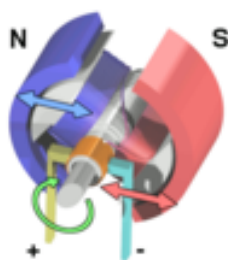


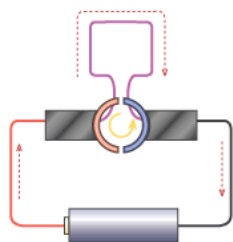
Nikola Tesla

Nikola naj bi bil rojen točno opolnoči med nevihto z bliski v znani liški (Hrvaška) družini leta 1856. Njegov oče je bil srbski pravoslavni duhovnik metropolije, izobraženec in mislec, mati pa sicer ni znala ne pisati ne brati, vendar je imela zelo dober spomin in iznajditeljsko žilico. Nikola je fotografski spomin in zanj pravijo, da je idejo do potankosti razvil v glavi brez odvečnih skic. V življenju je prijavil okoli 700 patentov, večinoma iz področja elektrike in magnetizma.

Elektrotehniko je študiral v Gradcu, kjer se je prvič srečal z enosmernim dinamo strojem ali drugače imenovanim tudi elektromotorjem na ščetke. Ta stroj je sestavljen iz treh bistvenih delov: magnetov, rotorja in komutatorja.

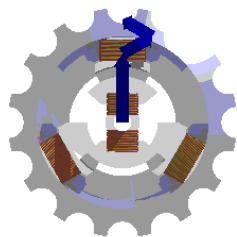


Rotor predstavlja tuljava navita na kotev, komutator pa vzdržuje gibanje tuljave. Glavna slabost motorjev na enosmerni tok je komutator, ki je sestavljen iz več bakrenih lamel (več kot jih je, bolj konstanten magnetni navor deluje na motor oz. bolj konstantno inducirano napetost dobimo pri generatorjih), po katerih drsijo grafitne ščetke s katerimi sklenemo električni krog.



Sčasoma se grafitne ščetke obrabijo, komutator je potrebno občasno tudi pobrusiti, in ravno zaradi komutatorja so ti elektromotorji občutljivi na preobremenitve – če skozi navitje oz. skozi lamele steče prevelik tok, pride do t.i. komutatorskega ognja, ki lahko zaradi vročine uniči komutator.

Tesla je ob takratni uporabi pripomnil, da bi bilo možno narediti motor brez ščetk, kar mu je leta 1882 uspelo, saj je izumil večfazni motor na izmenični tok.



Pri tem motorju zopet izkoriščamo učinke magnetizma, ime samo »trifazni indukcijski elektromotor« pa nam pove, da imamo v vezju 3 tuljave (faze), ki sestavljajo stator, znotraj pa se preko tega magnetnega toka giblje rotor (zopet tuljava). Rotor se vrti zato, ker je navor statorja urejen tako, da tvori os rotorja. Na obodu motorja/armaturi so magneti.

Nikola Tesla se je prvič uveljavil v Budimpešti, kjer je kaj kmalu postal eden glavnih tehnikov telegrafskega podjetja, kasneje pa je bil inženir za prvi madžarski telefonski sistem. Nekateri mu v tem obdobju pripisujejo izum telefonskega ojačevalca, drugi pa izum zvočnika. Leta 1882 je v Parizu začel delati pri *Continental Edison Company*, kjer je tudi izumil in izdelal prej omenjeni večfazni indukcijski elektromotor. S priporočilom svojega delodajalca in zadnjimi prihranki se je leta 1884 odpravil v ZDA.

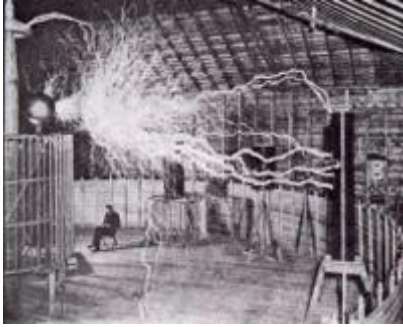
V deželi upanja se je lotil predelave enosmernih generatorjev, ko pa je predlagal nekatere večfazne patente Edisonu, mu je le-ta ponudil 50.000 \$, ko bodo dela končana, ob koncu dela pa je dal Tesli povod za odhod z izjavo »Tesla, vi ne razumete našega ameriškega smisla za humor« in prelomil svojo ponudbo.

Na predavanjih pred Ameriškim inštitutom elektroinženirjev je svet zvedel za Tesline izume na področju njegovega večfaznega sistema – za večfazni motor, generator in transformator, za kar je pravice odkupil Westinghouse.

Tesla je prvi raziskoval rentgenske žarke, čeprav je sam mislil, da gre za neke vrste delcev, ki sami po sebi niso nevarni (čeravno so). Naredil je prvo rentgensko sliko svoje roke.

Prvi je izdelal radijski oddajnik, za katerega je dobil patent šele zatem, ko je bil le-ta priznan Marconiju.

