

Nelinearno ponašanje koeficijenta refleksije struje pri povratnom udaru AP

Milica Tausanović, Jeroslav Živanić, Milan Ignjatović, Jovan Cvetić

Apstrakt—Rezultati merenja iz trigerovanih pražnjenja oblak-zemlja pokazuju da negativna atmosferska pražnjenja (AP) generišu pozitivno električno polje vrlo blizu jezgra kanala. Da bi se objasnili ovi rezultati primenjen je prošireni model putujućeg strujnog izvora (PSI) povratnog udara. Ovaj model uključuje refleksije strujnih impulsa od tačke udara. Objašnjenja je pojava pozitivnog električnog polja u blizini jezgra koja nastaje kao posledica viška odnosno nekompenzovanog pozitivnog naelektrisanja u korona omotaču duž kanala u blizini tačke udara. Korišćeni su rezultati iz drugih nezavisnih laboratorijskih studija o nelinearnoj otpornosti tla pri strujnim impulsnim pražnjenjima. Radi preciznije analize struja u tački udara je podeljena na dve komponente, prvu brzu, sa manjim vremenom porasta, kraćeg trajanja i sa većim pikom i drugu sporiju, dužeg trajanja i sa manjim pikom. Kao rezultat primenjenog proširenog modela PSI određena je vrednost koeficijenta refleksije u funkciji jačine struje i vremena za analizirani slučaj povratnog udara AP. Rezultati potvrđuju ranije rezultate merenja koeficijenta refleksije ali daju i objašnjenje mehanizma nastanka viška pozitivnog naelektrisanja u korona omotaču kanala AP.

Glavne reči—Koeficijent refleksije, dinamika korona omotača povratnog udara, em impuls AP

I. UVOD

Raspodela naelektrisanja duž kanala dart lidera pre njegovog spajanja sa nekom tačkom na površi zemlje odnosno početka povratnog udara igra ključnu ulogu u stvaranju struje. Sa druge strane, struja u kanalu generiše električno i magnetsko polje u blizini kanala koje može da se direktno meri. Za izučavanje dinamike kanala AP koriste se, pored izmerene struje u tački udara i električnog polja i razni modeli korona omotača. Kanali dart lidera obično sadrže minimalno 0.2 C naelektrisanja [1] sa najčešćim vrednostima između 0.5 C i 1 C. Ove vrednosti su izmerene i preko integrala struje u povratnim udarima [2].

Da bi se procenila raspodela naelektrisanja duž kanala dart lidera korišćeni su razni modeli kanala kao i različite

numeričke procedure. Kanal dart lidera se može modelovati tankom, provodnom, vertikalnom žicom na čijem se gornjem kraju nalazi loptasta naelektrisana struktura (može biti provodna elektroda ili lopta sa nepokretnim naelektrisanjima) prečnika nekoliko kilometara. Lopta je na potencijalu oblaka (može biti i do nekoliko stotina MV) [3]. Jedan od često korišćenih modela dart lidera je Baumov model [4] koji ovu strukturu modeluje obrnutim konusom čiji vrh leži na površi zemlje a ima visinu nekoliko desetina metara. Podužno naelektrisanje dart lidera je nula na površi zemlje (što je u skladu sa graničnim uslovima) i raste linearno sa visinom kanala.

Za strukturu kanala oko jezgra dart lidera tj. za njegov omotač se predpostavlja da je to područje korone i da sadrži strimere koji se razvijaju u jako nehomogenom električnom polju. Tokom povratnog udara predpostavljeno je postojanje dve cilindrične zone u korona omotaču [5, 6]. Unutrašnja zona 1 koja obuhvata jezgro kanala (čiji je prečnik oko jednog centimetra sa velikom provodljivošću) sadrži neto pozitivno naelektrisanje dok spoljašnja zona 2 sadrži negativno naelektrisanje. Ukupno neto naelektrisanje u omotaču je nula posle završetka povratnog udara.

Predložena su dva poboljšana modela korona omotača koji predviđaju kretanje naelektrisanja unutar korona omotača [6]. Novi rezultati merenja vrlo bliskog električnog polja [7] su objavljeni skoro deceniju kasnije [8]. Ovi rezultati su omogućili nova objašnjenja dinamike korona omotača tokom povratnog udara. Pokazalo se da postoji pozitivno nekompenzovano električno polje u blizini jezgra kanala koje ostaje dugo posle završetka povratnog udara u većini negativnih trigerovanih AP oblak-zemlja.

U ovom radu je primenjena kombinacija već postojećih modela korona omotača [5], [6], [9] ali za slučaj novog modela povratnog udara sa uključenim refleksijama strujnih impulsa od površi zemlje. Model korona omotača je u skladu sa eksperimentalnim studijama impulsnih korona pražnjenja u cilindričnoj geometriji [10]. Efekti koji su opaženi u merenjima trigerovanih AP [7, 8] a koji se odnose na nekompenzovano električno polje su adekvatno objašnjeni. Pored toga nelinearna impulsna otpornost tla koja je opažena i merena kako u realnim uslovima trigerovanih pražnjenja [12] tako i u simuliranim uslovima povratnih udara u laboratoriji [13, 14] je potvrđena u ovoj analizi.

II. STRUJA U TAČKI UDARA

Da bi se analizirale refleksije i dinamika korona omotača neophodno je što tačnije predstaviti funkciju struje u tački udara AP. Jedan analitički oblik struje koji je pogodan za

Milica Tausanović – PD Elektro distribucija Beograd d.o.o, Serbia (e-mail: Milica.Tausanovic@epsdistribucija.rs)

Jeroslav Živanić – Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak (e-mail: jeroslav.zivanic@ftn.kg.ac.rs).

Milan Ignjatović – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: ignjatmilan@gmail.com).

Jovan Cvetić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: cvetic_j@etf.rs)

