

R6 NESTACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

R6.1 Odvození zákona elektromagnetické indukce

Vyjdeme z modelového pokusu na obr. R6-1. V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci $\mathbf{B}$ se kolmo k indukčním čarám pohybuje vodič délky l . Vodič se při pohybu dotýká dvou rovnoběžných vodičů spojených s citlivým voltmetrem. Při pohybu vodiče vpravo se ručka voltmetru vychýlí na jednu stranu a při pohybu vlevo na opačnou stranu.

Při pohybu vodiče působí na elektrony ve vodiči magnetická síla o velikosti $F_m = Bev$ (viz čl. R5.1). Působením této síly se elektrony pohybují směrem k dolní části vodiče, kde vzniká záporný náboj. Horní část vodiče je nabitá kladně, takže ve vodiči vzniká indukované elektrické pole o intenzitě $\mathbf{E}_i = \mathbf{F}_m/(-e)$.

Indukované elektrické pole způsobuje, že mezi konci vodiče (body M , N) je indukované napětí U_i . Platí

$$U_i = E_i l = Bvl.$$

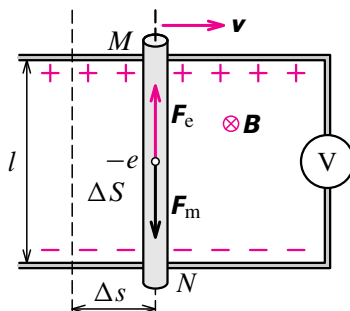
Tento vztah napíšeme ve tvaru

$$|U_i| = B \frac{\Delta s l}{\Delta t},$$

kde Δs je dráha, kterou vodič urazí za dobu Δt , a $\Delta S = \Delta s l$ je změna obsahu plochy opsané vodičem za tuto dobu. Součin $B \Delta S$ je změna magnetického indukčního toku $\Delta \Phi$, takže

$$|U_i| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

V obvodu na obr. R6-1 plní pohybující se vodič funkci zdroje napětí a voltmetr ukazuje hodnotu svorkového napětí. Pokud můžeme zanedbat proud procházející voltmetrem, má toto svorkové napětí U stejnou hodnotu jako



R6-1 K odvození Faradayova zákona elektromagnetické indukce

indukované napětí U_i . To nám umožňuje měřit napětí U_i , které má význam elektromotorického napětí a jehož přímé měření není možné. Obě napětí však mají opačnou polaritu (vysvětlení viz čl. 2.2). To je ve vztahu

$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

vyjádřeno znaménkem minus.

Faradayův zákon elektromagnetické indukce v uvedeném tvaru udává *střední hodnotu* indukovaného elektromotorického napětí za velmi malou dobu Δt . Je to vyjádření zákona v *diferenčním tvaru*. Má-li výraz $\Delta \Phi / \Delta t$ pro neomezeně se zmenšující dobu Δt určitou mezní hodnotu

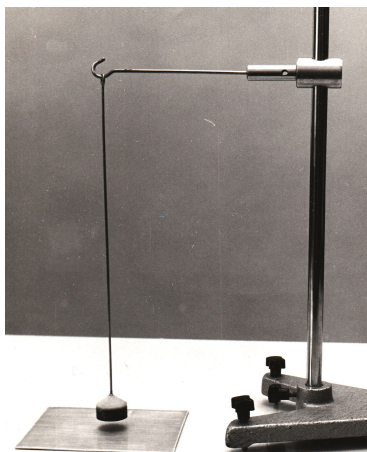
$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{d\Phi}{dt},$$

pak je okamžitá hodnota indukovaného elektromotorického napětí U_i dána derivací magnetického indukčního toku podle času, tedy v *diferenciálním tvaru*

$$U_i = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

R6.2 Indukované proudy ve vodičích

V čl. 6.3 jsme se zabývali vznikem indukovaného proudu v uzavřeném obvodu tvořeném jedním závitem vodiče, popř. cívkou. Indukovaný proud vzniká také ve vodičích, které mají tvar desky, hranolu apod. Přesvědčíme se o tom jednoduchým pokusem, jehož uspořádání je patrné z obr. R6-2. Tyčinka opatřená na konci feritovým magnetem tvoří kyvadlo, které kmitá s poměrně malým tlumením. Když na stůl pod kyvadlo položíme hliníkovou desku, kmitání velmi rychle ustane. Energie kmitavého pohybu kyvadla se přeměnila v energii indukovaných proudů v hliníkové desce.



R6-2 Demonstrace vzniku indukovaných proudů ve vodivé desce