Broj rada: R1-15
DOI:10.46793/CIRED2026.R1-15_187

IZGRADNJA I OZAKONJENJE OBJEKATA U ZAŠTITNOM POJASU SREDNJENAPONSKIH NADZEMNIH VODOVA 10 – 35 KV

CONSTRUCTION AND LEGALIZATION OF OBJECTS IN THE PROTECTION ZONE OF MEDIUM VOLTAGE OVERHEAD LINES 10 – 35 KV

Dejan PETROVIĆ, Elektrodistribucija Srbije – Ogranak Aranđelovac, Srbija*
Aleksandar JANJIĆ, Elektrodistribucija Srbije – Ogranak Aranđelovac, Srbija
Ivan MIHAJLOVIĆ, Elektrodistribucija Srbije – Ogranak Aranđelovac, Srbija
Milan PREKOVIĆ, Spreg Aranđelovac, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Prilikom planiranja izgradnje i/ili ozakonjenja objekata u blizini postojećih srednjenaponskih nadzemnih vodova naponskog nivoa 10 – 35 kV postoje ograničenja u smislu udaljenosti od trase dalekovoda, gabarita novoplaniranih objekata, kao i samog izgleda objekata u vezi sa postojanjem isturenih pristupačnih delova koji se približavaju dalekovodu. Srednjenaponski nadzemni vodovi su najčešće građeni na armirano-betonskim ili čelično-rešetkastim stubovima, provodnicima tipa Al/č ili Cu i sa rasponima koji zavise od naponskog nivoa za koji su projektovani. Uslov za dobijanje građevinske dozvole je saglasnost nadležnog elektroenergetskog subjekta („Elektrodistribucija Srbije“ d.o.o. Beograd) na Elaborat o uticaju dalekovoda na izgradnju novoplaniranog objekta. Elaborat se izrađuje u skladu sa izdatim uslovima nadležne elektrodistribucije, Idejnim rešenjem za izgradnju planiranog objekta, geodetskim snimkom postojećeg dalekovoda i objekta (za slučaj ozakonjenja) i uz poštovanje zakonske regulative (Zakon o energetici, Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova 1–400 kV, Tehnički propisi, preporuke i standardi). Prikazan je slučaj izgradnje stambenog objekta spratnosti Po+P na katastarskoj parceli br. 3935/4, K.O. Aranđelovac koji je planiran za izgradnju u blizini dalekovoda 35 kV „Bukulja-Vrbica“. Predmetni dalekovod je izgrađen na armirano-betonskim stubovima, sa Al/č provodnicima preseka 70 mm^2 i korišćeni su porcelanski izolatorski lanci sa izolatorima sastavljeni od tri članka u dva reda – električno i mehanički pojačane izolacije. Nakon geodetskog snimanja terena oko trase dalekovoda, snimanja pozicije stubova, visine vešanja Al/č provodnika na stubovima i visine Al/č provodnika u prelaznom rasponu pristupilo se izradi Elaborata o uticaju dalekovoda 35 kV na planirani stambeni objekat. Pozicija planiranog objekta, spratnost i pristupačnost isturenih delova objekta su preuzeti iz Idejnog rešenja – sveska arhitekture. Izvršen je proračun maksimalnog radnog naprezanja u prelaznom rasponu, uzevši u obzir snimljene geodetske podatke, karakteristike Al/č provodnika i vrednost temperature u trenutku merenja. Takođe je izvršena provera sigurnosne visine i sigurnosne udaljenosti najisturenijih delova planiranog objekta od Al/č provodnika postojećeg dalekovoda u prelaznom rasponu. Kao zaključak su data ograničenja za izgradnju planiranog objekta, kao i za uređenje okolnog prostora. Dokazano je da planirana izgradnja stambenog objekta prema priloženom Idejnom rešenju ne ugrožava siguran i bezbedan rad postojećeg dalekovoda, kao i da postojeći nadzemni vod 35 kV nema štetnog uticaja na budući objekat.

* Dejan Petrović dekipet75@gmail.com; Aleksandar Janjić aleksandar.janjic@es.rs; Ivan Mihajlović ivan.mihajlovic@es.rs; Milan Preković prekovic.milan2@gmail.com

