

Měření na bimetalu

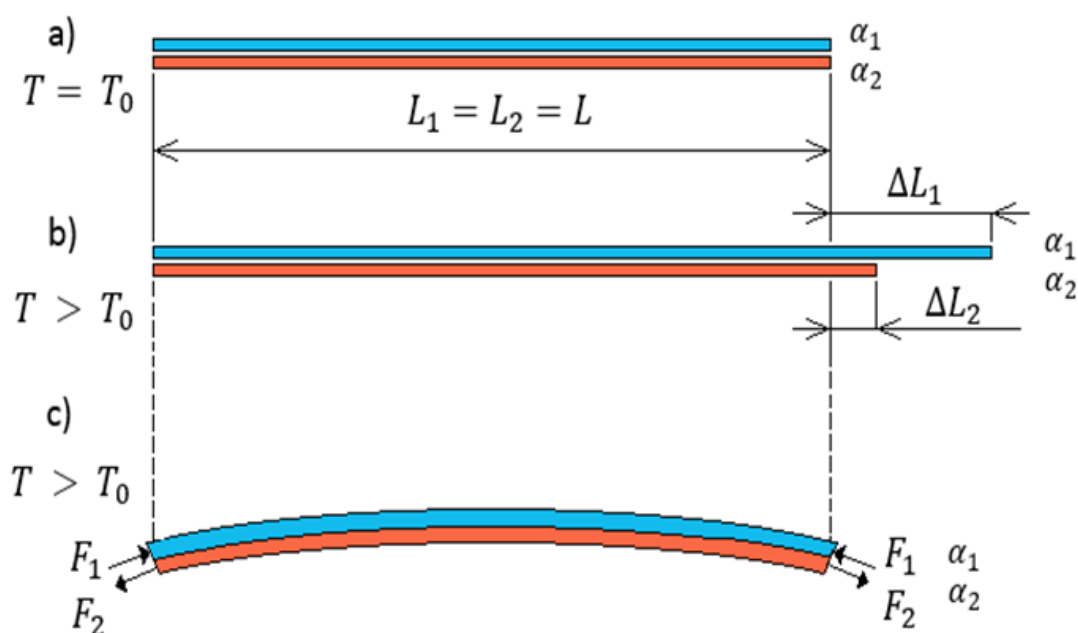
1. Teoretický rozbor

Dvojkov neboli bimetal je ochranným prvkem obsaženým ve spínacích přístrojích. Jeho úloha je zde rozpoznávat a chránit před nadproudy zaviněné přetížením. [1]

1.1 Princip funkce bimetalu

Bimetal se nejčastěji skládá ze dvou vrstev kovů spojených k sobě celou svojí plochou, tvarovaných do obdélníkového pásku či pásku ve tvaru U. Přičemž každá vrstva má jinou hodnotu činitele teplotní roztažnosti (α_1, α_2), a platí že $\alpha_1 > \alpha_2$. Vrstva (α_1) s vyšším činitelem teplotní roztažnosti se nazývá aktivní, vrstva (α_2) s nižším činitelem teplotní roztažnosti se poté nazývá pasivní.

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot (T - T_0) = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (1.1)$$



