

**ПРИЛОГ број 4 ТЕХНИЧКЕ ПРЕПОРУКЕ број 10 њ**

**ПРИМЕРИ СА КОМЕНТАРОМ МЕХАНИЧКОГ ПРОРАЧУНА  
ДИСТРИБУТИВНИХ НАДЗЕМНИХ СРЕДЊЕНАПОНСКИХ  
ВОДОВА СА ADSS**

**Напомене уз I издање Прилога број 4 ТП – 10 њ:**

*I издање Прилога број 4 ТП – 10 њ је наставак Прилога ТП – 10 а – Примери избора номиналних сила и одговарајућих темеља за бетонске стубове надземних водова 1 kV до 20 kV са коментаром, Прилога ТП – 10 б – Механички прорачун надземних водова 10 kV, 20 kV и 35 kV – Примери са коментаром, Прилога ТП – 10 в – Механички прорачун надземних водова 10 kV, 20 kV и 35 kV изведених слабоизолованим проводницима – Примери са коментаром и Прилога број 3 ТП – 10 д – Примери са коментаром механичког прорачуна телекомуникационих каблова за постављање по стубовима електродистрибутивних водова.*

*Предлог основног текста су израдили Ђорђе Глишић, дипл.инж.ел. Електродистрибуција – Београд, Драшко Новаковић, дипл.инж.ел. Електроморава – Пожаревац и Томислав Бојковић, дипл.инж.ел.*

*На карактеристичним примерима детаљније се обрађују проблеми везани за механички утицај телекомуникационих надземних водова постављених по стубовима дистрибутивних надземних водова са становишта угиба, сигурносних висина и повећања оптерећења стабала.*

*Прилог је намењен свим лицима која почињу да се баве овом проблематиком, будући да до сада нисмо имали искуства са овом врстом посла. Дају се и детаљнија образложења усвојених типских параметара (макс. радно напрезање, облед, положај тачке прихватања ADSS итд.) који су коришћени у прорачунима.*

*Прорачуни се базирају на важећим правилницима о техничким нормативима за изградњу надземних водова.*

*Иначе, комплетан механички прорачун дистрибутивних надземних водова, укључујући и ADSS, изведен је на корисничким програмима "UGIBI64" и "NOMSIL64"*

*[www.eps.co.yu/publikacije/interni\\_standardi/preporuke/novo.zip](http://www.eps.co.yu/publikacije/interni_standardi/preporuke/novo.zip) коју су обрађивачи развили специјално за ову намену.*

**Обрађивачи**

**април 2007.**

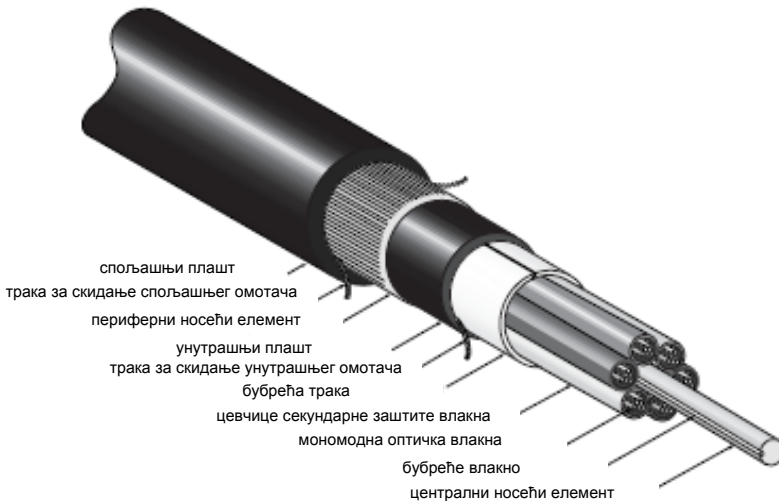




## УВОД

У последње време се по стубовима дистрибутивних надземних водова често постављају **телекомуникациони надземни водови**, који се користе за пренос радио и телевизијских програма, као и за друге телекомуникационе намене, како за потребе електродистрибуција (управљање и надзор постројења, могућност даљинског читавања бројила и успостављање двосмерне комуникације са потрошачима итд), тако и за остале кориснике.

За постављање по стубовима дистрибутивних надземних средњенапонских водова уобичајено се за телекомуникационе надземне водове користи безметални самоносећи оптички кабл (ADSS <sup>1</sup>) слика 1.



Слика 1 Приказ ADSS

Неопходни **подаци о физичким својствима ADSS** за механички прорачун су дати у табели 1.

За **механички прорачун** (угиби, хоризонталне и вертикалне силе итд.) **ADSS** треба, поред осталог, усвојити (типизирати):

- нормално додатно оптерећење  $N_{до}$  (облед);
- максимално радно напрезање  $\sigma_{ADSS}$ ;
- оптерећење од ветра (притисак ветра  $p_v$ ).

<sup>1</sup> All Dielectric Self Supporting

За прорачун дистрибутивних надземних средњенапонских водова изведених голим проводницима се у нашим условима најчешће усваја типска вредност обледа:  $N_{doAlč} = 1,6 \times g$ . Усвајање исте вредности и за прорачун угиба и вертикалних сила ADSS било би непотребно строг захтев, из следећих разлога:

- ADSS се увек поставља испод дистрибутивног надземног вода, сигурносна висина изнад тла у насељеном месту за ADSS износи свега 5 m, а за дистрибутивни надземни средњенапонски вод изведен голим проводницима износи 7 m и за изведен СКС 6 m, па је кота ADSS много нижа од коте дистрибутивног надземног средњенапонског вода;
- сигурносна висина за ADSS је одређена са становишта заштите од могућих механичких оштећења случајним контактом, док за људе нема опасности од случајног додира, укључујући и случај прекида.

На основу предходних аргумената закључујемо: **прорачун угиба и вертикалних сила ADSS изводи се са типском вредношћу обледа:**

$N_{doADSS} = 1,0 \times g$  независно од усвојене вредности обледа голих проводника  $N_{doAlč}$ .

То посебно утиче на смањење угиба код ADSS: при обледу  $N_{doADSS} = 1,0 \times g$  максимални угиб је у просеку мањи за око 33% него при  $N_{doADSS} = 1,6 \times g$ .

