



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТАМАНТ ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	28 АВГ 2007
ОРГАНИЗЈЕД:	БРОЈ
ОСОЗ	9 / 795

Презентација Теслиног доприноса физици у средњим школама

- дипломски рад -

Ментор:
проф.др Божидар Вујичић

Кандидат:
Винко Јеремијић

Нови Сад, 2007

Приликом израде овог дипломског рада велику помоћ и корисне сугестије имао сам од свог ментора проф.др Божидара Вујичића.

Захваљујем се ментору на предложеној теми и помоћи при изради дипломског рада.

Садржај

1.Увод.....	2
2.Живот и рад Николе Тесле.....	3
2.1.Смиљан-Карловац-Грац.....	3
2.2.Будимпешта-Париз-Стразбур.....	4
2.3.Тесла одлази у Америку.....	5
2.4.Теслина даља истраживања.....	7
2.5.Теслин приватни и друштвени живот.....	9
3.Полифазне наизменичне струје.....	11
3.1.Једнофазна наизменична струја.....	11
3.2.Двофазна наизменична струја.....	13
3.3.Трофазна наизменична струја	15
4.Обртно магнетно поље полифазних наизменичних струја.....	18
4.1.Обртно поље двофазне наизменичне струје.....	18
4.2.Обртно поље трофазне наизменичне струје.....	23
4.3.Теслин асинхрони мотор.....	26
5. Високофреквентне струје.....	28
5.1.Теслин трансформатор.....	30
5.2. Особине и примена високофреквентних струја.....	32
6.Теслин поглед на енергију.....	34
7.Закључак.....	35
8.Литература.....	36
Биографија.....	37
Кључна документа.....	38



*„Свет ће још дugo да чека на ум
раван Теслином по стваралачкој
способности и по богатству
маште“*

(Армстронг)

1.Увод

Када се говори о електричитету и достигнућима савремене науке и технике немогуће је забићи име Николе Тесле. Од многобројних открића Николе Тесле на нивоу средње школе физика изучава полифазне наизменичне струје , обратно поље полифазних наизменичних струја , генераторе и електромоторе наизменичне струје и високофрејквентне струје.

Увидом у постојеће планове и програме као и уџбенике намењене средњим школама може се константовати да се Теслин допринос поменутим открићима недовољно помиње а често и потпуно изоставља.

Циљ овог рада је да укаже на поменуте пропусте и приближи, садржајно и методолошки , Теслин допринос физици у средњим школама. Да ово није само дуг према великим српским научнику , него и много више, упутно је навести речи чувеног физичара Нилса Бора.

„Теслини генијални проналасци полифазног система и његова истраживања чудесних појава високофрејквентних електричних осцилација била су темељ на коме су се развили сасвим нови услови за индустрију и радио комуникације и дубоко су утицали на читаву нашу цивилизацију.“

2.Живот и рад Николе Тесле

2.1. Смиљан-Карловац-Грац

У ноћи између 9.и 10.јула 1856.год.у кући свештеника Милутине Тесле родио се син Никола. У породици Милутине Тесле и његове супруге Георгине –Ђуке то је било четврто дете јер су већ имали троје деце ,сина Дана и ћерке Милку и Ангелину.

Смиљан је половином 19.века било мало личко сеоце близу Госпића, тада седиште личке пуковије аустријских војних власти, у коме постоји око сто кућа распоређених у засеоке. Теслин отац је службовао као православни свештеник и био је образован човек и добар говорник.

Први разред основне школе Никола је завршио у Смиљану а даље школовање наставио је у Госпићу где се његова породица преселила 1862.год. Ова промена места боравка била је за малог Теслу ,како он сам каже, велика несреща.

После завршетка школовања у Госпићу Тесла одлази у Карловац где завршава вишу реалну гимназију. Настава је била на немачком језику а то је и по Теслином казивању била једна од најбољих школа где се посебно истичала њихова усмереност ка математики,физици и хемији.

По завршетку школе у Карловцима уписује 1875.год.студије политехнике у Грацу. Никола је добио стипендију команде Војне Крајине у износу од 420 форинти за десет школских месеци. Прву годину је завршио са успехом.Теслине академске успехе илуструје писмо декана факултета његовом оцу Милутину Тесли:

„Способност вашег сина да чита и говори четири језика ...његово блистање на лабораторијским вежбама,надмоћност у свим деловима математике,оставили су велики утисак на све професоре.Ваш син је звезда првог реда“.

Међутим, без надзора постао је немаран и неодговоран , чак почиње да коцка па у јануару 1878.год.губи стипендију а пошто није положио потребне испите бива искључен са студија. Никола се након тих догађаја обраћа Матици српској са молбом да му одобри стипендију за наставак школовања у Бечу или Брну. Два пута Матица српска одбија молбу Николе Тесле. Разочаран, без знања родбине, одлази у Марибор где покушава да се запосли али без успеха.Николин отац долази у Марибор и наговара га да поново упише студије уз обећање да ће га он материјално помоћи.

Никола приhvата очев савет ,међутим његов отац изненада умире 1879.год. и он се враћа у Госпић.Било је то тешко раздобље у његовом животу. Ту се врло кратко задржава и убрзо 1880.год. одлази у Праг да настави студије како је обећао оцу на самрти.У Прагу се упознаје са чуvenим композитором Дворжаком са којим касније присно другује у Америци.

2.2. Будимпешта-Париз-Стразбур

После завршетка студија уз помоћ ујака запошљава се у Будимпешти на место главног инжењера у америчкој телефонској компанији. У Будимпешти шетајући се парком, по својим казивањима, синула му је идеја због чега „обична“ наизменична струја не може да покрене мотор.

Та мисао је Теслу мучила од студенских дана у Грацу. Наиме то је био оглед са Грамовом динамо-машином. Ту је машину изумео белгијски проналазач Зонеб Грам 1872. год.

Машина је заиста била занимљива. Ако се обртала под дејством механичке силе производила је електричну струју била је генератор, ако је била прикључена на електричну струју производила је механички рад, дакле била је мотор. Ова машина је била последња реч технике.

Међутим Тесла је замислио мотор без четкица и без комутатора јер су му сметале варнице које су се јављале на комутатору.

То своје неслагање предочио је свом професору Пешшу али је на крају добио следећи одговор. „*Господин Тесла ће можда постићи велика дела, али ово заиста никад неће постићи. То би значило исто што и једну сталну привлачну силу као што је тежа претворити у обртну силу. То значи перпетум –мобиле, а то је немогућа идеја*“

Да је то могућа идеја показује Тесла 1883. год. Из Будимпеште одлази у Париз и добија посао у Едисоновој компанији „*Compagnie Continentale Edison de Paris*“ у предграђу Иври на Сени. Познавање француског језика пуно му је помогло при упознавању са послом. Веома брзо је напредовао и добио је место инжењера подешевачко - механичарских послова.

Као добар инжињер послат је у Стразбуру да реши озбиљан проблем који је настао при отварању нове електричне централе. Наиме приликом свечаног отварања електричне централе једносмерне струје у Стразбуру, за потребе осветљења железничке станице, дошло је до кратког споја, срушен је део зида и то у присуству немачког цара Вилхелма I (1797-1888).

Радећи у Стразбуру Тесла је у слободно време успео да од слике обртног магнетног поља створеног у Будимпешти конструише први полифазни инукциони мотор са ротором у облику плоче. После седамнаест месеци од открића обртног магнетног поља Тесла је у јулу 1883. године гледао свој мотор како се окреће баш онако како је замислио.

2.3.Тесла одлази у Америку

Тесла је покушао у Стразбуру и Паризу да заинтересује стручну јавност и финансијере, указујући им на предност наизменичне струје, међутим велики утицај француског научника Марсела Депреа који је заступао став да се наизменична струја не може користити за пренос снаге и да будућност припада једносмерној струји онемогућили су његове намере.

Безуспешни покушаји у налажењу подршке за своје идеје код научних кругова и финансијера допринели су да јуна месеца 1884.год. Тесла одлази у Америку. По доласку у Америку Тесла од 1885.год. ради у својој првој лабораторији и до јесени 1887.год. успео је да конструише индукциони мотор заснован на обртном магнетном пољу које стварају полифазне наизменичне струје.

Предавање које је одржао 16.маја 1888.год., „*Нови систем мотора и трансформатора за наизменичну струју*“ пред америчким инситутом електроинжењера изазвало је велики одјек у стручној јавности.

Проналазач и индустријалац Џорџ Вестингхаус (1846-1914) је схватио значај Теслиних патената и већ је 7.јула 1888.год. склопио уговор о коришћењу Теслиних патената. Пошто је откупио Голар-Гипсове трансформаторе и Сименсове генераторе наизменичне струје Вестингхаус је почeo са градњом електричних централа монофазне наизменичне струје.

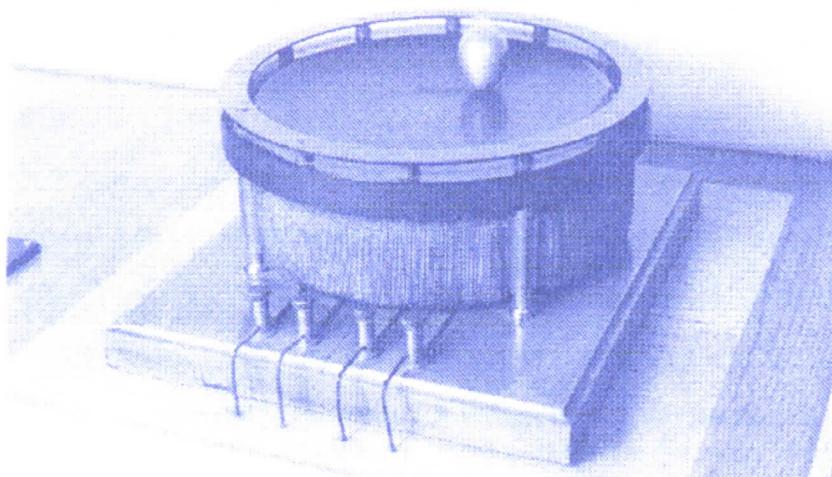
Вестингхаусове централе са монофазном наизменичном струјом су биле економичне али је проблем настало када је индустрија тражила моторе на наизменичну струју. Такав мотор нико није имао осим Николе Тесле. Међутим његов мотор је могао само да користи полифазне наизменичне струје. Следећих неколико година ће се водити прави рат такозвани „рат струја“ при чему је Теслин полифазни систем наизменичних струја тријумфовао.

Године 1890. актуализовано је питање коришћења енергетског потенцијала реке Нијагаре. Формирана је међународна комисија за Нијагарине водопаде са циљем спровођења научне расправе на тему проучавања енергетског потенцијала Нијагариних водопада.

За председника комисије именован је лорд Келвин. Комисија је имала задатак да испита на који начин се најбоље може искористити енергија Нијагариних водопада.

Томас Едисон је заступао гледиште да је систем преноса помоћу једносмерне струје економичнији и безопасан док је његов опонент Џорџ Вестингхаус сматрао да је предност на страни наизменичне струје. Такозвани „рат струја“ трајаће све до 1893.год. када је доношење одлуке подстакнуто успешном применом Теслиног система наизменичних струја на светској изложби у Чикагу 1893.год.

