

ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА ЗВЕЧАН



ТЕМА: ФАРАДЕЈЕВ ЗАКОН ЕЛЕКТРОМАГНЕТНЕ ИНДУКЦИЈЕ

Семинарски рад

Ментор:
Мр Ружа Марковић

Студент:
Јован Матовић
Бр. индекса 10/19

Звечан, 2020.

САДРЖАЈ

УВОД	2
1. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ИНДУКЦИЈА	3
1.1. Индиковање електромотрне силе у непокретном проводнику	8
2. ФАРАДЕЈЕВ ЗАКОН	10
ЗАКЉУЧАК.....	12
ЛИТЕРАТУРА.....	13

УВОД

Електромагнетну индукцију не треба мешати са „Магнетном индукцијом“, која се обично односи на Магнетско поље.

Електромагнетна индукција ствара потенцијалну разлику (или напон) у проводнику који се налази у променљивом магнетском пољу.

Мајкл Фарадеј је открио овај феномен 1831. године.

Фарадејева открића показују да постоје два различита електрична поља. Прво које потиче од наелектрисања и друго које је резултат промене магнетног флукса. Међутим, електрично поље стационарног тока наелектрисања је конзервативно и циркулација тог поља је једнака нули. Стога се уместо индукованог електричног поља у изразима може узимати укупно поље, па се добија коначани облик Фарадајевог закона.

У општем случају извод флукса по времену (извод производа) доводи до збира електромоторних сила које настају било због промене површине (кретање или деформација контуре), било због промене поља (по правцу или јачини).

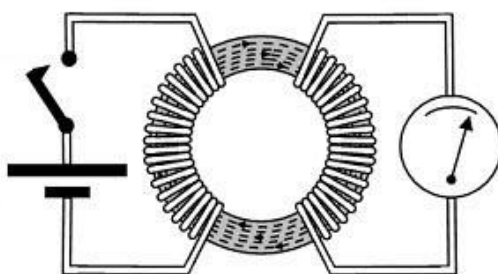
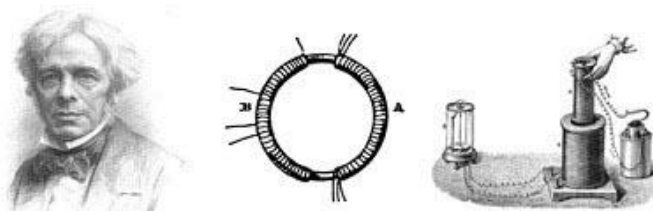
Још један облик електромагнетне индукције јавља се у случају када се проводник креће кроз магнетно поље (променљиво или стално). Услед дејства Лоренцове силе на покретна наелектрисања унутар проводника долази до раздвајања наелектрисања, при чему се на једном крају проводника таложи позитивно, а на другом негативно наелектрисање. Процес траје до изједначавања Лоренцове силе са електричном која се том приликом јавља. Услед раздвајања наелектрисања дошло је до стварања разлике потенцијала и индуковане ЕМС. Њену вредност налазимо множењем вредности магнетне индукције, дужине проводника и његове брзине за случај када је правац линија магнетне индукције нормалан на правац проводника, док се у другим случајевима као множилац додаје синус угла између њих: $\varepsilon = -Blv$

1. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ИНДУКЦИЈА

Електричну струју увек прати појава магнетног поља – ове појаве су повезане.

Поставља се питање: **Да ли је могуће добити електричну струју помоћу магнета?**

Енглески физичар Мајкл Фарадеј – успео 1831. године



Слика 1.

Појава је откривена најпре у експерименту са гвозденим прстеном на коме су била два међусобно одвојена намотаја изоловане жице. Фарадеј је приметио да се струја у другом намотају јавља само када се укључује или искључује струја у првом намотају. Када се укључи струја (прекидач) у првом намотају у другом се индукује краткотрајна струја. Када се прекидач искључи поново се индукује краткотрајна струја али супротног смера него при укључивању. Док је струја у првом намотају стална у другом намотају нема струје. Утврдио је да се струја индукује у намотају у који се увлачи или извлачи намагнетисана шипка.

