

Др ЗОРАН МИЛИЋЕВИЋ

ИСТОРИЈА ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛОКОМОТИВА

ТРЕЋА КЊИГА

ТРОФАЗНЕ ЛОКОМОТИВЕ

**АГМ КЊИГА
2018**

Трофазне локомотиве

Др Зоран Милићевић, дипл. ел. инж.

Рецензенти:

Др Ђукан Вукић, ред. проф.

Др Зоран Николић, научни сарадник Инст. техничких наука САНУ

Издавач:

АГМ књига доо

Београд-Земун

Тел/фах: 011 2618 554; 063 84 70 72

www.agmknjiga.co.rs

За издавача:

Славица Сарић Ахмић

Дизајн корица: **Роби Ахмић**

Штампа: **Донат граф, Београд**

Тираж: **300**

ИСБН: **978-86-86363-93-0**

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

629.423-83

МИЛИЋЕВИЋ, Зоран, 1949-

Историја електричних локомотива. Књ. 3, Трофазне локомотиве /
Зоран Милићевић. - Београд : АГМ књига, 2018 (Београд : Донат граф).
- 130 стр. : илустр. ; 21 cm

Тираж 300. – Напомене и библиографске референце уз текст.
Библиографија: стр. 125-126. - Библиографија аутора: стр. 129
- Регистар.

ISBN 978-86-86363-93-0

а) Електричне локомотиве
COBISS.SR-ID 264403468

Сва права задржана од стране аутора и издавача. Прештампавање и умножавање забрањено у целини и у деловима.

Садржај

Увод	9
1 Тесла, Ферарис и Доливо-Добровољски – проналазак индукционог мотора	15
Никола Тесла	17
Галилео Ферарис	20
Михаил Доливо-Добровољски	21
2 Трофазни експерименти и прве трофазне локомотиве	25
Први експерименти у Немачкој	25
Прва трофазна електрична пруга у Швајцарској	26
Експерименти у Мађарској	26
Прва трофазна електрична пруга у Француској	27
Други експерименти у Немачкој	28
Трећи експерименти у Немачкој	30
Прве железничке трофазне локомотиве	31
Прва индустријска трофазна локомотива	33
Прва рудничка трофазна локомотива	34
Прве зупчасте трофазне локомотиве	34
Прве каналске трофазне локомотиве	34
3 Прве трофазне локомотиве у Италији	35
Прве две локомотиве - RA 341 и RA 342	36
Прва серија локомотива – серија RA 36	38
Локомотиве серије RA 38	41
4 Трофазне локомотиве Швајцарске	43
Локомотиве SBB-CHF-FFS 364 и 365	44
Локомотиве серије SBB-CHF-FFS Fb 4/4	45
Локомотива SBB-CHF-FFS 371	47
Локомотиве BTB Fc 2x2/2	49
5 Развој трофазних локомотива у Италији	51
Локомотиве серије 05	52
Локомотиве серије 03	54
Локомотиве серије E.331	55
Локомотиве серије E.332	57
6 Трофазне локомотиве Италије после Првог светског рата	59
Локомотиве серије FS E.551	59
Локомотиве серије FS E.552	60
Локомотиве серије FS E.554	61
Локомотиве серије FS E.354	63
Локомотиве серије FS E.431	63

Локомотиве серије FS E.333	65
Локомотиве серије FS E.432	66
Локомотиве серије FAV E.440	67
7 Високонапонске трофазне локомотиве Италије	69
Локомотиве серије FS E.470	69
Локомотива FS E.471.001	71
Локомотиве серије FS E.472	72
Локомотиве серије FS E.570	73
Резиме о трофазним локомотивама Италије	74
8 Трофазне локомотиве Шпаније	75
Локомотиве серије 1-7	76
Локомотиве серије RENFE 21-24	77
9 Трофазне локомотиве Сједињених Држава	79
Локомотиве серије 5000	80
10 Једнофазно-трофазне локомотиве Сједињених Држава	81
Локомотиве серије LC-1	81
Експериментална локомотива FF1 3931	84
Локомотиве серије EL-3A	86
Локомотиве серије LC-2	88
11 Једнофазно-трофазни експерименти у Мађарској	89
Експерименталне локомотиве Калмана Кандоа	90
12 Једнофазно-трофазне локомотиве Мађарске	95
Локомотиве серије MÁV V40	95
Локомотиве серије MÁV V60	97
Експериментална локомотива MÁV V44.001	98
Локомотиве серије MÁV V55	99
13 Једнофазно-трофазни експерименти у Аустрији	101
Локомотива BBÖ 1470.001	102
Локомотива BBÖ 1180.001	103
14 Једнофазно-трофазни експерименти у Немачкој	105
Експериментална локомотива DRG E244.31	106
15 Једнофазно-трофазне локомотиве Француске	109
Локомотиве серије SNCF CC 14000	110
16 Зупчасте трофазне локомотиве	113
Локомотиве серије He 2/2	113
Локомотиве серије HGe 2/2	116
Локомотиве железничке компаније CFHMPP	117
Локомотиве железничке компаније CFR	118
17 Каналске трофазне локомотиве	119
Локомотиве канала Мајами-Ири	120
Локомотиве Панамског канала	121