Ključne reči: dalekovod, izgradnja, objekat, uticaj

ABSTRACT

When planning the construction and/or legalization of facilities near the existing medium voltage overhead lines of voltage level 10 – 35 kV, there are restrictions in terms of the distance from the power line route, the dimensions of the newly planned facilities, as well as the appearance of the facilities in relation to the existence of protruding accessible parts that approach the power line. Medium-voltage overhead lines are most often built on reinforced concrete or steel lattice pillars, with aluminum or copper conductors and spans that depend on the voltage level for which they are designed. The condition for obtaining a building permit is the consent of the competent electric power entity (Electrical distribution of Serbia) to the Study on the impact of overhead lines on the construction of the newly planned facility. The preparation of the Study is carried out in accordance with the issued conditions of competent company for electricity distribution, the Conceptual Design for the construction of the planned facility, the geodetic survey of the existing overhead line and the facility (in case of legalization) and in compliance with the legal regulations (Energy Act, Rulebook on technical norms for the construction of overhead lines 1–400 kV, Technical regulations, recommendations and standards). The case of the construction of a residential building with floors (basement and ground flor) on cadastral plot no. 3935/4, which is planned for construction near the 35 kV overhead line „Bukulja-Vrbica“. The overhead line was built on reinforced concrete pillars, with aluminum conductors with a cross section of 70 mm^2 and porcelain insulator chains with insulators, composed of three units in two rows, were used - electrically and mechanically reinforced insulation. After geodetic surveying of the terrain around the power line route, surveying of the position of the pillars, height of suspension of aluminum conductors on pillars and height of aluminum conductors in the transitional range, the elaboration of the study on the impact of the 35 kV overhead line on the planned construction of the residential building was started. The position of the planned building, the number of floors and the accessibility of the projecting parts of the building are taken from the Conceptual Design - the Book of Architecture. The calculation of the maximum working stress in the transitional range was performed, taking into account the recorded geodetic data, the characteristics of the aluminum conductor and the temperature value at the time of measurement. The safety height and safety distance of the most protruding parts of the planned facility from the aluminum conductor of the existing overhead line in the transitional span was also checked. As a conclusion, there are limitations for the construction of the planned building, as well as for the arrangement of the surrounding area. It has been proven that the planned construction of a residential building according to the attached Conceptual Design does not threaten the safe and secure operation of the existing power line, as well as that the existing 35 kV overhead line does not have a harmful effect on the construction of the future building.

Keywords: Construction, Facility, Impact, Power line

1. UVOD

Izgradnja i/ili ozakonjenje objekata u blizini postojećih srednjenaponskih nadzemnih vodova naponskog nivoa 10 – 35 kV je ograničena u smislu udaljenosti od trase dalekovoda, gabarita novoplaniranih objekata, kao i samog njihovog izgleda (dispozicije) u vezi sa postojanjem isturenih pristupačnih delova koji se približavaju dalekovodu. Zakon o energetici, član 218, definiše da je kod izgradnje objekata u zoni zaštite elektroenergetskog objekta potrebno pribaviti saglasnost nadležnog energetskog subjekta. Takođe, potrebno je uz zahtev za

saglasnost priložiti Elaborat overen od strane ovlašćenog lica u skladu sa zakonom, [1]. Elaborat o uticaju dalekovoda 10 – 35 kV na novoplanirani objekat (Elaborat) izrađuje se u skladu sa tehničkim propisima i pravilima struke, pri čemu je sadržaj Elaborata definisan Pravilnikom o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata. Elaborat se izrađuje pre podnošenja zahteva za izdavanje građevinske dozvole, gde se podaci o karakteristikama planiranog objekta (gabariti, postojanje pristupačnih delova koji se približavaju dalekovodu i sl.) preuzimaju iz Idejnog rešenja za izgradnju planiranog objekta – sveska arhitekture. U slučaju ozakonjenja objekta u zaštitnom pojasu dalekovoda naponskih nivoa 10 – 35 kV, pomenute karakteristike se utvrđuju uvidom na licu mesta i geodetskim snimanjem gabarita postojećeg objekta. Geodetsko snimanje terena oko trase dalekovoda obavezno obuhvata pozicije stubova, visine vešanja Al/č provodnika na stubovima i visine Al/č provodnika u prelaznom rasponu. Snimljeni geodetski podaci, karakteristike Al/č provodnika i vrednost temperature u trenutku merenja su ulazni parametri za izradu Elaborata.

U predmetnom primeru, prikazan je slučaj stambenog objekta spratnosti Po+P na katastarskoj parceli br. 3935/4 K.O. Aranđelovac koji je planiran za izgradnju u blizini dalekovoda 35 kV „Bukulja-Vrbica“. Elaborat je imao zadatak da dokaže da planirana izgradnja i konačno stanje stambenog objekta prema priloženom Idejnom rešenju (IDR) ne ugrožava siguran i bezbedan rad postojećeg dalekovoda, kao i da postojeći nadzemni vod 35 kV nema štetnog uticaja na budući objekat. Izvršen je proračun maksimalnog radnog naprezanja u prelaznom rasponu, uzevši u obzir snimljene geodetske podatke, karakteristike Al/č provodnika i vrednost temperature u trenutku merenja. Takođe je izvršena provera sigurnosne visine i sigurnosne udaljenosti najistureniji delova planiranog objekta od Al/č provodnika postojećeg dalekovoda u prelaznom rasponu.

