

Zvonimir Zorić, dipl.ing.el.  
Dalekovod Projekt d.o.o.  
[zvonimir.zoric@dalekovod.hr](mailto:zvonimir.zoric@dalekovod.hr)

Dinko Markoljević, dipl.ing.el.  
Dalekovod Projekt d.o.o.  
[dinko.markoljevic@dalekovod.hr](mailto:dinko.markoljevic@dalekovod.hr)

Nino Vrandečić, dipl.ing.el.  
HEP-ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek  
[nino.vrandecic@hep.hr](mailto:nino.vrandecic@hep.hr)

Stipe Klarić, dipl.ing.el.  
HEP-ODS d.o.o., Elektra Šibenik  
[stipe.klaric@hep.hr](mailto:stipe.klaric@hep.hr)

## ISKUSTVA U PROJEKTIRANJU I UGRADNJI VISOKOTEMPERATURNIH NISKOPROVJESNIH (HTLS) VODIČA NA DALEKOVODIMA 35 KV

### SAŽETAK

Zbog intenzivnog razvoja turizma ili izgradnje novih izvora električne energije u mreži HEP ODS-a povećaju se zahtjevi za prijenosnom moći preko postojećih 35 kV dalekovoda. Kao jedno od rješenja za nastalu situaciju etablirala se ugradnja visokotemperaturnih niskoprovjesnih (HTLS – High Temperature Low Sag) vodiča. Ugradnjom HTLS vodiča omogućuje se, zbog veće dozvoljene struje, povećan prijenos električne energije. Zbog tehnoloških i konstrukcijskih specifičnosti HTLS vodiča moguće je ostvariti niže provjese kod visokih temperatura vodiča koje se pojavljuju pri povećanim/vršnim opterećenjima dalekovoda. Uz pravilan odabir tipa i presjeka HTLS vodiča, te odgovarajućeg maksimalnog radnog naprezanja istog, moguće je postići, uz već spomenutu povećanu prijenosnu moć dalekovoda, povoljnije vrijednosti sigurnosnih visina i maksimalnih opterećenja postojećih stupova dalekovoda. Referatom je sumirana problematika pri izradi projekata revitalizacije postojećih 35 kV dalekovoda u mreži HEP-ODS-a kojima se predviđala zamjena postojećih Al/Č vodiča različitim tipovima HTLS vodiča (ACCC – Aluminium Composite Core Conductor, ACFR – Aluminium Conductor Fiber Reinforced).

#### Ključne riječi:

- postojeći dalekovodi 35 kV, povećanje prijenosne moći, visokotemperaturni niskoprovjesni (HTLS – High Temperature Low Sag) vodiči, ACCC – Aluminium Composite Core Conductor, ACFR – Aluminium Conductor Fiber Reinforced

## EXPERIENCES IN DESIGN AND INSTALLATION OF HIGH TEMPERATURE LOW SAG (HTLS) CONDUCTORS ON 35 KV OVERHEAD LINES

### SUMMARY

Due to the intensive development of tourism or the construction of new sources of electricity in the HEP DSO network, the requirements for transmission power over the existing 35 kV overhead lines increase. As one of the solutions for the resulting situation, the installation of high temperature low sag (HTLS - High Temperature Low Sag) conductors has been established. The installation of HTLS conductors enables, due to the higher permitted current, an increased transmission of electricity. Due to the technological and construction specifics of HTLS conductors, it is possible to achieve lower sags at high conductor temperatures that occur at increased/peak loads of overhead lines. With the correct selection of the type of the HTLS conductor, and the maximum working stress, it is possible to achieve, in addition to the already mentioned increased transmission power of the overhead line, more favorable values of clearance lines and maximum loads of the existing overhead line poles. The paper summarizes the issues involved in creating projects for the revitalization of the existing 35 kV overhead lines in the HEP-DSO network, by replacing the existing ACSR conductors with different types of HTLS conductors (ACCC – Aluminum Composite Core Conductor, ACFR – Aluminum Conductor Fiber Reinforced).

#### Keywords:

- existing 35 kV transmission lines, increase in transmission capacity, HTLS - High Temperature Low Sag, ACCC – Aluminium Composite Core Conductor, ACFR – Aluminium Conductor Fiber Reinforced)

## 1. UVOD

Zbog intenzivnog razvoja turizma u priobalnom području Hrvatske ili izgradnje novih izvora električne energije u mreži HEP ODS-a (solarne/vjetro/biomasa elektrane...) sve češće dolazi do pojave povećanih zahtjeva za prijenosnom moći preko postojeće 35 kV mreže.

Postojeći 35 kV dalekovodi uglavnom su izvedeni s klasičnim alučelnim vodičima tipa Al/Č-120/20 i Al/Č-95/15. Praćenjem tokova snaga u 35 kV mreži HEP ODS-a evidentirana su, zbog gore navedenih razloga, sve češći slučajevi graničnih prijenosnih opterećenja postojećih 35 kV dalekovoda. Stoga se javila potreba za povećanjem prijenosne moći pojedinih postojećih 35 kV dalekovoda.

Kao jedno od pragmatičnih rješenja za povećanje prijenosne moći na predmetnim postojećim dalekovodima etablirala se ugradnja visokotemperaturnih niskoprovjesnih (HTLS – High Temperature Low Sag) vodiča.

Zamjenom klasičnih Al/Č vodiča novim HTLS vodičima, zbog tehnoloških i konstrukcijskih specifičnosti HTLS vodiča, omogućuje se:

- povećan prijenos električne energije (veća dozvoljena struja kroz HTLS vodič),
- povoljnije vrijednosti sigurnosnih visina na dalekovodu (niži provjesi HTLS vodiča koji se pojavljuju pri povećanim/vršnim opterećenjima dalekovoda),
- zadržavanje postojećih stupova dalekovoda (povoljnije vrijednosti maksimalnih opterećenja postojećih stupova dalekovoda uz pravilan odabir tipa i presjeka HTLS vodiča, te odgovarajućeg maksimalnog radnog naprezanja).

Uvažavajući navedeno, evidentno je da se ugradnjom HTLS vodiča, umjesto postojećih Al/Č vodiča, može povećati prijenosna moć postojećeg 35 kV dalekovoda, a da se pritom ne ugroze drugi bitni zahtjevi za dalekovod (građevinu) što omogućuje da se predmetni zahvati mogu realizirati bez provedbe upravnog postupka (lokacijska dozvola, građevinska dozvola,...) što značajno olakšava i ubrzava realizaciju revitalizacije dalekovoda i postizanje postavljenih ciljeva.

U nastavku je sumirana problematika na koju se nailazilo pri izradi projekata revitalizacije postojećih 35 kV dalekovoda u mreži HEP-ODS-a kojima se predviđala zamjena postojećih Al/Č vodiča različitim tipovima HTLS vodiča.

## 2. PREGLED PRIMJENJENIH HTLS VODIČA

Kako su na postojećim 35 kV dalekovodima uglavnom ugrađeni vodiči tipa i presjeka: Al/Č-120/20 i Al/Č-95/15 traženi su tipovi i presjeci HTLS vodiča koji bi na adekvatan način zamijenili navedene postojeće Al/Č vodiče. U tablici I prikazani su tipovi i presjeci postojećih Al/Č vodiča i njihovi odgovarajući zamjenski HTLS vodiči koji su primjenjivani u konkretnim projektima revitalizacije dalekovoda.