Литература	125
Индекс личних имена	127
Библиографија аутора	129

Увод

Проналазак трофазног индукционог мотора, који је у стручној литератури познат и као асинхрони мотор, као један од најзначајнијих у историји технике уопште, отворио је нове могућности за истраживање његове употребе у разним врстама електромоторних погона. Вучни погони с моторима једносмерне струје развијали су се тек нешто више од десетак година, а појавила се нова врста мотора. И нови изазов за инжењере, конструкторе и истраживаче.

И развој електричних локомотива тек је био у зачетку. Све су биле засноване на коришћењу динамо-машина једносмерне струје као вучних мотора. Једна серија локомотива већ је успешно коришћена на једној линији подземне железнице у Лондону. Остале су биле изграђене као прототипови или у највише неколико примерака.

Основна карактеристика локомотиве је она која показује зависност вучне силе на ободу точкова од брзине. Назива се вучна карактеристика. Идеална вучна карактеристика електричних локомотива састоји се од неколико делова. Почетни део представља полазак с максималном вучном силом коју дозвољавају адхезиони услови.¹ То је једна опадајућа крива линија која прати зависност коефицијента адхезије од брзине. Ово је краткотрајна фаза, јер је максимална вредност струје, која одговара тако великој вучној сили, ограничена на свега неколико минута. Убрзавање се наставља с константном вучном силом, којој одговара трајна вредност струје вучних мотора. Одржавање константне струје постиже се постепеним повећавањем напона напајања вучних мотора. По достизању номиналног напона, с трајном струјом, локомотива развија трајну снагу.² При томе је достигнута трајна брзина. При даљем

¹ Адхезија је физичка појава између погонског точка и шине, на којој се заснива стварање вучне силе на ободу точкова локомотиве.

² Снага локомотиве одређена је снагом њених вучних мотора. Трајна снага мотора је уобичајени технички податак којим се изражава могућност његовог оптерећења. То је она вредност снаге коју мотор може да развија трајно, без прекорачења дозвољеног загревања, односно максималне температуре одређене класом изолације намотаја. У ранијој фази развоја електричних мотора, када су им кућишта била затворена, трајна струја је имала малу вредност. Тада се користио податак који је боље изражавао могућност оптерећења. Била је то једночасовна снага, тј. она вредност снаге коју мотор може да развија један час, почевши од хладног стања, без прекорачења дозвољеног загревања. Када су развијени мотори са самовентилацијом, услови хлађења су постали знатно бољи. На тај

убрзавању воза изнад трајне брзине, вучна сила се смањује. Воз се убрзава док се не изједначе вучна сила и збирна сила свих отпора. При изједначењу ове две силе воз се креће равномерном брзином. Смањење вучне силе, по достизању трајне брзине, идеално се обавља при константној снази вучних мотора.

Вучна карактеристика локомотиве одређена је механичком карактеристиком вучних мотора, која у случају трофазних индукционих мотора, природно, не одговара захтевима вуче.

Поставља се разумљиво питање: зашто се ипак кренуло у експерименте с трофазним индукционим мотором у вучним погонима?

Као прво, трофазни индукциони мотор нема комутатор, дирке и механизам за њихово држање и окретање. Док нису измишљени помоћни полови код машина једносмерне струје, њихов рад био је доста проблематичан, због потребе да се дирке померају у зависности од оптерећења. У роторском намотају индукционог мотора струја се индукује услед обртног магнетног поља и зато се мотор тако и назива. Према томе, нема варничења, нема трошења комутатора, нема потрошња дирки, нема захтевног одржавања (замена дирки, обрада комутатора).