Analiza data u predmetnom radu treba da istakne ograničenja u vezi sa izgradnjom planiranih objekta u blizini postojećih srednjenaponskih nadzemnih vodova 10 – 35 kV. Takođe, u saradnji sa projektantima arhitekture, moguće je usaglasiti položaj, gabarite i izgled planiranih objekata pre izrade IDR, uvažavajući postojeće stanje na lokaciji na kojoj je planirana gradnja. Analiza nadležnom imaocu javnog ovlašćenja, u ovom slučaju Elektrodistribuciji Srbije (EDS), daje preporuke za izgradnju i/ili rekostrukciju nadzemnih vodova 10 – 35 kV kako bi se u urbanim sredinama što više omogućila i olakšala gradnja novoplaniranih objekata.

2. KARAKTERISTIKE NADZEMNIH VODOVA 10 – 35 KV

Srednjenaponski nadzemni vodovi se najčešće grade na armirano-betonskim ili čelično-rešetkastim stubovima, provodnicima Al/č ili Cu i sa rasponima koji zavise od naponskog nivoa za koji su projektovani. Na području Elektrodistribucije Srbije, Ogranak Aranđelovac ove vrste nadzemnih vodova naponskog nivoa 10 i 20 kV najčešće su građene na tipskim armirano-betonskim stubovima, dužine stabla stuba 12 – 15 m, nominalne sile stabla 315 – 2000 daN i sa armirano-betonskim ili metalnim konzolama za raspored provodnika u jednoj horizontalnoj ravni ili za delta „Δ” raspored. Na naponskom nivou 35 kV nadzemni vodovi su najčešće građeni na čelično-rešetkastim stubovima, sa metalnim konzolama za poluvertikalni raspored provodnika ili raspored tipa „bure”. Jedan manji broj 35 kV nadzemnih vodova je građen sedamdesetih godina prošlog veka na betonskim stubovima tipa „Karpoš”, sa betonskim konzolama za poluvertikalni raspored provodnika.

Aluminijum-čelični (Al/č) provodnici koji su korišćeni su tipizirani, nazivnog preseka 50/8, 70/12 i 95/15 mm^2. U Tabeli I date su karakteristike Al/č užadi tipiziranih preseka, [2].

Tabela I – Fizička svojstva Al/č užadi

Nazivni presek Al/č užeta (mm^2) / Svojstva i karakteristike	50/8	70/12	95/12
Broj × prečnik (mm) žica od alumijimuma	6×3,2	26×1,85	26×2,15
Broj × prečnik (mm) žica od čelika	1×3,2	7×1,44	7×1,67
Ukupni presek Al/č užeta, S_u (mm^2)	56,3	81,3	109,7
Spoljašnji prečnik Al/č užeta, d_u (mm)	9,6	11,7	13,6
Podužna masa Al/č užeta, G_u (kg/m)	0,196	0,284	0,383
Specifična masa Al/č užeta, $\gamma_u=G_u/S_u$ ($kg/m\cdot mm^2$)	0,00348	0,00349	0,00349
Računska sila kidanja Al/č provodnika, F_{ku} (daN)	1714	2631	3514
Temperaturni koeficijent linearnog širenja, α_u ($10^{-6}/°C$)	19,2	18,9	18,9
Modul elastičnosti, E_u (daN/mm^2)	8100	7700	7700

Izbor izolatora za nadzemne vodove 10 – 35 kV vrši se na osnovu električnih i mehaničkih karakteristika izolatora. Koriste se potporni izolatori i izolatorski lanci sastavljeni od štapnih ili kapastih lančanih jedinica. Prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV izolacija voda se po potrebi pojačava mehanički, električno ili mehanički i električno. Izolacija voda je mehanički pojačana ako se za potporne izolatore upotrebe dva ili više izolatora tako da u slučaju preloma jednog izolatora ostali izolatori budu dimenzionisani prema čl. 41. do 44. pomenutog pravilnika, a za viseće izolatore odnosno izolatorske lance upotrebe dva lanca ili više lanaca dimenzionisanih prema čl. 42. do 44. pomenutog pravilnika, za normalno stanje voda. Izolacija voda je električno pojačana ako se za potporne izolatore odabere izolator za prvi viši izolacioni nivo, odnosno izolator sa povećanom dužinom puzne staze, za masivne i štapne izolatore odabere izolator sa povećanom dužinom puzne staze, a za kapaste izolatore u izolatorskim lancima stavi jedan članak više, nezavisno od naponskog nivoa, [3].

