

agencija **POTI**
Z znanjem do cilja!

**ELEKTROTEHNIŠKA
REVIJA**

Št. 4/2011

INTERVJU

**NOVICE IN
ZANIMIVOSTI**

**ZAKONODAJA IN
STANDARDIZACIJA**

**ELEKTRIČNE
INŠTALACIJE
IN OMREŽJA**

**OBNOVLJIVI VIRI IN
UČINKOVITA RABA
ENERGIJE**

**ELEKTROMOTORSKI
POGONI**

**TELEKOMUNIKACIJE IN
INFORMACIJSKA
TEHNOLOGIJA**

**CENA: 9,00 EUR
ZA DIJAKE IN ŠTUDENTE: 7,00 EUR**

<http://www.agencija-poti.si/>



SIST EN 1127-1:2011, SIST EN 1127-1:2008

Eksplzivne atmosfere - Preprečevanje eksplozije in zaščita - 1. del: Osnovni pojmi in metodologija

SIST EN 13463-5:2011, SIST EN 13463-5:2004

Neelektrična oprema za uporabo v potencialno eksplozivnih atmosferah - 5. del: Zaščita s konstrukcijsko varnostjo »c«

SIST EN 61951-2:2011

Sekundarne celice in baterije, ki vsebujejo alkalne ali druge neeksidne elektrolite - Prenosne posamezne ponovno polnjlive hermetične celice - 2. del: Nikelj-kovinski hidrid

SIST EN 61960:2011

Sekundarni celice in baterije z alkalnimi ali drugimi neeksidnimi elektroliti - Sekundarni litijevi členi in baterije za prenosne naprave

SIST EN 62660-1:2011

Sekundarni litij-ionski členi za pogon električnih cestnih vozil - 1. del: Preskušanje zmogljivosti litij-ionskih celic

SIST EN 62660-2:2011

Sekundarni litij-ionski členi za pogon električnih cestnih vozil - 2. del: Preskušanje zanesljivosti in izrabiljivosti

SIST EN 61812-1:2011, SIST EN 116000-2:2002, SIST EN 61812-1:1999, SIST EN 61812-1:1999/A11:2000

Časovni releji za rabo v industriji in bivalističih - 1. del: Zahteve in preskusi

SIST-TP CLC/TR 50555:2011

Prekinitveni indeksi

SIST EN 54-1:2011, SIST EN 54-1:1996

Sistemi za odkrivanje in javljanje požara - 1. del: Uvod

SIST-TS CEN/TS 14972:2011, SIST-TS CEN/TS 14972:2008

Vgrajeni gasilni sistemi - Sistemi s prščo vodo - Načrtovanje in vgradnja

SIST EN 62271-1:2009/A1:2011

Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave - 1. del: Skupne specifikacije (IEC 62271-1:2007/A1:2011)

SIST EN 62271-103:2011, SIST EN 60265-1:2001

Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave - 103. del: Stikala za naznačene vrednosti nad 1 kV do vključno 52 kV (IEC 62271-103:2011)

SIST EN 62561-5:2011, SIST EN 50164-5:2009

Elementi za zaščito pred strelo (LPC) - 5. del: Zahteve za merilne omarice ozemljil in tesnjenje izolacije pri ozemljilih

SIST EN 61557-13:2011

Električna varnost v nizkonapetostnih razdelilnih sistemih izmenične napetosti do 1 kV in enosmerne napetosti do 1,5 kV - Oprema za preskušanje, merjenje ali nadzorovanje zaščitnih ukrepov - 13. del: Ročne in ročno upravljane tokovne klešče in senzorji za merjenje uhajavih tokov v električnih razdelilnih sistemih (IEC 61557-13:2011)

SIST-TP CLC/TR 50555:2011/AC:2011

Prekinitveni indeksi - Popravek AC

SIST EN 62109-2:2011

Varnost močnostnih pretvornikov, ki se uporabljajo v fotonapetostnih sistemih - 2. del: Posebne zahteve za razsmernike (IEC 62109-2:2011)