Табела 1 Физичка својства ADSS

Тип ADSS	тип 7	тип 9	тип 15	тип 16 <sup>1</sup>
Рачунска површина попречног пресека која се односи на RTS, $S_{ADSS}$ [mm <sup>2</sup> ]	139		161	
Спољашњи пречник, $d_{ADSS}$ [mm]	13,3		14,3	
Подужна маса, $G_{uADSS}$ [kg/m]	0,14		0,16	
Специфична маса, $\gamma_u = G_{uADSS} / S_{ADSS}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,001			
RTS, $F_{kADSS}$ [daN]				1493
Највеће доз. радно напрезање, [daN/mm <sup>2</sup> ]				9,3
Температурски коефицијент линеарног ширења, $\alpha_{ADSS}$ [ $10^{-6} K^{-1}$ ]	8,5	4,1	1,8	1,5
Модул еластичности, $E_{ADSS}$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	820	920	1420	1300

<sup>1</sup> први тип ADSS који је код нас постављен по стубовима надземног 35 kV вода

Са друге стране, усвајање  $N_{doADSS} = 1 \times g$  омогућава **усвајање нижих вредности максималног радног напрезања ADSS**  $\sigma_{ADSS}$ . Наиме, механички прорачун за ADSS се у просечним условима изводи са вредностима максималног радног напрезање  $\sigma_{ADSS} = 2,5 \text{ daN/mm}^2$  до  $5 \text{ daN/mm}^2$ . У случају прорачуна угиба ADSS, усвајање нижих вредности  $\sigma_{ADSS}$  утиче на повећање угиба, на пример: максимални угиби се у просеку повећавају за око 33% ако се при истој вредности обледа рачуна са  $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$ , уместо са  $\sigma_{ADSS} = 4 \text{ daN/mm}^2$ , што се види у табели 2.

Тако се повећање угиба ADSS због смањења вредности  $\sigma_{ADSS}$  приближно компензује смањењем угиба због смањења рачунске вредности обледа  $N_{doADSS}$ .

У табели 2 се такође види да ADSS без обледа има релативно мале вредности угиба, посебно за распоне до 100 m, а промена температуре у распону:  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  мало утиче на промену угиба. То је последица чињенице да **ADSS има веома ниске вредности модула еластичности  $E_{ADSS}$  и температурског коефицијент линеарног ширења  $\alpha_{ADSS}$ , јер нема металне елементе** (табела 1).

Табела 2 Карактеристични угиби ADSS тип 16

Распон m	$f_{ADSS}$ [cm] ↓					
	$\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$			$\sigma_{ADSS} = 4 \text{ daN/mm}^2$		
	$-5^{\circ}\text{C} + *$	$-20^{\circ}\text{C}$	$+40^{\circ}\text{C}$	$-5^{\circ}\text{C} + *$	$-20^{\circ}\text{C}$	$+40^{\circ}\text{C}$
60	78	18	19	59	12	12
80	139	39	41	104	23	24
100	218	78	82	163	39	41
120	314	149	157	235	64	67
150	490	280	280	367	127	132
200	872	497	497	654	352	363
* облед ( $N_{doADSS} = 1 \times g$ ) Напомена: за прорачун коришћен програм "UGIB164".						

У пракси ће се најчешће јављати случајеви да се ADSS поставља по стубовима постојећих дистрибутивних надземних средњенапонских водова са голим проводницима. Полазећи од претпоставке да у сваком распону мора да буде задовољен захтев с обзиром на сигурносну висину  $h_{sv}$  за дистрибутивни надземни средњенапонски вод са голим проводницима. Узимајући у обзир чињеницу да је за дистрибутивни надземни средњенапонски вод са голим проводницима најчешће  $h_{sv} = 7 \text{ m}$  а за ADSS  $h_{sv} = 5 \text{ m}$  (насељено место, прелаз преко пута итд.). Намеће се једноставно **решење положаја носача за прихватање ADSS**: захтев с обзиром на сигурносну висину  $h_{sv}$  за ADSS је сигурно испуњен ако се **тачка прихватања ADSS** налази **2 m испод најниже тачке прихватања** голог проводника, а вредности максималних угиба у распону су једнаке (**подударне ланчанице**). **Усвајањем "типских" параметара за заједничко вођење Al/ч проводника и ADSS:  $N_{doADSS} = 1,0 \times g$ , односно  $\sigma_{mAl\check{c}} = 9 \text{ daN/mm}^2$  и  $N_{doAl\check{c}} = 1,6 \times g$ , максимални угиби ADSS и проводника Al/ч одговарајућег пресека се поклапају готово "у сантиметар"** ако се усвоји (табела 3):

- $\sigma_{ADSS} = 2,5 \text{ daN/mm}^2$  када се ADSS поставља испод надземног вода са проводницима Al/ч 50/8;
- $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$  када се ADSS поставља испод надземног вода са проводницима Al/ч 70/12;
- $\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$  када се ADSS поставља испод надземног вода са проводницима Al/ч 95/15.

Табела 3 Упоредни преглед угиба проводника Al/ч и ADSS

Распон [m]	проводници Al/ч, $N_{doAl\check{c}} = 1,6 \times g$ ; $\sigma_{mAl\check{c}} = 9 \text{ daN/mm}^2$ ; $f_{Al\check{c}} [\text{cm}] \downarrow$					
	Al/ч 50/8		Al/ч 70/12		Al/ч 95/15	
	-5°C са обледом	+40°C	-5°C са обледом	+40°C	-5°C са обледом	+40°C
60	97	93	78	74	66	65
80	172	169	139	134	117	116
100	269	266	217	212	183	182
120	388	383	312	307	264	262
150	606	602	489	482	412	411
200	1082	1079	871	863	734	732
Распон [m]	ADSS тип 16, $N_{doADSS} = 1,0 \times g$ ; $f_{ADSS} [\text{cm}] \downarrow$					
	$\sigma_{ADSS} = 2,5 \text{ daN/mm}^2$		$\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$		$\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$	
	-5°C са обледом	+40°C	-5°C са обледом	+40°C	-5°C са обледом	+40°C
60	94	27	78	19	67	15
80	167	69	139	41	119	30
100	261	124	218	82	187	54
120	376	179	314	157	269	95
150	589	280	490	280	420	206
200	1048	497	872	497	747	497
<i>Напомена: за прорачун коришћен програм "UGIB164".</i>						

Поред тога, **типизацијом** максималног радног напрезање на  $\sigma_{ADSS} \leq 3,5 \text{ daN/mm}^2$  **смањују се силе од затезања ADSS** на затезним упориштима, а у наредним примерима ћемо да покажемо да у тим условима **линијско носећа упоришта дистрибутивних надземних водова могу да се користе као линијско затезна упоришта за ADSS**. То је повољно, поред осталог, и зато што су дужине ADSS на калему знатно веће од дужина проводника Al/ч, тако да се јавља знатно мања потреба за затезним прихватањем ADSS.