Nadzemni vod 35 kV „Bukulja - Vrbica" je izgrađen na betonskim stubovima tipa „Karpoš", sa Al/č provodnicima preseka 70/12 mm^2 i korišćeni su porcelanski izolatorski lanci sa izolatorima sastavljenim od tri članka u dva reda – električno i mehanički pojačane izolacije.

3. KARAKTERISTIKE OBJEKTA PLANIRANOG ZA IZGRADNJU

Izgradnja planiranog stambenog objekta spratnosti Po+P predviđena je na katastarskoj parceli br. 3935/4, K.O. Aranđelovac. Glavnu svesku i svesku arhitekture IDR-a izradila je projektna organizacija Gest d.o.o iz Aranđelovca. Predmetna parcela se nalazi uz ulicu Petra Kočića u Aranđelovcu. U neposrednoj blizini parcele se nalazi postojeći nadzemni vod 35 kV „Bukulja-Vrbica" koji se prostire pravcem od zapada ka istoku. Postojeći dalekovod 35 kV ne preseca katastarsku parcelu br. 3935/4, K.O. Aranđelovac, ali njegova zaštitna zona (zaštitni pojas) zahvata severoistočni deo parcele. Planirani objekat je predviđen za izgradnju u armirano-betonskom skeletnom konstruktivnom sistemu. Konstruktivni sistem je ispunjen bočno termo-blokom. Krovna konstrukcija je drvena i oslanja se na međuspratnu konstrukciju za koju je ankerovana, a krovni pokrivač je crep. Objekat je projektovan sa kosim krovom nagiba 22º i nema isturenih pristupačnih delova sa strane prema postojećem dalekovodu 35 kV. Planirana etaža prizemlja je predviđena za stanovanje. Na Slici 1 prikazan je izgled objekta i spoljne fasade okrenute prema trasi postojećeg dalekovoda 35 kV.



Slika 1 – Izgled objekta, severna fasada; izvor: [4]

4. ZAKONSKE NORME

Već je napomenuto da je izrada Elaborata obavezna ukoliko se objekat koji je planiran za izgradnju i/ili ozakonjenje nalazi unutar zone zaštite (tzv. zaštitnog pojasa) energetskog objekta. Zaštitni pojas za nadzemne elektroenergetske vodove, prema članu 218. Zakona o energetici, sa svake strane voda od krajnjeg faznog provodnika, ima sledeće širine, [1]:

- za naponski nivo 1 kV do 35 kV
  - za gole provodnike 10 metara, kroz šumsko područje 3 metra;
  - za slabo izolovane provodnike 4 metra, kroz šumsko područje 3 metra;
  - za samonoseće kablovske snopove 1 metar;
- za naponski nivo 35 kV, 15 metara.

Sigurnosna visina je najmanja dozvoljena vertikalna udaljenost provodnika, odnosno delova pod naponom od zemlje ili nekog objekta pri temperaturi +40 ºC, odnosno pri temperaturi -5ºC sa normalnim dodatnim opterećenjem bez vetra, [3].

Sigurnosna udaljenost je najmanja dozvoljena udaljenost provodnika, odnosno delova pod naponom od zemlje ili nekog objekta u bilo kom pravcu pri temperaturi +40 ºC i opterećenju vetrom od nule do punog iznosa, [3].

Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV definiše članom 103 – 108 uslove za prelazak vodova i njihovo približavanje zgradama. Smatra se da vod prelazi preko zgrade i kad je rastojanje horizontalne projekcije najbližeg provodnika u neotklonjenom položaju od zgrade manje od 3,0 m za vodove nazivnog napona do 20 kV i manje od 5,0 m za vodove nazivnog napona većeg od 20 kV. Vertikalna udaljenost između provodnika i delova zgrade ispod provodnika (sleme krova, gornja ivica dimnjaka itd.) za vodove sa visećim izolatorima iznosi najmanje 3,0 m i u slučaju kada u rasponu ukrštanja postoji normalno dodatno opterećenje, a u susednim

rasponima nema tog opterećenja. Za vodove iznad zgrada potrebna je električno pojačana izolacija, a za vodove iznad stambenih zgrada i zgrada u kojima se zadržava veći broj ljudi (npr. škole, vrtići itd.) potrebna je pored električno pojačane i mehanički pojačana izolacija, [3].

Članovima 104 i 105 pomenutog pravilnika definisani su uslovi za prelazak vodova i njihovo približavanje nepristupačnim i pristupačnim delovima zgrade. U Tabeli II date su vrednosti sigurnosne visine i sigurnosne udaljenosti za karakteristične slučajeve.