Napomena: Na DV 35 kV Dicmo-Prančević je ugrađen netipično mali presjek vodiča Al/Č-35/6, ali se i za njega pokušala naći adekvatna zamjena HTLS vodiča.

Tablica I: prikaz tipova i presjeka Al/Č i odgovarajućih HTLS vodiča

| tip i presjek postojećeg Al/Č vodiča |  | tip i presjek novog HTLS vodiča |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|
| Al/Č-120/20                          |  | ACCC Silvassa 124/28            |
|                                      |  | ACFR 149/17-FA-TT               |
| Al/Č-95/15                           |  | ACCC 115                        |
| Al/Č-35/6                            |  | ACFR 35/6-FA-R                  |

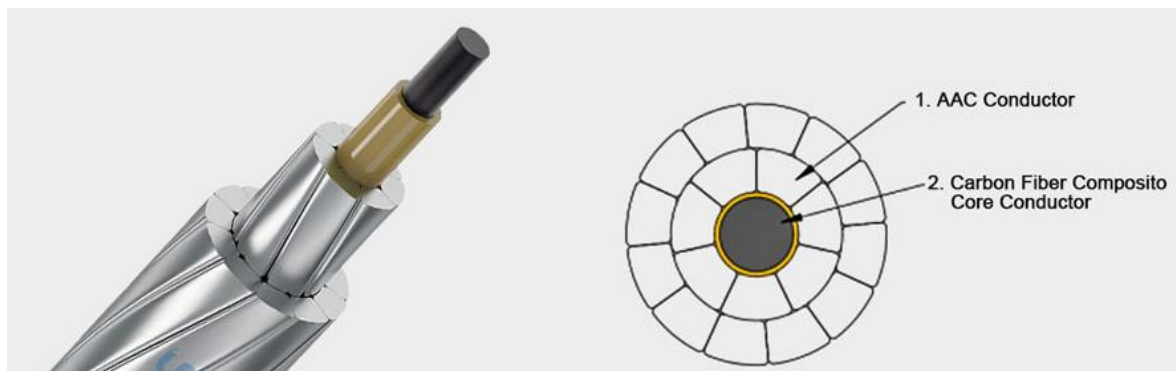
Iako postoji više tipova HTLS vodiča u razmatranim projektima revitalizacije postojećih 35 kV dalekovoda korištena su dva tipa HTLS vodiča:

- vodiči tipa ACCC – Aluminum Conductor Composite Core – slika 1
- vodiči tipa ACFR – Aluminum Conductor Fiber Reinforced – slika 2

U nastavku je dan prikaz osnovnih tehnoloških i tehničkih karakteristika primjenjenih HTLS vodiča i njihova usporedba s postojećim Al/Č vodičima.

### 2.1. Vodiči tipa ACCC – Aluminum Conductor Composite Core

Ovaj tip vodiča ima hibridnu kompozitnu jezgru od karbonskih vlakana povezanih epoksidnom smolom, s vanjskom ovojnicom od staklenih vlakana, čija je uloga mehanička zaštita središnje karbonske jezgre, a ujedno sprječava galvansku koroziju između karbonske jezgre i aluminijskih žica. Plašt je izrađen od mekanog (žarenog) aluminija, tip 1350-O, koji ima bolju vodljivost od tvrdo vučenog, kao i od ostalih Al legura koje se koriste za izradu vodiča. Žice su trapeznog oblika, pa se za isti promjer postiže veći presjek aluminija. [3]



Slika 1. presjek vodiča tipa ACCC

### 2.2. Vodiči tipa ACFR–Aluminum Conductor Fiber Reinforced

Ovaj vodič ima CFCC (Carbon Fiber Composite Core) jezgru. Svaka nit jezgre ima vanjsku ovojnicu od poliestera koja služi kao fizička barijera između pojedinih karbonskih niti, te sprječava galvansku koroziju između karbonske jezgre i aluminijskih žica. Plašt je izrađen od mekanog (žarenog) aluminija, tip 1350-O, koji ima bolju vodljivost od tvrdo vučenog, kao i od ostalih Al legura koje se koriste za izradu vodiča. Žice su trapeznog oblika, pa se za isti promjer postiže veći presjek aluminija. [10]



Slika 2. presjek vodiča tipa ACFR

### 2.3. Usporedba HTLS i Al/Č vodiča

U tablicama u nastavku dana je usporedba osnovnih tehničkih karakteristika, po odgovarajućem tipu i presjeku, novih HTLS vodiča i postojećih Al/Č vodiča:

Tablica II: Usporedba osnovnih tehničkih karakteristika vodiča: Al/Č 120/20 s HTLS vodičima ACFR 149/17-FA-TT i ACCC Silvassa 124/28

|                                          | Jed. mj.          | Al/Č-120/20<br>(122-Al1/20-ST1A) | ACFR<br>149/17-FA-TT  | ACCC<br>Silvassa<br>124/28   |
|------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| <b>Mehaničke značajke</b>                |                   |                                  |                       |                              |
| Površina presjeka aluminija              | mm <sup>2</sup>   | 121,6                            | 148,77                | 122,7                        |
| Nazivna površina presjeka jezgre         | mm <sup>2</sup>   | 19,8                             | 17,22                 | 28                           |
| Promjer nosive jezgre                    | mm                | 5,7                              | 5,3                   | 5,97                         |
| Vanjski promjer vodiča                   | mm                | 15,5                             | 15,3                  | 14,35                        |
| Računski presjek vodiča                  | mm <sup>2</sup>   | 141,4                            | 165,99                | 150,7                        |
| Prekidna sila                            | kN                | 44,5                             | 45,0                  | 67,3                         |
| Uzdužna masa jezgre                      | kg/km             | -                                | 27                    | 54                           |
| Uzdužna masa Al plašta                   | kg/km             | -                                | 411                   | 339,9                        |
| Uzdužna masa vodiča                      | kg/km             | 491                              | 438                   | 393,9                        |
| Najveća dopuštena radna temperatura      | °C                | 80                               | 180                   | 180                          |
| Koeficijent linearnog toplinskog širenja |                   |                                  |                       |                              |
| - Ispod točke toplinskog koljena         | 1/°C              | 18,9x10 <sup>-6</sup>            | 18,5x10 <sup>-6</sup> | 16,5x10 <sup>-6</sup>        |
| - Iznad točke toplinskog koljena         | 1/°C              | -                                | 1,00x10 <sup>-6</sup> | 1,61x10 <sup>-6</sup>        |
| Modul elastičnosti                       |                   |                                  |                       |                              |
| - Ispod točke toplinskog koljena         | N/mm <sup>2</sup> | 77.000                           | 61.950                | 68.100                       |
| - Iznad točke toplinskog koljena         | N/mm <sup>2</sup> | -                                | 122.000               | 112.300                      |
| <b>Električke značajke</b>               |                   |                                  |                       |                              |
| DC otpor kod 20 °C                       | Ω/km              | 0.2376                           | 0,1879                | 0,2286                       |
| Najveća dopuštena trajna struja          | A                 | 410                              | 757 (180 °C)          | 458 (100 °C)<br>673 (180 °C) |