SIST EN 62509:2011

Lastnosti in delovanje fotonapetostnih krmilnikov za polnjenje baterij (IEC 62509:2010)

SIST EN 62271-102:2002/A1:2011

Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave - 102. del: Ločilna stikala za izmenični tok in ozemljitvena stikala (IEC 62271-102:2001/A1:2011)

SIST EN 50536:2011/AC:2011

Zaščita pred delovanjem strele - Naprave za zaznavanje neviht - Popravek AC

SIST EN 62561-6:2011, SIST EN 50164-6:2009

Zahteve za elemente sistema za zaščito pred strelo (LPSC) - 6. del: Zahteve za števce udarov strele (LSC) (IEC 62561-6:2011, spremenjen)

Strelovodna zaščita za kompaktne in betonske transformatorske postaje

Jože Pihler, Matej Tovornik

Članek opisuje zaščito malih transformatorskih postaj pred udarom strele. Opisani sta določanje in dimenzioniranje sistema zaščite pred udarom strele z uporabo veljavnih standardov s tega področja. Poseben poudarek je na izračunu verjetnosti udara strele. V zaključnem delu je predstavljeno načrtovanje strelovodne zaščite za kompaktno transformatorsko postajo tip TP/TEN in betonsko transformatorsko postajo tip C.

Uvod

Kompaktne in betonske transformatorske postaje se množično uporabljajo v razdeljevalnih omrežjih v Sloveniji. Male kompaktne postaje, še posebej na podeželju, uspešno zamenjujejo transformatorske postaje na železnih ali betonskih drogovi. Tako kompaktne kot betonske postaje so izpostavljene direktnemu in indirektnemu udaru strele. Zaščito pred udarom strele izvajajo izvajalci in uporabniki na različne načine ali pa je sploh ne predvidijo. Do izdaje novega Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele ni bilo točno določeno, kateri objekti potrebujejo sistem zaščite pred strelo in kateri ne. Med objekte, ki ta sistem po novem pravilniku potrebujejo, spadajo tudi razdeljevalne transformatorske postaje. Standardi in pravilniki vodijo uporabnika k pravilnemu izračunu in dimenzioniranju strelovodne zaščite. Narekujejo zaščitne ukrepe za zaščito pred učinki delovanja strele.

V članku je predstavljeno načrtovanje zaščite pred udarom strele po standardu SIST EN 62305-2 [7]. Opisan je celoten postopek izbire parametrov. Za izračun verjetnosti udara strele je bil izdelan tudi računalniški program »izracun_VUS«.

Kompaktne in betonske transformatorske postaje

Transformatorske postaje so objekti, namenjeni transformaciji električne napetosti in napajanju potrošnikov z električno energijo. Gradijo se na mestih, kjer je na podlagi elektroenergetske analize ugotovljeno, da je njihova namestitve tehnično in ekonomsko ustrezna. Pomembno je, da so ustrezne transformatorske postaje postavljene v center obtežbe ali čim bližje centru obstoječe oziroma predvidene obtežbe. Uporabljajo se v razdeljevalnem omrežju kot končne, prehodne ali vozliščne postaje. Primerne so za napajanje naselij, industrijskih obratov, kmetijskih obratov, gradbišč in podobno. Med seboj so povezane z daljnovodi ali kablovodi, za dovod v transformatorsko postajo pa se vedno uporablja kabelski priključek. Betonske transformatorske postaje so v celoti izdelane iz betona (betonskih plošč – elementov), kompaktne (slika 1) pa iz različno debele aluminijске pločevine, ki je odporna proti atmosferskim in drugim vplivom.



Slika 1: Kompaktna transformatorska postaja

Pri izračunu verjetnosti udara strele so potrebne dimenzije objekta in njegove lastnosti. Izbrali smo dva tipa transformatorskih postaj, ki sta v Sloveniji prisotna (kompaktna TP TEN in betonska TP tipa C).