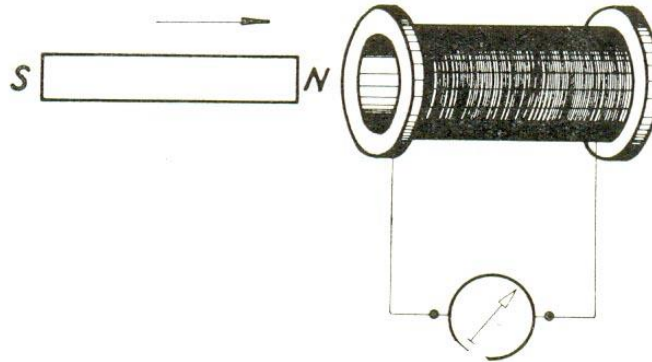
Добијање електричне струје помоћу магнетног поља назива се електромагнетна индукција, а струја добијена на овај начин индукована електрична струја.

Добијање индуковане електричне струје помоћу сталног магнета:¹

- када се шипка увлачи у калем – казаљка амперметра скреће на једну страну

¹ Вучић, В., Ивановић, Д., *Физика II*, Грађевинска књига, Београд, 1986, стр. 56.

- чим се прекине увлачење казаљка се врати на нулу
- када се шипка извлачи казаљка скреће на другу страну



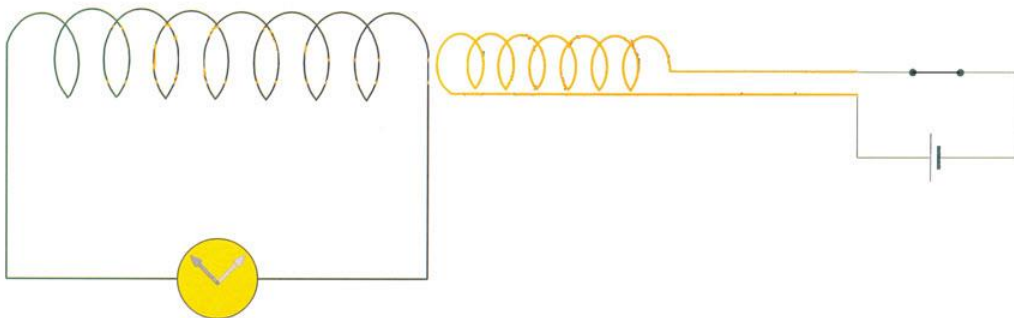
Слика 2.

- При увлачењу магнета јавља се електрична струја једног смера (казаљка се помера на једну страну)
- При извлачењу магнета јавља се електрична струја другог смера (казаљка се помера на другу страну)
- Чим се прекине кретање магнета, било да је магнет у калему или изван њега, струје нема.

Електрична струја се јавља-индукује при кретању магнета.

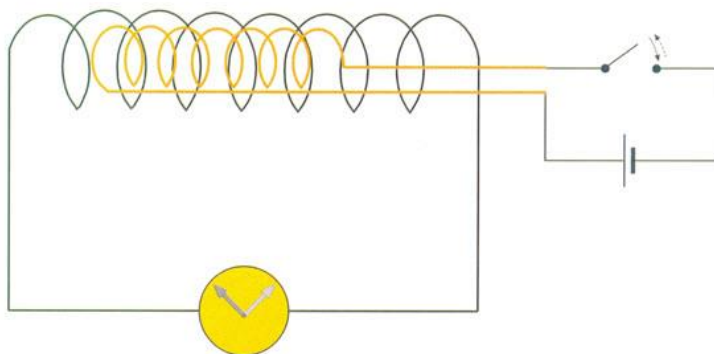
Исти ефекат може да се постигне ако магнет мирује, а калем се креће.