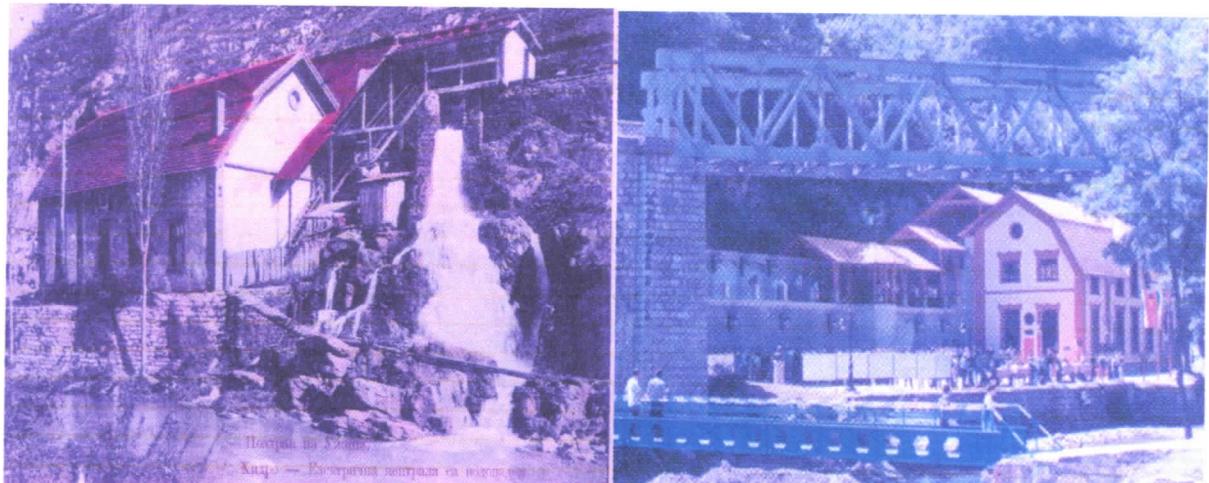
Светска изложба трајала је шест месеци и посетило ју је двадесет и пет милиона људи. Ова величанствена изложба је одржана поводом четристогодишњице открића Америке. На овој изложби су представљени мотори Теслиног система а сам Тесла је вршио експерименте са струјама високог напона и високе фреквенције. Година 1893 била је свакако за Теслу једна од најважнијих у његовом научном стваралаштву.



сл.2.3.1.Модел индукционог мотора са ротором у облику јајета.,„Колумбово јаје”.
Исти тип мотора Тесла је изложио на изложби у Чикагу 1893.године

У октобру 1893.год. Међународна комисија на чијем челу је био лорд Келвин је прихватила понуду компанија које су предложиле употребу Теслиног полифазног система. Од укупно 11 патената примењених на Нијагари 9 патената припада Николи Тесли.Био је то тријумф знања научника и изумитеља али и преокрет у развоју индустрије.

Градња електране је трајала до 1896.године, када је пуштена у рад и први град који је осветљен на овај начин био је Бафало.Само четири године касније 2.августа 1900.год. у Србији у Ужицу је саграђена прва српска хидроелектрана на Теслиним принципима.



сл.2.3.2.Хидроелектрана на Ђетињи снимак из 1901.год.и данас

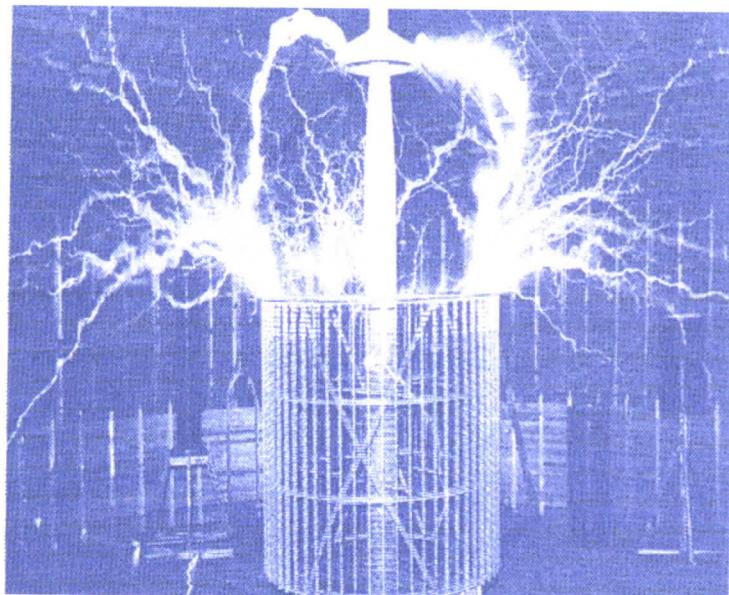
2.4.Теслина даља истраживања

Тесла је дао свој велики допринос у проучавању струја високе фреквенције. Године 1891. открио је уређај који се назива Теслин осцилатор. Струје које производи Теслин осцилатор у науци су познате као Теслине струје а осцилатор се назива још и Теслин трансформатор. Изучавањем струје високе фреквенције које је Тесла започео 1890. год. представља почетак друге етапе развоја методе и апарат за бежични пренос енергије. Исказавши принцип да радиопријемник мора бити подешен на фреквенцију предајника Тесла је поставио основни концепт целокупне радиотехнике. Многе проналаске везане за радиотехнику преузели су и присвојили други тако да се његови проналасци у овој области често маргинализују. Крајем 1890. год. Тесла предлаже нове, луминисцентне изворе светlostи и побољшава рад лучних лампи на високофреквентним изворима.

Својим апаратурама ствара и производи на нов начин високофреквентне струје најављујући бежични пренос енергије , а тек пошто је неколико година раније уведен полифазни систем наизменичних струја. Патентну пријаву за свој високофреквентни трансформатор предаје 25. априла 1891. год. а патентно одобрење добија јуна исте године. Својим трансформатором Тесла бежично пали вакумиране цеви и под врло високим напоном то демонстрира , тако да то изазива неверицу код посматрача.

Тесла је схватио и Рентгеново откриће х зрака као епохалан проналазак и свим својим жаром приступио је испитивању овог феномена.

Његов допринос на овом пољу , иако сада мање познат није остао незапажен у току последњих година 19.века. Поред низа чланака у којима је саопштио резултате својих истраживања и конструисања нових типова цеви за произвођење Рентгенових зракова, одржао је и једно краће предавање са демонстрацијама својих цеви у Њујоршкој Академији наука.



Сл.2.4.1.Теслин трансформатор у лабораторији у Колорад Спрингсу,1899.године.На снимку се види пражњењеелектричног осцилатора напона од 12милиона волти.

У патенту Уређаји за пренос електричне енергије који је одобрен 19.фебруара 1900.год.Тесла дефинише радио апаратуру а у патенту „Систем за пренос електричне енергије“ који је одобрен 20.марта 1900.год. заштићен је систем четири резонантна кола подешена на исту учестаност,као и систем предајне и пријемне антене.

Основна Теслина идеја је произвести резонантни ефекат, производњом високофреквентне струје, који пропушта кроз електрично коло састављено од кондензатора и калема. Овај ефекат се може регистровати на даљини бежично. Теслин радио систем има све компоненте данашњег радио-система. Тесла је овај систем патентирао.

У исто време и Ђулијемо Маркони је полагао право на откриће радија. Дошло је до судског спора који је окончан 1943. год. пресудом у корист Николе Тесле. Актери овог спора нису живи дочекали пресуду.

Своје проналаске из области радио-технике Тесла је практично применио саградивши модел брода којим је бежично управљао на даљину. Управљачка апаратура, постављена на обали састојала се из предајног осцилатора са антеном и више парова осцилаторних електричних кола, парова калем-кондензатор истих као и оних на моделу брода.

Модел брода који је испитан на мору примао је команде на растојању од 40 километара. Крајњи циљ Теслиних истраживања струја високих фреквенција био је усавршавање методе преношења електричне енергије кроз природни медијум. Значајан део своје научне активности, у периоду који траје од почетка 20. века до 1925. год. Тесла је посветио проблемима механике. Он је у области машинства пронашао нови принцип преноса енергије са флуидом или на флуид који је применио на пумпе, турбине, компресоре и вентилаторе.

2.5. Теслин приватни и друштвени живот

Тесла је свој живот поистоветио са својим проналасцима. Највише времена је проводио у миру своје лабораторије. Тесла је скоро шездест година живео у Њујорку и све то време је становao у хотелима. Волео је ноћне шетње улицама Њујорка. Његов радни дан је трајао од 18 до 20 сати јер је спавао врло мало. За своје гости Тесла је повремено приређивао вечере у хотелу. Жене је идеализовао, као узвишене створења али се никада није женио.

Према писању његовог биографа Џона О'Нила Тесла и Едисон били су изабрани од Нобеловог комитета 1912. год. да поделе те године Нобелову награду за физику. Та награда њима није никада додељена.

Према тврђењу овог аутора Тесла је одбио да прими Нобелову награду јер је тим чином желeo да истакне разлику између конструктора корисних изума и научника изумитеља нових принципа. Тесла је био први а можда и једини научник који је одбио ову награду.

За допринос науци Никола Тесла је добио многа признања и почасна звања многих америчких и европских институција. Највеће признање додељено му је 1960. год. када је одлуком 11. међународне конференције за тегове и мере, изведена јединица за електромагнетну индукцију у Међународном систему добила име тесла(T).

Тесла је умро 7.јануара 1943.године на тридесет и трећем спрату хотела „Њујоркер“. Опело Николи Тесли обављено је у протестанској цркви Светог Јована у Њујорку јер је православна црква одбила да служи опело због Теслине жеље да буде после смрти кремиран. Председник Њујоршке општине је преко радија 12.јануара 1943.године саопштио.

„Никола Тесла је умро...Умро је сиромашан,али је био један од најкориснијих људи што су ikада живели. Оно што је створио велико је и како време пролази постаје све веће“

Свакако да Теслу као генија можемо доживљавати на различите начине али ни у ком случају на њега не треба гледати као на надљудско биће што се понекад и чини. Тесла је био талентован геније који је имао свој почетак,вртоглави успон,светску славу изумитеља али и старост, где су његова енергија и идеје ипак биле слабије.Зашто његов допринос умањивати представљајући га као божанство ,а не човека. Посматрајући га као дечака из Смиљана ,Тесли као научнику одајемо већу почаст.



сл.2.4.2.Споменик Николи Тесли у подножју Нијагариних водопада

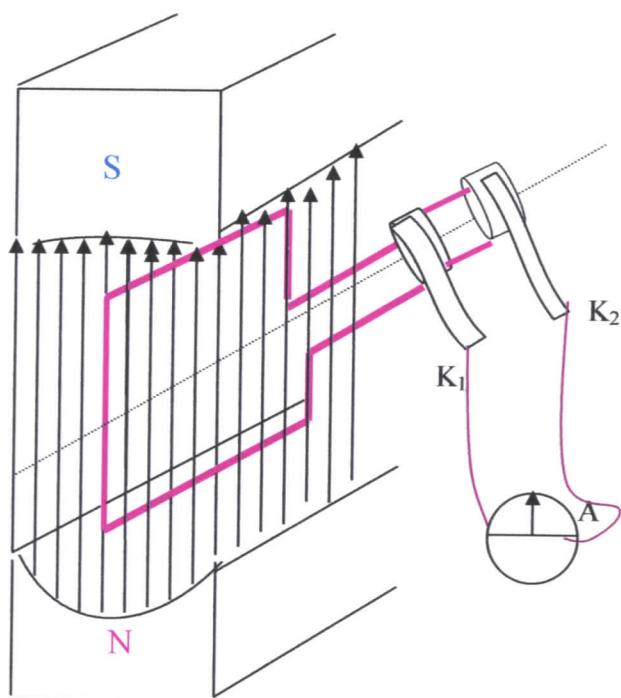
3.Полифазне наизменичне струје

Да бисмо схватили значај Теслиних открића односно да бисмо схватили да његова открића представљају револуцију у електротехници потребно је се осврнути на стање производње и преноса електричне струје пре његових открића.

Пре Теслиних открића опште усвојен систем коришћења електричне енергије био је систем са једносмерном струјом. Мада је годину дана после Фарадејевог открића направљен први генератор, електрична струја добија ширу примену тек кад је Грам конструисао практично употребљив мотор за једносмерну струју. Генератори за једносмерну струју не могу производити високи напон а једносмерна струја се не може трансформисати па је могућност преношења ограничена на мале даљине. Будућност примене електрицитета у индустрији видела се само у систему једносмерних струја.