Prenapetostna zaščita objektov

Prenapetosti so škodljive, saj obremenjujejo izolacijo, kar povzroča težave v obratovanju in okvare na napravah [2]. Zaščita pred prenapetostmi je mogoča na več načinov: s preprečevanjem nastanka prenapetosti, zmanjševanjem prenapetosti in z zadostnim dimenzioniranjem izolacije. Vsak način zahteva neke ukrepe – rešitve, ki jih moramo izvesti, da ne pride do motenj v obratovanju. V prvem primeru poskušamo preprečiti nastanek velikih prenapetosti. Proti njim se najuspešneje borimo z ozemljitvijo (izenačitvijo potencialov). Če z ukrepi ne moremo preprečiti nastajanja prenapetosti, jih moramo vsaj v čim večji meri omejiti. Če se prenapetosti pojavijo, jih skušamo zmanjšati na manj nevarnih in občutljivih mestih (nadzemni vod) do tolikšne velikosti, da niso več nevarne za naprave. To naredimo s prenapetostnimi odvodniki, rogljiči in nelinearnimi elementi.

Sistem zaščite pred strelo se deli na zunanji in notranji sistem zaščite pred strelo (LPS). Zunanji sistem zajema lovilni sistem, sistem odvodov in ozemljitveni sistem. Namenjen je prestrezanju direktnih udarov strel in odvodu v zemljo. Notranji sistem pa zajema prenapetostne odvodnike in iskrla, ki odvedejo v zemljo prenapetosti, ki nastanejo zaradi atmosferskih praznitev ali pa stikalnih manipulacij. Notranji sistem za svoje delovanje prav tako potrebuje ozemljitveni sistem.

Standardi in pravilniki na področju prenapetostne zaščite

Standardi in pravilniki so za določeno področje medsebojno usklajeni. Pravilnike določa in izdaja ministrstvo na podlagi zakonov [3], na njihovi podlagi pa se lahko izdela tehnična smernica. Tehnična smernica združuje pravilnike in standarde na posameznem področju. Evropske standarde pripravljajo tehnični odbori v evropskih organizacijah za standardizacijo CEN in CENELEC.

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele [3]

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele določa zahteve, s katerimi se zagotovi zaščita stavb pred delovanjem strele v času njihove življenjske dobe. Cilj zahtev je omejiti ogrožanje ljudi, živali in premoženja v stavbah ter v njihovi neposredni okolici [1]. Uporablja se pri projektiranju in gradnji novih objektov ter pri rekonstrukciji obstoječih stavb in njihovem vzdrževanju.

Pravilnik določa, da morajo biti vse manj zahtevne in zahtevne stavbe opremljene s sistemom zaščite pred strelo z zaščitnim nivojem najmanj IV.

Obvezno pa moramo izdelati oceno tveganja pred udarom strele za stavbe, ki jih določa pravilnik v prilogi 1, in se na njeni podlagi odločiti za ustrezen višji nivo zaščite pred strelo.

Oceno izdelamo na podlagi karte največjih vrednosti gostote strel, ki jo izda Elektroinštitut Milan Vidmar. Pri tem lahko uporabimo tudi natančnejši podatek o gostoti strel za lokacijo nameravane gradnje. Pri oceni tveganja je treba upoštevati metodologijo ocene tveganja pred udarom strele iz Tehnične smernice TSG-N-003:2009 [5], ki jo je izdal minister, pristojen za gradbene zadeve.

Vse manj zahtevne in zahtevne zgradbe so specificirane v Uradnem listu Republike Slovenije, št. 114/2003 [4]. V njem je naveden Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov.

Transformatorske postaje uvrščamo med zahtevne objekte. Zelo pomembne so za javno oskrbo prebivalstva z električno energijo, zato ima zaščita pred strelo še posebej velik pomen. V primeru izpada energije razdeljevalna podjetja nimajo večjih težav z gospodinjstskimi odjemalci. Problem so večji odjemalci, ki imajo sklenjene pogodbe o dobavi energije.

Ob udaru strele ne gre samo za izpad električne energije, strela lahko tudi uniči celotno transformatorsko postajo in tako nastane velika premoženjska škoda.

