

Jelöljük a szolenoid hosszát l -lel (így nem téveszthetjük össze az önindukciós együtthatójával), a keresztmetszetét pedig A -val.

A tekercs mágneses energiája kezdetben

$$E_1 = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{\mu N^2 AI^2}{2l},$$

ahol

$$L = \mu \frac{N^2 A}{l}$$

az önindukciós együttható.

Ha a tekercs hosszát l -ről $l + \Delta l$ -re növeljük, a mágneses energia

$$E_2 = \frac{\mu N^2 AI^2}{2(l + \Delta l)}$$

lesz, a mágneses energia változása tehát

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{\mu N^2 AI^2}{2} \left(\frac{1}{l + \Delta l} - \frac{1}{l} \right) = -\frac{\mu N^2 AI^2 \Delta l}{2l(l + \Delta l)} < 0.$$

Mondhatjuk-e, hogy a tekercs megnyújtása során általunk végzett W munka a tekercs energiaváltozásával egyenlő? Nem, hiszen a párhuzamos vezetők közt azonos áramirány esetén ható vonzóerő miatt W nyilván pozitív. Az ellentmondás feloldásához azt kell észrevennünk, hogy a tekercs energetikailag nem zárt rendszer, hiszen az állandó I áramot biztosító vezetéken keresztül kapcsolatban áll az áramforrással.

Ha a tekercset Δt idő alatt nyújtottuk meg Δl hosszal, akkor a

$$\Delta \Phi = N \cdot A \cdot \Delta B = \mu N^2 AI \left(\frac{1}{l + \Delta l} - \frac{1}{l} \right)$$

fluxusváltozás hatására

$$U = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = +\frac{\mu N^2 AI \Delta l}{l(l + \Delta l) \Delta t}$$

feszültség indukálódik. Ez a feszültség Lenz törvénye értelmében ellensúlyozni igyekszik a csökkenő fluxust, vagyis az áramot növelni szeretné. Mivel Δt idő alatt $Q = I \Delta t$ töltés halad át a tekercsen, ezek energiáját az indukált feszültség

$$\Delta E' = QU = \frac{\mu N^2 AI^2 \Delta l}{l(l + \Delta l)} = 2|\Delta E|$$

értékkel megnöveli. Az energia megmaradásának törvényéből tehát a munkavégzésre a

$$W = \Delta E + \Delta E' = |\Delta E| = +\frac{\mu N^2 AI^2}{2l(l + \Delta l)} \Delta l$$

kifejezés adódik. Ez kicsiny Δl esetén

$$F = \frac{\mu N^2 AI^2}{2l^2}$$

erőnek felel meg – ekkora erővel húzza össze a szolenoidot a mágneses erőtér.

Domokos Péter (Budapest, Ságvári E. Gyak. Gimn., IV. o. t.)
dolgozata alapján.

Megjegyzés. Ha csak a tekercset összehúzó erőre vagyunk kíváncsiak, azt más – talán egyszerűbb – gondolatmenettel is meghatározhatjuk. Képzeld el, hogy a tekercs szupravezető anyagból készült, s emiatt külső áramforrás nélkül is hosszú ideig keringhet benne elektromos áram. Ez annyit jelent, hogy a tekercs önmagában is zárt rendszernek tekinthető.

A tekercsben a mágneses fluxus

$$\Phi = NAB = \frac{\mu N^2 AI}{l}$$

az l hossz megnövelése során nem változhat, hiszen a fluxusváltozás feszültséget indukálna, az pedig az elhanyagolhatóan kicsi ellenállás miatt korlátlanul nagy áramot keltene. Φ állandósága csak úgy valósulhat meg, ha a tekercs széthúzása közben I a tekercs hosszával arányosan megnő: $I(l) = I_0 l / l_0$. A tekercs energiája

$$E = \frac{\mu N^2 AI^2}{2l} = \frac{\mu N^2 AI_0^2}{2l_0^2} \cdot l,$$

ez pedig l növekedtével növekszik;

$$\Delta E = + \frac{\mu N^2 A I^2}{2l_0^2} \Delta l,$$

vagyis a tekercset összehúzó erő $F = \Delta E / \Delta l > 0$. Mivel az erő nyilvánvalóan csak a tekercsben folyó áramerősségtől függ, nem pedig a tekercs anyagának ellenállásától, ugyanez az eredmény érvényes hagyományos anyagú (nem szupravezető) tekercsre is.

Hauer Tamás (Budapest, Apáczai Cs. J. Gyak. Gimn., IV. o. t.)