Tabela II – Pojedine vrednosti sigurnosnih visina i sigurnosnih udaljenosti

Mesto / Objekat	Sigurnosna visina (m)	Sigurnosna udaljenost (m)	Pojačana izolacija
Zgrade – nepristupačni deo (krov, dimnjak i sl.)	3,0	3,0	E, (M)
Zgrade – pristupačni deo (terasa, balkon, građ. skele i sl.)	5,0	4,0	E, (M)

5. PRORAČUN

Ulazni podaci za proračun su geodetska snimanja na terenu, kao i podaci o položaju i gabaritima planiranog objekta preuzeti iz IDR – sveska arhitekture. Proračun maksimalnog radnog naprezanja u prelaznom rasponu se vrši uzevši u obzir snimljene geodetske podatke, karakteristike Al/č provodnika i vrednosti spoljašnje temperature u trenutku merenja. Geodetska merenja obavezno obuhvataju visinske kote terena u blizini trase dalekovoda, pozicije stubova prelaznog raspona, visine vešanja Al/č provodnika na stubovima i visine Al/č provodnika u prelaznom rasponu. Pri tome se obavezno beleži podatak o spoljnoj temperaturi u trenutku snimanja. Sama lančanica se uprošćeno može prikazati kao parabola za koju važi jednačina (1):

$$y = \frac{\gamma}{2 \cdot \sigma} \cdot x^2 \quad , \tag{1}$$

gde oznake u jednačini imaju sledeće značenje:

σ – horizontalna komponenta naprezanja provodnika pri određenoj temperaturi, (daN/mm^2);

γ – specifična masa provodnika sa ili bez dodatnog opterećenja, (daN/m·mm^2);

x, y – kordinate tačaka na krivoj provodnika u odnosu na najnižu tačku (teme) krive, (m).

Takođe važe sledeće jednačine za ugib provodnika $\boldsymbol{f}$ (2) i (3):

$$f = \frac{\gamma \cdot a^2}{8 \cdot \sigma}, \qquad f_x = f \cdot (1 - 4 \cdot \frac{x^2}{a^2}) \quad . \tag{2), (3}$$

Kod kosog raspona maksimalni ugib se nalazi u tački krive provodnika u kojoj je tangenta paralelna sa pravom koja prolazi kroz tačke prihvatanja provodnika i ne poklapa se sa temenom lančanice. Kod veoma kosih raspona teme može da bude fiktivno, izvan opsega raspona. Pošto se i kod kosog raspona ugib računa na sredini stvarnog raspona, između ugiba horizontalnog raspona $\boldsymbol{f}$ i ugiba kosog raspona $\boldsymbol{f_k}$ važi odnos prema jednačini (4):

$$f_k = \frac{f}{\cos \psi} = k_\psi \cdot f \tag{4}$$

gde je $\boldsymbol{\psi}$ ugao nagiba raspona, a $\boldsymbol{k_\psi}$ koeficijent povećanja vrednosti ugiba kod kosog raspona u odnosu na horizontalni raspon.

Za proračun naprezanja provodnika $\boldsymbol{\sigma}$ pri određenoj temperaturi $\boldsymbol{t}$, merodavna je jednačina stanja provodnika, koja ima opšti oblik prema jednačini (5):

$$\sigma^2 \cdot (\sigma - \sigma_m + A_1 + A_2) = B \quad . \tag{5}$$

Parametre A_1, A_2 i B računamo pomoću jednačina (6), (7) i (8):

$$A_1 = \frac{8}{3} \cdot E \cdot \left(\frac{f_m}{a_p}\right)^2, \quad A_2 = E \cdot \alpha \cdot (t - t_o), \quad B = \frac{8}{3} \cdot E \cdot \left(\frac{\gamma \cdot a}{8}\right)^2, \tag{6), (7), (8)}$$

gde oznake u jednačinama imaju sledeće značenje:

t_0 – temperatura merodavna za proračun ugiba i naprezanja provodnika, (ºC);

σ_m – maksimalno radno naprezanja provodnika pri temperaturi t_0, (daN/mm^2);

γ_d – specifična masa provodnika sa dodatnim opterećenjem, (daN/m·mm^2);

a_p – dužina prelaznog raspona, (m);

f_m – maksimalni ugib pri temperaturi t_0 (m), koji se računa pomoću jednačine (9):

$$f_m = \frac{\gamma_d \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_m} \quad . \tag{9}$$