3.1.Једнофазна наизменична струја

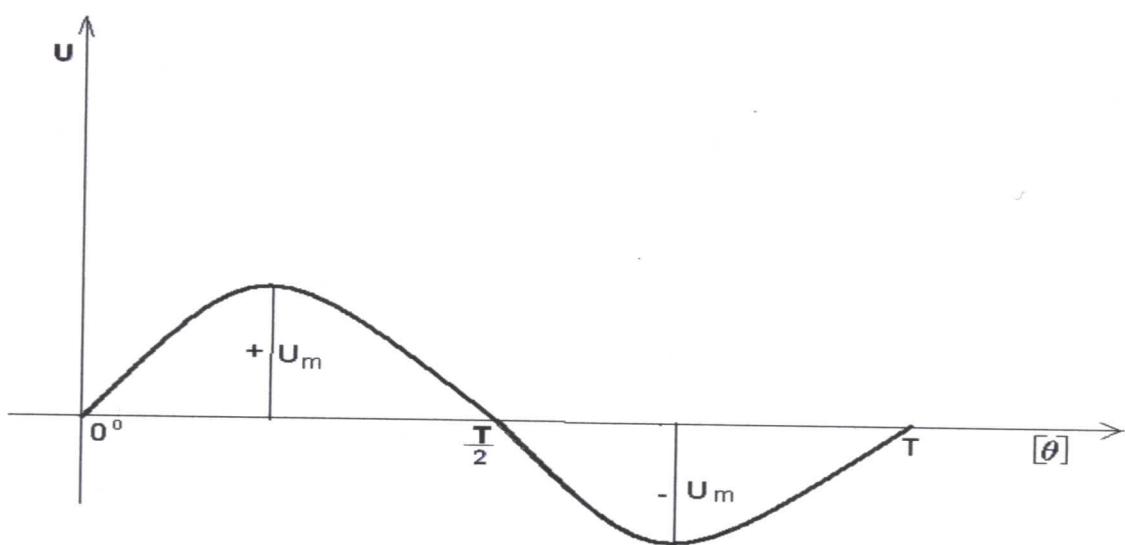
Фарадејево откриће електромагнетне индукције омогућило је израду индукционог генератора, односно генератора за производњу наизменичне струје. Индукциони генератор се једноставно израђује ако се између полова перманентног магнета окреће један проводник у облику рама сл.3.1.1. Обртањем једног намотаја у магнетном пољу добија се наизменична струја. Реч наизменична потиче отуда што се јачина и смер струје периодично мењају у току времена.



Сл.3.1.1.Принцип добијања наизменичне струје

Одговарајуће магнетно поље добија се између полова сталног магнета или електромагнета. Ако се проводник креће у магнетном пољу по кружној путањи (сл.3.1.1.) константном брзином и ако је поље хомогено електромоторна сила је синусоидна. Овако произведена струја окретањем правоугаоног проводника константном брзином у магнетном пољу назива се једнофазна наизменична струја.

У правоугаоном проводнику се индукује струја када се рам окреће од 0° до 360° . Тренутни положај рама одређен је углом између нормале на правца магнетног поља и површине рама. Промене индуковане струје када се рам окрене од 0° до 360° приказани су на слици 3.1.2



Сл.3.1.2. График једнофазне наизменичне струје

На слици 3.1.2. се види да при једном обртају рама јачина индуковане струје и напон по два пута достижу максималну вредност и нулту вредност а струја мења свој смер. Број обртаја проводника у једној секунди назива се фреквенција или учесталост и она је једнака : $v = 1/T$

где је:

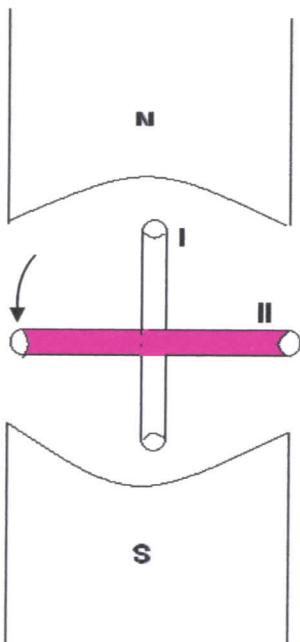
T =Период наизменичне струје.

V =Фреквенција наизменичне струје.

Јединица фреквенције у Међународном систему јединица је један херц.

3.2.Двофазна наизменична струја

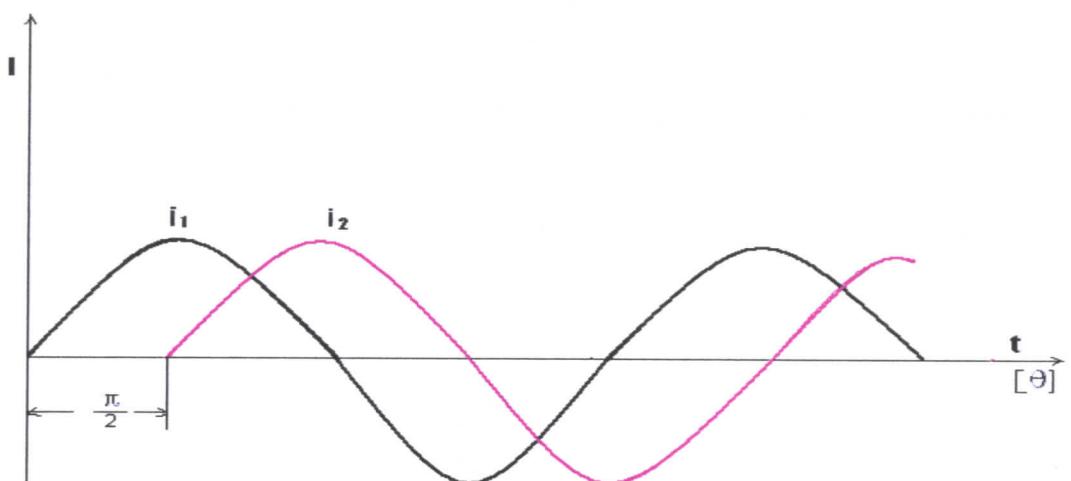
Ако се два намотаја поставе на једној оси тако да они заклапају прав угао и оба намотаја ротирају између полова перманентног магнета онда ће се у тим намотајима индуковати наизменична струја исте фреквенције али са фазном разликом од $\pi/2$. Ову фазну разлику можемо разумети ако посматрамо слику 3.2.1. Овакав генератор назива се генератор двофазне наизменичне струје.



Сл.3.2.1.Добијање двофазне наизменичне струје.

Са слике се види да ако намотај I стоји у правцу поља односно вертикално тада у том намотају индукована струја има највећу вредност. Јасно је да ће овакав максимум наступити у намотају II тек пошто се систем калемова обрне за угао од 90° односно за $\pi/2$ односно после четвртину периода. Између електромоторних сила индукованих у овим навојцима постоји стална фазна разлика која износи 90° (Сл.3.2.2).

Двофазни генератори-извори двофазне наизменичне струје, ретко се употребљавају иако двофазна струја има неке предности у односу на једнофазну.

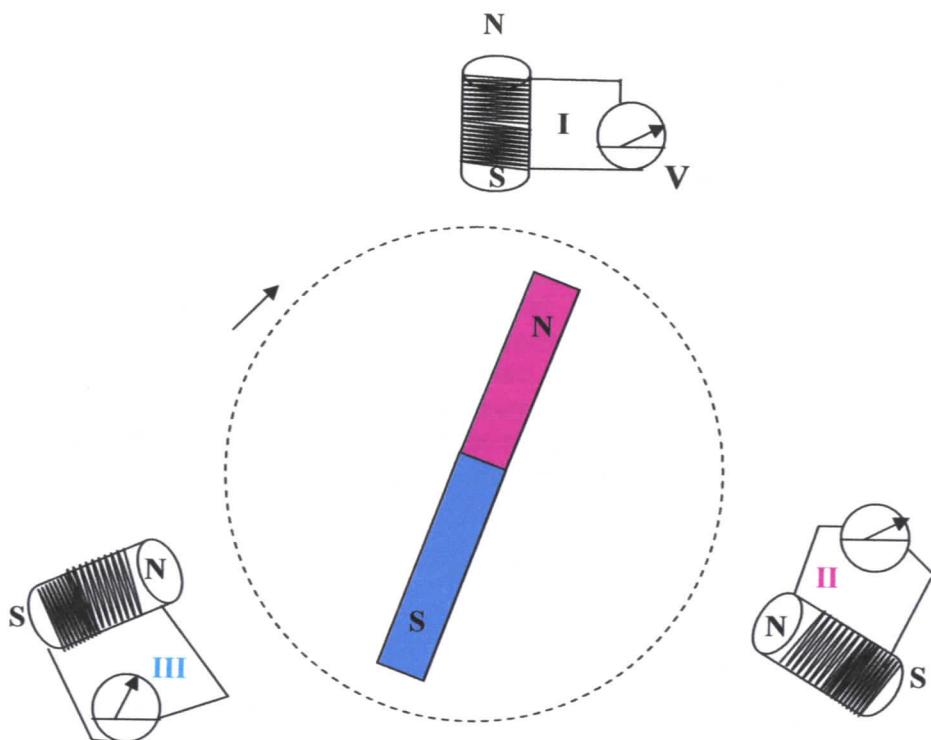


Сл.3.2. 2.Графикон двофазне наизменичне струје

3.3. Трофазна наизменична струја

На сличан начин ако се три намотаја поставе под углом од 120° добиће се трофазна наизменична струја. Тесла је предложио трофазни систем јер је установио да је он најпрактичнији и најбољи. Систем произвођења трофазне наизменичне струје разумеће се најбоље ако се три калема од којих сваки за себе чини једно затворено коло поставе тако да њихове осе међусобно заклапају углове од 120° .

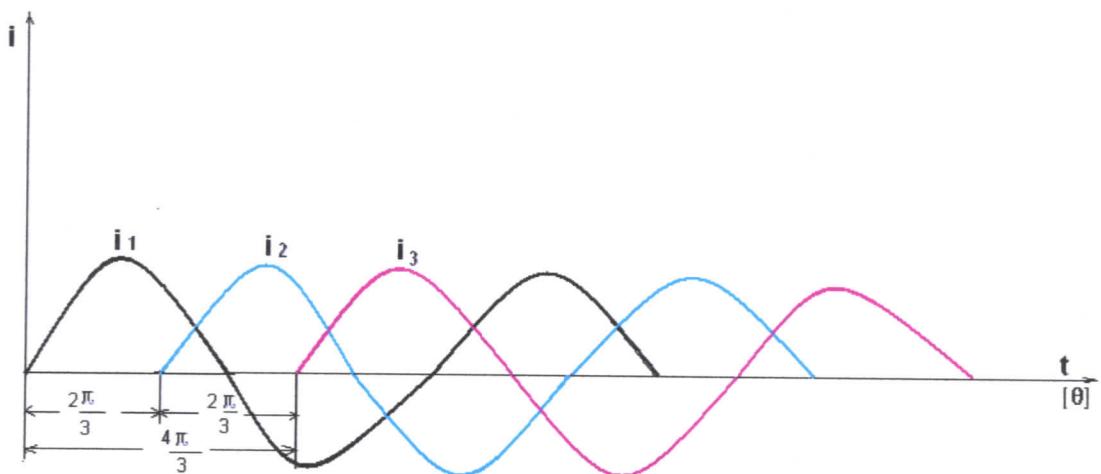
Ако између калемова ротира перманентни магнет у смеру казаљке на сату као на слици 3.3.1. онда ће се у сваком калему индуковати наизменична једнофазна струја.