И обратно: **затезна упоришта дистрибутивних надземних водова треба**, свуда где је то изводљиво, **да се користите за носеће прихватање ADSS**.

На крају ћемо да коментаришемо утицај постављања ADSS по носећим упориштима дистрибутивних надземних водова изведених проводницима Al/ч или СИП – наредни примери ће показати да је овај утицај доминантан.

За носећа упоришта је меродаван **прорачун оптерећења од ветра**. Пошто је реч о статисти стабла, овде нису прихватљива упрошћавања која смо усвојили при прорачуну угиба (усвајање минималне вредности  $N_{doADSS}$ ), него мора да се усвоји практичан приступ:

- **за ADSS који се поставља по стубовима надземног средњенапонског вода усваја се вредност притиска ветра  $p_{vADSS}$**  која је усвојена и за средњенапонски вод:  $p_{vADSS} = p_{vAl\check{c}}$  или СИП:  $p_{vADSS} = p_{vSIP}$ ;



- за ADSS који се поставља по стубовима надземног НН вода усваја се вредност притиска ветра:  $p_{\text{ADSS}} = 50 \text{ daN/mm}^2$ , јер се сматра да су надземни НН водови довољно "заклоњени" од ветра објектима у окружењу (куће, дрвеће итд.).

Под таквим условима, у наредним примерима ће се показати:  
**постављање ADSS по стубовима носећих упоришта надземног средњенапонског вода изведеног голим проводницима изазива повећање оптерећења стабла за око 20% до 30%.**

То је уједно и најтежи проблем који се јавља при постављању ADSS по постојећим стубовима надземног средњенапонског вода и пресудно утиче да ли ће се, и под којим условима, дозволити постављање ADSS.

Повећање хоризонталне вршне силе стабла затезних упоришта надземног средњенапонског вода износи око 18% за заједничко постављање надземног средњенапонског вода са голим проводницима и ADSS, односно око 20% за надземни средњенапонски вод са СИП и ADSS.



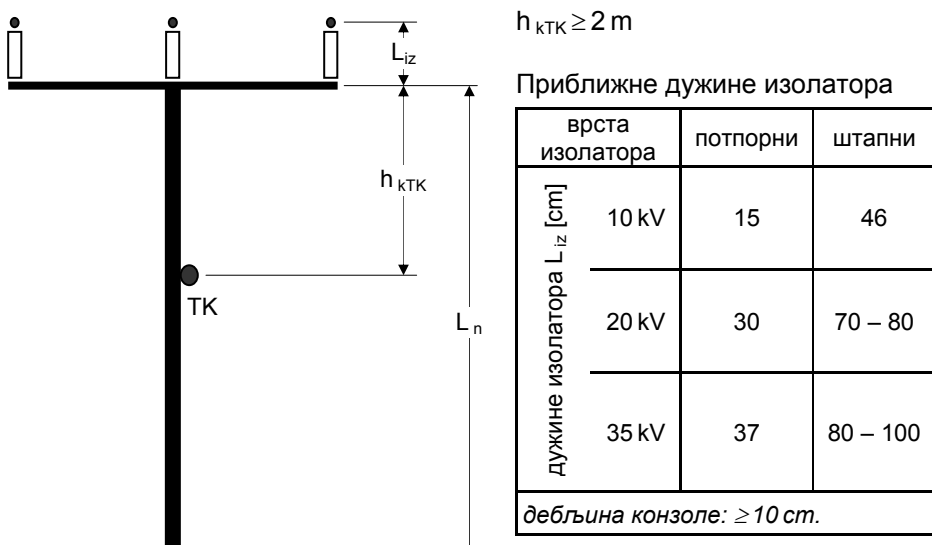
Примери механичког прорачуна дистрибутивног надземног вода са ADSS:

**Пример 1:**

По стубовима надземног 20 kV вода изведеног проводницима А/с 70/12 поставља се ADSS, слика 2.

Дужина стабла је  $L_n = 11 \text{ m}$ , распоред проводника у глави стуба је хоризонтални са потпорним изолаторима. Дужине распона не прелазе 100 m.

Прорачунске вредности за облед су:  $N_{doA/c} = 1,6 \times g$  и  $N_{doADSS} = 1,0 \times g$ , а максимална радна (претпостављена) напрезања су:  $\sigma_{A/c} = 9 \text{ daN/mm}^2$  и  $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$ .



**Слика 2** Приказ коте тачке прихватања **ADSS** на стубу једносистемског надземног **20 kV** вода са хоризонталним распоредом проводника у глави стуба

а) Извршити прорачун и упоређење угиба у "зимским" и "летњим" месецима, водећи рачуна да у свим условима буде обезбеђена сигурносна висина за ADSS од  $h_{sv} = 5 \text{ m}$  и сигурносни размак између голих проводника и ADSS у средини распона од најмање  $L_{srr} = 50 \text{ cm}$ .

б) Колико се додатним постављањем ADSS повећава хоризонтална вршина сила стабала носећих и затезних упоришта надземног 20 kV вода, ако се прихватање ADSS врши на  $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$  од конзоле са голим проводницима 20 kV вода?

Притисак ветра на голе проводнике надземног 20 kV вода и ADSS износи:  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$ .

Улазни параметри за прорачун угиба за ADSS су дати у табели 1.

**Решење:**

а) Резултате прорачуна приказујемо у табели 4 преко угиба за три карактеристичне вредности температуре амбијента:  $-5^{\circ}\text{C}$  са обледом,  $0^{\circ}\text{C}$  (без обледа) и  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Вредности угиба произлазе из геометријских и еластичних особина  $\text{Al}/\text{ч}$  и ADSS:

- максимални угиб код проводника  $\text{Al}/\text{ч}$  јавља се на  $-5^{\circ}\text{C}$  са обледом, а без обледа угиб постепено расте и на  $+40^{\circ}\text{C}$  достиже вредност блиску максималној;
- максимални угиб код ADSS такође се јавља на  $-5^{\circ}\text{C}$  са обледом, и за усвојене вредности обледа и максималног радног напрезања имају практично идентичне вредности као код проводника  $\text{Al}/\text{ч}$ .