Tehnična smernica TSG-N-003:2009 [5]

Tehnična smernica in Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele se sklicujeta na slovenske standarde za zaščito pred delovanjem strele, še posebej na osnovno skupino SIST EN 62305 [6]. Ta tehnična smernica priporoča gradbene ukrepe za zaščito pred delovanjem strele [5] in njeno upoštevanje omogoča bistveno zagotavljanje varnosti pri uporabi in varstvo pred požarom, ki bi lahko bilo ogroženo zaradi delovanja strele.

Standardi

Pred izdajo novih standardov, ki opisujejo zaščito pred delovanjem strele, je veljala vrsta standardov, ki so iz dokaj neurejene dokumentacije nastajali iz dnevnih potreb že po letu 1990 in jih še vedno srečujemo v praksi [1]. Novi standard SIST EN 62305 [6] za razliko od prejšnjih, ki so bili namenjeni za objekte do višine 60 m, sedaj velja za vse višine objektov.

Izračun verjetnosti udara strele po standardu SIST EN 62305-2:2006 [7]

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele se sklicuje na Tehnično smernico TSG-N-003:2009 [5], tehnična smernica pa na standard SIST EN 62305-2 [7], ki se uporablja za ocenitev tveganja na zgradbah in na napeljavah zaradi udara strele proti zemlji [5]. Namen tega standarda je določiti postopek za vrednotenje tveganja. Kakor hitro je izbrana zgornja sprejemljiva meja tega tveganja, postopek omogoča izbiro ustreznih zaščitnih ukrepov, da se tveganje zniža pod še sprejemljivo raven. Riziko je vrednost povprečnih in verjetnih letnih izgub. Za vsako vrsto škode, za objekt in oskrbovalne vode je določena značilna vrednost. Posamezne rizike je treba ovrednotiti skladno z vzroki in vrstami škod ter vrstami izgub. Vsak riziko je vsota posameznih rizičnih komponent.

Riziko in njegove komponente

Naloga analize vodenja rizika vključuje določitev treh parametrov (N , P in L) za vse pomembne rizike, ki nastopajo [1]. Pri tem

se uporabijo številni parametri, ki jih je treba določiti in ugotoviti. Končni celotni riziko R , ki ga izračunamo z analizo, nato primerjamo s spremenljivim rizikom R_T , kar pa poda podlago za določitev zaščitnih ukrepov, ki jih je treba uporabiti. Izjema je upoštevanje gospodarskih izgub, za katere se zaščitni ukrepi vpelejo dosledno z gospodarskega vidika.

$$R = N \cdot P \cdot L$$

kjer pomenijo:

N – število nevarnih dogodkov oziroma pogostost udarov strele za obravnavano območje,

P – verjetnost škode (verjetnost, da udar strele povzroči točno določeno škodo),

L – izguba oziroma kvantitativna vrednost škode (kakšni so učinki, velikost in posledica točno določene škode).

Komponente rizika za različne udare strele

S pomočjo standarda SIST EN 62305-2 [7] izračunamo komponente rizika. V njem je veliko opomb, ki nas vodijo k pravilnosti izračuna.

Korelacija med vzrokom škode, vrsto škode in posledično ustrezno komponento rizika je zelo tesna [1]. Prvenstveno je namenjena opisu odvisnosti od točke udara strele in komponent rizika.

Če strela udari v zgradbo, so pomembne komponente rizika R_A , R_B in R_C .

Če strela udari v bližino zgradbe ali v sosednjo zgradbo, upoštevamo komponento rizika R_M .

Če strela udari v oskrbovalni vod, upoštevamo komponente rizika R_U , R_V in R_W .

Če strela udari v bližino oskrbovalnega voda, upoštevamo komponento tveganja R_Z .

Osem komponent rizika lahko združimo na podlagi dveh kriterijev: glede na točko udara strele in glede na vzrok škode.