Ena pomembnih razstav je bila tudi svetovna razstava v Chicagu. Tam je preko »Kolumbovega jajca« predstavil načela vrtečega magnetnega polja in indukcijskega motorja, kjer je bakreno jajce stalo pokonci in se vrtelo okoli svoje osi.



Tesla je kasneje prestavil svoj laboratorij v Colorado Springs, kjer je dokazal, da je Zemlja prevodnik in ustvarjal strele (z napetostmi milijon V in dolžino več kot 20m). Ujel je signale s pulzarjev, t.j. zvezd, ki oddajajo pulze radijskih valov v enakomernih presledkih (tudi preko tega so ugotovili, da se vesolje širi).

Kasneje je še izumil turbino brez lopatic, ki so jo uporabljali v hidroelektrarnah.

Ukvarjal se je s teorijo laserja, oddajanja energije na velike razdalje, orožji z usmerjeno energijo. Izumil je prve enostavne radarske naprave, pomagal je postaviti prve brezžične oddajnike v Nemčiji ...

Leta 1917 je dobil najvišje možno priznanje od AIEE (*American Institute of Electrical Engineers*) – Edisonovo medaljo.

AC, DC

Naslov namiguje na izjemen čas v zgodovini, izjemen predvsem zaradi praktične uporabnosti dandanes. Gre za tako imenovano »Vojno tokov«.

V angleščini pomeni »ac« »alternating current« oz. izmenični tok, »dc« pa »direct current« oz. enakosmerni/istosmerni tok.

Tesla je ob vstopu na ameriška tla računal na priporočilo bivšega delodajalca Charlesa Batchelor-ja, ki je v priporočilu Thomasu Edisonu zapisal: »Poznam dva velika človeka, in vi ste eden od njiju; drugi je ta mladi mož«. Želel se je namreč zaposliti pri električnem gigantu, ki je s popularizacijo enosmernega toka in graditvijo malih elektrarn na enosmerni tok v velemestih zahoda obogatel in zaslovel.

Res je Nikola Tesla dobil službo pri *Edison Machine Works*, vendar se je kaj kmalu pojavila ideološka, čeravno takrat ne ravno znanstveno utemeljena ovira. Tesla je izmeničnemu toku pripisoval vedno večji pomen, Edison pa je vztrajal pri enosmernem toku. Dandanes se zavedamo, da je izmenični tok zelo pomemben, prav tako pa so nekateri bolj ali manj objektivni opazovalci ocenili, da ga je Edison polomil predvsem v tem, ker je sam bil raziskovalec in inženir, vendar pa ni bil matematik – kar pa je Tesla bil. In pri izmeničnem toku ima matematika velik vpliv.



Slika sinusnega utripanja svetlobe pri 1s osvetlitvi. AC utripanje je vidno v prekinjeni sinusni liniji, namesto sklenjeni.

Zakaj pravzaprav uporabljamo besedno zvezo »Vojna tokov«?

Tesla je bil briljanten znanstvenik, Edison pa poleg tega še velik poslovnež. Glavna razlika med njima je bila ta, da je Tesla iskal zaposlitev, Edison pa je zaposloval oz. z drugimi besedami, Edison je imel kapital. Na Teslini briljantnosti se je ustanovilo in obogatilo mnogo podjetij, sam pa je imel kar nekaj bivanjskih problemov v svojem življenju.

Vojna tokov je izraz, ki ga najlaže predstavimo z zgodbico: Oba, Tesla in Edison, sta bila velika in karizmatična človeka in oba sta bila »zadolžena« za vzpostavitev električnega omrežja v ZDA. Ker pa sta bila vsak prepričana v svoj prav, je eden postavljaj omrežje na izmenični tok, na drugem koncu države pa drugi postavljaj omrežje na izmenični tok.

Pravzaprav pa ni bilo čisto tako. Preboj izmeničnega toka je znan pod projektom *Niagara Falls Commission* – elektrifikacije Niagarski slapov, drugače pojmovana tudi kot prva hidroelektrarna. Westinghouse se je na razpis prijavil s Teslinim večfaznim sistemom, ki je imel veliko prednosti. Temu je sledilo ogorčenje Edisona in njegovih privržencev, ki je hotel prikazati izmenični tok kot nevaren in je na mestnih trgih to demonstriral tako, da je pobijal živali. Tesla se je v odgovor priključil v vezje in prižgal žarnice v vezju, s čemer so bili polemiki utišani.

Opomba: Od tu tudi kasnejša ideja za »stole smrti« (smrt z elektrifikacijo).

Uganka: Kakšne tokove so torej pošiljali na teh stolih za uspešno usmrtitev? Zakaj človek pravzaprav umre na tem stolu?

Odgovor: Prvih 15 sekund pošiljajo izmenične tokove napetosti 2000 V, potem jih zmanjšajo na 8 A. Človeško telo se segreje na približno 59°C in tako poškoduje večino notranjih organov.

Torej, kaj pa so tehnične razlike med tema dvema tokovoma?