Табела 4 Постављање ADSS по стубовима дистрибутивног надземног вода са  $\text{Al}/\text{ч}$  проводницима – прорачун угиба

<b>Al/ч 70/12 + ADSS;</b>									
<b><math>N_{\text{doAl}\text{ч}} = 1,6 \times \text{g}; \sigma_{\text{Al}\text{ч}} = 9 \text{ daN/mm}^2; N_{\text{doADSS}} = 1,0 \times \text{g}; \sigma_{\text{ADSS}} = 3 \text{ daN/mm}^2</math></b>									
Распон [m]	$-5^{\circ}\text{C}$ са обледом			$0^{\circ}\text{C}$			$+40^{\circ}\text{C}$		
	$f_{\text{Al}\text{ч}}$	$f_{\text{ADSS}}$	$f_{\text{Al}\text{ч}} - f_{\text{ADSS}}$	$f_{\text{Al}\text{ч}}$	$f_{\text{ADSS}}$	$f_{\text{Al}\text{ч}} - f_{\text{ADSS}}$	$f_{\text{Al}\text{ч}}$	$f_{\text{ADSS}}$	$f_{\text{Al}\text{ч}} - f_{\text{ADSS}}$
40	37	35	$\approx 0$	11	7	4	37	7	30
60	78	78		30	18	12	74	19	55
80	139	139		73	39	34	134	41	93
100	217	218		146	79	67	212	82	130

$f_{\text{Al}\text{ч}}$  ( $f_{\text{ADSS}}$ ) – угиб проводника  $\text{Al}/\text{ч}$  (ADSS), у [cm].  
*Напомена: за прорачун коришћен програм "UGIB164".*

Међутим, при свим температурама без обледа ADSS има релативно мале, и практично исте, вредности угиба, јер има коефицијент линеарног ширења свега:

$$\alpha_{\text{ADSS}} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \text{ док } \text{Al}/\text{ч} \text{ има: } \alpha_{\text{Al}\text{ч}} = 18,9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}.$$

Ако удаљеност тачке прихватања ADSS од вршне конзоле означимо са  $h_{\text{kADSS}}$  [m], са  $f_{\text{mADSS}}$  [m] максимални угиб ADSS и са  $h_{\text{sv}} = 5 \text{ m}$  сигурносну висину ADSS изнад тла, према слика 2 добијамо:

$$L_n = h_{\text{kADSS}} + f_{\text{mADSS}} + h_{\text{sv}} + t_u \Rightarrow$$

$$h_{\text{kADSS}} = L_n - f_{\text{mADSS}} - h_{\text{sv}} - t_u = 11 - 21,8 - 5 - 1,8 \approx 2 \text{ m}$$

Пошто безбедносни размак за надземни 20 kV вод изведен голим проводницима и СИП износи 1,7 m, овај услов је такође задовољен са резервом од око 60 cm ако урачунамо и дужину потпорног 20 kV изолатора:  $L_{\text{iz}} \approx 0,3 \text{ m}$ . То омогућава да се у неким изузетним случајевима, с обзиром на сигурносну висину, тачка прихватања ADSS помери за 30 cm ближе вршној конзоли, али то са друге стране нешто повећава хоризонталну вршну силу од ветра, па је практичније држати се "типске" вредности:  $h_{\text{kADSS}} = 2 \text{ m}$ .

Дозвољени сигурносни размак од најмање  $L_{srr} = 0,5 \text{ m}$  у средини распона се срачунава за угибе на  $+40^\circ\text{C}$ , па удаљеност осе конзоле за прихватање ADSS  $h_{kADSS}$  од осе конзоле за прихватање голих проводника изнад ADSS према слика 2 треба да износи:

$$h_{kADSS} = f_{At\check{c}} - f_{ADSS40} + L_{srr} - L_{iz} = 2,12 - 0,82 + 0,50 - 0,3 \approx 1,5 \text{ m}$$

Пошто смо предходно утврдили да по основу сигурносне висине удаљеност тачке прихватања ADSS од вршне конзоле треба да буде:  $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$ , ова удаљеност је и меродавна за монтажу опреме за прихватање ADSS. У том случају размак између ADSS и голих проводника у средини највећег распона од  $100 \text{ m}$  неће бити мањи од  $1 \text{ m}$ .

### б.1) Повећање хоризонталне вршне силе стабла линијског носећег упоришта надземног 20 kV вода због постављања ADSS

За стабла линијских носећих упоришта је меродавна хоризонтална сила од притиска ветра на стабло, голе проводнике и ADSS. Ми ћемо овде само на примеру дужине средњег распона:  $a_{sr} = 80 \text{ m}$  и притисак ветра  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$  да прикажемо прорачун повећања хоризонталне вршне силе стабла због постављања ADSS, ако се прихватање ADSS врши на  $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$  од вршне конзоле.

Хоризонтална сила  $F_{rwADSS}$  од ветра на ADSS, сведена на врх стабла, износи:

$$F_{rwADSS} = p_v \times a_{sr} \times d_{ADSS} \times 10^{-3} \times (L_n - h_{kADSS}) / L_n = 60 \times 80 \times 14,3 \times 10^{-3} \times (11 - 2) / 11 = 56,2 \text{ daN}$$

где је:

$d_{ADSS}$  - спољашњи пречник ADSS.

Према табели 1 је  $d_{ADSS} = 14,3 \text{ mm}$ .

Пошто је пре постављања ADSS укупна хоризонтална вршна сила од ветра на стабло линијског носећег упоришта надземног 20 kV вода износила:

$F_{rv} = 209,5 \text{ daN}$ , значи да укупна сила сведена на врх стабла сада износи:  $F_{rv(At\check{c}+ADSS)} = 267,5 \text{ daN}$  што је значајно повећање у износу од 26,7%.

Међутим, ако је пре постављања ADSS одабрано стабло номиналне силе:  $F_n = 315 \text{ daN}$ , за дужину средњег распона  $80 \text{ m}$  постојеће стабло задовољава.

У табели 5 дати су резултати прорачуна повећања хоризонталне вршне силе стабла  $F_{rv}$  [daN] линијског носећег упоришта надземног 20 kV вода изведеног голим проводницима или СИП  $Al/\check{c}$  на чије стубове се додатно постави ADSS.