Preglednica 1: Komponente rizika

Viri škod Škode	Udar strele glede na mesto udara			
	Direktni	Indirektni		
	S1 Udar strele v objekt	S2 Udar strele v bližino objekta	S3 Udar strele v oskrbovalni vod	S4 Udar strele v bližino oskrbovalnega voda
D1 Napetostni udar	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot r_a \cdot L_t$		$R_U = (N_L + N_{Da}) \cdot P_U \cdot r_u \cdot L_t$	$R_S = R_A + R_U$
D2 Fizične poškodbe	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$		$R_V = (N_L + N_{Da}) \cdot P_V \cdot r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$	$R_f = R_B + R_V$
D3 Izpad električnih in elektronskih sistemov	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_O$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_O$	$R_W = (N_L + N_{Da}) \cdot P_W \cdot L_O$	$R_Z = (N_I - N_L) \cdot P_Z \cdot L_O$ $R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$
	$R_D = R_A + R_B + R_C$	$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$		

Če nas zanima združitev glede na točko udara strele, potem razvrstimo preglednico 1 po stolpcih. Če pa želimo raziskati vzrok določene škode, združimo komponente rizika po vrsticah.

V našem primeru smo izbrali združitev komponent glede na točko udara, saj je bilo to primerneje.

– kot rezultat direktnega udara strele v zgradbo:

$$R_D = R_A + R_B + R_C$$

– kot rezultat udara strele v bližino zgradbe:

$$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

Sprejemljiv riziko škode zaradi udara strele

Pri odločanju o izbiri zaščitnih ukrepov za zaščito pred strelo je treba preučiti, ali izračunani riziko R za vsako pomembno škodo presega vrednost sprejemljivega rizika R_T ali ne [1]. Za zgradbo, ki je zadostno zaščitena pred učinki strele, mora veljati:

$$R \leq R_T$$

R predstavlja vsoto vseh komponent rizika

$$R = \sum R_x$$

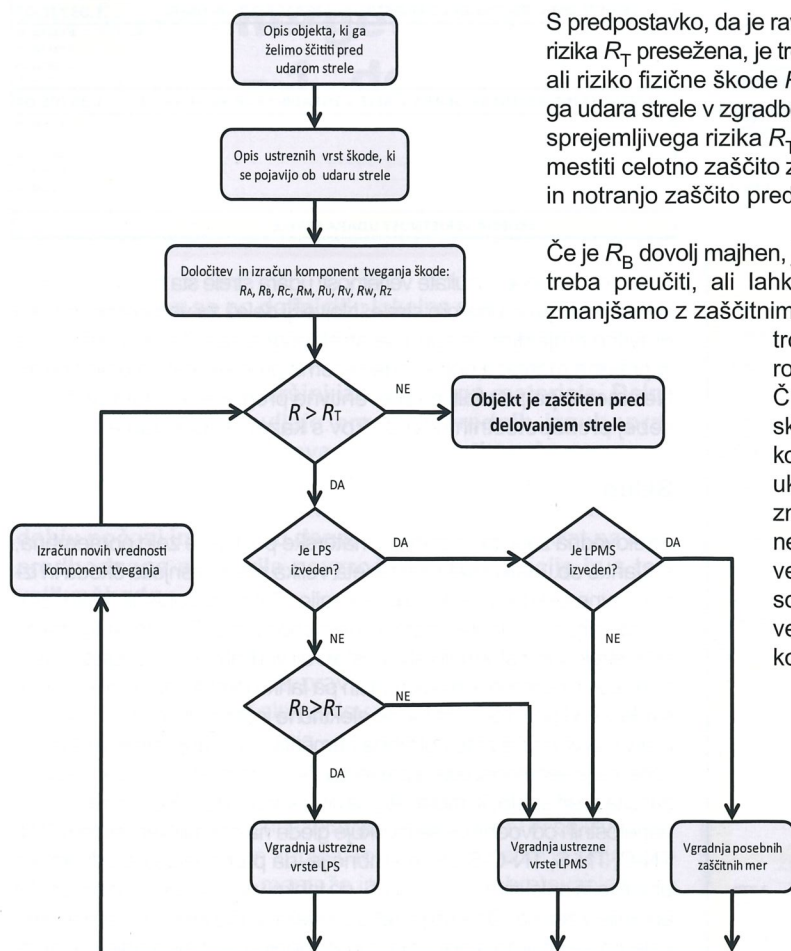
Standard SIST EN 62305-2 [7] navaja sprejemljive največje vrednosti R_T za vse tri vrste izgub.