Prva komercialna elektrarna, ki jo je zgradil Edison je proizvajala enosmerni tok. Edison je znan tudi kot »The Wizard of Menlo Park« (v New Jerseyu, kjer je Menlo Park, je Edison zgradil prvi industrijski raziskovalni obrat posvečen le tehničnem napredku). Iz teh časov izhaja ameriško omrežje, katerega napetost je 110 V – danes zaradi narave večine infrastrukture, ki je veliko lažje »vnetljiva« kot recimo v Evropi, včasih pa, ker je bilo lažje proizvajati 100 V žarnice (priključene na 110 V, kar upošteva padec napetosti v napeljavi), prav tako pa se jim je napetost 110 V manj nevarna od napetosti 220 V.

Kmalu po začetku elektrifikacije so začeli uporabljati bakrene žice iz treh delov – na en del je bila priključena pozitivna napetost (+110 V), na drugi negativni (-110 V), tretji del pa je bila ozemljitev – s tem, da se je dala žarnico priključiti na negativno vrednost ali na pozitivno vrednost pri ohranjanju (relativno) majhnih napetosti. Kljub temu izumu pa je bil padec napetosti zaradi upora snovi iz katere so bile žice velik. Zato so morale biti elektrarne v relativni bližini porabnikov (1,6 km), saj so po žicah pošiljali dokaj nizke napetosti in je bil padec precej opazen. Namreč, ob uporabi enosmernega toka ni bilo mogoče pošiljati visokih napetosti in tako doseči manjših izgub, vsaj ekonomsko gledano se to ni splačalo.

No, tu pa lahko poudarim glavno prednost izmeničnega toka. Privzamimo, da imamo enako moč pri enosmernem toku in izmeničnem toku, zanima pa nas razdalja žic pri enakem padcu napetosti in s tem moči. S pomočjo transformatorja smo že na predavanjih omenili, da če se recimo izmenična napetost, ki jo pošiljamo, poveča za desetkrat, se dolžina žic v primerjavi z enosmernim tokom poveča za stokrat, itd.

Edison je poskušal z postavitvijo mnogih elektrarn v bližini porabnikov, vendar se je to izkazalo za neprimerno ob hitrem naraščanju števila uporabnikov, in predvsem drago (baker ni ravno poceni ☺).

Spreminjanje napetosti enosmernega toka ni bilo nemogoče, vsekakor pa je bilo veliko bolj zamudno in dražje kot isto igranje z izmeničnim tokom, glavna ovira pa je bila, da je pač bilo potrebno veliko več elektrarn (in torej kapitala). H kronanju izmeničnega toka je precej pripomogel tudi tornado, ki je podrl velik del enosmernega omrežja. Ne smemo pa zanemariti mnogih Teslinih patentov in izumov, ki so zelo pripomogli pri uporabi izmeničnega toka: od transformatorjev, generatorjev, motorjev, žic, luči ...

Kot sem zgoraj omenil, je bil eden izmed razlogov za uporabo napetosti 110 V v ZDA tudi to, da ta napetost ni bila tako nevarna. Velja torej omeniti, da je 50-60 Hz izmenične napetosti veliko bolj nevarne kot enosmerne. Izmenična napetost namreč povzroči defibrilacijo srca in mišic, kar pomeni, da mišice »zamrznejo«, torej človek ne more spustiti žice iz rok. Kljub tej teoretični možnosti, pa je pretehtala uporabnost izmeničnega toka.

Še malce ponovitve:

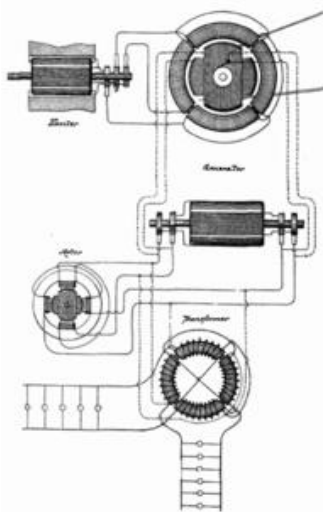
$$P_{(izgube)} = U \cdot I$$

$$U = I \cdot R$$

$$P_{(izgube)} = I^2 \cdot R$$

Torej, ob enaki moči, lahko ugotovimo, da nizko napetostni, visoko amperski tokovi ob istem uporu prinašajo veliko večje izgube kot visoko napetostni in nizko amperski tokovi.

Malce pobrsajte po zapiskih iz predavanj za zgledom s transformatorjem.



Teslin patent transformatorja, ki pomaga pri prenosu električne energije na dolge razdalje.

Viri:

~ Življenje in tehnika 2006/11 stran 50

~ gesla na <http://en.wikipedia.org> in <http://sl.wikipedia.org>

Nikola Tesla

AlternatingCurrent

Direct Current

Thomas Edison

Electromotor

Commutator

Transformer

Tesla Coil

~ <http://patft.uspto.gov>

Matevž Groboljšek

Fizika 2, Geo UNI 2006/07