Као друго, индукциони мотор је машина наизменичне струје. Наизменична струја може да се трансформише. Напон контактнег проводника може да буде довољно висок, да би вучна струја била што мања. У том случају извор електричне енергије може бити и веома удаљен. Поред трансформатора који напајају контактни проводник и подижу напон, на локомотиви такође може да се налази трансформатор који спушта напон за потребе вучних мотора и других уређаја.

Као и код вучних погона с динамо-машинама једносмерне струје, и код вучних погона са трофазним индукционим моторима прво је коришћено директно напајање мотора. Да би трофазни индукциони мотор могао да се користи у вучном погону при константном напону напајања и при константој учестаности, морао је да има намотани (фазни) ротор. Фазни намотаји ротора били су повезани с клизним прстеновима, на које се, преко дирки, прикључивао, посебно на сваку фазу, променљиви отпорник (реостат).

начин, вредност трајне снаге је знатно повећана и у потпуности је одговарала условима оптерећења мотора трајном струјом.

У оваквим условима није било могуће остварење идеалне вучне карактеристике локомотиве. При константној учестаности, брзина обртања обртног поља мотора (синхрона брзина) је такође константна, а брзина обртања ротора је за неколико процената мања од ње. Разлика ових брзина представља клизања. Клизање није константно. Најмање је при празном ходу и повећава се, али врло мало, с повећањем оптерећења мотора. Зато се овакав мотор назива и асинхрони. Брзина обртања ротора при номиналној учестаности и номиналном клизању је трајна. Овој брзини обртања ротора одговара трајна брзина локомотиве. Синхрона брзина, а тиме и брзина обртања ротора, одређене су, при константној учестаности, бројем полова мотора.

Једини начин да се оствари полазак локомотиве с максималном вучном силом и убрзавање до трајне брзине јесте промена отпорности реостата, од максималне вредности отпора при поласку, до потпуног искључења. Сваком степену отпорности реостата одговара једна механичка карактеристика мотора. Искључењем реостата мотор излази на своју природну механичку карактеристику.

Индукциони вучни мотор може да ради и као генератор, при чему се ротор обрће у истом смеру као обртно поље, али већом брзином од синхроне. Локомотива се тада електрично кочи, а овај радни режим назива се електрично кочење. Мотор мора, при томе, да буде прикључен на напојну мрежу ради добијања струје магнећења за стварање обртног магнетног поља. Због тога локомотива не може да се убрза изнад трајне брзине, јер се у случају повећања брзине ротора изнад синхроне брзине обртног поља аутоматски прелази у електрично кочење. При томе, мотор враћа активну електричну енергију у напојну мрежу.

Без обзира на постојање електричне кочнице, основна кочница за кочење возова била је тада, као и данас, ваздушна кочница. На великим падовима (низбрдицама) пруге за одржавање трајне брзине користе се и електрична кочница и ваздушна кочница.

Наслов књиге указује да су у њој приказане локомотиве с трофазним индукционим вучним моторима. Међу овим локомотивама разликују се оне које се напајају трофазним напоном из трофазне контактне мреже и оне које се напајају из једнофазне контактне мреже.

Код првих се вучни мотори директно напајају трофазним напоном с контактног проводника, мада има и оних на којима је уграђен трофазни локомотивски трансформатор.

Друге имају обртни претварач или групу обртних машина, који служе за претварање једнофазног напона у трофазни, за напајање вишефазних индукционих вучних мотора.

Код трофазних локомотива с једним индукционим вучним мотором, могуће су две трајне брзине ако се фазни намотаји статора и ротора изведу за два различита броја полова. Ако локомотива има два вучна мотора могућа је каскадна спрега мотора. То значи да се један мотор напаја директно из контактнoг проводника, а други са његовог ротора, преко клизних прстенова. Тада је трајна брзина локомотиве одређена збиром броја полова оба мотора. Комбинијући каскадну спрегу два мотора с фазним намотајима за два различита броја полова и њихов паралелни рад с два различита броја полова, могуће је добити четири трајне брзине локомотиве.

Трофазне локомотиве су се углавном градиле као двомоторне. Било је и изузетака. Као по правилу, није било механичког зупчаничког преносника који би снижавао брзину обртања ротора. Због тога су мотори били спороходни и имали су релативно малу снагу. Ниску брзину обртања обезбеђивали су ниска учестаност напона напајања и велики број полова фазних намотаја мотора.