Уместо сталног магнета може да се користи завојница (калем) са струјом која се увлачи у други калем.



Слика 3.

Индукована електрична струја може да се добије и када се соленоид не креће. Соленоид примарног кола се постави унутар соленоида секундарног кола. Када се укључи прекидач у примарном колу, у секундарном колу се добија краткотрајна електрична струја. Када се прекидач искључи индукује се опет електрична струја, али супротног смера.



Слика 4.

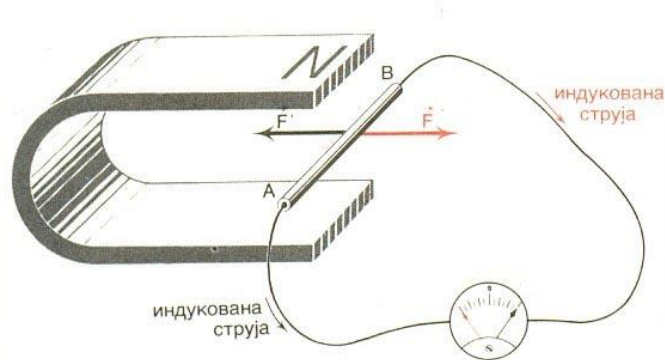
У наведеним случајевима електрична струја добијена помоћу променљивог магнетног поља – променом флукса магнетног поља.

Ако се посматра затворени проводник онда свака промена броја линија кроз површину коју ограничава овај проводник доводи до индукције струје. Значи, ако се кроз неки проводник мења флукс у њему се индукује струја.²

На следећем примеру разматрићемо индуковање електричне струје у праволинијском проводнику.

Проводник померамо у хомогеном магнетном пољу потковичастог магнета и то нормално на правац линија магнетног поља. При томе галванометар региструје електричну струју кроз проводник. Смер струје зависи од смера померања проводника.

² Петковић, Д., *Електромагнетизам (Електромагнетна зрачења свеска III)*, Ниш, 2016, стр. 115.



Слика 5.

Ако се магнет окрене за 1800, чиме се промени смер магнетног поља, смер индуковане електричне струје у проводнику биће супротан од претходног.

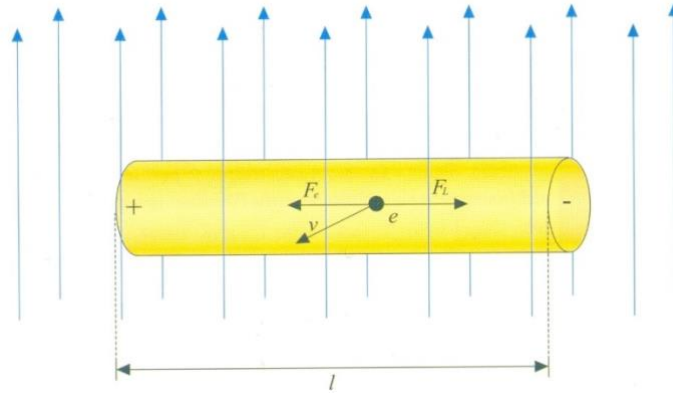
Смер индуковане електричне струје зависи:

- од смера кретања проводника, односно од смера дејства силе;
- од смера магнетног поља.

Слични ефекти могу да се добију и ако се:

- магнет помера, а проводник мирује
- уместо потковичастог магнета користи магнет у облику шипке
- уместо сталног магнета користи електромагнет

Када померамо праволинијски проводник нормално на линије магнетног поља неком сталном брзином v истом том брзином у односу на магнетно поље померају се слободни електрони у проводнику. На електроне делује Лоренцова сила. Електрони се под дејством Лоренцове силе померају ка једном крају проводника. На том крају проводника се јавља вишак електрона у односу на други крај. У проводнику долази до раздвајања наелектрисања, због чега се између крајева ствара електрично поље. Због тога се јавља електрична сила која има супротан смер од Лоренцове силе. Електрична сила тежи да врати електроне.



