

Indukcija

Od globalne vizije do vsakdanje tehnologije



Nikola Tesla je na prelomu 20. stoletja zasnoval enega najambicioznejših projektov v zgodovini sodobne tehnologije: globalni sistem za brezžični prenos energije. Njegov osrednji raziskovalni objekt, stolp Wardenclyffe na Long Islandu (ZDA), ni bil zasnovan zgolj kot komunikacijski oddajnik, temveč tudi kot generator prenosa električne energije v velikem obsegu, z uporabo Zemlje kot naravnega resonančnega prevodnika. Zaradi pomanjkanja financiranja, tehničnih ovir in zamisli, ki je bila desetletja pred svojim časom, njegova zamisel nikoli ni bila uresničena in pravzaprav velja za enega najslavnejših "neuspehov" v zgodovini inovacij.

Kljub temu so temeljna fizikalna načela, na katerih je Tesla gradil svoje sanje, danes vse bolj pomembna. Delovanje elektromagnetne indukcije, ki jo je odkril Michael Faraday, omogoča sodobno kuhanje jedi, polnjenje telefonov ter brezstično plačevanje na blagajni. Faraday pravi, da spreminjajoče se magnetno polje inducira električno napetost (in s tem tok) v prevodniku, ki se znajde v tem polju. Tesla je princip še izpopolnil, z uporabo visokofrekvenčnih izmeničnih tokov (AC), kar je omogočilo učinkovitejši prenos energije. Čeprav so njegove sanje klavrno propadle, se ista načela uporabljajo danes. Pomanjšane in visokonamenske naprave tako krojijo naš vsakdan in na nek način vseeno uresničujejo velike sanje Nikole Tesle.

Čeprav se pogosto ne zavedamo, se s tehnologijo soočamo prav vsak dan, ko uporabljamo:



→ Indukcijska kuhališča

Indukcijska plošča je tehnično gledano neposredna in visokozmogljiva aplikacija Teslovih principov. Pod stekleno površino kuhališča je nameščena bakrena tuljava. Ko skozi tuljavo steče izmenični tok visoke frekvence (običajno 20-100 kHz), ta ustvari močno in hitro oscilirajoče magnetno polje. To magnetno polje nemoteno prehaja skozi stekleno ploščo in prodre v dno kovinske posode, ki mora biti iz feromagnetnega materiala (kot je železo ali nekatere vrste nerjavnega jekla). V dnu posode magnetno polje inducira močne vrtinčne tokove (angleško *eddy currents*). Zaradi električne upornosti materiala posode se vrtinčni tokovi pretvarjajo v toplotno energijo (Jouleovo segrevanje). Posoda tako postane samostojen grelni element, medtem ko kuhalna površina ostaja relativno hladna. Gre za izjemno učinkovit in natančen lokaliziran prenos energije brez neposrednega stika.

→ Brežično polnjenje (Standard Qi)

Brežično polnjenje pametnih telefonov in drugih naprav deluje na podobnem principu, vendar z bistveno izboljšavo, ki jo je Tesla prav tako intenzivno raziskoval: resonanco. Tako polnilna postaja (oddajnik) kot naprava (sprejemnik) vsebujeta tuljavi. Ključno je, da sta obe tuljavi zasnovani tako, da resonirata na isti frekvenci. Ko oddajna tuljava ustvari magnetno polje, sprejemna tuljava zaradi resonančne uglasitve bistveno učinkoviteje "ujame" energijo iz tega polja, tudi če med seboj nista popolnoma poravnani ali sta celo ločeni z manjšo zračno režo. Ta resonanca drastično poveča učinkovitost prenosa energije na kratkih razdaljah v primerjavi z navadno indukcijo. Standard Qi (izgovori se "či") deluje na frekvencah med 100 in 205 kHz za prenos moči do 15 vatov, kar je povsem dovolj za polnjenje sodobnih mobilnih naprav.