Nakon određivanja vrednosti σ i σ_m potrebno je proveriti sigurnosnu visinu i sigurnosnu udaljenost najisturenijih delova objekta od provodnika. Posebno se obrađuje slučaj kada vod sa visećim izolatorima prelazi preko objekta, što je definisano članom 106. Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV. Potrebno je odrediti sigurnosnu visinu kada u rasponu ukrštanja postoji normalno dodatno opterećenje, a u susednim rasponima nema tog opterećenja. Za ovaj slučaj su neophodni geodetski podaci o položaju stubova i dužini pojedinačnih raspona unutar zateznog polja. Jedan od postupaka za izračunavanje ugiba $\boldsymbol{f}$ u takvim slučajevima je metoda Wycisk-a pomoću jednačine (10), [5]:

$$f = 0.5 \cdot f_d \cdot K_l \cdot \sqrt{\frac{1+n_l \cdot \left(\frac{a_{sl}}{a_p}\right)^3}{1+n_l \cdot \left(\frac{a_{sl}}{a_p}\right)^3 \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_d}\right)^2}} + 0.5 \cdot f_d \cdot K_d \cdot \sqrt{\frac{1+n_d \cdot \left(\frac{a_{sd}}{a_p}\right)^3}{1+n_d \cdot \left(\frac{a_{sd}}{a_p}\right)^3 \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_d}\right)^2}} \quad , \tag{10}$$

gde oznake u jednačini imaju sledeće značenje:

f_d – ugib u prelaznom rasponu pri temperaturi -5 ºC sa dodatnim teretom, (m);

n_l, n_d – broj neopterećenih susednih raspona levo i desno od prelaznog raspona, kod prelaznog raspona podalje od zateznog stuba do najviše šest, bez obzira da li je broj veći od toga;

a_{sl}, a_{sd} – prosečne dužine neopterećenih raspona levo odnosno desno od prelaznog raspona

K_l, K_d – korekcioni faktori koji se uzimaju prema tome da li je posmatrani prelazni raspon na kraju zateznog polja, tj. uz zatezni stub ili je u sredini.

Sigurnosna udaljenost najisturenijih delova objekta od provodnika se određuje pri temperaturi +40 ºC i opterećenju vetrom od nule do punog iznosa. Potrebno je u jednačini stanja (5) proračunati vrednost naprezanja provodnika $\boldsymbol{\sigma_{40}}$ pri temperaturi +40 ºC, i ugib provodnika $\boldsymbol{f_{40}}$ pomoću sledeće jednačine (11):

$$f_{40} = \frac{\gamma \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_{40}} \quad . \tag{11}$$

Ugao otklona $\boldsymbol{\delta}$ provodnika u prelaznom rasponu usled punog pritiska vetra izračunava se pomoću sledeće jednačine (12):

$$\delta = arctg\left(\frac{d \cdot P}{\gamma \cdot S}\right) \quad , \tag{12}$$

gde oznake u jednačini imaju sledeće značenje:

d – prečnik provodnika, (m);

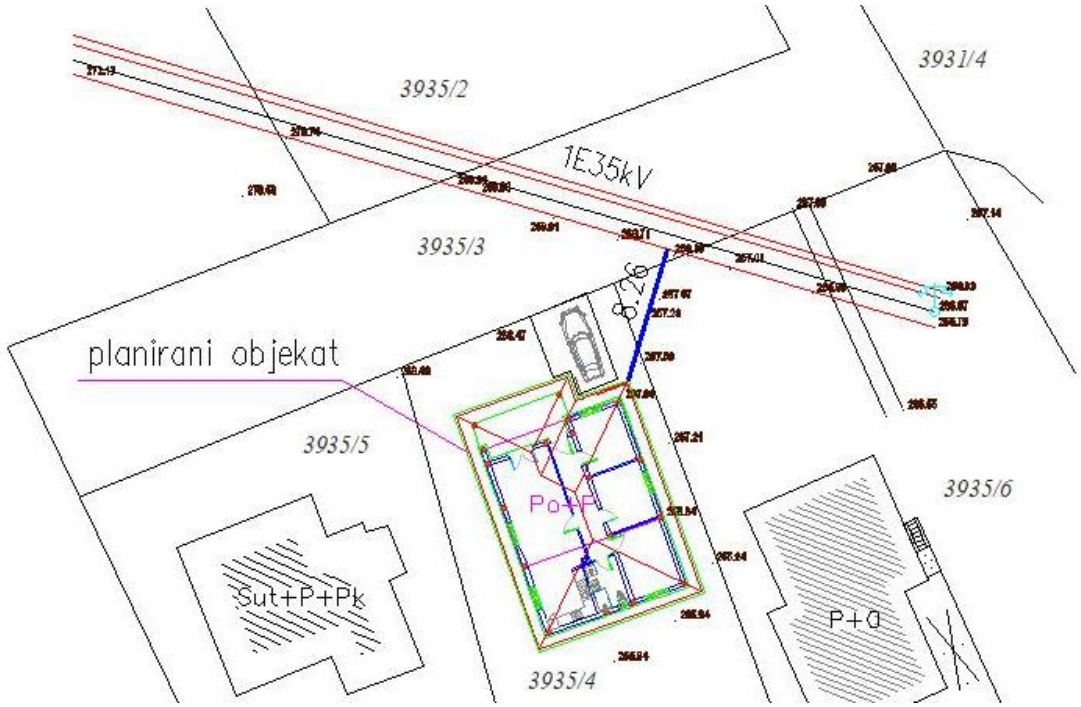
P – pritisak vetra na provodnike, (daN/m^2);

$\gamma \cdot S$ – težina provodnika, (daN/m).

