

Истраживања Николе Тесле у области електричног осветљења

Милена Давидовић, Милош Давидовић, Мирјана Божић

Апстракт— Никола Тесла, наш највећи проналазач, био је аутор великог броја патената, као и чланака и предавања намењених стручној и широј јавности. У овом раду даћемо приказ његових истраживања у области електричног осветљења. Она су почела за време сарадње са Едисоном, када је, по историјским изворима, на основу оквирног Едисоновог нацрта лучне лампе Тесла развио комплетан систем који је Едисон патентирао у јуну 1884. У децембру 1884. године, Тесла напушта Едисона и са партнерима оснива компанију Tesla Electric Light and Manufacturing. Од тог тренутка могуће је пратити Теслина истраживања у области електричног осветљења, читајући његове patente од првог пријављеног патента електричне лучне лампе, из марта 1885. до патента електричне сијалице из маја 1891. године.

Кључне речи— Тесла, електрично осветљење, електрична лучна лампа, сијалица са ужареним влакном.

I. Увод

Светлост је одувек имала изузетно место у животу људи свих култура и свих времена. Методи вештачког осветљења појавили су се веома давно, први је био контролисана употреба ватре, пре више стотина хиљада година. Најстарија документована лампа, где се као гориви материјал користи сало животиња, је из времена од 17500 година пре нове ере [1], док су се уљане лампе и свеће појавиле знатно касније 4500 односно 3000 година пре нове ере. Крајем осамнаестог века, у јек индустријске револуција, почињу да се користе светиљке са угљеним гасом, а улазе у комерцијалну употребу од 1814. у Лондону, када се развија гасовод дужине од више десетина километра [2]. У наредним деценијама ова врста осветљења проширила се на Француску, Белгију, Немачку, Русију и Сједињене Америчке Државе пошто је била јефтинија од осветљења уљаним лампама и свећама.

Милена Давидовић – Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Булевар Краља Александра 73, Београд, Србија (e-mail: milena@grf.bg.ac.rs).

Милош Давидовић – Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, Мике Петровића Аласа бр. 12-14, Београд, Србија (e-mail: davidovic@vin.bg.ac.rs).

Мирјана Божић – Институт за физику, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, Прегревица 118, Београд, Србија (e-mail: bozic@ipb.ac.rs).

Откривањем процеса добијања керозина из нафте 1855. године, уље кита које се до тада користило у лампама замењено је јефтинијим керозином [2].

Откриће Александра Волте, који је око 1800. направио Волтин електростатички стуб [3], претечу модерне батерије, и експерименти Василија Петрова из 1803. са батеријом електромоторне силе од око 1700V [4], када је прислањајући за полове батерије комаде угља и приносећи их један близу другом, генерисао блештави електрични лук белог пламена, били су предуслов за појаву електричног осветљења. 1809. Хемфри Дејви јавно демонстрира овај експеримент а 1845. Томас Вратт у Енглеској патентира прву лучну лампу [2].

У угљеничној лучној лампи, електроде су две угљеничне шипке у ваздуху повезане на извор електричне енергије. Да би лампа почела да ради, шипке се додирују, да би се успоставила електрична струја а онда одвајају када се ствара електрични лук. Шипке се затим полако раздвајају, а електрична струја загрева шипке и одржава лук у процепу између електрода. Због загревања шипки ствара се угљенична пара у луку која омогућава са се створи јако светло. Штапови полако сагоревају током употребе, а растојање између њих мора се контролисати како би се лук одржао.

II. ДОЛАЗАК НИКОЛЕ ТЕСЛЕ У СЈЕДИЊЕНЕ АМЕРИЧКЕ ДРЖАВЕ И РАД У ЕДИСОНОВОЈ КОМПАНИЈИ

Са писмом препоруке од Чарлса Бачелора за рад у Едисоновој компанији Никола Тесла долази у Америку 6. јуна 1884. године. О својим првим утисцима о земљи о којој је дуго маштао пише: „У арапским причама читао сам о томе како дух преноси људе у земљу снова да започну живот пун узбудљивих авантура. Мој случај је био управо обрнут. Дух ме је пренео из земље снова у земљу реалности. Оно што сам оставио било је лепо, поетично и очаравајуће у сваком погледу; оно што сам угледао било је вештачко, грубо и непривлачно” [5].