Једнофазно-трофазне локомотиве појавиле су се из жеље конструктора да се добре особине трофазног индукционог вучног мотора искористе без коришћења сложене контактне мреже за његово напајање. Примена обртног претварача фаза омогућила је настајање локомотиве која се напајала једнофазним напоном из контактне мреже с једним фазним проводником. Повратни (нулти) проводник представљале су колосечне шине.

Претварачи фаза су у почетку били једноставне индукционе машине, које су се једнофазним напоном напајале са секундарног намотаја локомотивског трансформатора. Касније су развијени сложени обртни претварачи, који су имали вишеструке функције, међу њима и снижавање напона контактне мреже на одговарајуће вредности за вучни погон и остале потребе на локомотиви, промену напона напајања мотора, па и промену његове учестаности. Конструкција једнофазно-трофазних локомотива окончана је уградњом групе машина које су обављале неопходне функције за рад трофазних индукционих вучних мотора.

Нове конструкције претварача фаза омогућиле су појединачан погон осовина, што је значило уградњу на локомотивама већег броја брзоходних мотора већих снага, са одговарајућим зупчаничким преносницима.

Трофазне локомотиве градиле су се за одређену намену и за економичну експлоатацију на одређеним пругама. Нашле су примену не само на железничким пругама, већ и на пругама посебних намена, као што су планинске зупчасте пруге и пруге поред канала, где су вукле бродове и барже уместо возова.

Објашњење о мерним јединицама

У књизи су задржане мерне јединице за одређене физичке величине онакве какве су се користиле у документима који су коришћени као извори.

У циљу упоређивања страних и старих јединица употребљених у овој књизи и јединица Међународног система јединица, у приложеној табели дати су њихови међусобни односи.

1 миља (mile)	1609,344 m	1, 61 km
1 јард (yard)	0,9144 m	91,44 cm
1 стопа (foot, мн. feet)	0,3048 m	30,48 cm
1 цол (inch)	0,0254 m	25,4 mm
1 миља на час (mph)	0,447 m/s	1,61 km/h
1 коњска снага (HP - Horse Power)	746 W	0,746 kW
1 коњска снага (PS - Pferdestärke)	736 W	0,736 kW
1 фунта (маса) (lb)	0,453 kg	453 gr
1 цента (маса) (cwt)	50,8 kg	
1 фунта (сила) (lbf)	4,448 N	

Означаванье редоследа локомотивских осовина

Редослед осовина локомотива европских железничких управа означава се према систему Међународне железничке уније (фр. *Union Internationale des Chemins de fer*, скр. UIC). UIC је основана 1922. године, а пре њеног оснивања више европских железничких управа користило је идентичан начин означавања редоследа осовина код електричних локомотива.

Редослед осовина локомотива Сједињених Држава означава се према систему Асоцијације америчких железница (енг. *Association of American Railroads*, скр. AAR). AAR је основана 1934. године, а пре њеног оснивања, за означавање редоследа локомотивских осовина електричних локомотива користио се Вајтов систем, који је био намењен за означавање парних локомотива у Сједињеним Државама.

UIC и AAR ознаке се састоје од комбинације бројева и слова.

Бројеви се користе за означавање броја слободних (непогонских) осовина.

Слова се користе за означавање погонских осовина, и то:

A – једна погонска осовина;

B – две погонске осовине

C – три погонске осовине

D – четири погонске осовине

E – пет погонских осовина.

Мало слово "о" иза великог слова (A, B...) означава појединачан погон осовина.

У UIC систему користи се апостроф (') за означавање осовина које се налазе у обртном постољу.

У AAR систему користи се цртица (-) да би се раздвојиле осовине групе осовина у различитим обртним постољима.

У Вајтовом систему користи се комбинација бројева одвојених цртицама. Први број означава број тачкова слободних осовина на предњем делу, други број означава број тачкова везаних погонских осовина и трећи број означава број тачкова слободних осовина на задњем делу локомотиве.

1

Тесла, Ферарис и Доливо-Добровољски – проналазак индукционог мотора

Клица, из које је настао индукциони мотор, може се наћи у Араговом експерименту обављеном 1823. године, библиографија [12]. Обртање бакарног диска изазвало је обртање блиско постављене магнетне игле, при чему између њих није било никакве механичке везе. Ова појава није била разјашњена све до Фарадејевог и Хенријевог открића електромагнетне индукције.

