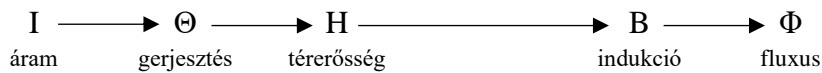


# Az elektromágneses indukció

## 1. Az indukciótörvény

Emlékeztetőül az elektromágnesség hatásvázlata:



### Az indukciótörvény:

Ha egy vezető anyag környezetében változik a mágneses tér (a mágneses fluxus), akkor a vezetőben feszültség indukálódik.

Az indukált feszültség nagysága függ a **fluxusváltozás** gyorsaságától:

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

← fluxusváltozás  
← a változás időtartama

Tehát annál nagyobb feszültség indukálódik, minél nagyobbat változik a fluxus, és ez minél rövidebb idő alatt történik. Vagyis az indukált feszültség a fluxusváltozás **sebességétől** függ.

Ha viszont nem egyszerű vezetőt, hanem **tekercset** alkalmazunk, akkor, mivel az indukció minden egyes menetben lejátszódik, az indukált feszültség a menetszámszor nagyobb, vagyis **N**-szeres lesz:

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

### Lenz törvénye:

Az indukált feszültség iránya olyan, hogy az általa létrehozott áram mágneses tere akadályozni igyekszik az őt létrehozó hatást.

Ezen az elven működnek például az örvényáramú fékek.

És az örvényáramú veszteség csökkentése miatt kell lemezelní a transzformátorok és a váltóáramú motorok vastestét.

Az örvényáramokról sok érdekességet találhatsz az interneten.

**Számoljunk!**

Hogy a számolások ne legyenek annyira uncsik, és hogy ne mindenki ugyanazt számolgassa, létrehozunk egy személyre szabott **névkódot**.

Ezt később is sokszor használjuk majd, ezért gondosan **írd fel magadnak!**

A névkódod egy 3 számjegű szám.

1. számjegy: a vezetékneved első betűjének számértéke a táblázat alapján
2. számjegy: a vezetékneved második betűjének számértéke a táblázat alapján
3. számjegy: a keresztnéved első betűjének számértéke a táblázat alapján

Betűk				számérték
A	H	Ó	Ú	<b>1</b>
Á	I	Ö	Ü	<b>2</b>
B	Í	Ő	Ű	<b>3</b>
C	J	P	V	<b>4</b>
D	K	Q	W	<b>5</b>
E	L	R	X	<b>6</b>
É	M	S	Y	<b>7</b>
F	N	T	Z	<b>8</b>
G	O	U		<b>9</b>

Tehát például az én névkódom: **Zalavári András** → ZaA → 811.

És akkor a kiszámolni valók:

1. Mekkora feszültség indukálódik egy egyenes vezetőben, ha a környezetében 10 másodperc alatt 1000 Wb-ről a névkódodnak megfelelő értékre csökken a fluxus?
2. Mekkora az indukált feszültség, ha a fluxus a névkódotról annak a felére csökken 2 másodperc alatt?
3. Mekkora az indukált feszültség, ha a fluxus nulláról a névkódod ezred részére nő 30 ms alatt?
4. Mekkora az indukált feszültség, ha a fluxus a névkódod százvezred részéről 1 mWb-re csökken 0,4 ms alatt?
5. Mekkora lenne az indukált feszültség, ha a 4. feladat eseményei nem egy egyenes vezetőnél, hanem egy 250 menetes tekercsnél következnének be?

**Az eredményeket Messengeren küldjétek el nekem!**

## 2. Az indukció fajtái

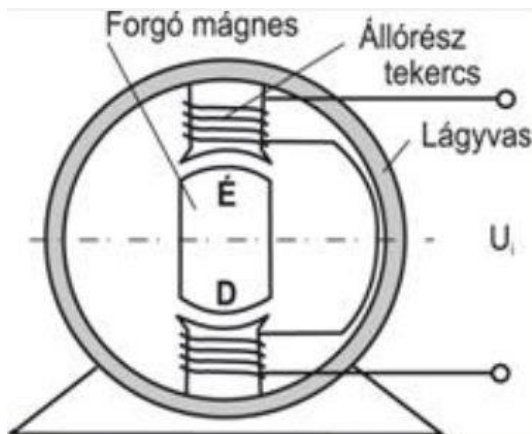
Az indukció fajtáit aszerint különböztetjük meg, hogy mi hozza létre a fluxusváltozást.