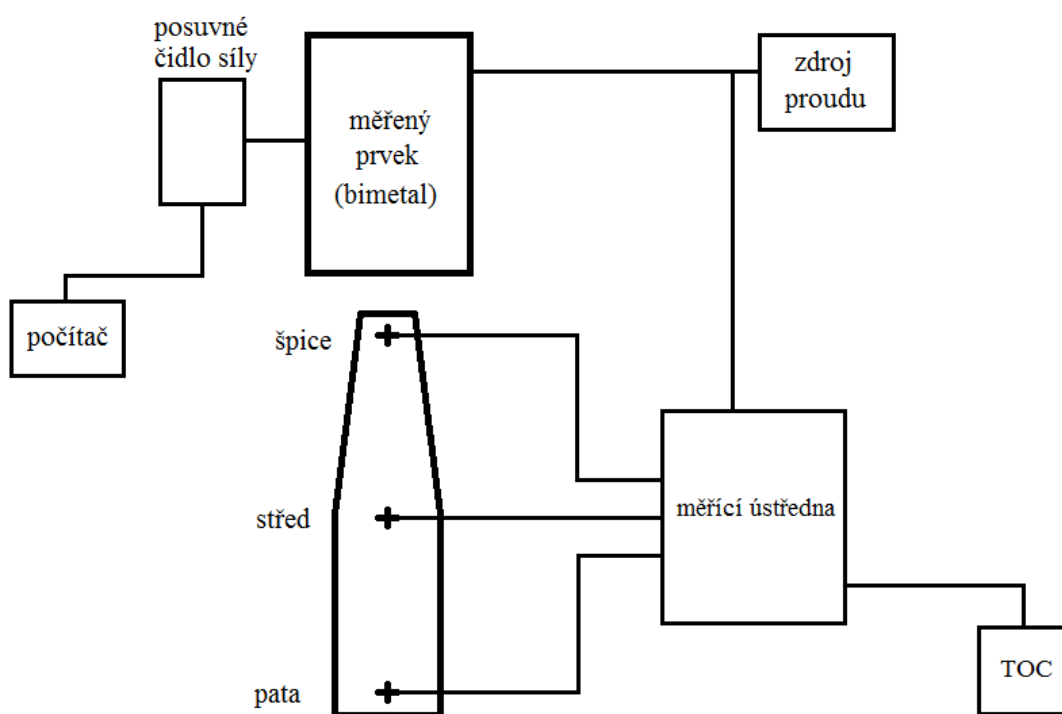
Obr. 1 - Princip funkce bimetalu

V případě, že má bimetal volnou pozici a za předpokladu rovnoměrného oteplení vznikají namáhání (síly) F_1, F_2 . Ze vzorce (1.1) lze zjistit, že prodloužení aktivní vrstvy bude větší než u vrstvy pasivní $\Delta L_1 > \Delta L_2$. Jelikož jsou však obě vrstvy pevně spojené, tak dochází k deformaci pásku. Pasivní (kratší) vrstva je namáhána tahovou silou (F_2) způsobenou rozpínáním aktivní (delší) vrstvy, a naopak aktivní je namáhána tlakovou silou (F_1) způsobenou bráněním pasivní (kratší) vrstvy v rozpínání (viz Obr. 1c).

Z výše uvedeného vyplývá, že se deformace projeví ohybem bimetalového pásu do tvaru oblouku. Součet všech deformací je však větší než deformace způsobené pouze prodloužením jednotlivých vrstev. Bimetal se totiž deformuje nejen ve směru délky, ale i šířky. Toto křížové zakřivení snižuje délkové zakřivení. Vysvětluje se tím také, proč ohyb bimetalu závisí i na šířce.

Na této závislosti (změna teploty způsobující změnu deformace) je postavené využití bimetalu. Tudíž se používá jako automatický prvek v zařízeních, které jsou teplotně závislé. Tím může být např. termostat či teploměr, ale nejčastěji je využit v jisticích zařízeních jako prvek spouště nebo relé proti nadproudům. Když totiž proti směru jeho deformace umístíme nějakou překážku, tak tím umožníme bimetalovému pásu konat práci, a tudíž fungovat jako spoušť. Přesněji překážka (např. západka volnoběžky) funguje jako síla opačná proti silám způsobující deformaci pásu, jakmile jsou deformační síly větší než protisíla západky – západka se posune (vybaví), bimetal tak vykoná práci, spínací přístroj se vypíná, a odpojuje tak konkrétní část obvodu od sítě.

Pásek může být ukotven pouze jedním koncem, při tomto případě pak vykonává práci druhý konec. Dvojkov může však být ukotven i z obou stran, zde pak koná práci jeho střední část. Tento případ se využívá, pokud je zapotřebí mžikového rozepnutí obvodu. [1] [2]



Obr. 2 - Schéma měřicího pracoviště

2. Zadání

1. Zapojte měřicí pracoviště dle schématu (Obr. 2).
2. Naměřte silovou charakteristiku bimetalu $F=f(T)$.
3. Na základě vzorců a geometrických rozměrů vypočítejte průběh charakteristiky z bodu 2.
4. Změřte i vypočítejte tuhost zadaného bimetalu $F=f(A)$.
5. Naměřené a vypočítané hodnoty zpracujte do grafických závislostí.
6. Porovnejte získané výsledky.

3. Popis měření

1. Zapojte měřicí pracoviště dle schématu na Obr. 2. Měřený prvek pevně upevněte a následně čidlo síly uveďte do takové polohy, aby se čidlo (šroub) s bimetalem dotýkalo, a zároveň mezi nimi byl pravý úhel. Tudiž bude síla správně přenášena (bez zatěžujících vlivů). Pracoviště umožňuje posun čidla do 3 směrů (Obr. 3).



