

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 28 (2000/2001)

Številka 6

Strani 360-362

Janez Strnad:

## PTICE NA DALJNOVODU

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/28/1458-Strnad.pdf>

© 2001 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

28 (2000-2001)

6

# PRE SEK



ISSN 0351-6652

DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SLOVENIJE

## PTICE NA DALJNOVODU

Na eni od spletnih strani s pogostimi vprašanji iz fizike naletimo tudi na vprašanje: "Kako lahko sedijo ptice na daljnovodu, ne da bi jih elektrika poškodovala?" Odgovor se konča takole: "Če se ptica usede na daljnovod, četudi na vodnik pod napetostjo, se tok ne more skleniti [do drugega vodnika]. Zato ptice visoka napetost ne moti." Podobno zagotavljajo nekateri učbeniki fizike v poglavju o električnem toku, da bi se učenci zavedali, kako je za tok potreben sklenjen električni krog, ne samo gonilna napetost. Za ptico daljnovod ne pomeni resnične nevarnosti, če se ne zaleti vanj ali če ni tako velika, da bi se hkrati dotaknila dveh vodnikov. Vprašanje pa je, ali ptice rade sedajo na žice daljnovodov.

Opazovanja tistih, ki raziskujejo navade ptic, so kljub razširjenemu drugačnemu mnenju pokazala, da ptice ne sedajo na fazne vodnike daljnovoda. Usesti se utegnejo le na ničelni vodnik. Do pojava pride zaradi tega, ker je na daljnovod priključena izmenična napetost s frekvenco  $50 \text{ s}^{-1}$  (v Severni Ameriki je frekvenca  $60 \text{ s}^{-1}$ ). Pri enosmerni napetosti prejšnji trditvi ne bi bilo kaj dodati.

Spomnimo se poskusov, pri katerih človeka izolirajo in ga povežejo z enim od obeh priključkov visokonapetostnega generatorja. Lasje se postavijo pokoncu, ko začne delovati generator. Lasje se namreč usmerijo po električnih silnicah, ki približno radialno izhajajo iz glave ali se radialno vanjo stekajo. Pri daljnovodu napetost vodnika proti drugim vodnikom ali zelo oddaljenim telesom stokrat na sekundo postane enaka nič in spremeni znak. Lasje se stokrat v sekundi poskusijo postaviti pokoncu in vrniti v začetno lego. Vendar tako hitremu nihanju ne morejo slediti, ampak se samo neznatno tresejo, zaradi česar nastane neprijeten občutek ščemenja v koreninah las ali kocin. S ptičjim peresom so nekdaj, ko še ni bilo elektroskopov in merilnikov napetosti, ugotavljali napetost in naboj. Peresa na pticah se poskušajo odzvati na spremembe električne napetosti podobno kot lasje, tako da imajo tudi ptice na faznem vodniku daljnovoda verjetno podobno neprijeten občutek.

Zaradi toka po vodniku daljnovoda nastane v njegovi okolici magnetno polje. Krožne magnetne silnice nenehno spreminjajo svojo smer in zato se inducira električna napetost. Ustrezne električne silnice so sklepane v ravninah, ki vsebujejo os vodnika. Toda v magnetnem polju, ki doseže na površju vodnika največjo efektivno vrednost nekaj tisočin tesla, je inducirana električna napetost premajhna, da bi delovala na živali.

Radialno električno polje zaradi visoke napetosti na vodniku pa doseže na površju vodnika jakost okoli deset kilovoltov na centimeter. To je dokaj veliko, saj pri  $30 \text{ kV/cm}$  nastane v zraku preboj v obliki iskre.

Električna napetost med glavo in nogami ptice požene tok, ki je odvisen od velikosti ptice in doseže efektivno vrednost nekaj desetstisočin ampera. Ta tok je v glavnem posledica tega, da si lahko mislimo ptico kot kondenzator z majhno kapaciteto. V ptičjih nožicah doseže gostota toka več desetstisočin ampera na kvadratni centimeter. Znano je, da tok z gostoto desetstisočine ampera na kvadratni centimeter izzove draženje čutnic v koži.

