

Мостова измерителна схема с нелинеен параметричен преобразовател

Атанас Ал. Атанасов

Институт по океанология (Варна)

Много от параметричните преобразователи, намерили приложение в океаноложките изследвания, са с нелинейни характеристики на преобразуване. Пасивните измервателни схеми (несиметрични мостове), в едното рамо на които те се включват, внасят своя дял на нелинейност при измерването на различни неелектрични физични параметри на морската среда. При наличието на стабилно запазване подобряването на линейността на входно-изходните характеристики се постига с включването на допълнителни съпротивления последователно или паралелно, както и в комбинация на нелинейния преобразовател (К а л я з и н, 1969; Т а м а н я н, 1980 и др.). Най-използвана в практиката остава комбинацията „първичен преобразовател с паралелно включено на него съпротивление“.

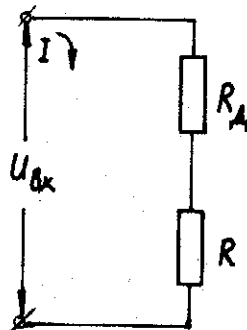
Изборът на схемата за подобряване на линейността на характеристиката на преобразуване на нелинейните първични преобразователи е свързан с отчитането на много и противоречиви фактори. Тази линеаризация води до понижаване на чувствителността и точността на нелинейния първичен преобразовател. При това тя не е обвързана с останалите гравийни елементи на неуравновесената мостова схема. За всеки нелинеен преобразовател е известна изходната характеристика на преобразуване. При известен работен диапазон може да се определи началната (R_0) и крайната ($R_{кр}$) стойност на активното съ-

противление на всеки нелинеен преобразовател. Не представлява трудност и аналитичното определяне стойността на активното съпротивление, включено в състава на схемата за корекция. За линеаризираща схема с паралелно включено активно съпротивление е валидна зависимостта (К а л я з и н, 1969)

$$(1) R_B = (B - 2t_{II}/B + 2t_{II})R_{ТП},$$

където B е константата на нелинейния първичен преобразовател (в случая термистор); $R_{ТП}$ — стойността на съпротивлението за температурата, за която се попада в „изпъкналостта“ на характеристиката на преобразуване; $t_{II} = (t_1 - t_2)/2$, където t_1 и t_2 са температури в началото и края на работния температурен интервал.

За по-голяма яснота в следващите изводи ще бъде разгледана полумостовата измервателна схема, показана на фиг.1. То-



Фиг.1. Полумостова схема с параметричен преобразовател $R_B = \infty$

кът, който протича през полумостовия контур, се определя по зависимостта $I = U_{вх}/(R_d + R)$, където $U_{вх}$ е захранващото входно напрежение; R_d — активното съпротивление на нелинейния първичен преобразовател.

С паралелното включване на активното съпротивление R_B на нелинейния първичен преобразовател се подобрява характеристиката на преобразуване на полумостовия измервателен контур. Токът, който протича през него, се определя от зависимостта $I = U_{вх}/R[1 + R_d/R_B/R(R_d + R_B)]$.

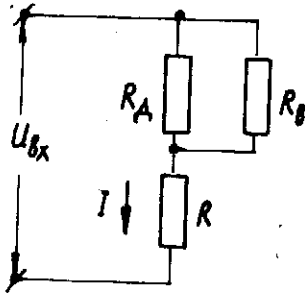
След математически преобразувания на тази зависимост, токът, който протича през полумостовия измервателен контур може да се определи от уравнение

$$(2) I = U(1 + R_d/R_B)/R[1 + R_d/R_B(1 + R_B/R)].$$

С известно приближение (ако се допусне, че $\alpha = 1/[1 + R_d/R_B(1 + R_B/R)] = \text{const}$), уравнение (2) може да се представи като

$$(3) I = U\alpha[1 + f(R_d)].$$

Уравнение (3) е в подкрепа на ефикасността на прилагане на линеаризацията (паралелно съпротивление на първичния нелинеен преобразовател).



Фиг.2. Полумостова схема с параметричен преобразовател $R_B \neq \infty$

Съвкупността от двете полумостови схеми, показани на фиг.1, изгражда популярната мостова измервателна схема, дадена на 3. Потенциалната разлика на изхода на неуравновесения мост (при $I_1 \neq I_2$) се определя от зависимостта

$$(4) \Delta U = R(I_1 - I_2) = U_{вх}[(1/(R_d/R + 1) - (1/R_{дс}/R + 1)],$$

където $R_{дс} = R_0$ е изходната стойност на активното съпротивление на нелинейния преобразовател.