Preglednica 2: Tipične vrednosti sprejemljivega rizika R_T

Vrsta škode	R_T
Izguba človeškega življenja ali trajne poškodbe	10^{-5} /leto
Nesprejemljiv izpad javne oskrbe	10^{-3} /leto
Izguba nenadomestljive kulturne dediščine	10^{-3} /leto

Izbor ustreznih zaščitnih ukrepov

Zaščitni ukrepi pred delovanjem strele so namenjeni omejitvi rizika škode R pod vrednostjo spremenljivega rizika R_T [1]. Z dodelitvijo na komponente rizika R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W in R_Z je mogoče zelo natančno izbrati zaščitne ukrepe za posamezno zgradbo. Diagram poteka v standardu SIST EN 62305-2 [7] ta postopek zelo nazorno prikazuje (slika 2).



Slika 2: Diagram poteka za izbor zaščitnih ukrepov

Načrtovanje strelovodne zaščite za kompaktne in betonske transformatorske postaje

V nadaljevanju nas članek vodi skozi izračun verjetnosti udara strele po standardu SIST EN 62305-2 [7]. Za preprostejši in predvsem hitrejši izračun smo izdelali program za izračun verjetnosti udara strele z imenom »izracun_VUS«.

Obvezna priloga k dokumentaciji o gradnji transformatorske postaje je tudi poročilo o izračunu verjetnosti udara strele, ki ga opisuje ta članek.

Program za izračun verjetnosti udara strele »izracun_VUS«

Na trgu je na voljo program za izračun verjetnosti udara strele z imenom IEC Risk Assessment Calculator, ki pa je omejen z vnosom podatkov in nam poda približno oceno tveganja. Zato smo sestavili program, ki je namenjen izračunu verjetnosti udara strele za raznovrstne objekte in omogoča vpis več parametrov ter tako nudi natančnejši rezultat. Program se imenuje »izracun_VUS« in je sestavljen v kombinaciji Matlaba in Excela. Zaradi zahtevnosti izračuna in velike množice podatkov smo izračun izvedli s pomočjo programa MATLAB. Za preprostejši in preglednejši vnos in izpis podatkov smo uporabil program Microsoft Office Excel. Potek izračuna je prikazan v preglednici 3.

Preglednica 3: Potek izračuna

VNOS PODATKOV	IZRAČUN	IZPIS REZULTATOV
Microsoft Office Excel → MATLAB → Microsoft Office Excel		

Pravi spoj na pravem mestu je pol uspeha



Spojni elementi:

vrstne sponke
industrijski konektorji
montažna orodja
označevalni materiali

sponke in konektorji
za tiskana vezja
ohišja za elektroniko

Preoblikovanje signalov:

pretvorniki protokolov

merilni pretvorniki
izolacijski ojačevalniki

relejski ločilni moduli
optični ločilni moduli
polprevodniški releji
varnostni releji
specialni moduli

napajalniki
DC brezprekinitveni sistemi

Industrijske mreže:

I/O moduli, krmilniki
in prikazovalniki za
industrijski Ethernet,
Profinet in Interbus,
I/O moduli za Profibus
in ostale sisteme

optične povezave
brežžične povezave

Prenapetostna zaščita:

profesionalna zaščita
objektov in naprav
na napajalnih, signalnih
in komunikacijskih vhodih



Prava zaščita na pravem mestu je še pol uspeha.