→ Brezstična plačila (NFC)

Brezstične bančne kartice in NFC (angleško *Near-Field Communication*) tehnologija predstavljajo najšibkejšo, a hkrati najbolj razširjeno obliko brezžičnega prenosa, ki združuje prenos energije in podatkov. Plačilni terminal (POS) je aktivna naprava, ki neprestano oddaja šibko radiofrekvenčno (RF) polje s frekvenco 13,56 MHz. Ko v to polje približamo bančno kartico (pasivna naprava), tuljava (antena) v kartici iz polja "posrka" dovolj energije, da za trenutek napaja majhen mikročip v kartici. Kartica torej nima lastnega vira napajanja. Ko je čip napajen, preko iste antene odda nazaj svoje podatke (številko kartice, varnostne kode) tako, da modulira magnetno polje, ki ga ustvarja terminal. Terminal zazna te izjemno šibke spremembe v polju in jih interpretira kot podatke. Gre za elegantno rešitev, kjer je prenos minimalne količine energije pogoj za brezžični prenos informacij.

Teslova osnovna zamisel tako ni propadla, le njena izvedba se je korenito spremenila. Namesto enega samega, centraliziranega vira, ki bi oddajal energijo vsem na svetu, smo razvili na milijarde neodvisnih, nizkoenergijskih in visokonamenskih sistemov. Trud se je tako premaknil z oddajanja energije za dolge razdalje na izjemno učinkovit prenos "na zahtevo" z razdaljami nekaj milimetrov ali centimetrov. Čeprav je Teslova utopična vizija o brezplačni energiji za vse

ostala neuresničena, so fizikalna načela, ki jih je razvijal, postala tihi, a nepogrešljivi temelj sodobne tehnološke priročnosti.

Potrebni pripomočki

Za izvedbo naloge potrebujemo:

- Indukcijsko kuhališče (samostojno ali vgradno)
- Manjšo kozico za kuhanje vode (združljivo z indukcijskim kuhališčem)
- 1,5 mm² debelo žico za električno napeljavo
- H4 avtomobilsko žarnico
- Lupilnik žice
- Ročni multimeter

Opis poteka naloge

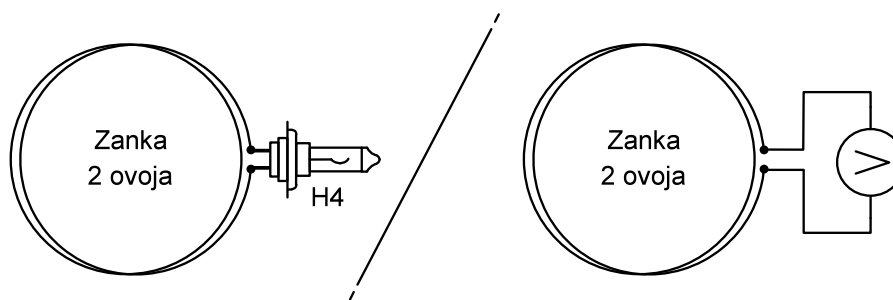
Za izvedbo poskusa potrebujemo indukcijsko kuhališče, ki je lahko vgradno ali prenosno, mora pa imeti možnost nastavljanja moči. Na njem bomo v posodi segrevali navadno vodo. Okoli izbrane posode moramo namestiti kovinsko zanko, zato naj bo posoda raje bolj pokončna in ozka, kot pa široka in plitva.



Slika 1: Poenostavljen prikaz poskusa, kot si ga predstavlja umetna inteligenca.

Zanko izdelamo z 2. ovojema trde žice za podometno električno napeljavo preseka 1.5 mm² ali debelejše. Oba konca žice vežemo na eno izmed žarilnih nitk v avtomobilski žarnici tipa H4.

Uporabimo lahko tudi drugačno avtomobilsko žarnico, vendar naj bo ta primerna za delovanje z 12 V ter žarilno nitko. LED sijalke bomo z inducirano napetostjo hitro uničili!



Slika 2: Izdelava ovojev za napajanje žarnice in opazovanje z voltmetrom.

Na indukcijsko ploščo postavimo posodo z vodo. Prižgemo indukcijo na srednjo moč segrevanja. Z zanko se bližamo in oddaljujemo indukcijskemu kuhališču. Medtem se voda počasi segreva. Opazujemo kaj se dogaja z avtomobilsko žarnico.

Moč indukcije nato povečamo na najvišjo možno (vendar ne na »turbo boost« / »power boost« možnost hitrega segrevanja) in ponovimo poskus z zanko. Nato segrevanje spremenimo na najmanjšo možno, zanko pa povsem približamo indukcijskemu kuhališču ter opazujemo, kaj se dogaja.