Tablica III: Usporedba osnovnih tehničkih karakteristika vodiča: Al/Č-95/15 i ACCC 115, Al/Č 35/6 i ACFR 35/6-FA-R

|                                          | Jed. mj.          | Al/Č-95/15<br>(94-Al1/15-ST1A) | ACCC 115                           | Al/Č-35/6<br>(34-Al1/6-ST1A) | ACFR 35/6-FA-R         |
|------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| <b>Mehaničke značajke</b>                |                   |                                |                                    |                              |                        |
| Površina presjeka aluminija              | mm <sup>2</sup>   | 94,4                           | 116,2                              | 34,4                         | 31,86                  |
| Nazivna površina presjeka jezgre         | mm <sup>2</sup>   | 15,3                           | 28                                 | 5,73                         | 5,31                   |
| Promjer nosive jezgre                    | mm                | 5,01                           | 5,97                               | 2,7                          | 2,6                    |
| Vanjski promjer vodiča                   | mm                | 13,6                           | 13,6                               | 8,1                          | 7,8                    |
| Računski presjek vodiča                  | mm <sup>2</sup>   | 109,7                          | 140,4                              | 40,1                         | 37,17                  |
| Prekidna sila                            | kN                | 35,14                          | 66,1                               | 12,66                        | 13,23                  |
| Uzdužna masa jezgre                      | kg/km             | -                              | 52,3                               | -                            | 9                      |
| Uzdužna masa Al plašta                   | kg/km             | -                              | 310,2                              | -                            | 87                     |
| Uzdužna masa vodiča                      | kg/km             | 380,6                          | 362,5                              | 138,7                        | 96                     |
| Najveća dopuštena radna temperatura      | °C                | 80                             | 175                                | 80                           | 180                    |
| Koeficijent linearnog toplinskog širenja |                   |                                |                                    |                              |                        |
| - Ispod točke toplinskog koljena         | 1/°C              | 18,9x10 <sup>-6</sup>          | 15,97x10 <sup>-6</sup>             | 19,2x10 <sup>-6</sup>        | 17,09x10 <sup>-6</sup> |
| - Iznad točke toplinskog koljena         | 1/°C              | -                              | 1,61x10 <sup>-6</sup>              | -                            | 1,00x10 <sup>-6</sup>  |
| Modul elastičnosti                       |                   |                                |                                    |                              |                        |
| - Ispod točke toplinskog koljena         | N/mm <sup>2</sup> | 77.000                         | 66.800                             | 81000                        | 65.840                 |
| - Iznad točke toplinskog koljena         | N/mm <sup>2</sup> | -                              | 112.300                            | -                            | 122.200                |
| <b>Električke značajke</b>               |                   |                                |                                    |                              |                        |
| DC otpor kod 20 °C                       | Ω/km              | 0,306                          | 0,2468                             | 0,8342                       | 0,87103                |
| Najveća dopuštena trajna struja          | A                 | 350                            | 500<br>(121 °C)<br>624<br>(175 °C) | 180                          | 287<br>(180 °C)        |

Iz tablice II je vidljivo da se zamjenom postojećeg vodiča Al/Č-120/20 novim vodičem:

ACCC Silvassa 124/28 postiže sljedeće:

- Veća prijenosna moć dalekovoda (najveća dopuštena trajna struja se povećava 64%)
- Manje vertikalne sile na stupove (uzdužna masa vodiča je manja 20%)
- Manje sile na stupove uzrokovane tlakom vjetra (promjer vodiča je manji za 7,4%)
- Manji DC otpor kod 20 °C (smanjenje 3.8%)

ACFR 149/17-FA-TT postiže sljedeće:

- Veća prijenosna moć dalekovoda (najveća dopuštena trajna struja se povećava 84%)
- Manje vertikalne sile na stupove (uzdužna masa vodiča je manja 11%)
- Manje sile na stupove uzrokovane tlakom vjetra (promjer vodiča je manji za 1,3%)
- Manji DC otpor kod 20 °C (smanjenje 21 %)

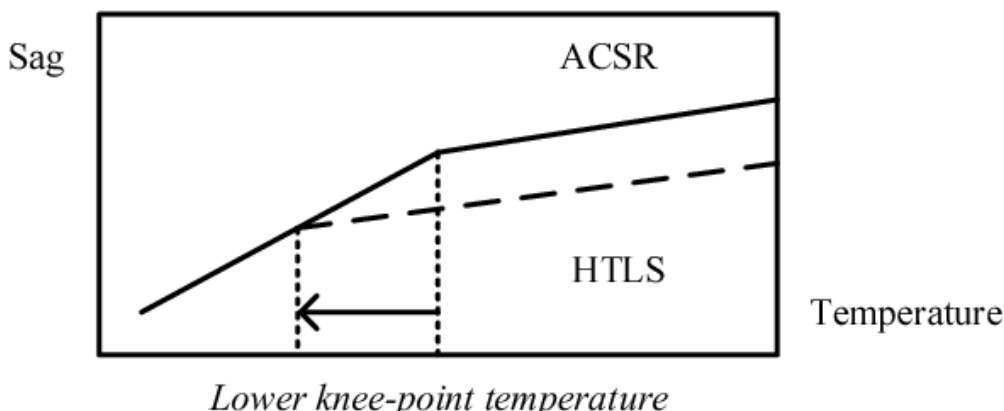
Iz tablice III je vidljivo da se zamjenom postojećeg vodiča Al/Č-95/15 novim vodičem ACCC 115 postiže sljedeće:

- Veća prijenosna moć dalekovoda (najveća dopuštena trajna struja se povećava 78%)
- Manje vertikalne sile na stupove (uzdužna masa vodiča je manja 4,3 %)
- Nepromjenjene sile na stupove uzrokovane tlakom vjetra (promjer vodiča je identičan)
- Manji DC otpor kod 20 °C (smanjenje 21 %)

Iz tablice III je vidljivo da se zamjenom postojećeg vodiča Al/Č-35/6 novim vodičem ACFR 35/6-FA-R postiže sljedeće:

- Veća prijenosna moć dalekovoda (najveća dopuštena trajna struja se povećava 59%)
- Manje vertikalne sile na stupove (uzdužna masa vodiča je manja 31%)
- Manje sile na stupove uzrokovane tlakom vjetra (promjer vodiča je manji za 3,7%)
- Veći DC otpor kod 20 °C (povećanje 4,4 %)

Uvidom u tablice II i III, u kojim je prikazana usporedba osnovnih tehničkih karakteristika novih HTLS vodiča i postojećih Al/Č vodiča, važno je istaknuti karakteristiku toplinskog koljena kod HTLS vodiča. Točka toplinskog koljena (knee point) je točka iznad koje se značajno mijenjaju karakteristike koeficijenta linearnog toplinskog širenja i modul elastičnosti kod HTLS vodiča, što uzrokuje nelinearnosti u dijagramu omjera porasta temperature i provjesa vodiča. Točka toplinskog koljena je temperatura pri kojoj, uslijed različitih koeficijenata linearnog toplinskog širenja jezgre i plašta, jezgra preuzima cijelo naprezanje. Kod Al/Č vodiča točka toplinskog koljena se nalazi iznad najveće dopuštene temperature vodiča, pa nije relevantna. Kod HTLS vodiča točka toplinskog koljena nalazi su rasponu radnih temperatura vodiča. Razvojem HTLS vodiča pokušava se, tehnološki i konstrukcijski, sniziti točka toplinskog koljena. Kvalitativni dijagram porasta provjesa vodiča s rastom temperature za HTLS vodiče i Al/Č vodiče prikazan je na slici 3.



Slika 3. utjecaj snižavanja točke toplinskog koljena na temperaturnu karakteristiku vodiča

### 3. POPIS POSTOJEĆIH DALEKOVODA 35 KV NA KOJIMA JE PROJEKTIRANA UGRADNJA HTLS VODIČA

U tablici IV su navedeni postojeći 35 kV dalekovodi u mreži HEP-ODS-a na kojima je projektirana zamjena postojećih Al/Č vodiča novom HTLS vodičima.