Уравнение (4) може да се представи като

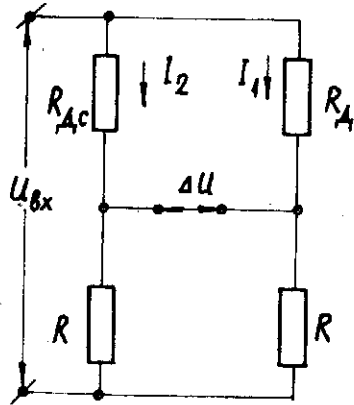
$$(5) \Delta U/U_{вх} = [1/(R_d/R + 1) - 1/(R_{дс}/R + 1)].$$

С уравнение (5) се демонстрира нелинейността, която внася несиметричната мостова измервателна схема

$$\Delta U/U_{вх} = 1/f(R_d) - C,$$

където $C = 1/(R_{дс}/R + 1)$.

Обединяването на двете полумостови схеми от вида, показани на фиг.2, води до неуравновесената мостова измервателна схема, показана на фиг.4.



Фиг.3. Неуравновесена мостова схема с параметричен преобразовател $R_B = \infty$

Съгласно уравнения (2) и (4) за потенциална разлика на изхода на неуравновесената мостова измервателна схема е в сила

$$(6) \Delta U/U_{вх} = (1 + R_d/R_B)/[1 + R_d/R_B(1 + R_B/R)] - (1 + R_{дс}/R_B)/[1 + R_{дс}/R_B(1 + R_B/R)].$$

Уравнение (6) с известно приближение може да се представи като уравнение на права линия

$$(7) \Delta U/U_{вх} = \alpha[f(R_d) + 1] - d,$$

където $d = (1 + R_{дс}/R_B)/[1 + R_{дс}/R_B(1 + R_B/R)]$.

В уравнение (6) отношенията $R_{дс}/R_B = n$ и $R_d/R_B = m$ са известни за дадена работна точка или могат да се определят, ако се приеме, че $R_d = (R_0 + R_{кр})/2$, където R_0 и $R_{кр}$ са изходната и пределната стойност на съпротивлението на нелинейния параметричен преобразовател за известен работен интервал. Неизвестно остава отношението $R_B/R = x$, което включва съпротивлението R — основен градивен еле-

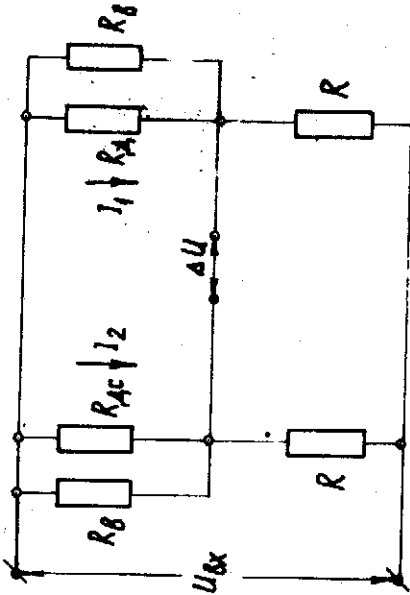
мент на моста.

Оптималната стойност на отношението x за работния диапазон на първичния нелинеен параметричен преобразовател съгласно уравнение (6) е

$$(8) \quad \partial(\Delta U/U_{вх})/\partial(x) = 0 \text{ при } n = \text{const и } m = \text{const.}$$

Определянето на частната производна и приравняването ѝ на нула води до уравнението

$$(9) \quad x = \sqrt{[(1+m)(1+n)^2 m - (1+n)(1+m)^2 n] / (nm^2 - mn^2)}$$



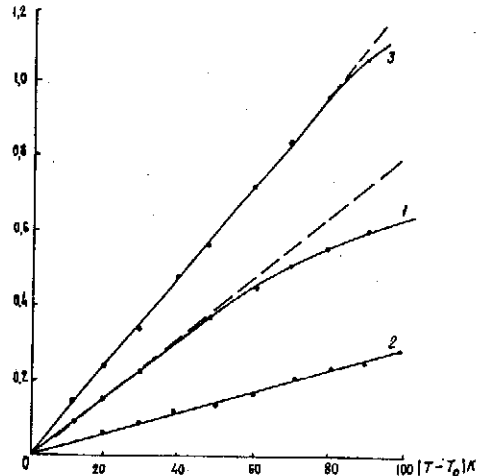
Фиг. 4. Неуравновесена мостова схема с параметричен преобразовател $R_B \neq \infty$

Уравнение (9) позволява определянето на оптималната стойност на съпротивлението R в неуравновесената мостова схема (фиг. 4). Като пример ще бъде разглеждана неуравновесената мостова схема с нелинеен параметричен преобразовател — термистор.

