinách sú nalepené odporové tenzometre s vinutím pod uhlom 45° vzhľadom k osi deformačného elementu.

Tenzometre vytvorené tenkovrstvovou technológiou sú zapojené do mostíka tak, že zmenu elektrického napätia v diagonále mostíka vyvoláva len torzný moment. Súčasný kolmý tlak a ohyb elementu nevyvoláva žiadnu zmenu napätia. Hodnota odporu je 64 ohmov.Mechanická deformácia stojiny deformačného prvku vyvolá relatívne predlženie ε_1 v smere dvoch tenzometrov a relatívne stlačenie $\varepsilon_2 = -\varepsilon_1$ ďalších dvoch tenzometrov.

Obvod spracovania signálu

Výstupný signál je získaný z diagonály úplného tenzometrického mostíka doplneného vyvažovacím ramenom. Vyvažovacie rameno je tvorené drôtovými rezistormi, ktoré hrubo nastavujú rovnováhu mostíka. Jemné vyvažovanie mostíka sa dosahuje pomocou viacotáčkového potenciometra.V záujme potlačenia driftov zosilňovača diagonálného napätia tenzometrického mostíka sa využíva napájanie tenzometrického mostíka harmonickým napätím. To spôsobí že mostík je rozšírený ešte o kompenzačný kondenzátor ktorý vyvažuje kapacitnú nesymetriu spôsobenú prívodnými tienenými vodičmi, ktorými je tenzometrický mostík prepojený s vyhodnocovacím elektronickým obvodom. Mostík je v záujme maximálneho potlačenia chyby merania napájaný zdrojom harmonického napätia so stabilnou amplitúdou. V opísanom zapojení Obr.1 sa to dosahuje kaskádným zapojením astabilného multivibrátora a dolnofrekvenčného filtra. Výstupný obvod multivibrátora generujúceho frekvenciu 1 kHz je tvorený logickým hradlom CMOS napájaným symetricky zo stabilizovanej napájacej zbernice +5 V, -5 V (IO1).

Tento priebeh je ďalej odfiltrovaný dolnofrekvenčným priepustom s medznou frekvenciou 1 kHz. Filter je tvorený operačným zosilňovačom (IO3A). Z vedlajšej diagonály mostíka je odoberané výstupné napätie tenzometrických snímačov ladeným transformátorom. Jeho úlohou je nielen potlačiť šumové zložky vytvorené naindukovaným sieťovým napätím a inými rušiacimi zdrojmi, ale aj pretransformovať symetrické diagonálne napätie na nesymetrické usporiadanie pre potreby jeho ďalšieho zosilnenia v ďalších stupňoch. Hlavný príspevok zosilnenia sa dosiahne v neinvertujúcom zosilňovači tvorenom operačným zosilňovačom (IO4A). Neinvertujúce zapojenie je zvolené z dôvodov zabezpečenia vysokej vstupnej impedancie, pripojenej na sekundáre transformátora a tým aj minimálneho zaťaženia diagonály tenzometrického mostíka. Potenciometrom RP3, zapojenom do série s odporom, sa nastavuje požadovaná hodnota zosilnenia vyhodnocovacieho obvodu. K výstupu tohto stupňa je pripojený synchrónny detektor. Hlavnou výhodou tohto obvodu je jeho vysoký útlm všetkých frekvenčných zložiek naindukovaných do obvodu dôsledkom jeho extrémne vysokého zosilnenia (A=3000-10000).Ďalšie zosilnenie sa dosiahne ešte zosilnením jednosmerného napätia z jeho výstupu. Takto dosiahnutá frekvenčná transpozícia mieronosného signálu predstavuje ďalší klad tohto usporiadania, lebo sa ňou potláča nebezpečie vzniku autooscilácii zosilňovacieho reťazca. Synchrónny detektor je zapojený dvojcestne, pričom kladné polvlny sú spínané analógovým spínačom na vstup neinvertujúceho stupňa jednosmerného zosilňovača (IO4B) a záporné obdobným spínačom na invertujúci vstup. Tento spínač je tvorený CMOS transfert gatom riadeným z reťazca hradiel (IO2) napájaných z multivibrátora. Oneskorovacie kondenzátory (C2,C3) v tejto kaskáde umožňujú presne vyrovnať fázové oneskorenia, spôsobené filtrom a striedavým zosilňovačom. Zosilnenie jednosmerného zosilňovača je nastavené na hodnotu 1.