Међутим био је задивљен Едисоном који је без научног образовања тако много постигао. Чак је на тренутак зажалио за временом које је утрошио на учење десетак језика, и читање свега што му је дошло до руке „од Њутнових „Приципа” до романа Пол де Кока” [5]. Тесла почиње да ради у Едисоновој компанији два дана по доласку у Америку.

Тесла је сматрао да „Нема привлачније и вредније теме за проучавање него што је природа. Разумевање овог

величанственог механизма, откривање сила које у њему делују и закона који њима управљају, највиши је циљ његовог интелекта” [6]. Зато ради неубијачено много, сваког дана од 10.30 ујутру до 5 сати наредног јутра [5]. Најпре се бавио унапређењем конструкције Едисонових динама, где је замењивао дугачке магнете ефикаснијим кратко-језгарним, чиме се постизала уштеда гвожђа, трошило се чак три пута мање [7].

Средином 1880-их, Едисонова компанија била је заинтересована за развој сопственог лучног осветљења и такмичила се са још три велике компаније које су се бавиле електричним осветљењем. Те конкурентске компаније оствариле су раст захваљујући производњи и инсталирању лучних лампи, а онда су прошириле производњу и на сијалице са ужареним vlakном. Едисонове сијалице са ужареним vlakном биле су погодне за осветљавање ентеријера, али нису биле погодне као улично осветљење. Зато је Тесла замољен да ради на развоју лучне лампе.

На основу оквирног Едисоновог нацрта лучне лампе Тесла је детаљно развио комплетан систем који је Едисон патентирао у јуну 1884. Тесла је очекивао одговарајућу материјалну накнаду која је изостала [7]. Када се испоставило да је и обећана награда од 50000 долара за унапређење Едисонових динама амерички хумор, Тесла је потресен дао отказ у Едисоновој компанији [6].

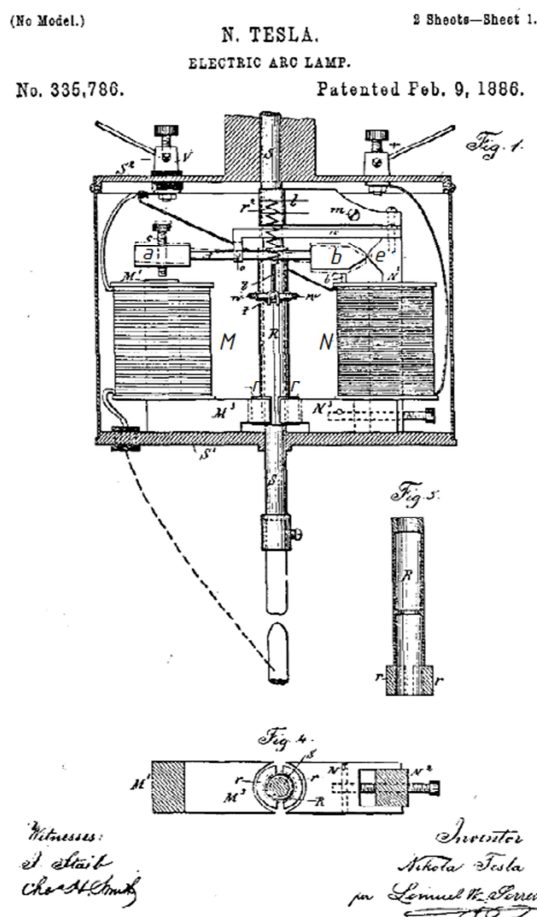
III. ОСНИВАЊЕ СОПСТВЕНЕ КОМПАНИЈЕ И РАД НА УНАПРЕЂЕЊУ ЛУЧНИХ ЛАМПИ

У децембру 1884. године, Тесла добија предлог да са партнерима оснује компанију Tesla Electric Light and Manufacturing која би се бавила развојем и производњом лучних лампи. Први Теслин патент пријављен у марту 1885 био је Електрична лучна лампа [8].

Теслин проналазак се односио на лучне лампе са угљеним електродама чије су електроде раздвајају помоћу електромагнета или соленоида, и циљ је био да се спрече учестане вибрације помичне електроде што узрокује треперење светлости. Величина лука се подешавала помоћу супротстављених сила које делују на шипку или полуку за коју је електрода директно повезана. Пошто те силе зависе од јачине струје напајања, свака њена промена проузрокује промену величине лука и треперење светлости. Ранија предложена решења била су да се по успостављању лука полука фиксира у одређеном положају што је међутим доводило до додиривања угљеничних електрода, тренутног гашења лампе и оштећења делова кола.