Z računalniškim programom izračunamo verjetnost udara strele za različne preproste objekte brez nadstreškov in prizidkov. Te je treba izračunati naknadno. V program je mogoče vnesti poleg osnovnih podatkov še podatke za 12 kablovodov ali 12 prostih vodov in 4 vkopane telekomunikacijske vode (ne prosto viseče), kar je zelo uporabno pri izračunu rizika za oskrbovalne objekte. Podatki, ki se vnašajo za vode, so podrobni, tako da je rezultat verjetnosti udara strele v vod ali njegovo bližino zelo natančen.

Da bi program lahko uporabljali, potrebujemo poleg računalnika in programske opreme tudi obširno znanje o sistemih strelovodne zaščite in standardih na tem področju

Preglednica 4: Program za izračun verjetnosti udara strele – vnos podatkov (del programa)

Izračun VERJETNOSTI UDARA STRELE	
VHODNI PODATKI ZA ZGRADBO:	
DOLŽINA L [m]:	3.4000
SIRINA W [m]:	2.4000
VISINA H [m]:	2.0670
GOSTOTA UDAROV STREL [n/km ² /leto]:	4.0000
UMESTITEV ZGRADBE V PROSTOR Cd:	1.0000
OKOLJE OKOLI ZGRADBE Ce:	1.0000
VRSTA ZEMLJE V OKOLICI ZGRADBE ra:	0.01000
VRSTA TAL V ZGRADBI ru:	0.00000
TVEGANJE ZA NASTANEK POŽARA rf:	0.0100
PROTIPOŽARNA ZAŠČITA rp:	1.0000
POSEBNA TVEGANJA hz:	1.0000
OCENITEV VREDNOSTI IZGUB	
IZGUBE ZARADI NAPETOSTI DOTIKA IN KORAKA Lt:	0.0100
IZGUBE ZARADI FIZIČNIH POSKODB Lf:	0.0100
IZGUBE ZARADI IZPADA (RAZPADAJA) NOTRANJIH SISTEMOV Lo:	0.0010
OCENITEV VERJETNOSTI ŠKODE ZA OBJEKT	
ZAŠČITNI UKREPI ZA ZA ZMANJŠANJE POSKODB ŽIVIH BITU Pa:	0.0100
ZAŠČITNI UKREPI ZA ZA ZMANJŠANJE FIZIČNIH POSKODB Pb:	1.0000
ZAŠČITNI UKREPI ZA ZA ZMANJŠANJE IZPADA OSKRBE Pc:	0.0300
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V BLIZINO OBJEKTA POVZROČI IZPAD SISTEMOV V OBJEKTU Pm:	0.0001
VHODNI PODATKI ZA VODE:	
UMESTITEV VODA V PROSTOR Cd_v:	1.0000
OKOLJE OKOLI VODA Ce_v:	1.0000
PRISOTNOST TRANSFORMATORJA Ct:	0.2000
SPECIFIČNA UPORNOST ZEMLJE ρ [Ω/m]:	500.0000
VISINA VODNIKOVIH PROSTEGA VODA NAD TLEMI Hc [m]:	0.0000
VHODNI PODATKI ZA PROSTE VODE:	
DOLŽINA PROSTEGA VODA 1 (VN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 2 (VN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 3 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 4 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 5 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 6 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 7 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 8 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 9 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 10 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 11 (NN-VOD) [m]:	0.0000
DOLŽINA PROSTEGA VODA 12 (NN-VOD) [m]:	0.0000
NIZKONAPETOSTNI VOD:	
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI POSKODBE ŽIVIH BITU Pu:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI FIZIČNE POSKODBE Pv:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI IZPAD NOTRANJIH SISTEMOV Pw:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI IZPAD NOTRANJIH SISTEMOV Pz:	0.0000
VISOKONAPETOSTNI VOD:	
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI POSKODBE ŽIVIH BITU Pu:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI FIZIČNE POSKODBE Pv:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI IZPAD NOTRANJIH SISTEMOV Pw:	0.0000
VERJETNOST, DA UDAR STRELE V ENERGETSKI VOD POVZROČI IZPAD NOTRANJIH SISTEMOV Pz:	0.0000

Rezultati

V program smo vnesli podatke o trenutnem stanju transformatorske postaje in s trenutnimi zaščitnimi ukrepi. Skupna verjetnost udara strele pri kompaktni TP TEN je bila $1,358 \cdot 10^{-4}$, kar je manj, kot zahteva tolerančni riziko ($1 \cdot 10^{-5}$). Pri betonski TP tipa C pa je skupni riziko $1,999 \cdot 10^{-4}$, kar je prav tako manj kot zahteva tolerančni riziko.