Razlog ugradnje HTLS vodiča je uglavnom potreba za povećanim prijenosom električne energije:

- tijekom ljetnih mjeseci (turizam) na dalekovodima u priobalnom području
- zbog planiranog priključka solarnih elektrana na 35 kV razinu ( DV 35 kV Osijek 1 - Samatovci)
- neki drugi razlog

Tablica IV: Popis postojećih dalekovoda 35 kV na kojima je projektirana ugradnja HTLS vodiča

|   | Naziv dalekovoda                                    | Postojeći Al/Č                       |                      | Novi HTLS                            |                      | Duljina (km) | Napomena   |
|---|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|
|   |                                                     | $\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | F <sub>max</sub> (N) | $\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | F <sub>max</sub> (N) |              |            |
| 1 | DV 35 kV TS 110/35 kV Makarska-TS 35/10 kV Makarska | Al/Č-120/20                          |                      | ACCC Silvassa-124/28                 |                      | 2.7          | Izvedeno   |
|   |                                                     | 95                                   | 13.433               | 82                                   | 12.452               |              |            |
| 2 | DV 35 kV TS 35/10 Makarska-TS 35/10 kV Podgora      | Al/Č-120/20                          |                      | ACFR 149/17-FA-TT                    |                      | 8.5          |            |
|   |                                                     | 95                                   | 13.433               | 80                                   | 13.279               |              |            |
| 3 | DV 35 kV Dicmo-Prančević                            | Al/Č-35/6                            |                      | ACFR 35/6-FA-R                       |                      | 11.2         |            |
|   |                                                     | 100                                  | 4.010                | 100                                  | 3.717                |              |            |
| 4 | DV 35 kV Bilice - Vodice                            | Al/Č-120/20                          |                      | ACCC Silvassa-124/28                 |                      | 10.7         | Izvedeno   |
|   |                                                     | 95                                   | 13.433               | 72                                   | 10.934               |              |            |
| 5 | DV 35 kV Osijek 1-Samatovci                         | Al/Č-120/20                          |                      | ACFR 149/17-FA-TT                    |                      | 12           |            |
|   |                                                     | 95                                   | 12.726               | 75                                   | 12.450               |              |            |
| 6 | DV 35 kV Božjakovina -Vrbovec                       | Al/Č-95/15                           |                      | ACCC 115                             |                      | 11.8         |            |
|   |                                                     | 90                                   | 9.873                | 70                                   | 9.856                |              |            |
| 7 | DV 35 kV Buje-Novigrad                              | Al/Č-95/15                           |                      | ACCC 115                             |                      | 11.5         | U pripremi |
|   |                                                     | 95                                   | 10.422               |                                      |                      |              |            |
| 8 | DV 35 kV Poreč-Novigrad                             | Al/Č-95/15                           |                      | ACCC 115                             |                      | 8.5          | U pripremi |
|   |                                                     | 95                                   | 10.422               |                                      |                      |              |            |

### 4. PROCEDURA IZRADE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE UGRADNJE HTLS VODIČA NA POSTOJEĆE 35 KV DALEKOVODE

#### 4.1. Uvjeti i postupak odabira HTLS vodiča

U postupku odabira HTLS vodiča koji će se montirati umjesto postojećeg Al/Č vodiča na postojeće stupove 35 kV dalekovoda, važni su sljedeći inicijalni uvjeti:

1. da su električke značajke (povećanje prijenosne moći) odabranog HTLS vodiča u skladu s potrebama operatora sustava
2. da su težina i promjer novog HTLS vodiča isti ili nešto manji u odnosu na postojeći Al/Č vodič (vertikalne sile na stupove uslijed težine vodiča i horizontalne sile na stupove uzrokovane djelovanjem vjetrova na vodiče ostaju u okvirima za koje su dimenzionirani postojeći stupovi)

Ispod tablica 2 – 5 dan je osvrt na ova dva inicijalna uvjeta za primjenjene tipove i presjeke HTLS vodiča, te se može zaključiti da svi primjenjeni vodiči zadovoljavaju postavljene uvjete.

Nakon zadovoljavanja ovih inicijalnih uvjeta potrebno je odabrati maksimalno radno naprezanje s kojim će se novi HTLS vodič montirati na dalekovod. Pri odabiru maksimalnog radnog naprezanja nužno je da su zadovoljeni sljedeći uvjeti:

3. da sile zatezanja vodiča na stupove ostanu iste (ili nešto manje) u slučaju pojave maksimalnog radnog naprezanja na dalekovodu (ne ugrožavanje statike postojećih stupova dalekovoda).

**Napomena:** Zbog kompaktiranosti HTLS vodiča njihov računski presjek je uglavnom nešto veći od presjeka Al/Č vodiča pa je odabrano maksimalno radno naprezanje HTLS vodiča obično nešto manjeg iznosa od maksimalnog radnog naprezanja postojećeg Al/Č vodiča

4. da su maksimalni provjesi HTLS vodiča, koji se u slučaju HTLS vodiča pojavljuju pri uvjetu  $-5^{\circ}\text{C} + \text{d.t.}$ , jednaki (ili nešto manji) od maksimalnih provjesa postojećeg Al/Č vodiča, koji nastaju pri uvjetu  $+40^{\circ}\text{C}$  ili  $-5^{\circ}\text{C} + \text{d.t.}$  (ne ugrožavanje sigurnosnih visina na dalekovodu)

Postupak odabira maksimalnog radnog naprezanja HTLS vodiča dan je na primjeru iz projekta revitalizacije DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci gdje su previđeni novi vodiči tipa ACFR 149/17-FA-TT umjesto postojećih vodiča Al/Č-120/20.

Analizirani su provjesi postojećih vodiča Al/Č-120/20 (s postojećim maksimalnim radnim naprezanjem  $90 \text{ N/mm}^2$ ) i novog visokotemperaturnog vodiča ACFR 149/17-FA-TT (s mogućim (predloženim) maksimalnim radnim naprezanjem  $75 \text{ N/mm}^2$ ).

Uvjet (3) će biti zadovoljen budući da su sile pri maksimalnim radnim naprezanjima sljedeće:

- max. sila Al/Č-120/20 (pri  $90 \text{ N/mm}^2$ ) je  $12726 \text{ N}$
- max. sila ACFR 149/17-FA-TT (pri  $75 \text{ N/mm}^2$ ) je  $12450 \text{ N}$

Sumirajući uvjete (2) i (3) proizlazi da će, u slučaju montaže vodiča ACFR 149/17-FA-TT, sile na stupove biti identične (zapravo čak nešto manje/povoljnije) nego u slučaju postojećeg stanja s vodičima Al/Č-120/20.

Analiza provjesa je provedena za minimalni, maksimalni i procjenjeni srednji raspon na postojećem dalekovodu i prikazana je u tablici V. Iz iste je vidljivo da bi provjesi HTLS vodiča trebali biti povoljniji (nešto manji) od postojećih Al/Č vodiča što bi zadovoljilo uvjet (4).

Napomena: Masa normalnog dodatnog tereta preuzeta je iz postojećih klimatskih parametara i iznosi:  $1.0 \times 0.18 \sqrt{d} \text{ kg/m}$ .