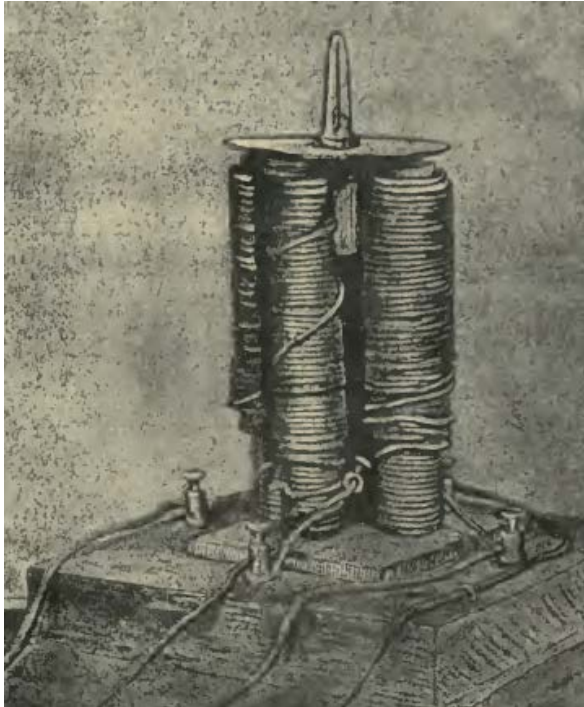
Арагоов експеримент поновио је Волтер Бејли, 1879. године. Он је направио електромагнетни апарат и написао чланак под насловом „Начин за настајање Арагоових обртања“ (*A Mode of Producing Arago's Rotations*) и приказао их у Друштву физичара (*Physical Society*) у Лондону.

Апарат се састојао од четири електромагнета, чији су се намотаји напајали из две електричне батерије (слика 1.1), лит. [9]. Смер струје кроз намотаје могао је да се мења помоћу једног комутационог уређаја па је тако могао да се мења и поларитет електромагнета. На тај начин Бејли је добио обртно поље (слика 1.2). У овом обртном пољу налазио се бакарни диск улежиштен тако да је могао да се обрће у хоризонталној равни. Обртањем поља индуковале су се у диску вихорне струје. Магнетним дејством вихорних струја и обртног поља настајао је спрег сила који је обртао диск.

На питање о могућој снази овако добијеног ротационог кретања, Бејли је скромно одговорио да његову конструкцију треба посматрати као „научну играчку“ (енг. *scientific toy*).

Теоријски допринос дао је Марсел Депре. Он је 1883. године саопштио Академији наука (*Académie des Sciences*) у Паризу важну теорему о стварању обртног магнетног поља дејством две наизменичне струје чија је фазна разлика четвртину периоде. При томе, треба да постоји и просторни размак њихових струјних кола. Депре није располагао

средствима да теорему практично докаже, већ је она представљала геометријску апстракцију, лит. [9].



Слика 1.1
Бејлијев електромагнетни апарат



Слика 1.2
Стварање обртног поља Бејлијевим апаратом

Индукциони мотори развијали су се у различитим конструкцијама, облицима и наменама и томе су свој допринос дали бројни научници, инжењери, проналазачи и иноватори.

Никола Тесла³

Никола Тесла, је свој први индукциони мотор направио у Стразбуру 1883. године. Како је то учинио, описао је у свом чланку „*Моји изуми*“ (*My Inventions*) објављеном у часопису **Electrical Experimenter**, 1919. године.

Године 1887. Тесла је основао компанију Tesla Electric Company и новембра месеца исте године пријавио неколико патената за своје проналаске, а међу њима индукциони мотор и вишефазни систем за пренос електричне енергије. Првог дана маја месеца 1888. године одобрено му је седам, а до краја те године још шест патената. О својим проналасцима одржао је маја месеца 1888. године предавање пред еминентним скупом у Америчком институту електроинжењера (American Institute of Electrical Engineers). Предавање под насловом „*Нови систем мотора и трансформатора наизменичне струје*“ (*A New System of Alternate Current Motors and Transformers*) објављено је у часопису **AIEE Transactions**, том 5, 1888. године.

Теслин индукциони мотор радио је с наизменичним струјама различитих фаза произведеним из генератора наизменичне струје. То је био читав систем вишефазног преноса електричне енергије.