### 2.1 A mozgási indukció

Alaphelyzet: Állandó mágnesset húzogatunk ki-be egy tekercsben.  
Vagy a tekercset húzogatjuk egy állandó mágnesen.

A lényeg, hogy a mágneses tér és a vezeték (tekercs) mozogjon egymáshoz képest.  
Innét az elnevezés: mozgási indukció.

Gyakorlati alkalmazás: az **erőművekben** ezen az elven állítják elő a villamos energiát.



Persze ott nem tekercs belsejében mozgatnak állandó mágnesset. Egyrészt, mert elektromágnessel erősebb fluxust tudunk előállítani, mint állandó mágnessel. Másrészt az egyenes vonalú ide-oda mozgás nagyon energia pazarló; sokkal gazdaságosabb a körmozgás. Vagyis a generátorokban elektromágnessel forgatnak álló tekercsek között.

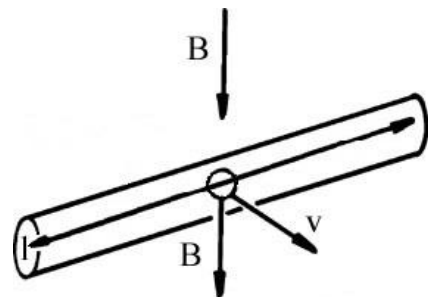
vezeték vagy tekercs  
hossza      mozgási sebessége

A mozgási indukciós feszültség:

$$U_i = N \cdot B \cdot l \cdot v \quad [\text{V}]$$

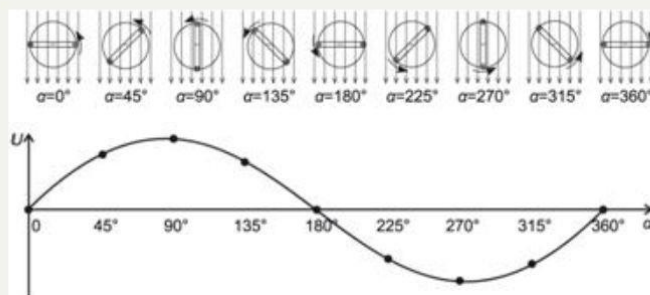
menetszám      mágneses  
indukció

Az előző képlet ebben a formában akkor igaz, ha a vezeték vagy tekercs merőleges a mágneses indukció vonalakra, a mozgása pedig egyenes vonalú, és mind a mozgított eszközre, mind pedig az indukcióra merőleges irányú.



A generátorokban a körmozgásnak az indukcióra merőleges összetevője számít. Ezért szinuszos a hálózati feszültség.

Homogén mágneses térben vezető keretet egyenletesen forgatva, benne szinuszos alakú feszültség keletkezik

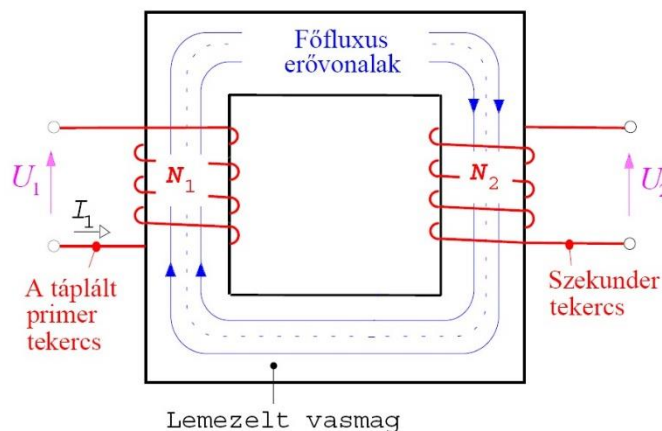
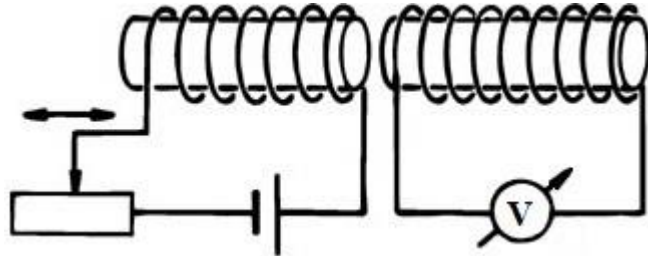