Табела 5 Повећање хоризонталне вршне силе стабла линијског носећег упоришта 20 kV вода на чије стубове се додатно постави ADSS

Хоризонтални распоред, $L_n = 11 \text{ m}$ , $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$ , $h_{\text{KADSS}} = 2 \text{ m}$ ; $F_{rv}$ [daN] ↓								
Распон [m]	Al/č 70/12 + ADSS тип 16				СИП Al/č 70/12 + ADSS тип 16			
	Al/č+ ADSS	Al/č	ADSS	[%]	СИП+ ADSS	СИП Al/č	ADSS	[%]
60	209,5	167,4	42,1	25,1	263,5	221	42,1	18,9
80	265,7	209,5	56,2	26,7	337,7	281,5	56,2	19,9
100	321,8	251,6	70,2	27,8	411,8	341,6	70,2	20,4
120	378	293,8	84,2	28,6	486	401,8	84,2	20,9
150	462	356,7	105,3	29,4	597,2	491,7	105,3	21,3

*Напомена: за прорачун коришћен програм "NOMSIL64".*

У табели 6 дати су резултати прорачуна граничних дужина  $a_{gF_n}$  [m] стабала линијских носећих упоришта надземног 20 kV вода са стаблима стандардних номиналних сила, пре и после додатног постављања ADSS.

Табела 6 Граничне дужине стабала линијских носећих упоришта надземног 20 kV вода пре и после додатног постављања ADSS на стабла 11/315, 11/400 и 11/630

Хоризонтални распоред, $L_n = 11 \text{ m}$ , $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$ , $h_{\text{KADSS}} = 2 \text{ m}$ ; $a_{gF_n}$ [m] ↓				
$F_n$ [daN]	Al/č 70/12	Al/č 70/12 + ADSS	СИП Al/č 70/12	СИП Al/č 70/12 + ADSS
315	130 m	97 m	91 m	73 m
400	170 m	127 m	119 m	96 m
630	279 m	209 m	195 m	158 m

*Напомена: за прорачун коришћен програм "NOMSIL64".*

**б.2) Повећање хоризонталне вршне силе стабала затезних упоришта надземног 20 kV вода због додатног постављања ADSS**

За стабла затезних упоришта је меродавна хоризонтална сила од затезања проводника (Al/č, СИП или ADSS). Ми ћемо овде само на примеру стабла линијског затезног упоришта да прикажемо колико је повећање хоризонталне вршне силе стабла због додатног постављања ADSS, ако се прихватање ADSS врши на  $h_{\text{KADSS}} = 2 \text{ m}$  од вршне конзоле са хоризонталним распоредом проводника надземног 20 kV вода.

Максимална радна (претпостављена) напрезања проводника Al/č је:  
 $\sigma_{\text{Alč}} = 9 \text{ daN/mm}^2$ , СИП Al/č је:  $\sigma_{\text{SIP}} = 8 \text{ daN/mm}^2$  и ADSS је:  
 $\sigma_{\text{ADSS}} = 3 \text{ daN/mm}^2$ .

Затезања у суседним распонима су једнака.

За стабло линијског затезног упоришта је меродаван случај оптерећења 2а (Прилог ТП – 10 а, Пример 3), односно стабло мора да задовољи услов да прихвати две трећине силе затезања у једном (најоптерећенијем) правцу. Према томе, укупна резултантна сила, сведена на врх стабла после додатног постављања ADSS по стубовима надземног 20 kV вода изведеног проводницима Al/č 70/12, износи:

$$\begin{aligned}
 F_{r2a} &= F_{rv} = F_{rvAlč} + F_{rvADSS} = \\
 &= 2/3 \times [3 \times \sigma_{Alč} \times S_{Alč} + \sigma_{ADSS} \times S_{ADSS} \times (L_n - h_{kADSS})/L_n] = \\
 &= 2/3 \times [3 \times 9 \times 81,3 + 3 \times 161 \times (11 - 2)/11] = 1463,4 + 263,5 \approx 1727 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

што значи да је због затезног прихватања ADSS дошло до повећања хоризонталне вршне силе стабла линијског затезног упоришта за 17,9% – за надземни 20 kV вод са СИП Al/č ово повећање износи 20,2%.

У табели 7 дати су резултати прорачуна повећања хоризонталне вршне силе стабла затезних упоришта (линијског, угаоног за угао скретања:  $\alpha = 45^\circ$  и крајњег) надземног 20 kV вода изведеног проводницима Al/č 70/12 или СИП Al/č 70/12 на чије стубове се додатно постави ADSS са затезним прихватањем.

Табела 7 Повећања хоризонталне вршне силе стабла затезних упоришта (линијског, угаоног за угао скретања:  $\alpha = 45^\circ$  и крајњег) надземног 20 kV вода изведеног проводницима Al/č 70/12 или СИП Al/č 70/12 на чије стубове се додатно постави ADSS са затезним прихватањем

Врста затезног упоришта	Хоризонтални распоред, $L_n = 11 \text{ m}$ , $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$ ; $F_{rv} [\text{daN}] \downarrow$							
	$\sigma_{Alč} = 9 \text{ daN/mm}^2$ ; $\sigma_{SIP} = 8 \text{ daN/mm}^2$ ; $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$							
	Al/č 70/12 + ADSS тип 16				СИП Al/č 70/12 + ADSS тип 16			
	Al/č+ADSS	Al/č	ADSS	[%]	Al/č+ADSS	СИП Al/č	ADSS	[%]
линијско	1727	1463,5	263,5	17,9	1564	1300,5	263,5	20,2
угаоно $\alpha = 45^\circ$	1983	1680,5	302,5		1796	1493,5	302,5	
крајње	2590	2194,8	395,2		2346	1950,8	395,2	

*Напомена:* за прорачун коришћен програм "NOMSIL64".

Види се да усвајањем:  $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$  повећање хоризонталне вршне силе стабла линијско затезног упоришта надземног 20 kV вода износи свега:  $F_{rvADSS} = 263,5 \text{ daN}$ , што је мање од најниже препоручене вредности номиналне силе стабла  $F_n$  линијског носећег упоришта надземног средњенапонског вода:  $F_n = 315 \text{ daN}$ .

То даје могућност пројектанту да неки од линијских носећих упоришта на траси постојећег надземног 20 kV вода искористи као линијско затезно упориште за ADSS. Ова комбинована улога тог упоришта биће могућа све док хоризонтална сила од притиска ветра не буде већа од  $F_n$ , а то ће се десити тек када дужина средњег ("ветровног") распона  $a_{sr}$  пређе вредност граничне дужине  $a_{gFn}$  дате у табели 6 – за  $F_n = 315 \text{ daN}$  треба да буде:  $a_{sr} \leq 97 \text{ m}$ .