У патентној пријави број 256.501 од 30. новембра 1887. године, Тесла је написао, између осталог, и следеће⁴: „*Открио сам да престижни резултати могу бити обезбеђени у овом систему коришћењем обртања полова првенствено ради индуковања струја у затвореном проводнику постављеном унутар утицаја поља мотора, тако да обртање буде резултат реакције ових струја и поља*“ (*I have discovered that advantageous results may be secured in this system by utilizing the shifting of the poles primarily to set up currents in a closed conductor located within the influence of the field of motor, so that the rotation may result from the reaction of such currents upon the field*). По овој пријави одобрен му је патент број 382.279, 1. маја 1888. године (слике 1.3 и 1.4).

³ Николи Тесли посвећено је 11. поглавље у библ. [13].

⁴ Преведено с оригинала на енглеском језику. Превео др Зоран Милићевић.

UNITED STATES PATENT OFFICE.

NIKOLA TESLA, OF NEW YORK, N. Y., ASSIGNOR OF ONE-HALF TO CHARLES F. PECK, OF ENGLEWOOD, NEW JERSEY.

ELECTRO-MAGNETIC MOTOR.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 382,379, dated May 1, 1888.

Application filed November 20, 1887. Serial No. 556,541. (No model.)

To all whom it may concern:

Be it known that I, NIKOLA TESLA, a subject of the Emperor of Austria, from Smiljan, Lika, border country of Austria-Hungary, now residing at New York, in the county and State of New York, have invented certain new and useful improvements in Electro-Magnetic Motors, of which the following is a specification, reference being had to the drawings accompanying and forming a part of the same.

In a former application, filed October 12, 1887, No. 252,132, I have shown and described a mode or plan of operating electric motors by causing a progressive shifting of the poles of one or both of the parts or elements of a motor—that is to say, of either the field magnet or magnets or armature, or both. I accomplish this by constructing a motor with two or more independent energizing-circuits, on the field-magnets, for example, and I connect these up with corresponding induced or generating circuits in an alternating-current generator, so that alternating currents are caused to traverse the motor-circuits. By so doing the poles of the field magnet of the motor are progressively shifted, and by their attraction upon a rotary armature set up a rotation in the latter in the direction of the movement of the poles. In this case, however, the rotation is produced and maintained by the direct attraction of the magnetic elements of the motor. I have discovered that advantageous results may be secured in this system by utilizing the shifting of the poles primarily to set up currents in a closed conductor located within the influence of the field of the motor, so that the rotation may result from the reaction of such currents upon the field.

To illustrate more fully the nature of the invention I refer to the accompanying drawings.

Figure 1 represents in side elevation the operative parts or elements of a motor embodying the principles of my invention, and in section the generator for operating the same.

Fig. 2 is a horizontal central section of the motor in Fig. 1, the circuits being shown partly in diagram. Fig. 3 is a modified form of motor in side elevation. Fig. 4 is a central horizontal cross-section of Fig. 3.

In Figs. 1 and 2, A is an annular core of soft iron, preferably laminated or formed of in-

ulated sections, so as to be susceptible to rapid variations of magnetism. This core is wound with four coils, C C C C, the diametrically-opposite coils being connected in the same circuit, and the two free ends of each pair being brought to the terminals f and f', respectively, as shown. Within this annular field-magnet A is mounted a soft-iron cylinder or disk, D, on an axis, a, in bearings b b, properly supported by the frame-work of the machine. The disk carries two coils, E E', of insulated wire, wound at right angles to one another, and having their respective ends joined, so that each coil forms a separate closed circuit.

In illustration of the action or mode of operation of this apparatus, let it be assumed that the annular field-magnet A is permanently magnetized, so as to present two free poles diametrically opposite. If suitable mechanical provision be now made for rotating the field-magnet around the disk, the apparatus exemplifies the conditions of an ordinary magnetogenerator, and currents would be set up in the coils or closed conductors E E' on the disk D. Evidently these currents would be the most powerful at or near the points of the greatest density of the lines of force, and they would, as in all similar cases, tend, at least theoretically, to establish magnetic poles in the disk D at right angles to those in the annular field-magnet A. As a result of the well-known reaction of these polarities upon each other, a more or less powerful tendency in the disk to rotate in the same direction as that of the field magnet would be established. If, on the other hand, the ring or annular field-magnet A be held stationary and its magnetic poles progressively shifted by passing through its coils C C' properly alternated currents, it is obvious that similar results will follow, for the passage of the currents causing the shifting or whirling of the poles of the field-magnet A induces currents in the closed circuits of the armature coils E E', with the result of setting up a rotation of the disk D in the same direction of such shifting. Inasmuch as the currents are always induced or generated in the coils E E' in the same manner, the poles of the disk or cylinder follow continuously the poles of the annular field-magnet, maintaining, at least theoretically, the same rela-