Obr. 3 - Měřicí pracoviště

2. Nejdříve zaznamenejte počáteční měřené hodnoty (teplota, síla). Pokud na čidlo působí počáteční síla, tak je dobré ji „vynulovat“. Následně nastavte zadaný proud, přičemž budou jednotlivé měřené hodnoty zaznamenávané v intervalech o 10s po dobu 1h. Proud může kolísat, tudíž je nutné jej regulovat. Po uplynutí zvýšte proud na další zadanou hodnotu a udržujte opět po zadanou dobu.

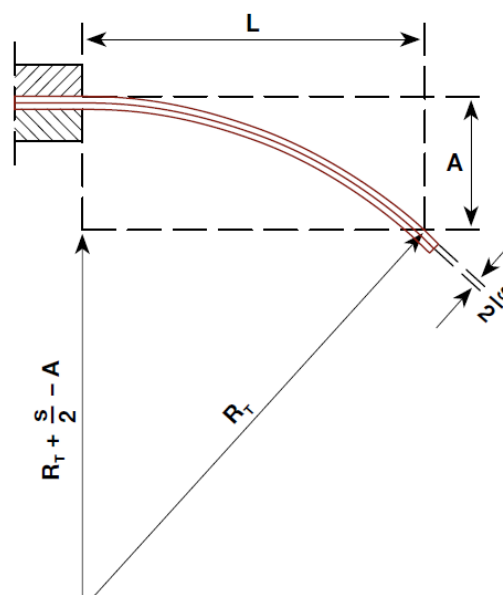
3. Deformace jednostranně upevněného bimetalu (Obr. 5):

$$A = \frac{a(T_2 - T_1) \cdot L^2}{s} \quad (3.2)$$

Měrný tepelný a [K^{-1}] průhyb lze přibližně vypočítat z měrné tepelné křivosti:

$$a = \frac{k}{2} \quad (3.3)$$

$$k = \frac{3 \cdot (\alpha_1 - \alpha_2)}{2} \quad (3.4)$$



Obr. 4 - Deformace jednostranně upevněného bimetalu [2]

s – tloušťka bimetalu, přičemž se skládá ze dvou vrstev ($s_1 + s_2 = s$) [mm]

A – průhyb bimetalu [mm]

L – délka bimetalu [mm]

T_1, T_2 – počáteční/koncová teplota bimetalu [K]

α_1 – činitel teplotní roztažnosti aktivní vrstvy [K^{-1}]

α_2 – činitel teplotní roztažnosti pasivní vrstvy [K^{-1}]

k – měrná tepelná křivost [K^{-1}]

Výpočet síly pro bimetalový pásek obdélníkového tvaru (Obr. 6a):

$$F = \frac{a \cdot E \cdot b \cdot s^2}{4L} (T_2 - T_1) = \frac{E \cdot b \cdot s^3}{4L^3} \cdot A \quad (3.5)$$

E – modul pružnosti bimetalu [Pa]

b – šířka bimetalu [mm]

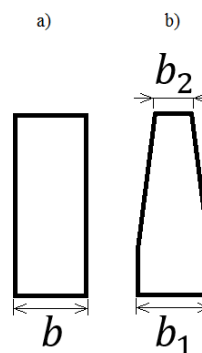
Výpočet síly pro bimetalový pásek se skosením (Obr. 6b):

$$F = \frac{a \cdot E \cdot b_1 \cdot \Psi \cdot s^2}{12L} (T_2 - T_1) = \frac{E \cdot b_1 \cdot \Psi \cdot s^3}{12L^3} \cdot A \quad (3.6)$$

$$\Psi = \frac{2(1-n)^3}{n^2 \left(3 + 4,605 \cdot \log\left(\frac{1}{n}\right) \right) - 4n + 1} \quad n = \frac{b_2}{b_1} \quad (3.7)$$

[2]

Obr. 5 - Tvary bimetalů



4. Závěr

Porovnejte naměřené hodnoty síly a tuhosti (zpracované v grafických závislostech) s vypočítanými.

5. Literatura

[1] HAVELKA, Otto. *Stavba elektrických přístrojů I.*, Vysoké učení technické v Brně, 1988

[2] *Kanthal Thermostatic Bimetal Handbook* [online]. Hallstahammar, Sweden:

Kanthal part of Sandvik AB. [cit. 2019-11-24]. Dostupné z:

https://www.ibt.co.il/uploaded_files/documents/Kanthal_Thermostatic_Bimetal_U3743.pdf