Výstupné napätie synchronného usmerňovača je privedené na číslicové panelové meradlo MR 200. Zosilnenie celého reťazca je nastavené tak, že prístroj zobrazuje výstupný údaj priamo v Nm.Pri nastavovaní prístroja je potrebné vykompenzovať reálnu aj imaginárnu komponentu diagonálneho napätia. To sa dosiahne postupným nastavovaním vyvažovacieho potenciometra P1 a kompenzačnej kapacity Ck, tak aby diagonálne napätie v kľudovom stave bolo nulové. Jeho hodnotu je možné získať po zosilnení na výstupe zosilňovača IO4B. Ďalšie vyvažovanie, požadované počas prevádzky zariadenia sa vzťahuje len na vyvažovanie odporovej zložky.Za týchto podmienok je potom potrebné nastaviť oneskorenie v ovládacom obvode spínačov synchrónneho detektora, tak aby pri vyvážení mostíka bolo výstupné jednosmerné napätie nulové.Takto zpojený obvod mal nastaviteľné zosilnenie v rozsahu 9.10^5 -18.10^5. To umožňovalo vyhodnocovať mechanický moment v rozsahu −50.0 Nm ÷ 50.0 Nm. Výstupný údaj je zobrazovaný 3 - miestnym displejom.Chyba zosilnenia bola určená nestabilitou amplitúdy generátora a teplotnými zmenami zosilnenia obvodu IO4A. Dominantný zdroj chyby, predstavovaný amplitúdou multivibrátora, je potlačený použitím výstupného CMOS hradla a stabilizovaných napájacích napätí. Tiež odber následného filtra môže spôsobiť len zanedbateľné úbytky na výstupnom odpore tohto obvodu. Relatívna presnosť obvodu v rozsahu pracovných teplôt je menšia ako 2,5% z maxima meracieho rozsahu.

Nestabilita nuly je spôsobená hlavne teplotnou závislosťou odporového vyvažovacieho ramena a rôznosťou teplotnej závislosti tenzometrov, resp. nerovnakým ohrievaním jednotlivých tenzometrov. To predstavuje zdroj nepresností, ktorý sa objaví po odstránení hlavného zdroja nestability nuly driftu jednosmerných zosilňovačov, aj keď na výrazne nižšej úrovni. Tento nedostatok je potlačiteľný len zabezpečením stabilizovaných pracovných podmienok, zvýšením predĺženia deformačného elementu v snímaných smeroch a režimom automatického vyvažovania odporovej zložky výstupného napätia. Napriek tomuto chyba nuly pri prevádzkových zmenách teploty sa vyskytovala len na poslednej pozícii so zmenou bez vyváženia 0.1 Nm/10 min.