Preglednica 5: Prikaz rezultatov za kompaktno transformatorsko postajo TEN

Izračun VERJETNOSTI UDARA STRELE	
REZULTATI	
VERJETNOST DIREKTNEGA UDARA STRELE V ZGRADBO $R_d=R_a+R_u+R_c$	1.0527E-07
Ra	8.03574E-10
Ru	8.03574E-08
Rc	2.41072E-08
VERJETNOST INDIREKTNEGA UDARA STRELE V ZGRADBO $R_i=R_{di}+R_{ui}+R_{vi}+R_{wi}$	1.3570E-04
Rdi	7.96195E-08
Rui	0
Rvi	1.98419E-06
Rwi	1.98419E-05
Rz	1.14E-04
SKUPNA VERJETNOST UDARA STRELE	1.3581E-04

Glede na dobljene rezultate verjetnosti udara strele sta transformatorski postaji varni pred udarom strele. Največji delež za varnost prispevajo pravilno projektiranje zunanje strelovodne zaščite, njena izvedba in pravilna montaža notranjega sistema prenapetostnih odvodnikov. Ne smemo pa pozabiti na preventivne preglede teh naprav, še posebej prenapetostnih odvodnikov s kazalniki delovanja.

Sklep

Strelovodna zaščita za transformatorske postaje je zelo pomembna, saj lahko ob udaru strele nastane velika premoženjska škoda in izpad javne oskrbe z električno energijo. Zato smo opisali, kako izračunati verjetnost udara v zgradbo in njeno bližino. Direktni ali indirektni udar strele v transformatorsko postajo ali vod lahko poškodujeta transformator in opremo. Pri odjemalcih pa lahko direktni ali indirektni udar strele v vod povzroči poškodbe električne inštalacije in električnih naprav. V prvi vrsti je zato potrebna namestitev zunanje strelovodne zaščite, če je verjetnost udara prevelika. Nato namestimo notranji sistem zaščite pred strelo, ki mora biti pravilno koordiniran. Koordinacija prenapetostnih odvodnikov se razlikuje glede na ozemljitveni sistem (TN, TN-C, TN-S, TN-C-S). Pomembno je, da prenapetostne odvodnike pravilno in selektivno priključimo, da lahko vsak odvodnik odvede del energije v zemljo. Omeniti je treba še elektromagnetni udar strele, pred katerim se ščitimo s pravilnim dimenzioniranjem sten objekta, oklopa naprave in ozemljevanjem le-tega. Ko namestimo celoten sistem zaščite pred strelo, smo pred njo varni, a ne popolnoma, saj vedno obstaja majhen delež verjetnosti udara.

Literatura

- [1] B. Žitnik, D. Ogrizek, M. Babuder, M. Vidmar, P. Kaube (2010): Sistemi zaščite pred strelo in pred prenapetostmi. 1. izdaja. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije.
- [2] J. Voršič, J. Pihler (2008): Tehnika visokih napetosti in velikih tokov. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru.
- [3] Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele, Uradni list Republike Slovenije, št. 28/2009, str. 3974.
- [4] Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči, Uradni list Republike Slovenije, št. 114/2003, str. 15545.
- [5] Ministrstvo za okolje in prostor (2009): Tehnična smernica TSG-N-003:2009, Zaščita pred delovanjem strele. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.
- [6] SIST EN 62305:2006, Zaščita pred delovanjem strele.
- [7] SIST EN 62305-2:2006, Zaščita pred delovanjem strele – 2. del: Vodenje rizika.

Avtorja:
Prof. dr. Jože Pihler, Matej Tovornik
Maribor