U sledećem potpoglavlju dati su rezultati proračuna za predmetni slučaj planirane izgradnje stambenog objekta spratnosti Po+P na katastarskoj parceli br. 3935/4, K.O. Aranđelovac, u blizini postojećeg dalekovoda 35 kV.

5.1 Rezultati proračuna

Planirani stambeni objekat je definisan IDR-om – sveska arhitekture i pozicioniran je tako da je najisturenija nepristupačna tačka objekta (krov – šiše) udaljena 8,26 m od horizontalne projekcije najbližeg provodnika dalekovoda u neotklonjenom položaju. Uzevši u obzir član 103. Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV može se smatrati da nadzemni vod 35 kV ne prelazi preko objekta, te nije potrebna provera sigurnosne visine, [3]. Na Slici 2 prikazan je situaciono – nivelacioni plan sa položajem budućeg stambenog objekta u odnosu na poziciju provodnika postojećeg dalekovoda 35 kV.



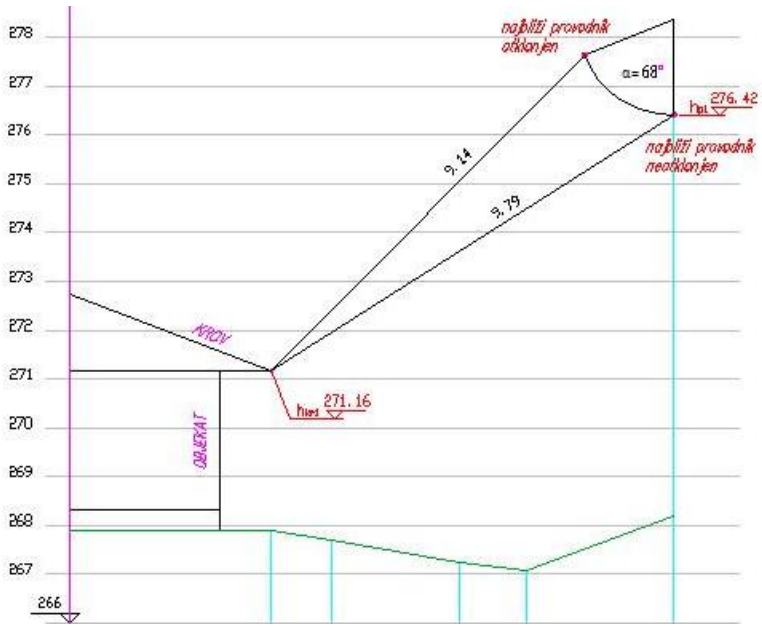
Slika 2 – Situaciono – nivelacioni plan sa prikazom položaja budućeg objekta

Rezultati proračuna daju informacije o maksimalnom radnom naprezanju, ugibu, sigurnosnoj visini i sigurnosnoj udaljenosti u otklonjenom i neotklonjenom položaju provodnika i dati su u Tabeli III.

Tabela III – Rezultati proračuna

Tehnički opis	Računski podaci	Napomena
Temperatura, t (ºC)	8	
Dužina prelaznog raspona, a_p (m)	112,37	$a_p > a_{kr}$
Ugib u prelaznom rasponu na temperaturi 8ºC, f_8 (m)	3,53	
Radno naprezanje na temperaturi 8ºC, σ_8 (daN/mm^2)	1,56	
Maksimalno radno naprezanje na temperaturi -5ºC, σ_m (daN/mm^2)	6,5	Iz jednačine stanja
Radno naprezanje na temperaturi 40ºC, σ_{40} (daN/mm^2)	1,41	Iz jednačine stanja
Ugib u prelaznom rasponu na temperaturi 40ºC, f_{40} (m)	3,91	
Ugao otklona provodnika, δ (º)	68	
Sigurnosna visina (m)	/	Vod ne prelazi preko objekta
Sigurnosna udaljenost u neotklonjenom položaju (m)	9,79	> 3 m
Sigurnosna udaljenost u otklonjenom položaju (m)	9,14	> 3 m

Na Slici 3 prikazan je poprečni presek sa prikazom otklonjenog provodnika dalekovoda 35 kV i vrednost sigurnosne udaljenosti od najisturenijeg nepristupačnog dela objekta.