Сл.3.3.1.Принцип добијања трофазне наизменичне струје

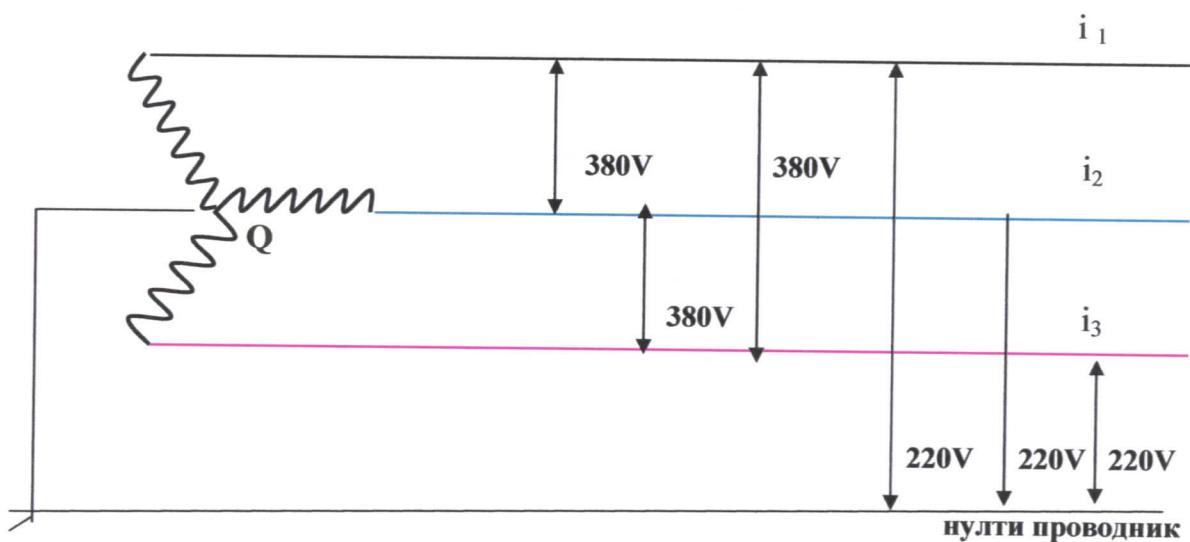
На графикону сл.3.3.2. приказане су три наизменичне струје. Са графика се види да између индуковане струје I_1 и I_2 постоји фазна разлика од 120° , између I_2 и I_3 такође 120° а између I_1 и I_3 фазна разлика је 240° . Индукована струја касни једна за другом за једну трчину времена пуног обрата магнeta то јест за једну трећину периода $T/3$.





Сл.3.3.2.Графикон трофазне наизменичне струје

Са графика на слици 3.3.2. такође се може уочити да је у сваком тренутку збир амплитуда три струје једнак нули. Ову врло важну предност наизменичне струје уочио је Никола Тесла. Наиме са слике 3.3.1 се види да је за одвођење трофазне струје потребно шест проводника односно три паре проводника. Тесла је по један крај сваког калема везао у заједничку тачку Q а слободне крајеве прикључио у мрежу за потрошњу. На тај начин је за одвођење трофазне наизменичне струје потребно три проводника и четврти нулти проводник. Овакво везивање назива се везивање у звезду и приказано је на сл.3.3.3



Сл.3.3.3.Везивање у звезду

Са слике 3.3.3. се види да је напон између било које фазе и нуле 220V а напон између било које фазе је 380V. Број калемова се може повећати преко три па се на тај начин може добити четворофазна ,петофазна струја итд.

Све наизменичне струје са две или више фаза називају се једним именом *полифазне наизменичне струје*. Тесла је водио упорну борбу за примену трофазне наизменичне струје. Међутим против себе је имао целокупни научни свет тога времена ,крупан капитал оличен нарочито у америчком проналазачу и индустријалцу Едисону за кога је Тесла једно време и радио. Та борба као што знамо „рат струја“ завршен је прихваташњем Теслиног система који се и данас користи у целом свету.

Једносмерна струја која је до прихватања Теслиног система коришћена имала је крупан недостатак што није могла да се преноси на велике даљине па је такав систем захтевао градњу „централа“,отуда и потиче овај израз јер су уређаји за производњу морали бити у центрлу.

Сам Њујорк је у то време имао око 200 једносмерних централа. Теслин систем омогућавао је градњу уређаја за производњу струје ван насељених места уз широко коришћење природних ресурса.

Наиме већ 1881.године проналаском трансформатора наизменична струја се могла преносити на велике даљине али се није могла примењивати због непостојања уређаја који ће ову струју претворити у механички рад односно непостојања наизменичног мотора. Зато је и Теслин циљ био направити погодан мотор за наизменичну струју који ће омогућити пренос електричне енергије на велике даљине.

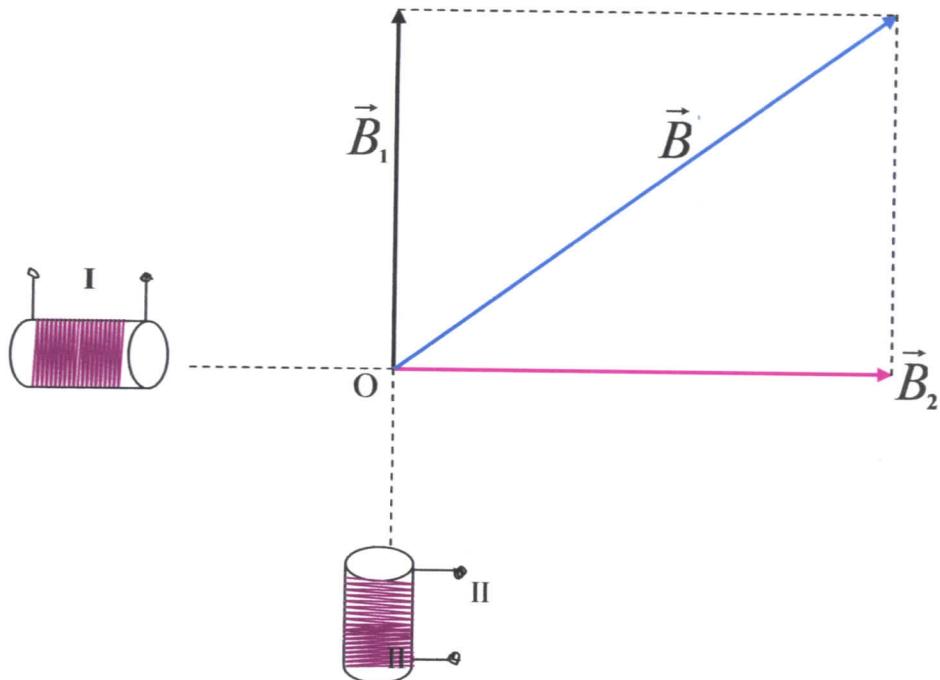
После изградње хидроелектране на Нијагари Теслин систем производње и преноса је опште прихваћен јер је пренос једносмерне струје немогућ на велике даљине због губитка енергије услед великог отпора у проводницима. Смањење отпора повећањем дебљине проводника било би нерационално.

Тесла је уједно поставио систем преноса електричне енергије трансформацијом наизменичне струје , при чему се мења њен напон и јачина,помоћу уређаја који се зову трансформатори.

4. Обртно поље полифазних наизменичних струја

4.1. Обртно поље двофазне наизменичне струје

Полифазне наизменичне струје могу произвести обртно магнетно поље. Обртно магнетно поље двофазне наизменичне струје може се добити како следи. Нека су два калема постављена под углом од 90° како је приказано на сл.4.1.1.

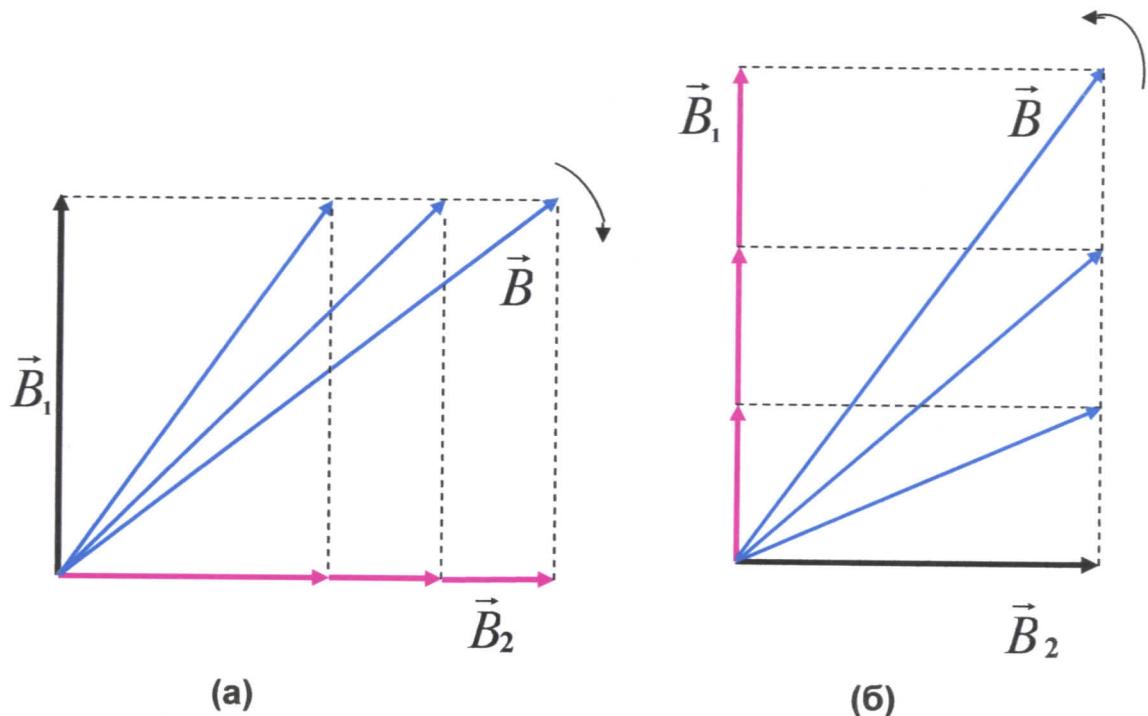


Сл.4.1.1

У тачки О јављају се два вектора магнетне индукције \vec{B}_1 и \vec{B}_2 . Правци ових магнетних индукција стоје под углом од 90° . Резултујућа магнетна индукција \vec{B} се онда једноставно добија геометријском сабирањем односно слагањем вектора оба поља. Лако се може закључити да правац резултујућег вектора \vec{B} зависи од интензитета компоненти \vec{B}_1 и \vec{B}_2 , односно интензитета компонентних поља. Ако интензитет вектора \vec{B}_1 држимо константним а мењамо интензитет вектора \vec{B}_2 на тај начин што га повећавамо онда ће резултујуће поље \vec{B} мењати свој правац у смеру који можемо представити сл.4.1.2.а