Пошто уобичајене вредности дужина средњег распона надземног 20 kV вода најчешће не прелазе 97 m, може да се деси да на целој траси нема потребе да се на било ком затезном упоришту дистрибутивног надземног 20 kV вода врши и затезно прихватање ADSS.

У случају СИП А/џ ова гранична дужина износи:  $a_{sr} \leq 73 \text{ m}$ , али ће се на траси надземног вода вероватно наћи погодна стабла линијских носећих упоришта надземног 20 kV вода који испуњавају тај услов.



**Пример 2:**

Извршити оптимизацију параметара за механички прорачун надземног 35 kV вода изведеног проводника **A**л/џ, на чије стубове се накнадно поставља ADSS тип 16 (табела 1).

Параметри за прорачун:

- облед:  $N_{doADSS} = 1 \times g$  и  $N_{doAl\check{c}} = 1,6 \times g$ ;
- притисак ветра:  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$ ;
- сигурносне висине:  $h_{svAl\check{c}} = 7 \text{ m}$  и  $h_{svADSS} = 5 \text{ m}$ ;
- максимално радно напрезање:  $\sigma_{Al\check{c}} = 9 \text{ daN/mm}^2$  и  $\sigma_{ADSS} \leq 3,5 \text{ daN/mm}^2$ ;
- сигурносни размак у средини распона између голих проводника и ADSS: најмање  $L_{srr} = 30 \text{ cm}$  – препорука:  $L_{srr} = 50 \text{ cm}$ .

За носеће или затезно прихватање голих проводника користе се:

- стабла номиналне дужине:  $L_n = 12 \text{ m}$ ,  $L_n = 15 \text{ m}$  и  $L_n = 18 \text{ m}$ ;
- потпорни изолатори код хоризонталног или делта ( $\Delta$ ) распореда проводника у глави стуба, односно штапне јединице изолаторских ланаца код полувертикалног и буре распореда проводника у глави стуба.

Оптимизацију параметара стабла носећих упоришта извршити са становишта:

- а) угиба и сигурносних висина;
- б) номиналних сила стабала.

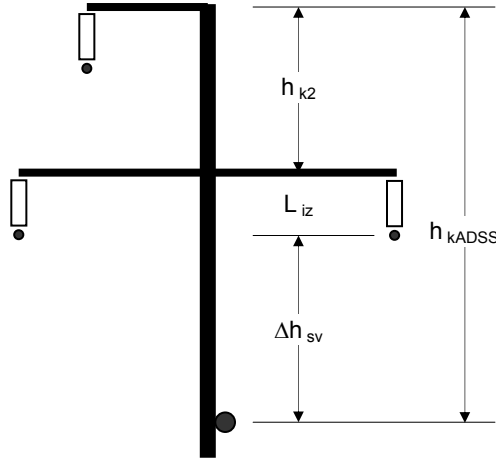
**Решење:**

Табеларно приказујемо само битне резултате прорачуна, са краћим коментаром. Ограничавамо се на пресеке проводника Aл/џ 70/12 и Aл/џ 95/15 и ADSS тип 16 (табела 1).

**а) Прорачун угиба:**

У уводу смо показали да је најбоље користити "типско" решење код кога се прихватање ADSS врши на 2 m испод тачке прихватања голих проводника, а одабере максимално радно напрезање:  $\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$  ако се ADSS поставља испод проводника Aл/џ 95/15, односно:  $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$  ако се ADSS поставља испод проводника Aл/џ 70/12, јер су им тада максимални угиби практично исте вредности (табела 3). У случају примене полувертикалног распореда проводника у глави стуба са стандардним размаком између конзола:  $h_{k2} = 1,6 \text{ m}$  (слика 3), тачка прихватања ADSS треба да буде на удаљењу:  $h_{kADSS} = 4,5 \text{ m}$  ( $h_{kADSS} = 6,1 \text{ m}$  за буре распоред).

У табели 8 су дате граничне вредности дужина распона  $a_{gf}$  [m] када је за три карактеристичне вредности положаја конзоле за прихватање ADSS задовољен критеријум сигурносних висина  $h_{sv}$  за оба надземна 35 kV вода.



Слика 3 Приказ коте тачке прихватања **ADSS** на стубу једносистемског надземног **35 kV** вода са полувертикалним распоредом проводника у глави стуба

Одређивање коте тачке прихватања ADSS на стубу једносистемског надземног 35 kV вода – са полувертикалним распоредом проводника у глави стуба (слика 3):

$$h_{kADSS} = h_{k2} + L_{iz} + \Delta h_{sv} = 1,6 + 0,9 + (7 - 5) = 4,5 \text{ m}$$

Одређивање коте тачке прихватања ADSS на стубу двосистемског надземног 35 kV вода – са буре распоредом проводника у глави стуба:

$$h_{kADSS} = h_{k3} + L_{iz} + \Delta h_{sv} = 2 \times 1,6 + 0,9 + (7 - 5) = 6,1 \text{ m}$$

Табела 8 Граничне дужине распона  $a_{gf}$  [m] надземног 35 kV вода (Al/ч + ADSS), с обзиром на угибе и сигурносне висине:  
 $h_{svAl\check{c}} = 7$  m и  $h_{svADSS} = 5$  m

$L_n$ [m]	Гранична дужина распона с обзиром на сигурносне висине: $a_{gf}$ [m] ↓							
	Хоризонтални распоред проводника у глави стуба линијски потпорни изолатори							
	Al/ч95/15	ADSS $\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$ $h_{kADSS}$ [m] ↓			Al/ч70/12	ADSS $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$ $h_{kADSS}$ [m] ↓		
1,70		2,00	3,00	1,70		2,00	3,00	
11	116*	115	108	80	107*	107	100	74
12	135	132	126	103	124	123	117	95
15	186	183	179	163	171	170	165	151
18	225	223	219	206	207	206	203	191

$L_n$ [m]	Гранична дужина распона с обзиром на сигурносне висине: $a_{gf}$ [m] ↓							
	Полувертикални распоред проводника у глави стуба изолаторски ланци							
	Al/ч95/15	ADSS $\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$ $h_{kADSS}$ [m] ↓			Al/ч70/12	ADSS $\sigma_{ADSS} = 3 \text{ daN/mm}^2$ $h_{kADSS}$ [m] ↓		
4,50		5,00	5,50	4,50		5,00	5,50	
15	138	136	126	115	126	126	117	107
18	188	186	179	171	172	172	165	158
21	227	225	219	213	208	208	203	197

$h_{kADSS}$  – удаљење конзоле за прихватање ADSS од врха стабла  $L_n$  [m];  
 $N_{doAl\check{c}} = 1,6 \times g$ ;  $N_{doADSS} = 1 \times g$ ;  $h_{svAl\check{c}} = 7$  m;  $h_{svADSS} = 5$  m;  $\sigma_{Al\check{c}} = 9 \text{ daN/mm}^2$ ;  
 \* односи се на 20 kV надземног вод.

