

**15. ročník, úloha V. E ... převíjení kazety (8 bodů; průměr ?; řešilo 38 studentů)**

Změřte tloušťku magnetofonového pásku. Proměřte závislost úhlové rychlosti kotouče na době přehrávání kazety v případě, že kazetu přehráváme od začátku. Do řešení nezapomeňte připsat, s jakou kazetou jste měřili (podstatná je značka a délka). *Napadlo Mida Pištěka*

Na první pohled se zdá být zřejmé, že pohyb pásky v kazetě závisí pouze na otáčení nosných kotoučků. To by odpovídalo stálosti jejich úhlové rychlosti při přehrávání. Účelem zadání páte experimentální úlohy bylo zbourat tento rozšířený mýtus. Konstantní rychlost posuvu pásku lze určit experimentálně, jednodušší a přesnější je použít údaj výrobce  $v = 47,6 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

Teoretické odvození vyplývá z náčrtku kotouče s páskou v obecném čase  $t$ , kterému odpovídá poloměr  $r(t)$ . Poloměr plně navinutého kotouče je  $R$ , prázdného kotouče  $r_0$  a  $d$  tloušťka pásku. Vzhledem k tomu, že  $d$  je mnohem menší než  $R - r_0$ , můžeme množství pásku namotané na kotouči vyjádřit pomocí vzorce pro obsah mezikružjí, zřejmě platí  $dv t = \pi r(t)^2 - \pi r_0^2$ .

Vzorec pro výpočet tloušťky pásku získáme jednoduše dosazením celkové doby přehrávání pásky  $T_{\text{celk}}$  a odpovídajícího poloměru  $R$

$$d = \frac{\pi}{(R^2 - r_0^2)vT_{\text{celk}}}.$$

Podobně jednoduše získáme i vzorec pro časovou závislost úhlové rychlosti

$$\omega(t) = \frac{v}{r(t)} = \frac{v}{\sqrt{r_0^2 + \frac{vtd}{\pi}}},$$

který lze dosazením za  $d$  upravit na tvar

$$\omega(t) = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 + \alpha \frac{t}{T_{\text{celk}}}}},$$

kde jsme použili  $\alpha = R^2/r_0^2 - 1$  a  $\omega_0 = v/r_0$ . Tento vzorec se podařilo odvodit jen poměrně malé části řešitelů.

Tloušťku pásku lze určit mnoha způsoby. První metoda je založena na výše odvozeném vzorci. Dobu přehrávání celé strany je nutné přeměřit, bývá o 2–3 minuty delší, než by odpovídalo typu kazety. Několik řešitelů zapomnělo na oboustrannost kazety a dosadilo celkovou dobu přehrávání.

Druhá metoda spočívala v přímém měření tloušťky několika vrstev pásku. Byla méně přesná, kvůli relativně malému počtu vrstev. Častou chybou bylo opomenutí vydělení systematické chyby počtem najednou měřených vrstev. Tak vyšla nereálná chyba kolem 50%.

Závislost úhlové rychlosti na čase přehrávání šlo díky její pomalé změně měřit jako sled průměrných úhlových rychlostí. Zajímavé je, že ti řešitelé, kteří chybně předpokládali stálost úhlové rychlosti, ji jako konstatní většinou i naměřili.

Na závěr zbývá jen dodat, že průměrná tloušťka magnetofonových pásek prodávaných v našich obchodech je 12,3  $\mu\text{m}$ .