Tablica V: Analiza provjesa užadi za projekt revitalizacije DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci

| Raspon  |                | Al/Č-120/20 (pri $90 \text{ N/mm}^2$ ) |                                                | ACFR 149/17-FA-TT (pri $75 \text{ N/mm}^2$ ) |                                                | Č-III-35 (pri $260 \text{ N/mm}^2$ ) |                                                |
|---------|----------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| duljina | između stupova | Provjes pri $40^{\circ}\text{C}$       | Provjes pri $-5^{\circ}\text{C} + \text{d.t.}$ | Provjes pri $180^{\circ}\text{C}$            | Provjes pri $-5^{\circ}\text{C} + \text{d.t.}$ | Provjes pri $40^{\circ}\text{C}$     | Provjes pri $-5^{\circ}\text{C} + \text{d.t.}$ |
| 230 m   | 2 – 3          | 6.43 (6.48) m                          | 6.21 (6.26) m                                  | 5.33 m                                       | 6.03 m                                         | 4.92 (4.94) m                        | 5.63 (5.64) m                                  |
| 160 m   | uobičajeni     | 3.20 (3.23) m                          | 3.00 (3.03) m                                  | 2.45 m                                       | 2.92 m                                         | 2.13 (2.13) m                        | 2.72 (2.73) m                                  |
| 85 m    | 76 – 77        | 0.98 (1.04) m                          | 0.85 (0.85) m                                  | 0.73 m                                       | 0.82 m                                         | 0.48 (0.48) m                        | 0.77 (0.77) m                                  |

#### 4.2. Izrada modela dalekovoda

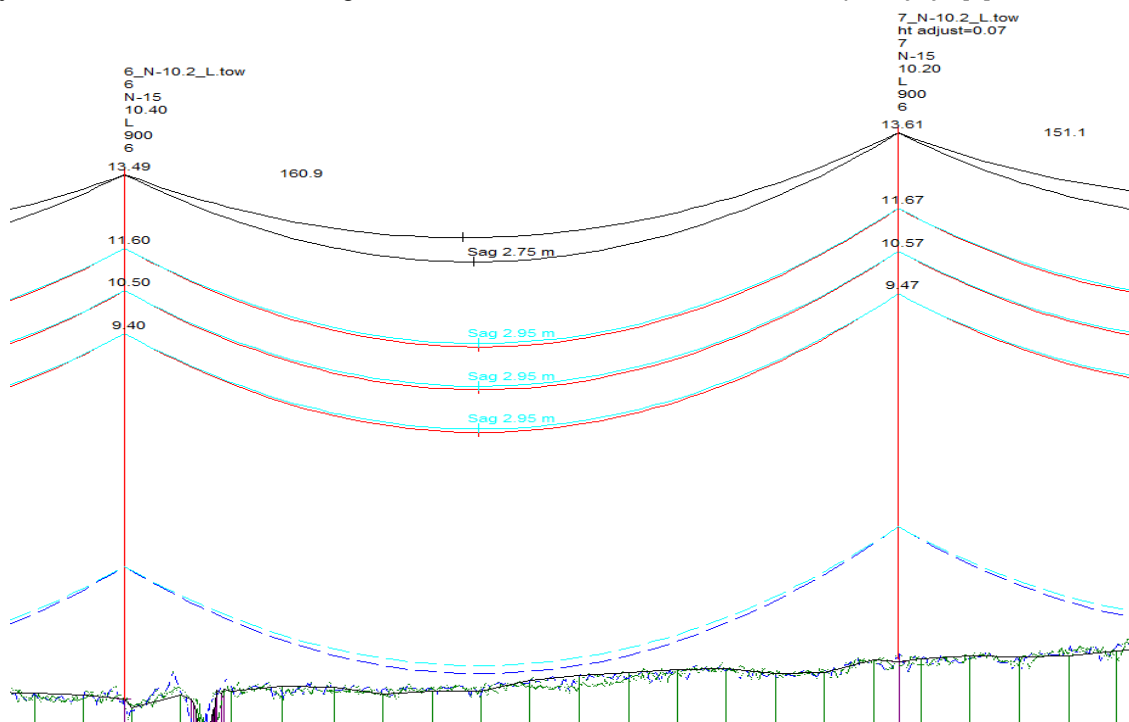
Nakon odabira HTLS vodiča i odabira maksimalnog radnog naprezanja kreće se u izradu modela dalekovoda. Za izradu modela dalekovoda predhodno je nužno obaviti potrebna geodetska snimanja. Za izradu modela potreban je „wir file“ vodiča kojim su definirane njegove tehničke karakteristike. Model se izrađuje u programskom paketu PLS-CADD.

Mogući problem nastaje zbog nestandardiziranosti HTLS vodiča. Vodič se obično nabavlja nakon izrade projekta revitalizacije i često pri isporuci HTLS vodiča odgovarajućeg presjeka i konstrukcije proizvođač dostavlja „wir file“, za identičan presjek i konstrukciju, koji često nije u potpunosti identičan s „wir file-om“ s kojim je izrađena dokumentacija.

Model se obično izradi i za postojeće stanje sa Al/Č vodičima i za buduće stanje nakon ugradnje novih HTLS vodiča. Izrađeni modeli trebali bi potvrditi ranije pretpostavke koje su bitne za tehničku ispravnost dalekovoda nakon izvedene revitalizacije.

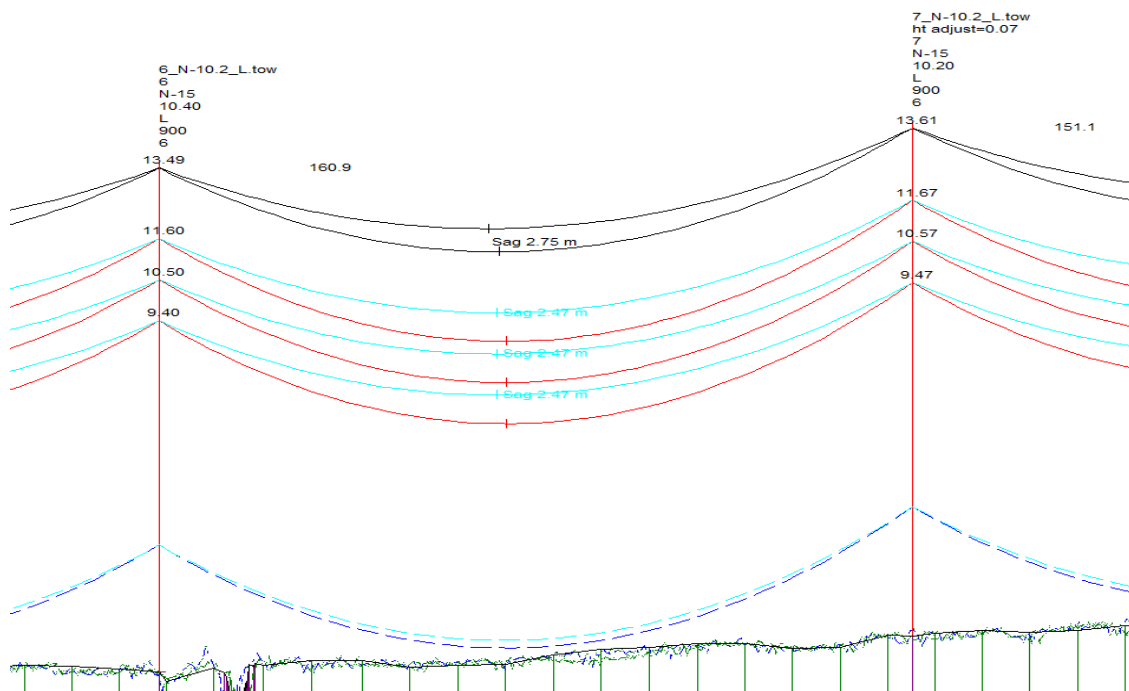
Za jedan stvarni raspon (st.br. 6 – st.br. 7), iz modela izrađenog za revitalizaciju DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci, koji je približno identičan procjenjenom srednjem rasponu, dan je prikaz lančanica užadi za

različite slučajeve (slike 4, 5) koji potvrđuju analizu iz tablice V i činjenicu da će provjesi HTLS vodiča biti manji od Al/Č vodiča, te da će i sigurnosne visine vodiča na dalekovodu biti povoljnije [9].