Изходната характеристика на преобразуване на термистора $R_D = 200e^{1700(1/T - 1/T_0)}$, а избраният работен диапазон — $|T - T_0| = 100^\circ \text{ K}$. За този диапазон на температурата съпротивлението на термистора има следните крайни стойности $R_0 = 200\Omega$ и $R_{кр} = 7316\Omega$. Същественото нарушаване нелинейността на характеристиката на преобразуване на тер-

мистора се наблюдава за стойност на съпротивлението $R_{тп} = 0,78$, $R_{кр} = 5706\Omega$.

Съгласно уравнение (1) за избрания работен диапазон съпротивлението $R_B = 5072\Omega$. Стойността на съпротивлението R_D се определя по зависимостта $R_D = (R_0 + R_{кр})/2$, а $R_{дс} = R_0$. Определянето на коефициентите m и n , както и на оптималната стойност на променливата x по уравнение (9) не представлява трудност. За избрания тип термистор и работен диапазон стойността на безразмерната величина $x = 54,9$. Тъй като $x = R_B/R$, то оптимална е стойността на съпротивлението $R = 90,4\Omega$ (фиг. 4). Избираме $R = 81\Omega$.



Фиг. 5. Графични нормирани характеристики на неуравновесена мостова схема с термистор $R_B = \infty$ (1), на неуравновесена мостова схема с термистор $R_B = 5,1k\Omega$ (2) и на неуравновесена мостова схема с термистор $R_B = 2,7k\Omega$ (3).

На фиг. 5 са показани следните графики: 1 — построена по уравнение (5) за неуравновесена мостова схема с елементи $R_B = \infty$, $R = 81\Omega$ и $R_{дс} = 200\Omega$ от фиг. 3; 2 — построена по уравнение (6) за характеристика на преобразуване на неуравновесената мостова схема, показана на фиг. 4. Градивни елементи на моста са: $R = 81\Omega$; $R_{дс} = 200\Omega$; $R_B = 51k\Omega$ за работен диапазон $|T - T_0| = 100^\circ \text{ K}$; 3 — построена по уравнение (6) със следните градивни елементи на моста: $R = 81\Omega$, $R_{дс} = 200\Omega$, $R_B = 2,7k\Omega$ за работния диапазон $|T - T_0| = 100^\circ \text{ K}$.

От трите графики с подчертана линейност за ъметка на чувствителността е графиката 2. Тя е построена при оптимална стойност на $R = 81 \Omega$. Намалването на стойността на съпротивлението R_B (графика 3) води до повишаване на чувствителността, но в работния диапазон се появява и нелинейност. Налага се необходимостта от определяне на оптималната стойност на R за тази стойност на R_B . Прецизността на определяне на оптималната стойност на съпротивлението R по уравнение (9) зависи от точността на определянето на съпротивлението R_d , респективно на онази точка от характеристиката на преобразуване на нелинейния параметричен преобразувател, в която се забелязва съ-

ществена нелинейност.

От значение е и размерът на работния диапазон, който оказва влияние върху стойността на съпротивлението R_d . Определянето на оптималната стойност на съпротивлението R за по-къси работни диапазони е по-прецизно. Разбиването на големия работен диапазон на по-малки води до итерация на определянето на оптималната стойност на съпротивлението R от неуравновесената мостова измервателна схема.

Предложената методика позволява оптимален избор на активните съпротивления (R) от неуравновесената мостова схема с нелинеен параметричен преобразувател.

Л и т е р а т у р а

Каганов, М. А. 1952. Основы электрического расчета приборов для измерения температур при помощи термисторов. — Автоматика и телемеханика, 13, №1. К а л а з и н, Е. А. 1969. Термисторы в судовой аппаратуре температурного контроля. Л., Судостроение. 225 с. Т о м а н я н, Г. Т. 1980. Линей-

ризация мостовой цепи многоточечного контроля температуры приборы и системы управления. — Приборы и системы, 5. Т у р и ч и н, А. М. и др. 1975. Электрические измерения неэлектрических величин. Л., Энергия. 576 с. S e h m i d t, В., Е. К u z m a. 1972. Thermistory. Warszawa. WNT.

Bridge-type measuring circuit with a non-linear parametric convertor

Atanas Al. Atanasov

(Summary)

A bridge measuring circuit with a non-linear parametric convertor switched in one of its arms has been analysed. The analytic expression of its normed characteristic of conversion has been derived.

For a known value of the linearizing resistance, the conversion characteristic of the non-linear parametric convertor, the opti-

mum value of the resistances in the non-balanced bridge circuit has been determined.

The graphic characteristics of the non-balanced bridge circuit with a non-linear parametric convertor have been shown without a linearizing resistance and with optimum choice of elements of the non-balanced bridge.

Постъпила на 10.12.1989 г.