*Напомена: за прорачун коришћен програм "UGIB64" – урачуната дужина изолатора.*

Из табеле 8 се види да код хоризонталног распореда проводника у глави стуба са линијским потпорним изолаторима, подизање конзоле за прихватање ADSS са "типске" вредности:  $h_{kADSS} = 2$  m на оптималну рачунску вредност:  $h_{kADSS} = 1,70$  m само незнатно повећава  $a_{gf}$  [m], док спуштање конзоле на  $h_{kADSS} = 3,00$  m знатно смањује  $a_{gf}$  [m] код стабла дужине до 12 m (код надземних 10 kV и 20 kV водова).

**Код хоризонталног распореда** проводника у глави стуба треба проверити дозвољене сигурносне размаке од најмање  $L_{srr} = 0,3$  m (препорука:  $L_{srr} = 0,5$  m) у средини распона за угибе на + 40°C, због несразмерно мањих вредности угиба ADSS у односу на Al/ч проводнике, па се може десити да код распона изнад 120 m дође до физичког контакта ADSS са проводником средње фазе.

Резултати прорачуна дати су у табели 9.

Може да се закључи: за распоне до 120 m може да се користи "типско" решење са  $h_{\text{KADSS}} = 2 \text{ m}$ , јер је према слици 3:

$$h_{\text{KADSS}} - (f_{\text{KADSS}} - f_{\text{ADSS40}}) - L_{\text{IZ}} \geq L_{\text{SFR}} = 33 \text{ cm (50 cm)},$$

док за распоне преко 120 m, који су иначе ретко заступљени код надземних 35 kV водова са хоризонталним распоредом проводника у глави стуба (види табелу 7.4.1 у ТП – 10 б), удаљеност осе конзоле за прихватање ADSS  $h_{\text{KADSS}}$  од осе конзоле за прихватање голих проводника изнад ADSS треба да износи преко 2,5 m. Распони преко 150 m морају посебно да се анализирају са аспекта сигурносних висина и размака, односно хоризонталних вршних сила стабла.

Табела 9 Упоредни преглед угиба проводника Al/ч и ADSS на +40°C

Распон [m]	+40°C; $N_{\text{doAlč}} = 1,6 \times g$ ; $N_{\text{doADSS}} = 1,0 \times g$ ; $\sigma_{\text{Alč}} = 9 \text{ daN/mm}^2$					
	Al/ч 95/15 + ADSS $\sigma_{\text{ADSS}} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$			Al/ч 70/12 + ADSS $\sigma_{\text{ADSS}} = 3 \text{ daN/mm}^2$		
	$f_{\text{Alč}}$ [cm]	$f_{\text{ADSS}}$ [cm]	$f_{\text{Alč}} - f_{\text{ADSS}}$ [cm]	$f_{\text{Alč}}$ [cm]	$f_{\text{ADSS}}$ [cm]	$f_{\text{Alč}} - f_{\text{ADSS}}$ [cm]
100	182	54	128	212	82	130
120	262	95	167	307	157	150
140	358	161	197	420	244	176
150	411	206	205	482	280	202
180	592	380	212	698	403	295
200	732	497	235	863	497	366

$f_{\text{Alč}}$  ( $f_{\text{ADSS}}$ ) – угиб проводника Al/ч (ADSS), у [cm].  
*Напомена: за прорачун коришћен програм "UGIBI64".*

**За полувертикални распоред** проводника у глави стуба (слика 3), као и **за делта (Δ) распоред** проводника у глави стуба, провера дозвољеног сигурносног размака  $L_{\text{SFR}}$  у средини распона није потребна, јер се ADSS поставља уз стабло и за распоне изнад 100 m увек је удаљен бар 1,6 m од најближег голог проводника.

**б) Прорачун хоризонталних сила:**

У табели 10 дати су резултати повећања хоризонталне вршне силе стабла линијског носећег упоришта када се на постојеће стубове надземног 35 kV вода изведеног Al/ч 95/15 проводницима поставља ADSS, за "типске" вредности удаљења конзоле за прихватање ADSS од врха стабла:  
 $h_{\text{KADSS}} = 2 \text{ m}$  код хоризонталног распореда проводника у глави стуба, односно  $h_{\text{KADSS}} = 4,5 \text{ m}$  код полувертикалног распореда проводника у глави стуба.

Табела 10 Повећање хоризонталне вршне силе стабла  $F_{rv}$  [daN] линијског носећег упоришта надземног 35 kV вода због постављања ADSS

Al/č 95/15 + ADSS тип 16, $F_{rv}$ [daN] ↓								
$L_n = 15 \text{ m}$ , $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$								
Распон [m]	Хоризонтални распоред, $h_{KADSS} = 2 \text{ m}$				Троугао распоред, $h_{KADSS} = 4,5 \text{ m}^*$			
	Al/č+ADSS	Al/č	ADSS	[%]	Al/č+ADSS	Al/č	ADSS	[%]
60	298,9	254,3	44,6	17,4	279,9	243,9	36	14,7
80	362,7	303,2	59,5	19,5	337,4	289,4	48	16,5
100	426,6	352,2	74,4	21	394,9	334,8	60,1	17,8
120	490,4	401,2	89,2	22,1	452,4	380,3	72,1	18,9
150	586,2	474,7	111,5	23,4	538,6	448,5	90,1	20
200	745,7	597	148,7	24,8	682,3	562,2	120,1	21,3

\*  $h_{k1} = 0 \text{ m}$ ;  $h_{k2} = 1,6 \text{ m}$ ;  $h_{k3} = 1,6 \text{ m}$ ;  
 $h_{KADSS}$  – удаљење конзоле за прихватање ADSS од врха стабла, [m].  
 Напомена: за прорачун коришћен програм "NOMSIL64".