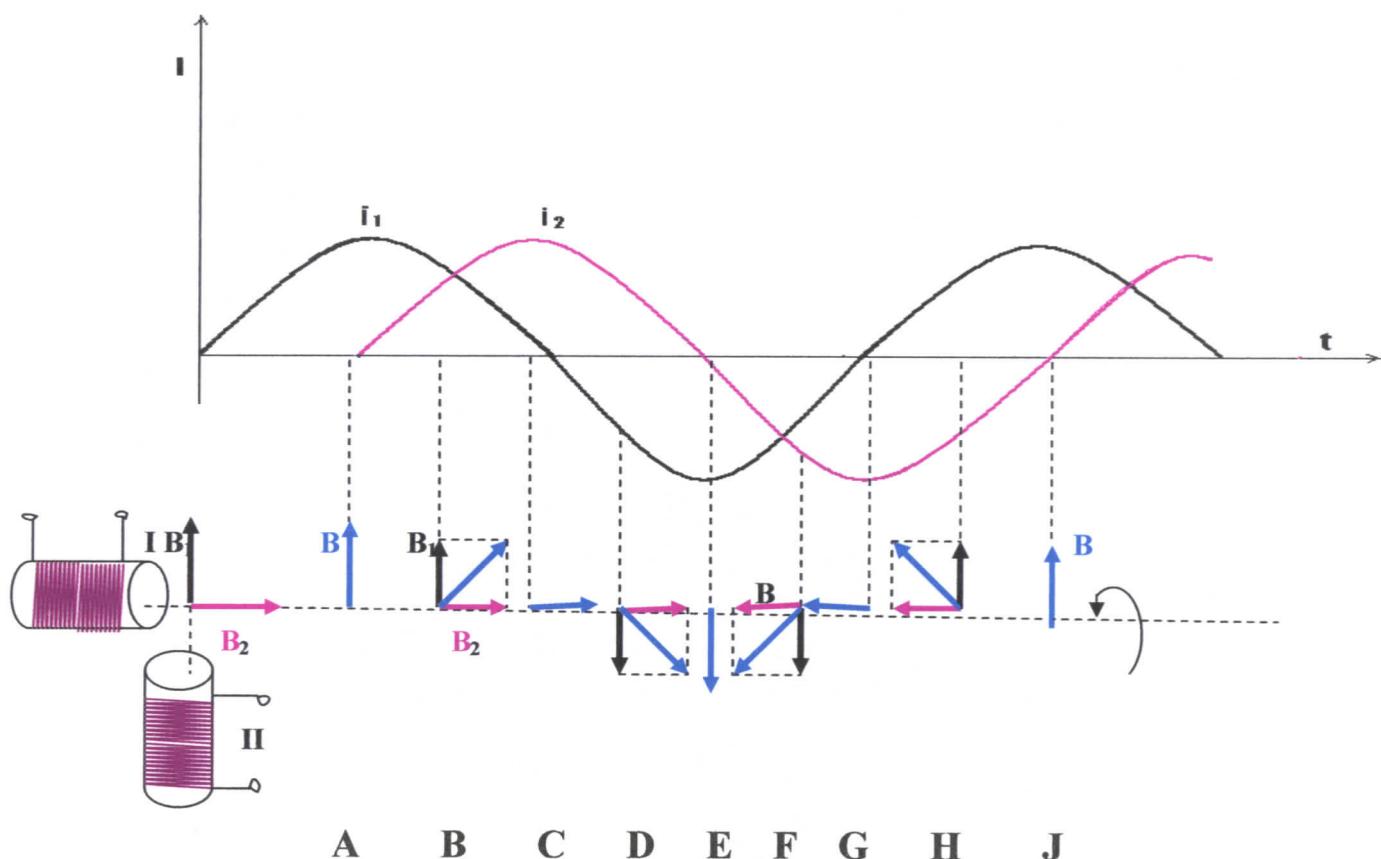
Уколико се вектор \vec{B}_2 одржава константним а повећава интензитет вектора \vec{B}_1 , резултујуће поље поново мења свој правца као на сл.4.1.2.б.

Овакво обртно магнетско поље омогућује конструкцију једноставних и економичних електромотора у електротехници. Открићем обртног магнетног поља Теслин сан је остварен, решио је „загонетку“ мотора без комутатора. Ово откриће је био пресудни тренутак у проналазачком животу Николе Тесле.



Сл.4.1.2.

Ако се кроз два електромагнета пусти двофазна наизменична струја тако да струја I_1 пролази кроз вертикални а струја I_2 кроз хоризонтални електромагнет онда можемо посматрати како се мењају вектори магнетне индукције \vec{B}_1 и \vec{B}_2 у зависности од интензитета струје. Поље једног електромагнета сразмерно је јачини струје. Посматрајмо промену вектора \vec{B}_1 и \vec{B}_2 као и вектор резултујуће магнетне индукције \vec{B} у различитим положајима од А до Ј. На сл.4.1.3. се види да се за време једног периода наизменичне струје, резултујуће поље \vec{B} окрене се за пун угао од 360° .



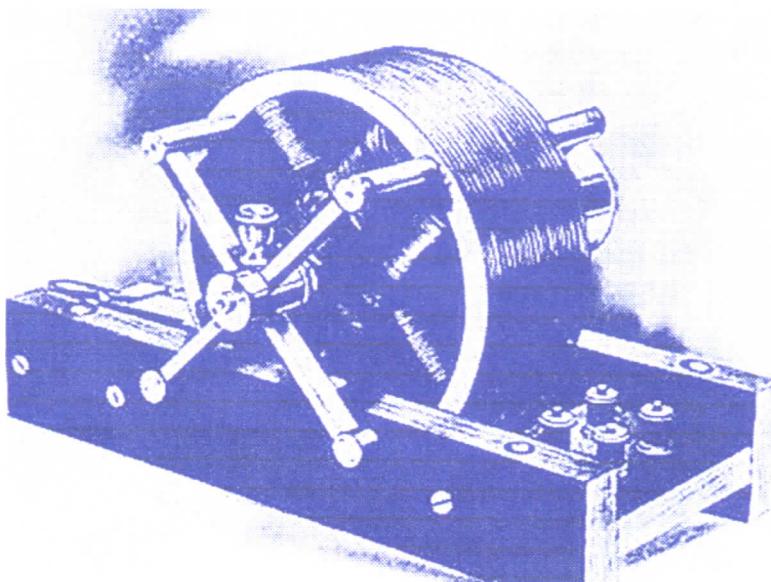
Сл.4.1.3.Промена вектора магнетне индукције у зависности од јачине струје

На слици 4.1.3.се види да је вектор магнетне индукције \mathbf{B}_1 представљен црном бојом док је вектор \mathbf{B}_2 представљен црвеном бојом.Вектор резултујуће магнетне индукције \mathbf{B} представљен је плавом бојом.Јасно се може видети како се резултујуће магнетно поље обрне у току једне периода.

Тесла је открио начин добијања обртног магнетног поља без обртања перманентног. Он је добио обртно магнетно поље без икаквог покретног дела, помоћу полифазних наизменичних струја.

Ово епохално откриће променило је потпуно дотадашњи систем коришћења електричне енергије и до данас није превазиђен. На овај начин је Тесла направио први наизменични мотор који је користио обртно магнетно поље.

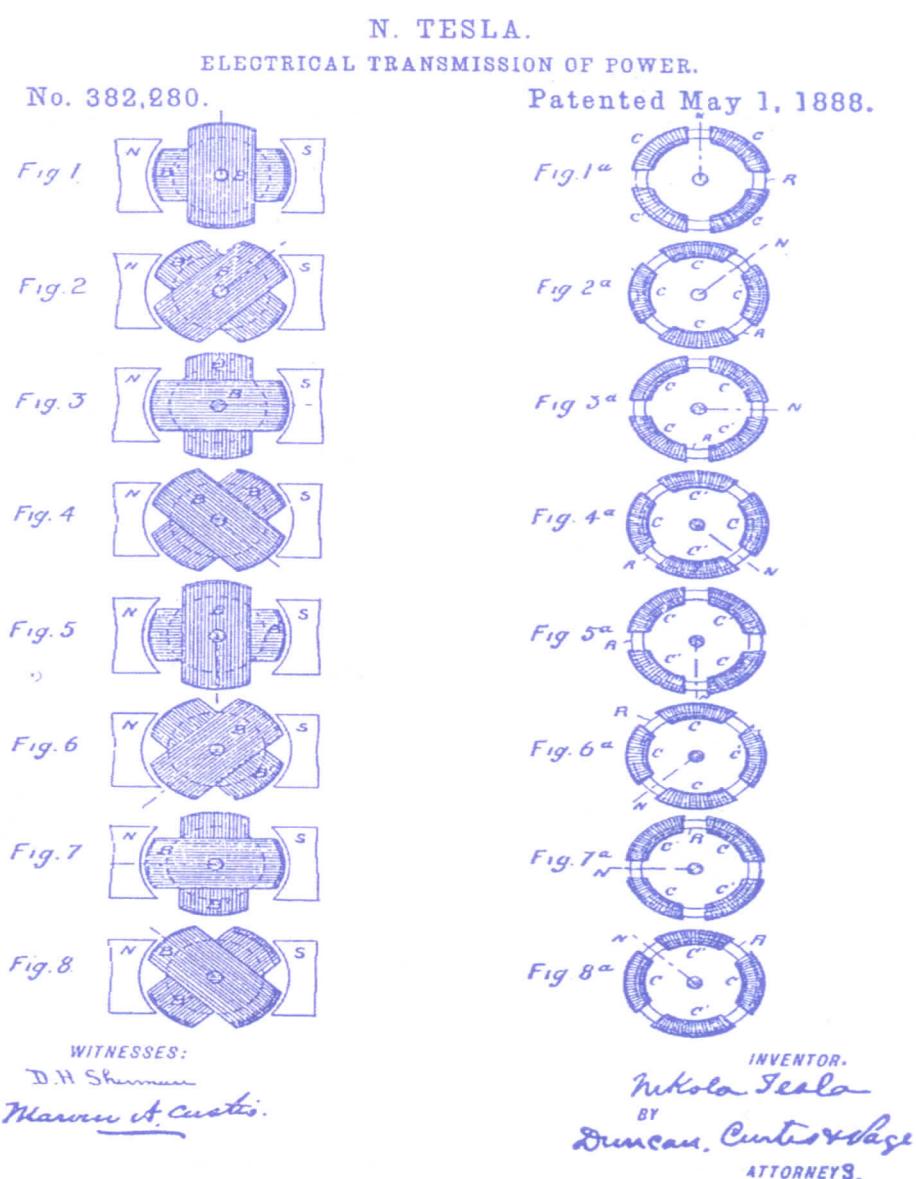
Ако се унутар овог магнетног поља стави комад од магнетног материјала он ће се у обртном магнетном пољу намагнетисати. Полови комада биће привучени од стране полова обртног поља и плоча (ротор) ће се обртати истом брзином као и обртно магнетно поље. Несумњиво да је овакав мотор представљао право револуционарно откриће у електротехници. На слици 4.1.4 приказан је Теслин двофазни индукциони мотор који је први пут демонстриран на Колумбија универзитету 1888. године.



Сл.4.1.4.Теслин двофазни мотор

То је био први мотор који је користио обртно магнетно поље, односно то је био први синхрони мотор. Овакви мотори зову се синхрони зато што тачно следе фреквенцију наизменичне струје. Градска наизменична струја има фреквенцију од 50 Hz па према томе синхрони мотор ће се обртати са 50 обртаја у секунди односно 3000 обртаја у минути. Ако је фреквенција наизменичне струје стална, синхрони мотор неће моћи да крене сам већ је потребан неки мотор који ће га довести једном у радни број обртаја када ће наставити даље обртање. Према томе синхрони мотори имају предност тамо где је потребно одржавати тачан број обрта.

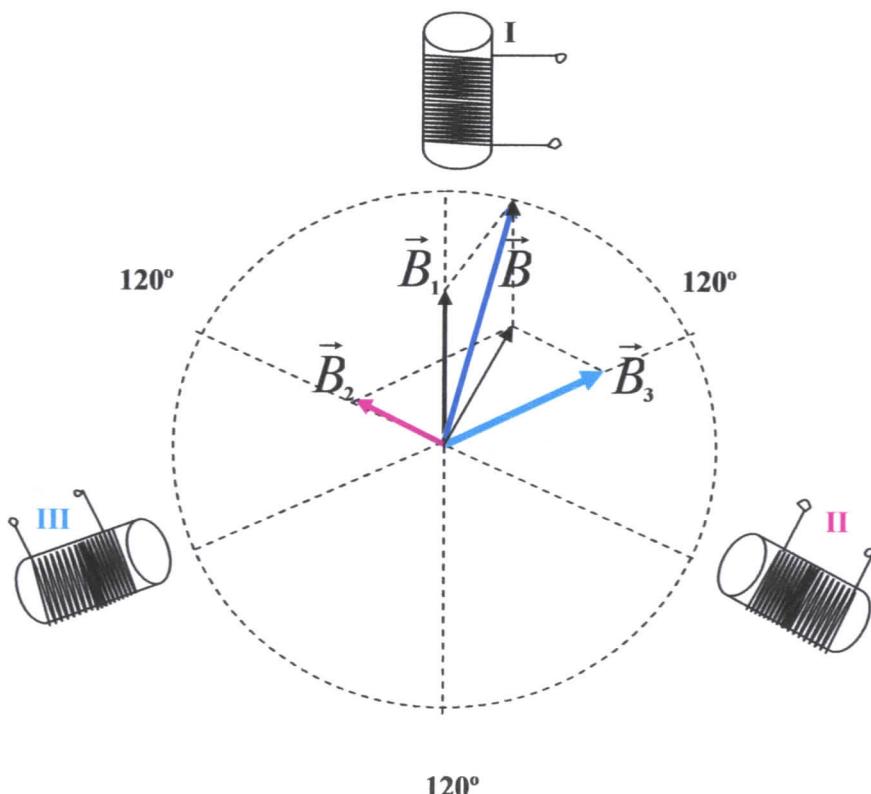
Приоритет у проналажењу обртног магнетног поља и његове практичне примене припада Тесли, мада неки аутори ту заслугу приписују Ферарису. На сл.4.1.5. је фотографија оригиналног патента Николе Тесле о обртном пољу двофазне струје примењеном на мотор.