Tako obstajata vsaj dva razloga, da se ptice na faznih vodnikih daljnovoda ne počutijo dobro, če je napetost dovolj visoka. Opazovanja na daljvodih so pokazala, da ptice ne sedajo na fazne vodnike, če efektivna napetost preseže 60 kV. Poskusi z ujetimi pticami v laboratoriju so dali nekoliko višje mejne napetosti, in sicer 60 kV za vrane, 75 kV za škorce in 190 kV za golobe pismošose. To ne velja za ničelni vodnik, ki ga spoznamo po manjšem premeru in po tem, da je speljan po vrhovih daljnovodnih stebrov. To ne pomeni, da okoli ničelnega vodnika ni električnega polja. Zaradi tega, ker je ničelni vodnik ozemljen in nameščen na vrhu, pa je to polje, posebno v smeri navzgor, precej šibkejše kot okoli faznih vodnikov.

V zadnjem času veliko razpravljajo o morebitnih škodljivih učinkih električnega in magnetnega polja z zelo nizko frekvenco na živa bitja. Tukaj smo naleteli na primer, v katerem polje – v neposredni bližini vodnikov daljnovoda razmeroma nežno – vpliva na ptice. V večji razdalji od vodnikov ali pri nižji napetosti za zdaj takega učinka ni bilo mogoče nedvoumno ugotoviti.

Ob koncu naredimo še nekaj računov in ocen. Pri daljvodih navedemo efektivno napetost, ki je kot kvadratni koren iz povprečnega kvadrata napetosti enaka s korenem iz 2 deljeni amplitudi (največji napetosti). Tako je na primer med faznim vodnikom in ničelnim vodnikom ali zemljo pogosto izmenična napetost z efektivno vrednostjo 220 kilovoltov in amplitudo  $\sqrt{2} \cdot 220 \text{ kV} = 310 \text{ kV}$ . Med dvema od treh faznih vodnikov pa je izmenična napetost z efektivno vrednostjo  $\sqrt{3} \cdot 220 \text{ kV} = 380 \text{ kV}$  in amplitudo  $\sqrt{6} \cdot 220 \text{ kV} = 540 \text{ kV}$ . Daljnovod Šoštanj-Podlog pri napetosti 220 kV prenaša povprečno električno moč nekaj manj kot 1000 MW, kolikor zmore. (Nekateri drugi naši daljnovodi so narejeni za napetost 400 kV.) Na fazni vodnik odpade tretjina tega, to je od 100 do 200 MW, odvisno od obremenitve. Upoštevajmo manjši podatek. Efektivni tok dobimo, ko povprečno moč delimo z efektivno napetostjo:  $100 \text{ MW} / 220 \text{ kV} = 455 \text{ A}$ .

Fazni vodnik omenjenega daljnovoda ima jekleno žilo s presekom  $60 \text{ mm}^2$  in aluminijast plašč s presekom  $360 \text{ mm}^2$ . Jeklo nosi vodnik, aluminij z manjšim specifičnim uporom pa poskrbi za majhen upor. Zunanji premer vodnika meri  $2,66 \text{ cm}$ , tako da lahko računamo z radijem  $r = 1,3 \text{ cm}$ . Na površju vodnika je efektivna gostota magnetnega polja

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 0,015 \text{ T}.$$

Efektivno jakost električnega polja na površju vodnika ocenimo z

$$E = \frac{U}{r \ln(R/r)} = 2500 \text{ kV/m} = 25 \text{ kV/cm}.$$

Pri tem smo vzeli za razdaljo do zemlje, proti kateri merimo napetost,  $R = 10 \text{ m}$ . Oba podatka sta blizu ocen  $0,008 \text{ T}$  in  $15 \text{ kV/cm}$ , ki ju najdemo v biološki literaturi.