Slika 4. DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci - prikaz lančanica užadi za slučajeve:

- - ACFR 149/17-FA-TT: -5+d.t.
- - Al/Č-120/20: -5+d.t.
- - Č-III-35: -5+d.t. (40 °C)



Slika 5 DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci - prikaz lančanica užadi za slučajeve

- - ACFR 149/17-FA-TT: 180 °C
- - Al/Č-120/20: 40 °C
- - Č-III-35: -5+d.t. (40 °C)

### 4.3. Proračuni

Nakon izrade modela dalekovoda provode se potrebni proračuni. U nastavku je dan popis proračuna koji se obično provodi u predmetnim projektima revitalizacije:

- 4.3.1. Montažne tablice provjesa i naprežanja
- 4.3.2. Kontrola sigurnosnih visina
- 4.3.3. Kontrola razmaka između užadi
- 4.3.4. Kontrola naprežanja užadi u ovjesištu
- 4.3.5. Kontrola otklona nosivih izolatorskih lanaca
- 4.3.6. Dimenzioniranje izolacije

#### 4.3.1. Montažne tablice provjesa i naprežanja

Za montažu HTLS vodiča potrebno je izraditi montažne tablice za inicijalno (initial) stanje vodiča. Pri montaži HTLS vodiča ne uzima se temperaturna korekcija koja je uobičajena kod Al/Č vodiča. U inicijalnom (initial) stanju provjesi HTLS vodiča su manji od provjesa u konačnom (creep) stanju. Također su i sile zatezanja veće u inicijalnom stanju, ali u navedenim primjerima nisu prelazile sile koje se pojavljuju pri maksimalnom radnom naprežanju za koje bi stupovi trebali biti dimenzionirani. Ipak, budući da je teško dobiti relevantnu informaciju kada (nakon koliko vremena ili nakon pojave dodatnog tereta) nastupa konačno (creep) stanje postavlja se pitanje potrebe sidrenja (pojačavanja) zateznih stupova u periodu trajanja incijalnog stanja HTLS vodiča.

Uz montažne tablice za inicijalno stanje obično se prilažu i montažne tablice za konačno (creep) stanje budući da su svi ostali proračuni dani za to stanje. U nastavku je dan prikaz ispisa dijela montažnih tablica iz projekta revitalizacije DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci (zatezno polje st.br. 4 – st.br. 25; Idealni raspon (m): 155.862) za inicijalno (initial) stanje HTLS vodiča, za konačno (creep) stanje HTLS vodiča i za inicijalno/konačno stanje Al/Č vodiča. U montažnim tablicama su, zbog lakše usporedbe označene horizontalne komponente sila zatezanja užeta u predmetnom zateznom polju i provjesi u rasponu između st.br. 6 i st.br. 7. [9]

Tablica VI: DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci – montažne tablice za inicijalno stanje HTLS vodiča

**POČETNO STANJE VODIČA (INITIAL) ACFR 149/17-FA-TT**  $\delta_{\max}$  (N/mm<sup>2</sup>): **75.00**  $k_{dt}$ : **1.0**,

| Span<br>Length                                 | Mid Span<br>Sag |             |             |             |             |             |             | Left<br>Struct | Span<br>Vertical |
|------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|------------------|
| Number Projection                              |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |
| -20° C -10° C 0° C 10° C 20° C 30° C 40° C     |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |
| (m)                                            | (m)             | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         |                | (m)              |
| 178.6                                          | 1.57            | 1.59        | 1.62        | 1.65        | 1.68        | 1.72        | 1.77        | 4              | -4.70            |
| 164.1                                          | 1.33            | 1.34        | 1.37        | 1.39        | 1.42        | 1.45        | 1.49        | 5              | -1.35            |
| <b>160.9</b>                                   | <b>1.27</b>     | <b>1.29</b> | <b>1.31</b> | <b>1.34</b> | <b>1.36</b> | <b>1.40</b> | <b>1.44</b> | <b>6</b>       | <b>0.99</b>      |
| 151.1                                          | 1.12            | 1.14        | 1.16        | 1.18        | 1.20        | 1.23        | 1.27        | 7              | 0.54             |
| 158.1                                          | 1.23            | 1.25        | 1.27        | 1.29        | 1.32        | 1.35        | 1.39        | 8              | 0.08             |
| 159.8                                          | 1.26            | 1.27        | 1.29        | 1.32        | 1.35        | 1.38        | 1.42        | 9              | 0.17             |
| 158.0                                          | 1.23            | 1.25        | 1.26        | 1.29        | 1.31        | 1.35        | 1.38        | 10             | 0.06             |
| 157.0                                          | 1.21            | 1.23        | 1.25        | 1.27        | 1.30        | 1.33        | 1.37        | 11             | -0.06            |
| 161.0                                          | 1.28            | 1.29        | 1.31        | 1.34        | 1.37        | 1.40        | 1.44        | 12             | 0.02             |
| 152.8                                          | 1.15            | 1.16        | 1.18        | 1.20        | 1.23        | 1.26        | 1.29        | 13             | 0.13             |
| 152.6                                          | 1.15            | 1.16        | 1.18        | 1.20        | 1.23        | 1.26        | 1.29        | 14             | -0.25            |
| 160.6                                          | 1.27            | 1.29        | 1.31        | 1.33        | 1.36        | 1.39        | 1.43        | 15             | -0.33            |
| 154.9                                          | 1.18            | 1.20        | 1.22        | 1.24        | 1.26        | 1.30        | 1.33        | 16             | 0.04             |
| 156.9                                          | 1.21            | 1.23        | 1.25        | 1.27        | 1.30        | 1.33        | 1.36        | 17             | 0.38             |
| 128.7                                          | 0.82            | 0.83        | 0.84        | 0.85        | 0.87        | 0.89        | 0.92        | 18             | -0.01            |
| 157.6                                          | 1.22            | 1.24        | 1.26        | 1.28        | 1.31        | 1.34        | 1.38        | 19             | -0.24            |
| 152.0                                          | 1.14            | 1.15        | 1.17        | 1.19        | 1.22        | 1.25        | 1.28        | 20             | 0.45             |
| 149.0                                          | 1.09            | 1.11        | 1.13        | 1.15        | 1.17        | 1.20        | 1.23        | 21             | -0.07            |
| 141.7                                          | 0.99            | 1.00        | 1.02        | 1.04        | 1.06        | 1.08        | 1.11        | 22             | -0.23            |
| 144.3                                          | 1.02            | 1.04        | 1.06        | 1.07        | 1.10        | 1.12        | 1.15        | 23             | -0.29            |
| 155.8                                          | 1.20            | 1.21        | 1.23        | 1.25        | 1.28        | 1.31        | 1.35        | 24             | 0.04             |
| Horiz Tension                                  |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |
| -20 C -10 C 0 C 10 C 20 C 30 C 40 C            |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |
| (N) (N) (N) (N) (N) (N) (N)                    |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |
| <b>10910 10765 10597 10407 10195 9954 9691</b> |                 |             |             |             |             |             |             |                |                  |