Слика 1.3

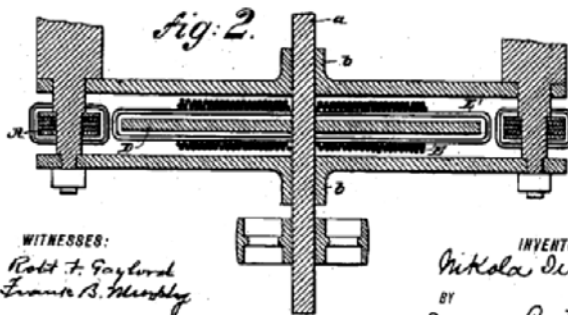
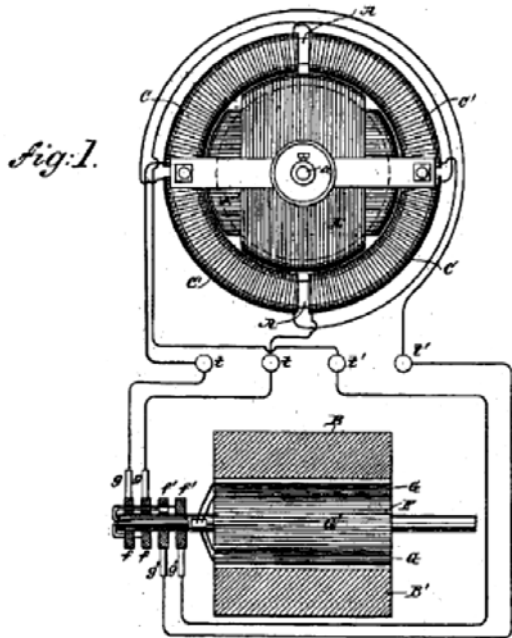
Факсимил прве стране патентне пријаве број 256.501 од 30. новембра 1887. године

N. TESLA.

ELECTRO MAGNETIC MOTOR.

No. 382,279.

Patented May 1, 1888.



WITNESSES:
Robert F. Gaylord
Francis B. Moody

INVENTOR:
Nikola Tesla.
 BY
Duncan Curtis & Co.
 ATTORNEYS.

Слика 1.4

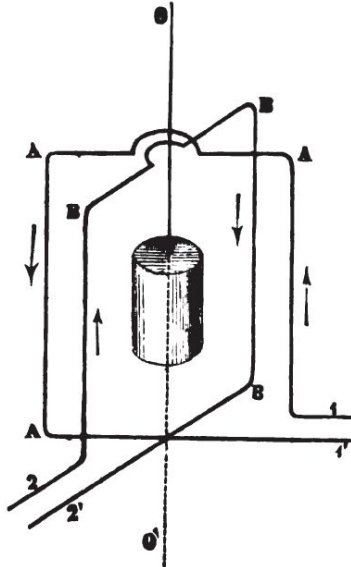
Два од укупно четири патентна цртежа патентне пријаве са слике 1.3

Галилео Ферарис

Галилео Ферарис, инжењер из Торина у Италији, поновио је, 1885. године, Бејлијев експеримент са обртањем бакарног цилиндра користећи Дебреову теорему о узајамном дејству две наизменичне струје различитих фаза (слика 1.5).

Свој рад на стварању обртног магнетног поља и конструкцији мотора заснованог на његовом дејству Ферарис је обнародовао тек 19. марта 1888. године на предавању у Академији наука у Торину (Reale Accademia delle scienze di Torino). Наслов предавања био је „*Електродинамичка обртања произведена дејством наизменичних струја*“ (*Rotazioni elettrodinamiche prodotte per mezzo di correnti alternate*). Рад је објављен у зборнику **Atti della R. Accademia delle scienze di Torino**, том 23, 1888. године.

Први Ферарисови ндукциони мотор имао је два пара електромагнета са заједничким јармом. Две наизменичне струје различитих фаза напајале су намотаје електромагнета. При томе су стварале обртно магнетно поље које је изазвало обртање обртног дела мотора, бакарног цилиндра у којем су се индуковале вихорне струје (слика 1.6).



Слика 1.5

Ферарисов експеримент са обртним пољем