Сл.4.1.5. Фотографија оригиналног патента Николе Тесле о обртном пољу двофазне струје

4.2.Обртно поље трофазне наизменичне струје

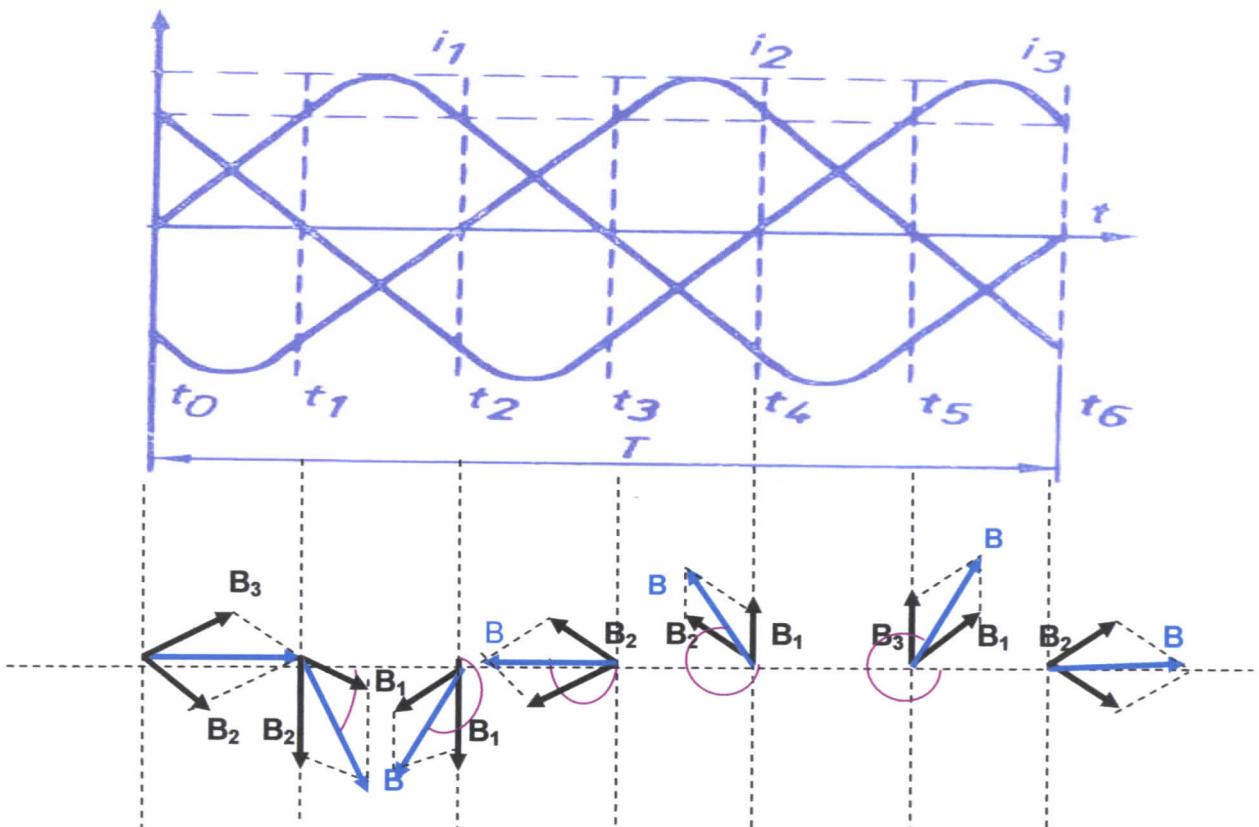
Обртно поље трофазне наизменичне струје добија се на сличан начин. Ако се три електромагнета поставе под углом 120° и прикључе на извор трофазне наизменичне струје сваки електромагнет ће дати своје магнетно поље које зависи од јачине струје која пролази кроз тај намотај. На сл.4.2.1.су представљена три вектора B_1 B_2 и B_3 према тренутним вредностима струје.



Сл.4.2.1.

Слагањем ова три вектора добија се вектор резултујућег поља \vec{B} . Сличном анализом као и код двофазне наизменичне струје се може установити да се резултујуће поље \vec{B} обрће са фреквенцијом наизменичне струје. Овако добијено обртно магнетно поље трофазне наизменичне струје има велике практичне предности над обртним пољем осталих полифазних струја. Вектор \vec{B} резултујућег обртног магнетног поља има у сваком тренутку исти интензитет, односно обртно поље трофазне струје мења се само по правцу док његов интензитет остаје сталан.

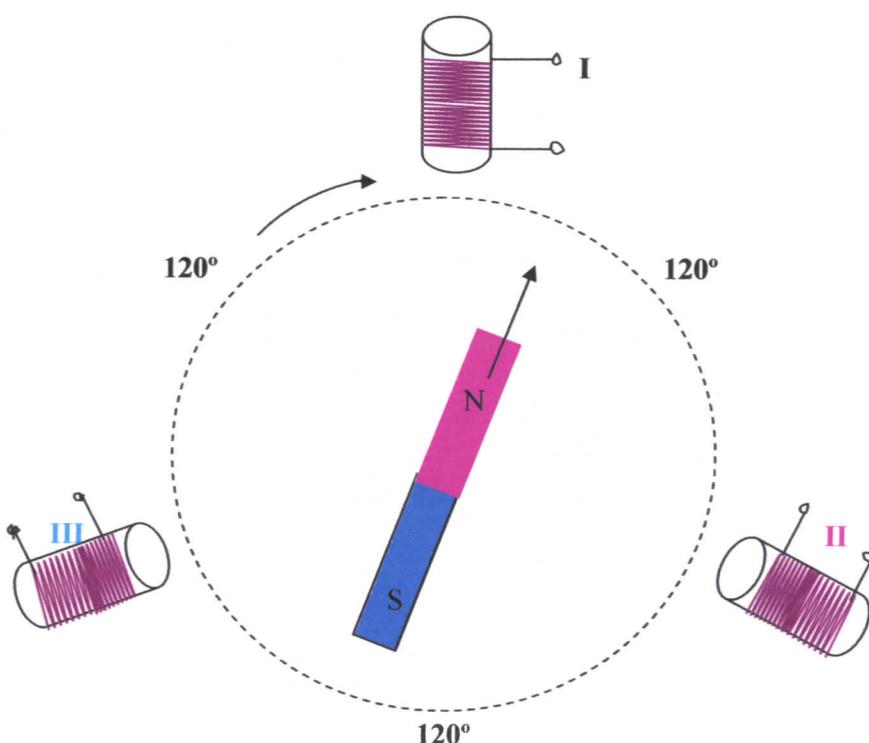
На слици 4.2.2. представљена је промена вектора резултујућег магнетног поља у току једног периода.



Сл.4.2.2.

Са слике 4.2.2. се види да је у тренутку t_0 индукована струја i_1 у првом калему једнака нули па је и вектор магнетне индукције \vec{B}_1 једнак нули. Вектори магнетне индукције \vec{B}_2 и \vec{B}_3 су једнаки по интензитету а њихов резултујући вектор \vec{B} је приказан плавом бојом на слици. У тренутку t_1 вектор магнетне индукције \vec{B}_3 је једнак нули али резултујући вектор \vec{B} поново је истог интензитета само је померен за одређени угао. Све до тренутка t_6 када је индукована струја i_1 поново има вредност нула а резултујући вектор магнетног поља има исти интензитет али је се од тренутка t_0 до t_6 окренуо за један пун угао.

Ако се у обртно поље трофазне наизменичне струје постави један магнет (Сл.4.2.3) магнет ће тежити да се постави у правцу поља које се обрће. Ако се магнет стави у ротацију са фреквенцијом поља онда ће он следити фреквенцију поља. Овакав мотор се такође назива синхронни мотор.



Сл.4.2.3.

Магнет ротира само ако је у правцу поља ,чим изађе из правца поља он ће стати јер није више у стању да следи поље.

Чим магнет изађе само једном из правца поља он више не може да следи поље и више не ротира.Ако се поље обрће неком другом угаоном брзином,различитом од угаоне брзине магнета онда ће поље имати у односу на магнет неку релативну угаону брзину.

Тада ће поље на једној половини круга вући магнет за собом али ће га на другој половини кочити,тако да ће при већој брзини обртања поља укупно дејство на магнет бити једнако нули.Магнет услед инерције не може следити поље па из разлога инерције магнет не може кренути из мира иако се налази у пољу које ротира.

4.3. Теслин асинхрони мотор

Недостатак синхроног мотора је што не може да крене сам, или ако из било ког разлога промени број обртаја он се зауставља. Никола Тесла је први конструисао мотор који ради на принципу обртног поља и има особине које му омогућују широку примену. Теслин асинхрони мотор у принципу има статор исти као и код синхроног мотора. Када се кроз статор пропусти трофазна наизменична струја онда се образује обртно магнетно поље. Ротор је направљен као систем проводника у облику кавеза. Тај кавез представља затворене намотаје у којима се индукује струја.



Сл.4.2.4. Уређај за приказивање Теслиног обртног магнетног поља

Обртно магнетно поље трофазне струје се може реализовати и демонстрирати помоћу уређаја „Теслино обртно магнетно поље – Колумбово јаје“ које се као школско учило може наћи на тржишту. Апаратута је приказана на слици 4.2.4.

Ако ротор мотора мирује, у тренутку када се пропусти струја кроз намотаје ствара се обртно магнетно поље које се обрће у односу на ротор и у ротору се индукује струја.

Индукована струја према Ленцовом правилу има такав смер да својим магнетним пољем жели да спречи узрок индукције. Овде је узрок индукције релативно обртање поља у односу на ротор, па ће магнетно поље ротора тежити да доведе ротор у обртање заједно са обртним пољем наизменичне струје.