Záver

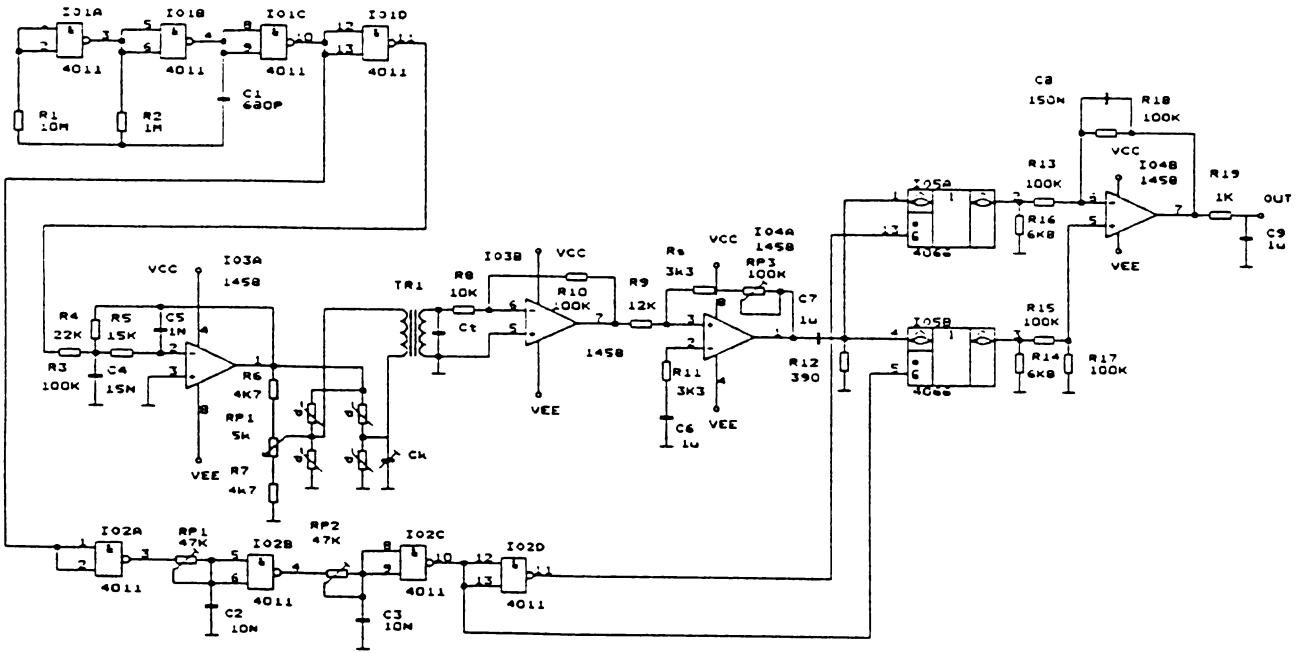
Opísaný obvod je vhodný usporiadaním pre vyhodnocovanie výstupného napätia z diagonály tenzometrického mostíka s vysokou stabilitou nuly výstupného údaja. Tým je predurčený pre použitie v aplikáciach s malým predĺžením tuhých deformačných prvkov. Na pracovisku autorov sa v súčasnosti vyvíja usporiadanie, v ktorom činnosť obdobne zapojeného obvodu je riadená mikroprocesorom. Jeho úlohou bude, v kľudovom stave deformačného elementu uskutočňovať kontinuálne vyvažovanie nuly mostíka pomocou spätne zapojeného číslicovo analógového prevodníka. V okamihu merania bude tento proces nulovania prerušený a procesor uskutoční priame meranie výstupného jednosmerného napätia z vyhodnocovacieho obvodu. Je zrejmé, že tento princíp ďalšieho zvýšenia presnosti autokalibráciou je nemožné použiť v aplikáciach, kde je potrebné dlhodobé meranie mechanických deformácií bez registrovateľného prechodu do kľudového stavu tenzometrického mostíka.

Literatúra:

[1] Zehnula, K.: Snímače neelektrických veličín, SNTL Praha 1977
[2] Vaugham, J.: Strain measurements, Applications of B&K Equipment, Naerum, Dánsko,1985
[3] Ivančo, I., Kostolný, K.: Návrh deformačného elementu pre meranie krútiacich momentov, Zbornik z konf. EAN Liberec, 1994

Prof. Ing. Linus Michaeli, CSc.
Ing. Peter Kalakaj

Technická univerzita Košice
Katedra rádioelektroniky
Park Komenského 13
040 01 KOŠICE


I01A
4011
I01B
4011
I01C
4011
I01D
4011
R1
10M
R2
1M
C1
680P
I03A
1458
VCC
VEE
R4
22K
R5
15K
C5
1N
R3
100K
C4
15N
R6
4K7
RP1
5K
R7
4K7
TR1
R8
10K
Ct
I03B
1458
R10
100K
R9
12K
R11
3K3
C6
1u
R12
390
RP3
100K
C7
1u
I04A
1458
I05A
4066
I05B
4066
R13
100K
R14
6K8
R15
100K
R16
6K8
R17
100K
C8
150N
R18
100K
I04B
1458
R19
1K
OUT
C9
1u
I02A
4011
RP1
47K
I02B
4011
C2
10N
RP2
47K
I02C
4011
C3
10N
I02D
4011