Tablica VII: DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci – montažne tablice za konačno stanje HTLS vodiča

**KONAČNO STANJE VODIČA (CREEP) ACFR 149/17-FA-TT**  $\delta_{\max}$  (N/mm<sup>2</sup>): **75.00**  $k_{dt}$ : **1.0**

| Span                                       | Mid Span    |             |             |             |             |             |             | Left          | Span     |
|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------|
| Length                                     | Sag         |             |             |             |             |             |             | Struct        | Vertical |
| Number Projection                          |             |             |             |             |             |             |             |               |          |
| -20° C -10° C 0° C 10° C 20° C 30° C 40° C |             |             |             |             |             |             |             |               |          |
| (m)                                        | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)           |          |
| 178.6                                      | 1.57        | 1.77        | 2.03        | 2.32        | 2.64        | 2.93        | 2.94        | 4 -4.70       |          |
| 164.1                                      | 1.33        | 1.49        | 1.71        | 1.96        | 2.23        | 2.48        | 2.48        | 5 -1.35       |          |
| <b>160.9</b>                               | <b>1.28</b> | <b>1.43</b> | <b>1.65</b> | <b>1.89</b> | <b>2.14</b> | <b>2.38</b> | <b>2.38</b> | <b>6 0.99</b> |          |
| 151.1                                      | 1.12        | 1.26        | 1.45        | 1.66        | 1.89        | 2.10        | 2.10        | 7 0.54        |          |
| 158.1                                      | 1.23        | 1.38        | 1.59        | 1.82        | 2.07        | 2.30        | 2.30        | 8 0.08        |          |
| 159.8                                      | 1.26        | 1.41        | 1.63        | 1.86        | 2.11        | 2.35        | 2.35        | 9 0.17        |          |
| 158.0                                      | 1.23        | 1.38        | 1.59        | 1.82        | 2.07        | 2.29        | 2.30        | 10 0.06       |          |
| 157.0                                      | 1.21        | 1.36        | 1.57        | 1.79        | 2.04        | 2.26        | 2.27        | 11 -0.06      |          |
| 161.0                                      | 1.28        | 1.44        | 1.65        | 1.89        | 2.15        | 2.38        | 2.39        | 12 0.02       |          |
| 152.8                                      | 1.15        | 1.29        | 1.49        | 1.70        | 1.93        | 2.14        | 2.15        | 13 0.13       |          |
| 152.6                                      | 1.15        | 1.29        | 1.48        | 1.70        | 1.93        | 2.14        | 2.15        | 14 -0.25      |          |
| 160.6                                      | 1.27        | 1.43        | 1.64        | 1.88        | 2.13        | 2.37        | 2.38        | 15 -0.33      |          |
| 154.9                                      | 1.18        | 1.33        | 1.53        | 1.75        | 1.99        | 2.21        | 2.21        | 16 0.04       |          |
| 156.9                                      | 1.21        | 1.36        | 1.57        | 1.79        | 2.04        | 2.26        | 2.27        | 17 0.38       |          |
| 128.7                                      | 0.82        | 0.92        | 1.05        | 1.21        | 1.37        | 1.52        | 1.52        | 18 -0.01      |          |
| 157.6                                      | 1.22        | 1.38        | 1.58        | 1.81        | 2.06        | 2.28        | 2.29        | 19 -0.24      |          |
| 152.0                                      | 1.14        | 1.28        | 1.47        | 1.68        | 1.91        | 2.12        | 2.13        | 20 0.45       |          |
| 149.0                                      | 1.09        | 1.23        | 1.41        | 1.62        | 1.84        | 2.04        | 2.05        | 21 -0.07      |          |
| 141.7                                      | 0.99        | 1.11        | 1.28        | 1.46        | 1.66        | 1.84        | 1.85        | 22 -0.23      |          |
| 144.3                                      | 1.03        | 1.15        | 1.32        | 1.52        | 1.72        | 1.91        | 1.92        | 23 -0.29      |          |
| 155.8                                      | 1.20        | 1.34        | 1.55        | 1.77        | 2.01        | 2.23        | 2.24        | 24 0.04       |          |
| Horiz Tension                              |             |             |             |             |             |             |             |               |          |
| -20 C -10 C 0 C 10 C 20 C 30 C 40 C        |             |             |             |             |             |             |             |               |          |
| (N)                                        | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)           |          |
| <b>10905</b>                               | <b>9700</b> | <b>8441</b> | <b>7374</b> | <b>6490</b> | <b>5848</b> | <b>5834</b> |             |               |          |

Tablica VIII: DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci – montažne tablice za Al/Č vodič

**INICIJALNO/KONAČNO STANJE VODIČA Al/Č-120/20**  $\delta_{\max}$  (N/mm<sup>2</sup>): **90.00**  $k_{dt}$ : **1.0**

| Span Length       | Mid Span Sag |             |             |             |             |             |             | Left Struct | Span Vertical |
|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Number Projection |              |             |             |             |             |             |             |             |               |
|                   | -20° C       | -10° C      | 0° C        | 10° C       | 20° C       | 30° C       | 40° C       |             |               |
| (m)               | (m)          | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         | (m)         |             | (m)           |
| 178.6             | 2.10         | 2.40        | 2.71        | 3.04        | 3.37        | 3.68        | 4.00        | 4           | -4.70         |
| 164.1             | 1.77         | 2.03        | 2.29        | 2.57        | 2.84        | 3.11        | 3.38        | 5           | -1.36         |
| <b>160.9</b>      | <b>1.70</b>  | <b>1.95</b> | <b>2.20</b> | <b>2.47</b> | <b>2.73</b> | <b>2.99</b> | <b>3.24</b> | <b>6</b>    | <b>1.02</b>   |
| 151.1             | 1.50         | 1.72        | 1.94        | 2.18        | 2.41        | 2.64        | 2.86        | 7           | 0.52          |
| 158.1             | 1.65         | 1.88        | 2.13        | 2.38        | 2.64        | 2.89        | 3.13        | 8           | 0.09          |
| 159.8             | 1.68         | 1.92        | 2.17        | 2.43        | 2.70        | 2.95        | 3.20        | 9           | 0.16          |
| 158.0             | 1.64         | 1.88        | 2.12        | 2.38        | 2.63        | 2.88        | 3.13        | 10          | 0.06          |
| 157.0             | 1.62         | 1.85        | 2.10        | 2.35        | 2.60        | 2.84        | 3.09        | 11          | -0.06         |
| 161.0             | 1.71         | 1.95        | 2.21        | 2.47        | 2.74        | 2.99        | 3.25        | 12          | 0.02          |
| 152.8             | 1.54         | 1.75        | 1.98        | 2.22        | 2.46        | 2.69        | 2.92        | 13          | 0.13          |
| 152.6             | 1.53         | 1.75        | 1.98        | 2.22        | 2.46        | 2.69        | 2.92        | 14          | -0.25         |
| 160.6             | 1.70         | 1.94        | 2.19        | 2.46        | 2.72        | 2.98        | 3.23        | 15          | -0.33         |
| 154.9             | 1.58         | 1.80        | 2.04        | 2.29        | 2.53        | 2.77        | 3.01        | 16          | 0.06          |
| 156.9             | 1.62         | 1.85        | 2.09        | 2.35        | 2.60        | 2.84        | 3.08        | 17          | 0.36          |
| 128.7             | 1.09         | 1.24        | 1.41        | 1.58        | 1.75        | 1.91        | 2.07        | 18          | 0.04          |
| 157.6             | 1.64         | 1.87        | 2.11        | 2.37        | 2.62        | 2.87        | 3.11        | 19          | -0.27         |
| 152.0             | 1.52         | 1.74        | 1.97        | 2.20        | 2.44        | 2.67        | 2.90        | 20          | 0.45          |
| 149.0             | 1.46         | 1.67        | 1.89        | 2.12        | 2.34        | 2.56        | 2.78        | 21          | -0.07         |
| 141.7             | 1.32         | 1.51        | 1.71        | 1.91        | 2.12        | 2.32        | 2.51        | 22          | -0.22         |
| 144.3             | 1.37         | 1.56        | 1.77        | 1.98        | 2.20        | 2.40        | 2.61        | 23          | -0.29         |
| 155.8             | 1.60         | 1.83        | 2.07        | 2.31        | 2.56        | 2.80        | 3.04        | 24          | 0.04          |
| Horiz Tension     |              |             |             |             |             |             |             |             |               |
|                   | -20 C        | -10 C       | 0 C         | 10 C        | 20 C        | 30 C        | 40 C        |             |               |
| (N)               | (N)          | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         | (N)         |             | (N)           |
| 9202              |              |             | <b>8061</b> | <b>7124</b> | <b>6357</b> | <b>5743</b> | <b>5248</b> |             | <b>4837</b>   |