У патенту Николе Тесле који је приказан на слици 1, комбинују се два електромагнета односно две завојнице намотане на језгра. Завојница M је од дебеле жице, па има малу отпорност, и везана је у главно коло, односно једним крајем за држач доње угљене електроде а другим крајем за негативан стезни завртањ. Завојница N је од танке жице, па има велику отпорност и повезана је између позитивног и негативног стезног завртања. Држач горње угљене електроде S пролази кроз оквир лампе и кроз цев R која служи као стезач. Док није прикључено напајање,

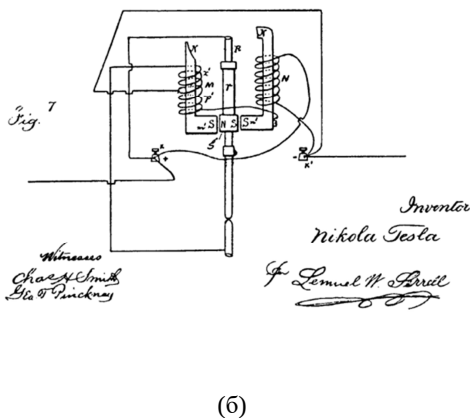
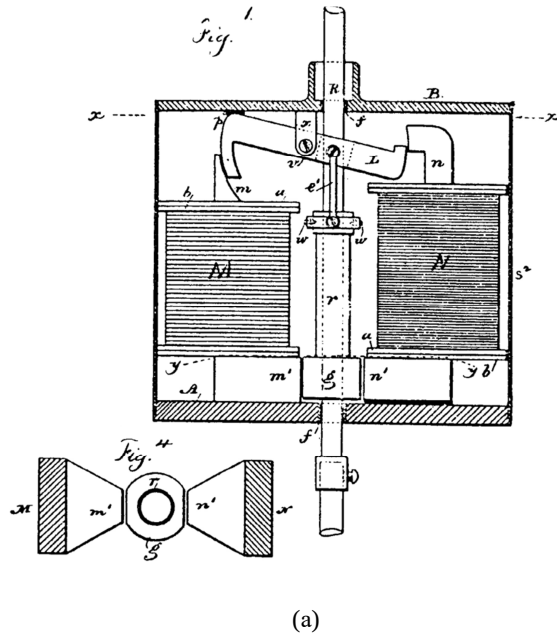
електроде су спојене. Када се прикључи напајање ток електрицитета је кроз оквир лампе, држач S и угљене електроде до дебеле жице, приказане испрекидано, кроз завојницу M до негативног прикључка. Језгро M' се намагнетише и привлачи котвени блок a од меког гвожђа, полука која спаја a и b се покреће, подижући стезалку R и држач горње електроде, чиме се електроде раздвоје и формира се лук. Магнетизам полног наставка e привлачи котву b , одржавајући стабилност полуге при промени струје. Ако се лук издужи струја кроз M се смањи а кроз N повећа, чиме се повећава магнетизам језгра N^3 , које привлачи сегментну котву g лабавећи стезалку R чиме се држач горње електроде S спушта и лук смањује, чиме се поново постиже магнетна равнотежа и шипка притеже стезалком. Ако дође до додиривања угљених електрода, магнетизам N^2 ослаби, тако да котва a може да се покрене ка M' , што доводи до раздвајања електрода.



Сл. 1. Слика првог Теслиног патента пријављеног у марту 1885 [8]. Наредни патент [9] унео је промене у облик полуге која је у претходном патенту имала котвене блокове a и b а сада је израђена од једног комада меког гвожђа у облику латиничног слова Z , на слици 2(а) има ознаку L . На почетку се угљене електроде, које су приказане на дну слике 2(б) додирују. По укључивању напајања струја тече од позитивне прикључне тачке приказане на слици 2(б),

кроз оквир лампе, држач електроде, горњу и доњу угљену электроду па изолованим повратним водом до навојака главног електромагнета M који се побуђује и привлачи својим m' полом стезну котву g . Унутар r се налазе стезачи шипке r који су затегнути када је g привучен ка електромагнету M .