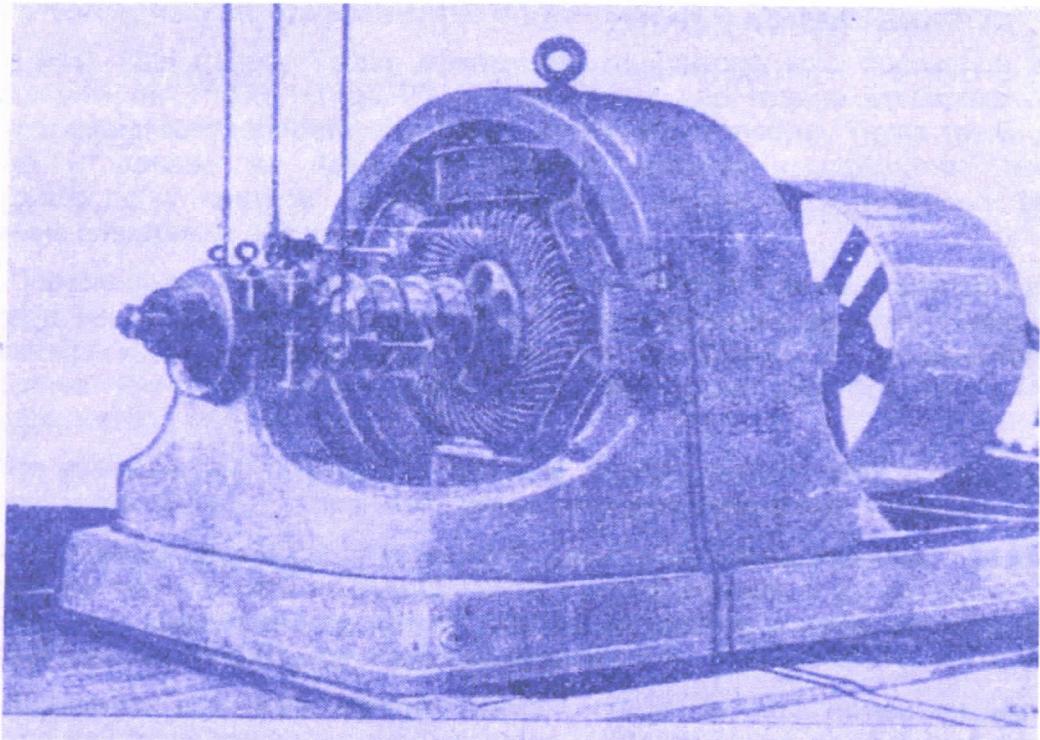
У тренутку када ротор достигне исти број обртаја као и обртно магнетно поље престаје индуковање струје у ротору. Према томе поље индуковане струје у ротору заједно са обртним пољем образује спрег који тежи да ротор доведе у ротацији заједно са обртним магнетним пољем. Ако се ротор оптерети, он бива закочен па се његов број обртаја смањује.

Настанком разлике између броја обртаја ротора и поља у ротору се поново индукује струја и тада се јавља спрег који „гони“ ротор да стигне обртно магнетно поље. Оптерећени ротор се обрће нешто спорије од обртног поља и ова разлика у броју обртаја се обично назива „клизање“ ротора.

На слици 4.3.1. приказан је Теслин асинхрони мотор из 1898. год., такви мотори са малим техничким изменама употребљавају се и данас.

За овакав мотор не требају никакви покретни контакти за довођење струје у ротор. Овакви мотори раде врло економично а конструкција им је врло једноставна. Теслин асинхрони мотор је данас најважнији и најпримењиванији електромотор у индустрији.

Проналазак асинхроног мотора од стране Николе Тесле дефинитивно је преоријентисао читаву индустрију на примену наизменичне струје. Треба овде напоменити да је Тесла дао свој мотор у време када се искључиво употребљавала једносмерна струја и када су физичари и инжењери били убеђени да се наизменична струја не може употребљавати.



Сл.4.3.1.Теслин трофазни асинхрони мотор из 1898.год.

5. Високофреквентне струје

До сада описане наизменичне струје представљају електричне осцилације, само се код наизменичних струја врше принудне осцилације које проузрокује електромоторна сила струјног извора. Фреквенције наизменичне струје су обично мале вредности и у градској мрежи европских држава фреквенција је 50 Hz.

Уобичајена је подела наизменичних струја на нискофреквентне и високофреквентне.

У нискофреквентне струје спадају наизменичне струје са фреквенцијом која не прелази 1000 Hz а све струје чија је фреквенција преко 1000 Hz су високофреквентне.

Најважније радове у области високофреквентних струја дао је Никола Тесла па се у његову част високофреквентне струје називају и Теслине струје.

Током 1890. године Тесла конструише генераторе који производе струју учесталости од 10000 Hz до 20000 Hz. После две године експеримента са електромеханичким генераторима струје високе учесталости, Тесла тражи друге начине и долази на идеју да примени својства кондензатора великог капацитета, да у кратком интервалу времена нагомила и испразни велике количине електричне енергије.

Повезивањем кондензатора са варничарем чије се варнице брзо гасе добио је струје веома велике учесталости. Тесла је искористио особине електричних осцилација и осцилаторног кола сачињеног од калема и кондензатора за остварење једног од својих најлепших проналазака познатог као „Теслин трансформатор”.

На усавршавању осцилатора Тесла је радио годинама што је заштитио са пуно патената при чему је пронашао више начина за прекидање варница.

Најбоље резултате Тесла је постигао помоћу ротационог уређаја, при чему је успевао да варницу гаси до 100 000 пута у једној секунди и да на секундарном намотају трансформатора произведе стотине хиљада па и више милиона херца. Тесла је произвео око 50 различитих осцилатора.

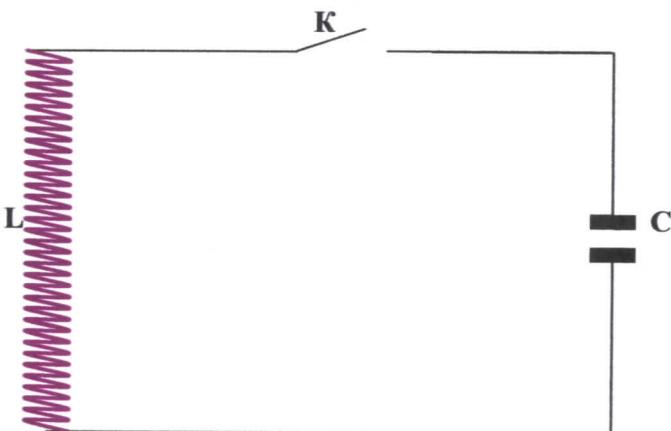
Користећи високофреквентне струје он је на већ поменутој изложби 1893. год. поставио вакумске цеви савијене у облику слова са именима славних физичара и натпис „Добро дошли електричари”. Напајане из Теслиног трансформатора, ове цеви су светлеле што је била прва светлећа реклами у историји.

Теслин трансформатор представља комбинацију затвореног и отвореног осцилаторног кола. Затворено осцилаторно коло је састављено од калема **L** и кондензатора **C** приказаног на слици 5.1.1.

Ако између плоча кондензатора постоји одређена потенцијална разлика , када се прекидач **K** укључи кондензатор се празни тако да између његових плоча нема више електричног поља.

Због тога се при проласку струје у калему **L** образује магнетно поље индукције **B**. Пошто се кондензатор испразни нема више струје , па у калему долази до промене магнетног флуksа те се у њему индукује струја.

Самоиндукована струја онда тече у супротном смеру и поново пуни кондензатор. Тако се врши осцилаторно кретање електричитета.Услед електричног отпора у осцилаторном колу електрична енергија кондензатора се претвара у топлоту. Овај процес траје док трају осцилације , тако да су њихове амплитуде све мање и мање.



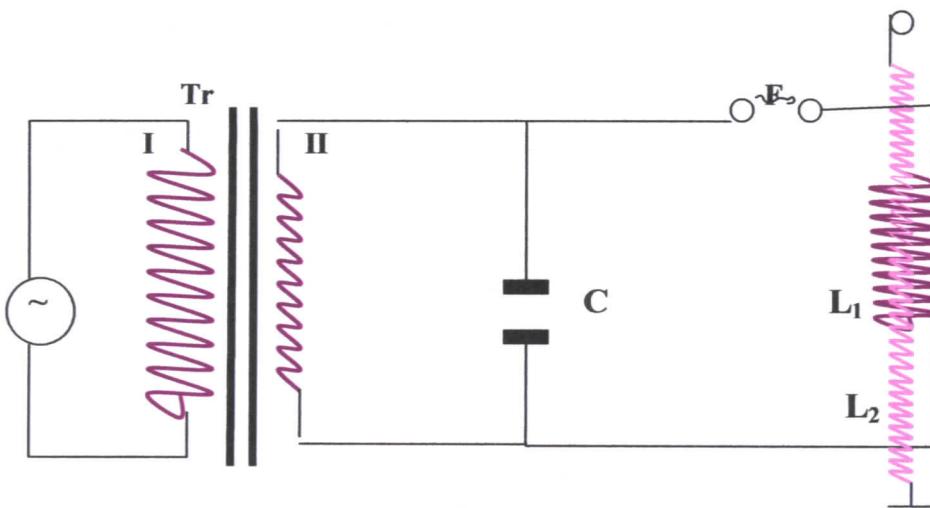
Сл.5.1.1.Затворено осцилаторно коло

Овако добијене електричне осцилације су амортизоване.У затвореном осцилаторном колу долази до наизменичног формирања електричног и магнетног поља а то значи енергија осцилује из једног облика у други.

Отворено осцилаторно коло код Теслиног трансформатора представља калем са врло великим бројем навојака чији горњи крај се завршава металном куглом а доњи је уземљен то јест везан за тачку нултог потенцијала. Отворено осцилаторно коло које сачињава овај калем , еmitује у простор електромагнетне таласе.

5.1.Теслин трансформатор

Помоћу Теслиног трансформатора могуће је без потешкоћа произвести високофреквентне струје од стотине хиљада херца. Принципијална шема Теслиног трансформатора дата је на Сл.5.1.2.



Сл.бр.5.1.2.Шема Теслиног трансформатора.

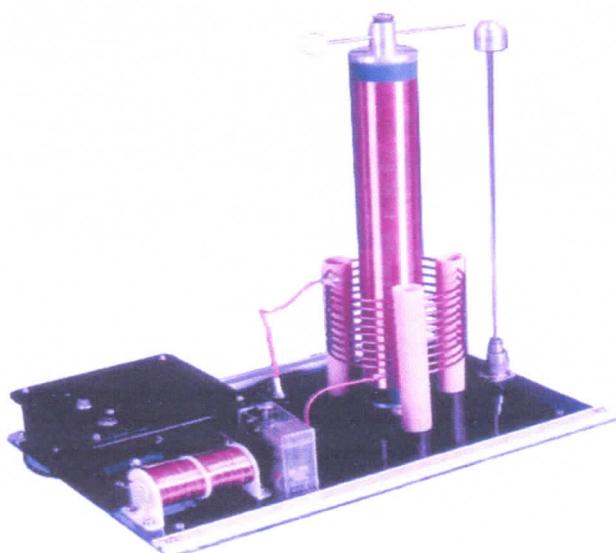
Примарно коло садржи кондензатор **C** калем **L₁** и варничар **F**. Крајеви кондензатора су везани за приклучке секундара **II** обичног трансформатора.

Секундарни напон је доста висок да може да изазове прескок варнице на варничару **F**. Пре него што дође до варничења под дејством секундарног напона кондензатор се пуни и расте разлика потенцијала на његовим облогама, све док изолатор ваздушни слој не попусти, односно када под дејством високог напона наступи ударна јонизација у ваздуху. Варница односно електрични лук који се при томе успостави образује мост који затвара електрично коло које образује кондензатор **C₁** и калем **L₁**.

У овако образованом колу јавља се краткотрајна наизменична струја чија фреквенција зависи од величине калема и кондензатора. При сваком прескакању варнице у варничару **F** настаје амортизована електрична осцилација у описаном осцилаторном колу.

Услед електричних осцилација у осцилаторном колу у калему L_1 . образује се магнетни флукс који осцилује у ритму електричних осцилација односно осцилује високом фреквенцијом. Да би добио високе напоне, Тесла је у унутрашњости калема L_1 који има релативно мали број навојака жице ставио други секундарни калем L_2 са великим бројем навојака.

Калем L_2 се налази у пољу високе фреквенције па се у њему такође индукује високофреквентна струја. Овако индукована струја има висок напон јер калем L_2 има велики број навојака. Тако се на крајевима калема L_2 јавља високофреквентна струја високог напона и преко милион волти. Теслин трансформатор нема гвоздено језgro јер би губици на вртложнне струје били веома велики пошто се ради о магнетном пољу високе фреквенције.



Сл.5.1.3. Теслин трансформатор који се користи као школско учило

Високофреквентне Теслине струје се могу демонстрирати помоћу уређаја „Теслин трансформатор са напајањем“ које се као школско учило може наћи на тржишту.