#### **4.3.2. Kontrola sigurnosnih visina**

Iz početne analize proizlazi da će sigurnosne visine biti nešto povoljnije nakon ugradnje HTLS vodiča što predmetni proračuni u pravilu i potvrđuju.

#### **4.3.3. Kontrola razmaka između užadi**

Kontrola razmaka između vodiča je nešto povoljnija nego kod AI/Č vodiča (zbog manjih provjesa HTLS vodiča),

Treba obratiti pozornost na kontrolu razmaka z.uže-gornja faza. Zbog manjeg provjesa HTLS vodiča, na temperaturama na kojima se vrši proračun, razmak između z.užeta i gornje faze se smanjuje u odnosu na postojeće stanje s AI/Č vodičima, što može uzrokovati nepovoljan sigurnosni razmak.

#### **4.3.4. Kontrola naprezanja užadi u ovjesištu**

Nakon provedenog proračuna kontrole naprezanja u ovjesištu odlučuje se da li će se montirati naprave za zaštitu od eolskih vibracija.

Proračunom naprezanja u ovjesištu, kod pretpostavljene srednje godišnje temperature, dobiju se srednja eksploatacijska naprezanja užadi koja mogu dovesti do nedopuštenih vibracija užadi. Ista ne bi trebala ne bi smjela prelaziti iznos procijenjenog srednjeg dnavnog naprezanja užeta [1].

Od navedenih 35 kV dalekovoda jedino je na DV 35 kV Makarska-TS 35/10 kV Podgora predviđena montaža naprava za zaštitu od eolskih vibracija. [7]

#### **4.3.5. Kontrola otklona nosivih izolatorskih lanaca**

Treba obratiti pažnju jer otkloni nosivih lanaca nakon ugradnje HTLS vodiča mogu biti nešto veći nego kod postojećih AI/Č vodiča zbog nešto manje težine HTLS vodiča i manjih provjesa na temperaturi na kojoj se provodi kontrola otklona.

#### **4.3.6. Dimenzioniranje izolacije**

Proračun dimenzioniranja izolacije u pravilu se ne razlikuje zbog primjene HTLS vodiča, ali je potrebno napomenuti da ovjesna oprema, prije svega zatezne i nosive stezaljke moraju biti prilagođene za tehnologiju HTLS vodiča i predviđena termička opterećenja. U nekim slučajevima proizvođač vodiča uvjetuje isporuku predmetnih dijelova ovjesne (i spojne opreme).

### **5. ZAKLJUČAK**

Sumirajući ranije navedeno u vezi izrade projekata revitalizacije postojećih 35 kV dalekovoda na način da se postojeći AI/Č vodiči zamjene adekvatnim HTLS vodičima možemo se osvrnuti na pozitivne strane ugradnje HTLS vodiča na predmetne dalekovode:

- ostvaruje se veća prijenosna moć dalekovoda,
- u normalnim pogonima, pri nižim opterećenjima vodiča, ostvaruju se manji gubici na dalekovodu
- ostvaruju se manji provjesi vodiča (povoljnije sigurnosne visine),
- mogućnost zadržavanja postojećih stupova zbog čega se u procesu revitalizacije izbjegava upravni postupak

Također je potrebno ukazati i na moguće probleme pri ugradnji HTLS vodiča na predmetne dalekovode:

- nestandardiziranost HTLS vodiča (pri isporuci HTLS vodiča odgovarajućeg presjeka i konstrukcije proizvođač dostavlja „wir file“, za identičan presjek i konstrukciju, koji često nije u potpunosti identičan s „wir file-om“ s kojim je izrađena dokumentacija
- problematika procjene trenutka prijelaza iz inicijalnog u konačno stanje provjesa HTLS vodiča (da li je to određeni vremenski period ili prva pojava dodatnog tereta ?)

- u pogonu visokog opterećenja, pri visokim temperaturama vodiča, povećavaju se i gubici na dalekovodu
- povećane sile zatezanja u inicijalnom stanju HTLS vodiča (može implicirati potrebu za pojačavanjem ili sidrenjem zateznih stupova do prijelaza u konačno stanje provjesa HTLS vodiča)

## 6. LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (Sl. list 65/88, NN br. 53/91 i 24/97)
- [2] T.Dolenc, Mr.sc. T.Dropulić, A.Antonić, Dr.sc. V.Komen: „Primjena visokotemperaturnih vodiča u distribucijskoj mreži“, 6.(12.) savjetovanje HO CIRED, Opatija, svibanj 2018., SO1-17
- [3] Mr.sc.D.Milun, I. Katić, Z.Caktaš, Z. Zorić: „Tehničko-ekonomski aspekti pri zamjeni Al/Č vodiča visokotemperaturnim niskoprovjesnim ACCC vodičima na DV 35 kV“, 7.(13.) savjetovanje HO CIRED, Šibenik, lipanj 2021., SO1-16
- [4] Elaborat sanacije DV 35 kV TS 110/35 kV Makarska – TS 35/10 kV Makarska, DALEKOVOD-PROJEKT, siječanj 2018.
- [5] Elaborat sanacije DV 30 kV Bilice – Vodice, DALEKOVOD-PROJEKT, lipanj 2018.
- [6] Izvedbeni projekt revitalizacije DV 35 kV Dicmo – Prančević, DALEKOVOD-PROJEKT, prosinac 2021.
- [7] Izvedbeni projekt revitalizacije DV 35 kV Makarska – Podgora, DALEKOVOD-PROJEKT, travanj 2022.
- [8] Izvedbeni projekt rekonstrukcije DV 30(35) kV Božjakovina - Vrbovec, DALEKOVOD-PROJEKT, rujan 2022.
- [9] Izvedbeni projekt revitalizacije DV 35 kV Osijek 1 – Samatovci, DALEKOVOD-PROJEKT, lipanj 2023.
- [10] ACFR instalation guide Dec. 2024
- [11] Prezentacija ACCC vodiča s mogućnošću primjene na DV 35 kV , DALEKOVOD-PROJEKT, listopad 2017.