Слика 6.

Раздвајање наелектрисања престаје када се електрична сила изједначи са Лоренцовом силом:

$$eE = evB$$

$$E = vB$$

Рад Лоренцове силе при премештању једног електрона на путу који једнак дужини проводника:

$$A = evBl$$

Пошто у проводнику има више слободних електрона, тада је укупна количина наелектрисања $q = ne$, па укупан рад:

$$A = nevBl$$

$$A = qvBl$$

Између крајева проводника јавља (индукује) се разлика потенцијала (напон). Овај напон је уствари електромоторна сила која се индукује на крајевима проводника због раздвајања наелектрисања. Електромоторна сила (по дефиницији) је:

$$\varepsilon = \frac{A}{q}$$

$$\varepsilon = \frac{qvBl}{q}$$

$$\varepsilon_i = Blv$$

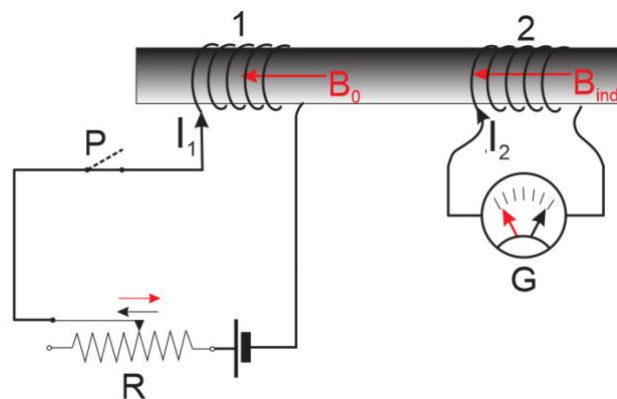
Индукована електромоторна сила сразмерна је индукцији магнетног поља, дужини проводника и брзини којом се проводник креће.

1.1. Индиковање електромоторне силе у непокретном проводнику

Индукована електрична струја може да се добије и када не долази до померања жице. Узрок настанка индуковане струје у овом случају је промена флукса због промене јачине једносмерне струје у калему.³ То може да се постигне сталним укључивањем и искључивањем прекидача, односно променом отпорности у струјном колу 1.

Када се у колу 1 укључи прекидач долази до успостављања електричне струје. Када се електрична струја успоставља ствара се магнетно поље које се у току времена повећава. То доводи до повећања магнетног флукса око калема 1. Иста промена флукса се појављује и око калема 2.

Када се прекидач у колу 1 отвори, струја кроз калем опада што утиче на промену флукса (смањује се). Због тога се у калему 2 индукује струја која има супротан смер у поређењу са првим случајем (укључивање). Док кроз калем 1 протиче струја сталне јачине у калему 2 нема струје.



Слика 7.

³ Димитријевић, П., *Физика-Електромагнетизам*, ФЗНР, Ниш, 2003, стр. 181.

До сличних ефеката долази када се, при затвореном прекидачу, мења отпроност помоћу клизача.

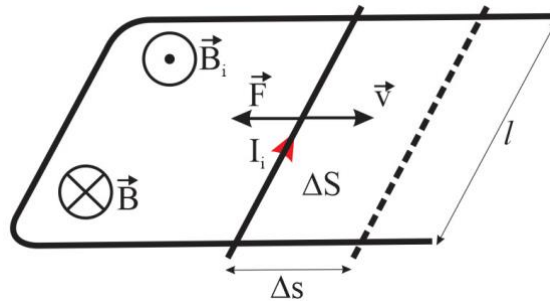
Кретањем клизача променљивог отпорника мења је јачина струје у колу 1, а тиме магнетна индукција. Ово доводи до промене магнетног флуксау калему 1. Иста промена флукса се појављује и око калема 1. Промена магнетног флукса доводи до индуковања електричне струје у калему 2. Смер индуковане струје зависи од тога да ли се у колу 1 повећава или смањује јачина електричне струје. Смер индуковане струје региструје се помоћу галванометра.