Izključimo indukcijsko kuhališče in zamenjamo vodo s hladno. Poiščemo sredino zanke in žico preprosto prepognemo pod kotom 180°, da zamenjamo smer ovijanja. Sedaj bo zanka imela en ovoj v eno smer, se na sredini zasukala in imela drug ovoj v drugo smer. Ponovno namestimo avtomobilsko žarnico.

Ponovimo vse zgornje poskuse in opazujemo dogajanje.

Poskus na koncu izvedemo še z multimetrom. Namesto avtomobilске žarnice vežemo voltmeter in opazujemo inducirano napetost na priključkih zanke, ko se z njo približujemo in oddaljujemo indukcijskemu kuhališču med segrevanjem vode. Poskus ponovimo tako za prvotno zanko, kot za obrat smeri zavojev na sredini. Preizkusimo z meritvijo enosmerne napetosti (DC) in izmenične napetosti (AC).

Multimeter naj bo vedno nastavljen v načinu merjenja napetosti. Indukcija je tako močna, da bo način ampermetra uničil varovalko za meritev toka!

Multimeter vedno držimo odmaknjen od indukcijskega kuhališča, odložen na kuhinjskem pultu. V kolikor bomo z multimetrom prišli v območje segrevanja, bomo po vsej verjetnosti uničili instrument!

Nasveti

- Uporabiti moramo popolnoma osnovno avtomobilsko žarnico H4. Sodobne LED sijalke imajo v notranjosti vgrajeno električno vezje, ki napetost ustrezno prilagodi napajalnim zahtevam LED elementov. Ti so precej občutljivi na visoke napetostne konice, ki jih pri poskusu zlahka ustvarimo, zato bodo hitro odpovedale.
- Več kot dva ovoja zanke bosta povzročila, da bo avtomobilska žarnica pregorela. Če želimo to preizkusiti, se tega lotimo povsem na koncu.

- Če voda zavre prehitro, uporabimo nekoliko večjo kozico in poskus najprej začnemo pri nižjih močeh delovanja indukcijskega kuhališča.
- Nekatera naprednejša indukcijska kuhališča vsebujejo posebne merilnike, ki poleg posode zaznavajo neznanе objekte na površini kuhališča (navadno pribor, nož, folija) in z gretjem prenehajo. Če se nam med poskusom indukcija varnostno izklaplja, poiščemo nadomestno kuhališče. Cenejše izvedenke teh senzorjev navadno nimajo.



Slika 3: Primer izvedbe poskusa v domači delavnici.

Dodatno

Zanko preoblikujemo tako, da nam ostane zgolj en zavoje. Ponovimo poskus in opazujemo kaj se dogaja.

Izdelamo dve zanki z različnima premeroma, ki ju še vedno lahko poveznemo preko posode z vodo. Opazujemo kaj se dogaja s svetilnostjo žarnice.

Poiščemo brezžični polnilnik za telefon in pričnemo s polnjenjem. Med polnilnik in telefon dodamo nekaj papirja in ponovno poskusimo s polnjenjem. Določimo največjo razdaljo, pri kateri se telefon še začne polniti.

Poskusa s papirjem nikoli ne izvajamo na indukcijskem kuhališču zaradi nevarnosti požara!

Poiščemo brezstično bančno kartico in skozi plastiko vidimo v notranjosti bančne kartice.



Vprašanja za razmislek

- Pri kateri razdalji od indukcijskega kuhališča žarnica še komaj sveti?
- Kako indukcijska plošča segreva posodo pri najmanjši možni moči?
- Kaj se zgodi, če med poskusom previdno odstranimo posodo z vodo?
- Kaj bi se zgodilo, če bi namesto dveh ovojev naredili zanko z desetimi?
- Zakaj se posoda segreva, žica zanke pa ne?
- Zakaj nekatere posode ne delujejo na indukciji?
- Kako pri posodi iz aluminija proizvajalec doseže, da deluje tudi na indukciji?
- Kaj je razlika med indukcijskim kuhališčem in brezžičnim polnilnikom za telefon?
- S čim brezstična bančna kartica posrka del energije za lastno napajanje čipa?
- Katera živalska vrsta ima čutila za magnetno polje? Ali človek ta čutila ima?