## 2.2 A nyugalmi indukció

A nyugalmi indukcióhoz nincsen szükség mozgásra. A fluxusváltozást egy tekercsben folyó áram változása, vagyis a változó gerjesztés okozza.

Ez kétféleképpen történhet: kölcsönös indukcióval vagy önindukcióval.

**Kölcsönös indukció** esetén egy tekercsbe változó áramot vezetünk. Ennek hatására a tekercs változó mágneses teret hoz létre. Ez a változó mágneses tér egy másik, közelben lévő tekercsben indukál feszültséget.



Gyakorlati alkalmazás: ezen az elven működnek a transzformátorok.

A transzformátorokkal kapcsolatos számításokra később még visszatérünk.

**Önindukció** esetén nincs két tekercs, csak egy. Amikor ebben megváltozik az áram erőssége, például mert kikapcsoljuk vagy bekapcsoljuk benne az áramot, akkor ez megváltoztatja a környező mágneses teret. A mágneses tér változása pedig ugyanabban a tekercsben feszültséget indukál.

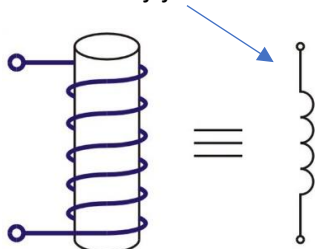
Az önindukciós feszültség a tekercs jellemzőitől és az áramváltozás sebességétől függ:

$$U_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

önindukciós tényező      időtartam      áramváltozás  
 vagy röviden **induktivitás**

Az induktivitás (L) a tekercs menetszámától, átmérőjétől, hosszától és a tekercset kitöltő anyagtól függ.

A tekercs rajzjele:





A transzformátorok nagyon jó hatásfokú gépek. Első megközelítésben úgy vesszük, hogy nincs is veszteségük, vagyis a **hatásfokuk**:  $\eta = 100\%$ . Tehát  $P_1 = P_2$ .

primer:		szekunder:	
$N_1$	2000	$N_2$	1000
$U_1$	60 V	$U_2$	30 V
$P_1$	300 W	$P_2$	300 W
hatásfok:	$\eta$	100%	
	$a$	2	

telj. →

Ha viszont tudjuk a teljesítményt, akkor annak segítségével tudunk áramot számolni, az áramból és feszültségből pedig ellenállást:

$$P = U \cdot I, \text{ vagyis } I = P / U, \text{ illetve } R = U / I$$

És ugyanígy a szekunder oldalon is.

$N_1$	2000	$N_2$	1000
$U_1$	60 V	$U_2$	30 V
$I_1$	5 A	$I_2$	10 A
$P_1$	300 W	$P_2$	300 W
$R_1$	12 $\Omega$	$R_2$	3 $\Omega$
	$\eta$	100%	
	$a$	2	

Két dolog, ami csak a veszteségmentes transzformátorokra igaz, a valódiakra csak közelítőlegesen:

- 1. Az áram fordított arányban változik a feszültséggel.**
- 2. Az ellenállások aránya, vagyis az ellenállás áttétel egyenlő az áttétel négyzetével.**

Ezt a két szabályt is leellenőrizheted az előző példán.

Alkalmazva a tanult összefüggéseket, számítsd ki a hiányzó adatokat!