Slika 3 – Poprečni presek sa prikazom otklonjenog provodnika

6. ELABORAT

Sadržaj Elaborata o uticaju dalekovoda 10 – 35 kV na novoplanirane objekte je propisan Pravilnikom o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata. Pored opšte dokumentacije, Elaborat obavezno sadrži rešenje o imenovanju ovlašćenog lica i izjavu ovlašćenog lica, kao i tekstualnu, numeričku i grafičku dokumentaciju. Poseban akcenat se stavlja na numeričku dokumentaciju, gde je potrebno proveriti ispunjenost uslova u vezi sa sigurnosnom visinom i sigurnosnom

udaljenošću. Grafička dokumentacija je obavezan deo Elaborata i sadrži: situaciono-nivelacioni plan sa prikazom provodnika dalekovoda, uzdužni profil prelaznog raspona dalekovoda i poprečni presek sa prikazom otklonjenog provodnika. Kao prilog potrebno je priložiti katastarsko-topografski plan za predmetnu parcelu overen od strane ovlašćene geodetske organizacije i koji obavezno sadrži kote terena oko trase dalekovoda, pozicije stubova prelaznog raspona, visine vešanja Al/č provodnika na stubovima i visine Al/č provodnika u prelaznom rasponu. Takođe je obavezan podatak o spoljašnjoj temperaturi u trenutku snimanja. Elaborat svojim zaključkom nedvosmisleno treba da pokaže da li je planirana izgradnja objekta usklađena sa važećim propisima koji regulišu izgradnju objekata u zaštitnom pojasu dalekovoda 10 – 35 kV, tj. da li je dozvoljena gradnja objekta prema priloženom IDR-u.

7. ZAKLJUČAK

Analizirajući rezultate proračuna za slučaj planirane izgradnje objekta na katastarskoj parceli br. 3935/4, K.O. Aranđelovac u blizini dalekovoda 35 kV „Bukulja-Vrbica”, može se zaključiti da je položaj objekta izabran tako da nije bila potrebna provera sigurnosne visine. Sigurnosna udaljenost najisturenijeg dela objekta od provodnika u otklonjenom položaju je daleko veća od minimalne koja je propisana Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV. Preporuka projektantima arhitekture je da pozicija planiranih objekata, gde god je to moguće, bude takva da najistureniji delovi budu udaljeni više od 5 m za naponski nivo 35 kV, odnosno više od 3 m za naponski nivo 10 i 20 kV od horizontalne projekcije provodnika dalekovoda. U slučaju da je planirani objekat nemoguće pozicionirati izvan ovih rastojanja potrebna je provera sigurnosne visine, što može predstavljati problem za nadzemne vodove građene na stubovima sa visećim izolatorima (predmetni slučaj) gde je potrebno ispoštovati minimalnu sigurnosnu visinu kada u rasponu ukrštanja postoji normalno dodatno opterećenje, a u susednim rasponima nema tog opterećenja. Takođe je preporuka i da izgled objekata bude takav, da sa strane koja je najbliža postojećem dalekovodu 10 – 35 kV nema pristupačnih isturenih delova objekta (terase, balkoni, ravni krovovi itd.). Preporuka imaocu javnih ovlašćenja (EDS) koja se odnosi na buduću izgradnju vodova 10 – 35 kV u urbanim sredinama je da srednjenaponska mreža bude kablovska. U slučaju gradnje nadzemnih vodova 10 i 20 kV koristiti srednjenaponske kablovske snopove na tipskim betonskim stubovima tamo gde je to moguće. Nadzemne vodove sa Al/č provodnicima graditi na betonskim stubovima sa vršnim ravnim konzolama i potpornim izolatorima i sa kraćim rasponima kroz naseljeno mesto, čime se obezbeđuje dovoljna visina Al/č provodnika. Viseće izolatore koristiti na čeličnim stubovima veće visine, što je karakteristično za naponski nivo 35 kV, tako da budu manja ograničenja kod provere sigurnosne visine kada u rasponu ukrštanja postoji normalno dodatno opterećenje, a u susednim rasponima nema tog opterećenja.

LITERATURA

[1] Zakon o energetici, "Sl. glasnik RS", br. 145/2014, 95/2018 – dr. zakon, 40/2021, 35/2023 – dr. zakon, 62/2023, 94/2024 i 109/2025 – dr. zakon
[2] Tehnička preporuka br. 10b sa prilogom, "JP EPS – Direkcija za distribuciju električne energije Beograd", oktobar 2003.
[3] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV, "Sl. list SFRJ", br. 65/88, "Sl. list SRJ", br. 18/92
[4] Idejno rešenje za izgradnju stambenog objekta na kp. br. 3935/4, K.O. Aranđelovac u Aranđelovcu – sveska arhitekture, "Gest" d.o.o. Aranđelovac
[5] Komentar pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova, "Zajednica Jugoslovenske elektroprivrede", 1980.