5.2. Особине и примена високофреквентних струја

О резултатима свога рада и особинама високофреквентних струја Тесла први пут пише у часопису „The Electrical World“ од 1. фебруара 1891. год. Овај чланак је изазвао велико интересовање па је 20. маја исте године одржао предавање са експериментима пред Удружењем америчких електроинжењера у Њујорку.

Успех је био изванредан. Следеће године он држи низ предавања, у Лондону а затим у Паризу говори пред Француским физичким друштвом и Међународним удружењем електротехничара.

Теслине високофреквентне струје, а нарочито оне високог напона, показују разне значајне и интересантне ефекте који не долазе до изражaja код обичних нискофреквентних наизменичних струја. Високофреквентне струје немају физиолошко дејство као нискофреквентне струје. Теслине струје чији је напон више стотина хиљада волти могу да се пропусте кроз организам човека без икаквих штетних последица јер струје теку само по површини коже (скин ефекат).

Одсуство физиолошког дејства ових струја се приписује њиховој високој фреквенцији. Сматра се да физиолошко дејство струје потиче од електролитичких процеса који се дешавају у електролитима ћелија при проласку струје кроз организам.

Пошто Теслине струје имају велику фреквенцију онда ће и период осциловања Т бити кратак интервал времена те не може доћи до електролитичких процеса већ јони само осцилују око својих равнотежних положаја. Поред тога и површински ефекат је јако изражен па струје највећим делом теку само по површини.

При пролазу високофреквентних струја кроз човечје тело оне развијају топлоту и појачавају циркулацију крви. Тесла је уочио да се високофреквентне струје могу користити у електротерапији. На конгресу за електромедицину у Бафалу 1898. год. Тесла је одржао предавање о употреби високофреквентних струја у сврху лечења. Данас се у медицини користе ове струје за лечење разних болести. Из Теслиних радова на овом подручју произашла је савремена **дијатермија, дарсонвализација и електрохирургија**.

Дијатермија је поступак лечења при коме помоћу струја високе учестаности се изазива топлотни ефекат у унутрашњости ткива. У овој методи користе се струје фреквенције више милиона херца и ниског напона од неколико стотина волти. Загревањем оболелог ткива изазива се јача циркулација крви и ова метода се користи за лечење реуматизма, склерозе итд.

Дарсонвализација користи Теслине струје високе фреквенције и високог напона од неколико хиљада волти. Ова метода је добила назив по француском лекару Дарсонвалу и користи се у лечењу срца. Високофреквентне струје се примењују у хирушким операцијама јер спречавају кварење.

У експериментима који су пратили његова предавања у области високофреквентних струја Тесла је приказао изванредне светлосне ефекте напајајући цеви са разређеним гасовима високофреквентним струјма високог напона. Цеви су светлеле иако нису имале директне проводне везе са трансформатором, односно чим би се унеле у јако електрично поље у близини Теслиног трансформатора. Захваљујући Теслиним пионирским радовима и каснијем напретку технике осветљења, настала је техника луминесцентног осветљења.

Најзначајнији и најдалекосежнији Теслин проналазак у области струја високе фреквенције је свакако откриће принципа радиотехнике и остварање бежичног преноса сигнала путем радија. Експериментишући са овим струјама Тесла уочава да се ефекат њиховог зрачења може искористити за пренос сигнала на велике удаљености бежичним путем. У оквиру својих амбициозних планова за пренос бежичне енергије Тесла је направио систем из кога је произашао радио.

За свој радио уређај, Тесла је искористио свој изум, калемове са ваздушним језгром у резонанци за високонапонску струју, по њему назване „Теслине трансформаторе“. Тесла је открио да се овим трансформаторима могу производити и примати електромагнетни таласи (радио таласи) када су два трансформатора подешена тако да струје у њима осцилују истом фреквенцијом. Трансформатор појачава сигнал на датој фреквенцији, трансформишући струју у калему у кратак импулс великог напона.

Тесла је већ током 1895. год. емитовао сигнал који се могао детектовати на удаљености од скоро педесет километара. Тесла је практично усавршио Херцову апаратуру са варничником мада су та побољшања са кондензатором и Теслиним трансформатором у резонанцији приписана Ferdinand Braun-у који је заједно са Марконијем добио 1909. год. Нобелову награду за откриће радија. Када је Теслин сарадник приметио да Марконијева апаратура веома потсећа на Теслина открића он је прокоментарисао:

„Маркони је фин момак, нека га само нек ради, користи седамнаест мојих патената“.

Како се ово све завршило већ је истакнуто у другој глави. Теслини експерименти са високофреквентним струјама били су основ савремене бежичне телеграфије, радиофоније, телевизије и радара.

Теслине струје се примењују у области електрохемије. Када је Тесла дејством високофреквентне струје 1891. год. из ваздуха добио шалитру, то је био први нитрат добијен деловањем електричне струје. По Теслиним речима јефтина производња нитрата је кључ у производњи хране. Већ 1905. год. у Норвешкој је радила индустрија за производњу азотних једињења из ваздуха користећи велике количине електричне енергије.

6. Теслин поглед на енергију

Током 20.века свет је постао потпуно зависан од електричне енергије. Према Америчкој академији наука од двадесет највећих технолошких достигнућа прошлог века, на првом месту је електрификација. На другом месту су аутомобили а на дванаестом месту су свемирске летилице. Као основни критеријум у овом избору је био побољшање квалитета живота људи, а с обзиром да ниједан од следећих достигнућа није могућ без електрификације јасно је зашто електрификација заузима прво место.

Никола Тесла је зачетник масовне електрификације најзначајнијег техничког достигнућа 20.века. Потребе милијарди људи, на планети захтевају све веће снабдевање електричном енергијом. Електрична енергија сада се највише добија из фосилних горива као што је угља, нафта и природни гас. Сва ова фосилна горива су ограничена тако да ће проблем енергије бити проблем 21.века.

Тесла је пре више од сто година указао да је највећа потреба човечанства довољно велики извор енергије. У својим радовима „Проблем повећања коришћења енергије“ из 1900.год као и „Чудесни свет који ће бити креиран електрицитетом“ из 1915.год. Тесла говори о енергији будућности и анализира различите изворе енергије указујући на њихове предности и мане.

„Ми имамо на располагању три извора енергије-фосилно гориво енергију водених падова и топлоту од Сунца.“ Анализирајући ове изворе енергије он пише.. „Неизбежан закључак је да је снага воде наш најреднији извор енергије. На њему човечанство треба да гради наду за будућност“.

Тесла је сматрао да је свима приступачна енергија основа мирног живота да ће ратови престати и мир ће владати светом. Тесла није могао да предвиди коришћење нуклеарне енергије за производњу електричне струје јер је прва нуклеарна ланчана реакција извршена месец дана пре његове смрти.

Више од половине електричне енергије у свету се данас добија из фосилних горива. Међутим у наредним деценијама коришћење фосилних горива мора се смањити из два разлога. Прво што се сагоревањем фосилних горива загађује средина тако да настаје све већи еколошки проблем, а друго што је овај извор енергије коначан па их будуће генерације неће имати на располагању.

Енергија воде и водених токова је и даље веома важан извор енергије али су ови извори практично у потпуности искоришћени. Удео коришћења алтернативних извора енергије (соларна енергија, енергија ветра, енергија плиме) је врло мали. Сам Тесла је сматрао да плима, ветрови и таласи дају периодично и често непоуздану енергију а потребне су сложене и скупе централе.

Према томе највеће достижнуће 21. века било би откриће нових извора енергије који би довели до одрживог развоја друштва. Под одрживим развојем подразумевамо хармонију између коришћења енергетских ресурса и очувања Земље за будуће генерације.

7.Закључак

У овом раду су разматрани проблеми везани за презентацију Теслиног доприноса физици у настави физике у средњим школама.

Обраћен је начин презентације производње и коришћења вишефазних наизменичних струја и високофреквентних струја високог напона као два најважнија Теслина доприноса у овој области. На овај начин се садржајно и методолошки може презентовати Теслин допринос при изучавању физике у средњим школама.

Указано је на чињеницу да се Теслин допринос , развоју електроенергетике као области која је обележила двадесети век често недовољно помиње и чак у неким случајевима занемарује.

8.Литература

1. др.инж.Драгиша Ивановић,инж.Властимир Вучић,:Физика II,
електромагнетика и оптика,Научна књига,Београд,1976.
2. др.Видоје Миловановић, Живот и дело Николе Тесле, Ужице,2006.
3. Никола Тесла ,Моји изуми,Београд,1997.
4. Никола Тесла,Предавања,Завод за уџбенике и наставна
средства,Београд, 1995.
5. Никола Тесла,Патенти,Завод за уџбенике и наставна
средства,Београд,1996.
6. Драгиша Ивановић, Живојин Ђулум, Милан Распоповић, Физика за осми
разред основне школе,завод за издавање уџбеника и наставна
средства,Београд,1986.
7. Друштво физичара Србије,Млади физичар,2006/2007.
8. Часопис Југословенског друштва за за унапређење науке и
технике,Београд,1956.
9. др.Гојко Димић,Физика за осми разред основне школе, Завод за уџбенике
и наставна средства, Београд, 1974

9.Биографија



Винко Јеремијић рођен 15.08.1953.године у Папратни општина Књажевац.Основну школу завршио у Доњој Каменици средњу школу у Нишу а Вишу педагошку у Београду, смер Физика- Хемија.Од 1980.године живи и ради у Ужицу у Основној школи,,Нада Матић".

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Diplomski rad

VR

Autor: Vinko Jeremijić

AU

Mentor: prof.dr Božidar Vujičić, redovni profesor

MN

Naslov rada: Prezentacija Teslinog doprinosa fizici u srednjim školama

NR

Jezik publikacije: srpski (ćirilica)

JP

Jezik izvoda: srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2007

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada: 8 / 41 / 7 / 25 / 0 / 0

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Metodika nastave fizike

ND

Predmetna odrednica ključne reči: Nikola Tesla,višefazne struje,obrtno polje,visokofrekventne struje

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Презентација Теслиног доприноса физици у средњим школама

Izvod:

IZ

Prikazana je „Prezentacija Teslinog doprinosa fizici u srednjim školama”. U ovoj prezentaciji istaknut je poseban značaj Teslinih otkrića, polifazne naizmenične struje, obrtno magnetno polje i visokofrekventne struje. Prikazan je način na koji se može prezentovati i demonstrirati obrtno magnetno polje i visokofrekventne struje, odnosno Teslin transformator, a sve to u ciju da se istakne značajna uloga Nikole Tesle što se često kod nas zanemaruje.

Datum prihvatanja teme od

NN veća:

18.05.2007.god.

DP

Datum odbrane:

DO

30.08.2007.god.

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

dr Radomir Kobilarov, red. prof.

član:

dr Božidar Vujičić, red. prof.

član:

dr Dušanka Obadović, red. prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Vinko Jeremijić

AU

Mentor/comentor:

Ph.dr Božidar Vujičić,full.prof

MN

Title:

Presentation of Tesla's Contribution to Physics in Secondary

Schools

Language of text:

Serbian (Latin)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2007

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4,

PP

Physical description:

8 / 41 / 7 / 25 / 0 / 0

PD

Scientific field:

Physics

SF

Scientific discipline:

Methodics of Teaching Physics

SD

Subject/ Key words:

Nikola Tesla, polyphase alternating current, rotating magnetic field
and high frequency currents

SKW

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

UC

Note:

none

N

Abstract:

AB

The Presentation of Tesla's Contribution to Physics in Secondary Schools is presented here. The specific contribution of Tesla's inventions, the polyphase alternating current, rotating magnetic field and the high frequency currents is shown here. The way to present and demonstrate the rotating magnetic field and high frequency currents, i.e. Tesla's transformator is shown here with the aim to highlight the important role of Nikola Tesla which is often undermined.

Accepted by the Scientific

Board:

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Ph.dr Radomir Kobilarov,full prof.

Member:

Ph.dr Božidar Vujičić,full.prof

Member:

Ph.dr Dušanka Obadović,full,prof