$N_1$	9000		$N_2$	3000
$U_1$	24 V		$U_2$	
$I_1$	10 A		$I_2$	
$P_1$			$P_2$	
$R_1$			$R_2$	
	$\eta$	100%		
	$a$			

$N_1$			$N_2$	1200
$U_1$	50 V		$U_2$	20 V
$I_1$			$I_2$	
$P_1$			$P_2$	200 W
$R_1$			$R_2$	
	$\eta$	100%		
	$a$			

$N_1$	2500		$N_2$	5000
$U_1$	10 V		$U_2$	
$I_1$			$I_2$	
$P_1$	200 W		$P_2$	
$R_1$			$R_2$	
	$\eta$	100%		
	$a$			

$N_1$	1000		$N_2$	
$U_1$			$U_2$	
$I_1$			$I_2$	2 A
$P_1$			$P_2$	
$R_1$			$R_2$	50 $\Omega$
	$\eta$	100%		
	$a$	0,2		

## Veszteséges transzformátorok

A transzformátorok az ember által valaha alkotott legjobb hatásfokú gépek.

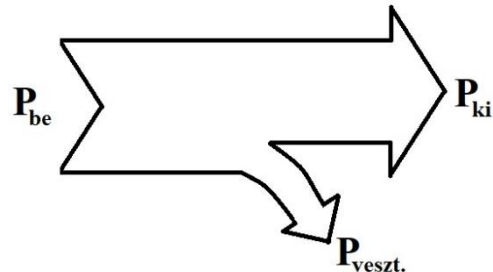
Összehasonlításként: a *gőzgépek*, amelyek átalakították az emberiség történetét, és elhozták az újkort, mindössze 5-10%-os hatásfokúak.

Vagyis a betáplált energia 90-95%-a kárba vész.

A *robbanómotorok*, amelyek a gépkocsikat hajtják, kb. 40%-os hatásfokúak.

A *villanymotorok* nagyjából 60%-osak.

A nagy, *háromfázisú transzformátorok* hatásfoka eléri a 98-99%-ot.



A hatásfokot a teljesítményeknél tudjuk figyelembe venni.

Mindig a primer teljesítmény a nagyobb!

A szekunder teljesítményt úgy kapjuk meg, hogy a primer teljesítményt szorozzuk a hatásfokkal.

primer:			szekunder:	
$P_1$	500 W	telj.	$P_2$	475 W
$\eta$	95 %			

$$P_2 = P_1 \cdot \eta \quad \text{és} \quad P_1 = P_2 / \eta$$

Számolásnál a százalékot századrészként kell figyelembe venni, vagyis 95% = 0,95.

Nézzünk egy konkrét példát, ahol a sárgított mezőket kellett kiszámolni!

$N_1$	4000		$N_2$	1000
$U_1$	120 V		$U_2$	30 V
$I_1$	5 A		$I_2$	18 A
$P_1$	600 W		$P_2$	540 W
$R_1$	24 $\Omega$		$R_2$	1,67 $\Omega$
$\eta$	90 %			
$a$	4			

Látható, hogy veszteséges transzformátoroknál már nem igaz, hogy az áram ugyanolyan arányban változik csak fordítva, mint a feszültség. Ez itt most csak 90%-ban igaz.

Az ellenállás áttétel se lett már az áttétel négyzete.



A névkódod alapján számítsd ki a hiányzó adatokat!

(A névkód kiszámítását a 2. oldalon találod.)

		1.				
$N_1$	Névkód * 10	V	$N_2$	1 000	V	
$U_1$			$U_2$	40		
$I_1$	5		$I_2$			A
$P_1$			$P_2$			W
$R_1$			$R_2$			$\Omega$
		$\eta$	75%			
		a				

		2.				
$N_1$	6 000	V	$N_2$		V	
$U_1$			$U_2$	90		
$I_1$			$I_2$			A
$P_1$			$P_2$	Névkód		W
$R_1$			$R_2$			$\Omega$
		$\eta$	90%			
		a	1/3			

		3.				
$N_1$	2 000	V	$N_2$	1 000	V	
$U_1$			$U_2$	Névkód/10		
$I_1$			$I_2$			A
$P_1$	500		$P_2$			W
$R_1$			$R_2$			$\Omega$
		$\eta$	85%			
		a				

		4.				
$N_1$		V	$N_2$	6000	V	
$U_1$			$U_2$	100		
$I_1$			$I_2$			A
$P_1$			$P_2$			W
$R_1$			$R_2$	Névkód/10		$\Omega$
		$\eta$	95%			
		a	0,2			