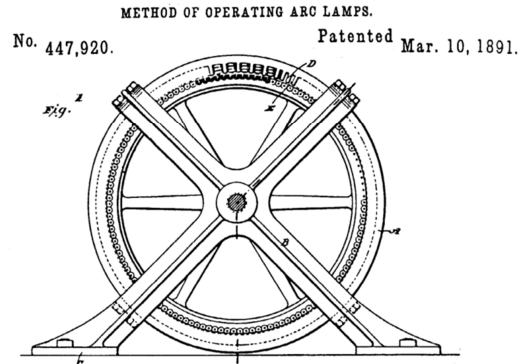
Истовремено горњи пол електромагнета m привлачи r чиме се горња угљена електрода подиже и успоставља лук. Током рада угљене електроде сагоревају, лук се продужава, магнетизам електромагнета M слаби, слаби сила између m' и g што омогућава горњој угљеној шипци да склизне, чиме се поново успоставља нормална дужина лука.



Сл. 2. Део Теслине патентне пријаве [9]: (а) шематски приказ система за контролисање положаја горње угљене електроде (б) приказ начина повезивања на извор електричног напајања.

У патенту [10] Никола Тесла разматра електролучне светилке које се напајају наизменичном струјом. Код оваквог начина напајања јавља се јак звук који није постојао код напајања једносмерном струјом. Тесла

закључује да је фреквенција звука једнака фреквенцији струје напајања и предлаже да се струја варира фреквенцијом изнад границе чујности. Предлаже генератор са великим бројем полова од 375 до 400 који се може окретати брзином 1500-1600 обртаја у минути што даје фреквенцију струје реда величине 10000Hz, приказан на слици 3.

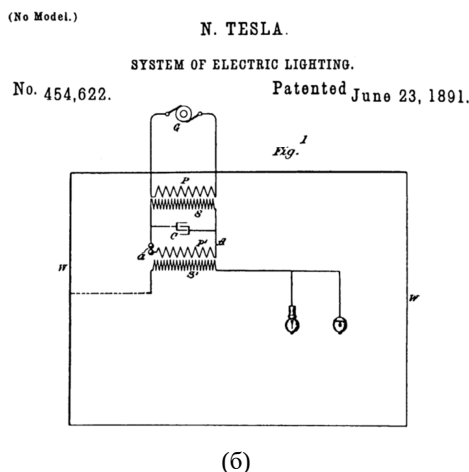


Сл. 3. Генератор за напајање лучних лампи наизменичном струјом из патента [10].

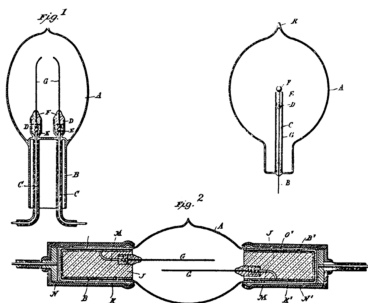
У патенту [11] описан је систем електричног осветљења у коме се користе извори високог напона и високе фреквенције. Тесла је сматрао да такво напајање има велике предности како економске тако и практичне. Доња граница за коришћених фреквенција била је од 15000Hz до 20000Hz, са напонима 20000V а горња је зависила од особина апаратуре. За генерисање струје високе фреквенције и напона као примарни извор струје може се применити и генератор једносмене струје чије се коло прекида екстремно великом брзином механичким направама, или магнетно-електрична машина конструисана да производи високофреквентне струје. У оба случаја ако је напон низак, он се може повећати коришћењем трансформатора. Да би се избегле механичке тешкоће до високофреквентних струја може се доћи и применом принципа наглог пражњења. Струја високе фреквенције добија се наглим пражњењем акумулисане енергије кондензатора с приказаног на слици 4, који се пуни у колу везаном за извор а празни у колу потрошача. Амплитуда напона повећава се у трансформаторима везаним за извор и потрошач. Ако се било који крај секундарног намотаја веже за прикључни извод потрошача као што је сијалица са ужареним влакном, угљено влакно се ужари и остаје у том стању, као и свако друго тело које проводи струју прописно затворено у суду са разређеним ваздухом или из кога је извучен ваздух. Притом се сијалица не мора повезати у коло, довољно је да буде постављена близу секундарног извора да би са њиме успоставила индуктивну везу.

У патенту [12] Тесла наводи да је конструисао сијалицу која се принципијелно разликује од до тада коришћених сијалица. Уобичајени начини конструкције били су да се унутар стаклене кугле монтира проводник на носећим жицама и из сијалице извуче ваздух или замени инертним гасом, или да се унутар кугле из које је делимично извучен ваздух налазе два независна проводника. У првом

случају кроз проводник пролази струја и он се усијава а у другом долази до електричног пражњења струје кроз ваздух. У том случају не сме да буде сувише висок вакуум јер тада нема пражњења. При таквим условима поједини делови жица унутар сијалице због великог загревања брзо пропадају.