2. ФАРАДЕЈЕВ ЗАКОН

При кретању проводника у хомогеном магнетном пољу у њему се индукује електромоторна сила.

$$\varepsilon_i = Blv$$

Посматрамо затворену правоугаону струјну контуру, чију једну страну представља покретни метални проводник.



Слика 10.

Метални проводник се помера сталном брзином у хомогеном магнетном пољу. Због померања проводника мења се површина контуре кроз коју пролазе линије магнетног поља. За време Δt проводник се помери за Δs , па је брзина проводника:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_i = Bl \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Површина: $\Delta S = l\Delta s$

$$\varepsilon_i = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

промена магнетног флукса: $\Delta \Phi = B\Delta S$

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

Према Ленцовом правилу, индукована електрична струја, односно индукована електромоторна сила има такав смер да се својим магнетним пољем супротставља појави која је изазива. Знак електромоторне силе је супротан знаку промене флукса, па је:

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

Индукована електромоторна сила бројно је једнака брзини промене магнетног флукса, а деловањем се супротставља узроку индукције.

ЗАКЉУЧАК

Електромагнетизам је област физике која проучава електричне и магнетне појаве у природи. Електромагнетизам се добија када се пусти једносмерна струја кроз метални проводник (шраф, исправљена спајалица итд.). Тада долази до магнетизма као и код природног магнета. Данас електромагнети се користе за: кочење при великим брзинама, веома брзо убрзавање у брзим возовима у луна паркомима, а у Немачкој и у Јапану на експерименталном супер брзом возу званом „Маглев“).

Индукована електрична струја настаје или због кретања проводника у магнетном пољу или због промене магнетног поља (у том случају проводник може да буде непокретан). Електрична струја у проводнику условљена је постојањем разлике потенцијала односно електромоторне силе. Значи, при кретању проводника у магнетном пољу или при променама магнетног поља индукује се електромоторна сила.

У цилиндричном проводнику сталног попречног пресека временски стална струја се равномерно распоређује. Ако проводник има променљив пресек (или није цилиндричан) расподела струје није равномерна али постоји у целој запремини проводника. Међутим, струје променљиве у времену се концентришу уз површину проводника. Узрок ове појаве је електромагнетна индукција. Променљиве струје стварају променљиво магнетно поље, које прати индуковано променљиво електрично поље. Ово електрично поље проузрокује индуковане струје које стварају секундарно магнетно поље. Према закону електромагнетне индукције секундарни флуks се супротставља примарном, тако да је укупни флуks у проводнику смањен. Ефекат је све израженији што су промене флуksа брже. На високим учестаностима струја и поље постоје само у површинском слоју проводника. Појава је названа површински ефекат (Енг. *skin effect*) и први је приметио Норсе Ламб 1833. године, проучавајући електроде сферног облика.

Електромагнетна индукција се карактерише индукованом електромоторном силом, а не јачином индуковане струје, јер струја зависи од електричне отпорности проводника односно струјног кола.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Вучић, В., Ивановић, Д., *Физика II*, Грађевинска књига, Београд, 1986.
- 2) Вучић, В., *Основна мерења у физици*, Наука, Београд, 2000.
- 3) Димитријевић, П., *Физика-Електромагнетизам*, ФЗНР, Ниш, 2003.
- 4) Марковић, В., *Збирка задатака из електромагнетизма и оптике*, ПМФ, Ниш, 2003.
- 5) Петковић, Д., *Електромагнетизам (Електромагнетна зрачења свеска III)*, Ниш, 2016.
- 6) Платиша, М., *Курс опште физике-Електромагнетизам*, Књига II, Универзитет у Београду, 1984.