Сл. 4. Систем електричног осветљења [11].



Сл. 5. Електричне сијалице из Теслиних патената [12] и [13].

Тесла је открио да се ако се два проводна смештена у стаклену куглу са веома високим вакуумом могу усијати и практично користити као извор светлости ако се вежу било директно или индуктивно са изводима струјног извора веома високе фреквенције и напона. Вакуум унутар кугле мора бити изнад границе „непробојног вакуума”, односно не сме долазити до прескока варнице између електрода. Сијалица приказана горе десно на слици 5 је основни модел где су електроде а директно повезане са проводним жицама *C* које се везују за извор. На на доњој сијалици на слици 5 електроде *G* не везују се директно него посредством кондензатора *K* мале капацитивности. Код ових сијалица нема видљивог електричног пражњења између електрода.

IV. ЗАКЉУЧАК

Писани документи које је оставио Никола Тесла представљају наше културно наслеђе непроцењиве вредности којем треба посветити дужну пажњу. У овом

раду дат је сажет преглед истраживања Николе Тесле у области електричног осветљења. Иако електрично осветљење није била његова примарна тема истраживања и у овој области је добио вредне резултате. Први патенти односили су се на аутоматску регулацију дужине лука лучне светиљке где су основни елементи два електромагнета. Бавио се проблемом угодности коришћења лучних лампи, где је да би се елиминисао непријатан звук приликом напајања наизменичном струјом предложио да се фреквенција струја напајања подигне изнад границе чујности, развијао је високофреквентне генераторе за напајање осветљења и дао предлог конструкције више типова сијалица.

ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујемо се Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије на подршци истраживању.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. A. De Beaune and R. White, "Ice age lamps," *Sci. Am.*, vol. 286, no. 3, pp. 108-113, March, 1993.
- [2] M. Guarnieri, "Switching the light: from chemical to electrical," *IEEE Ind. Electron.*, vol. 9, no. 3, pp. 44-47, Sep, 2015.
- [3] A. Volta, "On electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kind," *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*, vol. 90, pp. 403-431, June, 1800.
- [4] В. Петров, *Известе о Галвано-Волтовских опитах*, Санкт-Петербург, Русија, Типографија Государственной Медицинской Коллегии, 1803.
- [5] N. Tesla, *My Inventions*, Novi Sad, Akademska knjiga, 2018.
- [6] N. Tesla, "Experiments of alternate currents of very high frequency and their application to methods of artificial illumination," *AIEE Trans.*, vol. 8, no. 1, pp. 266-319, May, 1891.
- [7] W.B. Carlson, *Tesla, inventor of the electrical age*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 2013.
- [8] N. Tesla, "Electrical arc lamp," U.S. Patent No. 335 786, Feb. 9, 1886.
- [9] N. Tesla, "Electrical arc lamp," U.S. Patent No. 335 787, Feb. 9, 1886.
- [10] N. Tesla, "Method of operating arc lamps," U.S. Patent No. 447 920, Mar. 10, 1891.
- [11] N. Tesla, "System of electric lighting," U.S. Patent No. 454 622, June 23, 1891.
- [12] N. Tesla, "Electric lamp," U.S. Patent No. 455 069, June 30, 1891.
- [13] N. Tesla, "Incandescent Electric light," U.S. Patent No. 514 170, Feb. 6, 1894.

ABSTRACT

Nikola Tesla, our greatest inventor, was the author of a large number of patents, as well as articles and lectures intended for professionals and the general public. In this paper, we will give an overview of his research in the field of electric lighting. His research in that field started during the collaboration with Edison, when, according to historical sources, based on Edison's rough draft of the arc lamp, Tesla developed a complete system that Edison patented in June 1884. In December 1884, Tesla left Edison and together with some partners founded a company named Tesla Electric Light and Manufacturing. From that moment on, it is possible to follow Tesla's research in the field of electric lighting, by studying his patents from the first registered electric arc lamp patent, from March 1885 to the electric light bulb patent from May 1891.

Research of Nikola Tesla in the field of electric lighting

Milena Davidović, Miloš Davidović and Mirjana Božić