У табели 11 дати су резултати прорачуна граничних дужина  $a_{gFn}$  [m] стабла линијског носећег упоришта надземног 35 kV вода стандардних номиналних сила, пре и после постављања ADSS.

Да би се утврдио утицај повећања удаљења  $h_{KADSS}$  конзоле за прихватање ADSS на смањење хоризонталне вршне силе стабла, у табели је за  $L_n = 15 \text{ m}$  извршен прорачун за  $h_{KADSS} = 2 \text{ m}$  и  $h_{KADSS} = 3 \text{ m}$  код хоризонталног распореда проводника у глави стуба, односно  $h_{KADSS} = 4,5 \text{ m}$  и  $h_{KADSS} = 5,5 \text{ m}$  код полувертикалног распореда проводника у глави стуба.

Види се да ове промене веома мало утичу на укупну хоризонталну вршну силу стабла. А пошто спуштање конзоле за ADSS изазива много веће тешкоће с обзиром на испуњење услова за сигурносну висину, може да се изведе начелан закључак да ова мера није ефикасна нити препоручљива за смањење хоризонталне вршне силе стабла због постављања ADSS.

У предходном примеру смо показали да се постојећа стабла линијских носећих упоришта надземног 35 kV вода могу да користе као линијско затезна упоришта за ADSS. Ово је још лакше користити код постојећих надземних 35 kV вода јер су им номиналне силе стабала бар 400 daN.

*На пример:* када се постојећа стабла линијских носећих упоришта надземног 35 kV вода изведеног проводника Al/ч 95/15 користи као линијско затезно упориште ADSS, номиналне дужине стабла  $L_n = 15$  m, са полувертикалним распоредом проводника у глави стуба (слика 3), хоризонтална вршна сила од затезања ADSS са максималним радним затезањем  $\sigma_{ADSS} = 3,5 \text{ daN/mm}^2$  на  $h_{kADSS} = 4,5$  m износи:

$$F_{r2a} = F_{rvADSS} = \frac{2}{3} \times \sigma_{ADSS} \times S_{ADSS} \times (L_n - h_{kADSS}) / L_n = \\ = \frac{2}{3} \times 3,5 \times 161 \times (15 - 4,5) / 15 = 263 \text{ daN},$$

што би задовољило чак и стабло 15/315.

У случају хоризонталног распореда проводника у глави стуба и  $h_{kADSS} = 2$  m добили би:

$$F_{r2a} = F_{rvADSS} = \frac{2}{3} \times \sigma_{ADSS} \times S_{ADSS} \times (L_n - h_{kADSS}) / L_n = \\ = \frac{2}{3} \times 3,5 \times 161 \times (15 - 2) / 15 = 326 \text{ daN},$$

што би задовољило стабло 15/400.

Табела 11 Граничне дужине средњег распона  $a_{g315}$ ,  $a_{g400}$ ,  $a_{g630}$  и  $a_{g1000}$  при којима се не прекорачује хоризонтална вршна сила стабла линијског носећег упоришта надземног 35 kV вода од  $F_n = 315 \text{ daN}$ ,  $400 \text{ daN}$ ,  $630 \text{ daN}$  и  $1000 \text{ daN}$

Једносистемски надземни 35 kV вод; $a_{gFn} [m]$ ↓						
Тип надземног 35 kV вода ⇒ $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$		Al/č 95/15 + ADSS		Al/č 70/12 + ADSS		
		Al/č	Al/č+ADSS	Al/č	Al/č+ADSS	
хоризонтални распоред проводника у глави стуба	$L_n = 15 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$	$a_{g315}$	84	65	98	72
		$a_{g400}$	119	91	138	102
		$a_{g630}$	213	163	248	183
	$L_n = 15 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 3 \text{ m}$	$a_{g315}$	84	66	98	74
		$a_{g400}$	119	93	138	104
		$a_{g630}$	213	166	248	187
	$L_n = 18 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 2 \text{ m}$	$a_{g315}$	73	58	84	62
		$a_{g400}$	107	86	125	92
		$a_{g630}$	201	161	234	172
распоред проводника у глави стуба у троуглу $h_{k1} = 0 \text{ m}$ $h_{k2} = 1,6 \text{ m}$ $h_{k3} = 1,6 \text{ m}$	$L_n = 15 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 4,5 \text{ m}$	$a_{g315}$	91	72	106	81
		$a_{g400}$	128	101	149	114
		$a_{g630}$	229	181	267	204
	$L_n = 15 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 5,5 \text{ m}$	$a_{g315}$	91	73	106	83
		$a_{g400}$	128	103	149	117
		$a_{g630}$	229	185	267	209
	$L_n = 18 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 4,5 \text{ m}$	$a_{g315}$	77	60	90	68
		$a_{g400}$	114	89	133	100
		$a_{g630}$	214	167	249	188
Двосистемски надземни 35 kV вод – буре распоред проводника у глави стуба; $a_{gFn} [m]$ ↓						
Пресек ⇒ $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$		Al/č 95/15 + ADSS		Al/č 70/12 + ADSS		
		Al/č	Al/č+ADSS	Al/č	Al/č+ADSS	
$h_{k1} = 0 \text{ m}$ $h_{k2} = 1,6 \text{ m}$ $h_{k3} = 3,2 \text{ m}$ $h_{kADSS} = 6,1 \text{ m}$	$L_n = 15 \text{ m}$	$a_{g400}$	66	59	77	68
		$a_{g630}$	119	107	138	122
		$a_{g1000}$	204	182	237	208
	$L_n = 18 \text{ m}$	$a_{g400}$	59	52	68	59
		$a_{g630}$	110	98	128	112
		$a_{g1000}$	193	171	225	196
<i><math>a_{g315} [m]</math>; <math>a_{g400} [m]</math>; <math>a_{g630} [m]</math>; <math>a_{g1000} [m]</math> – гранична дужина средњег распона при којој хоризонтална вршина сила не прелази вредност: 315 daN; 400 daN; 630 daN; 1000 daN;</i>						
<i><math>h_k</math> – удаљење конзоле за прхватање проводника Al/č од врха стабла, [m];</i>						
<i><math>h_{kADSS}</math> – удаљење конзоле за прихватање ADSS од врха стабла, [m].</i>						
<i>Напомена: за прорачун коришћен програм "NOMSIL64".</i>						





**САДРЖАЈ**

	Страна
Увод	1
Примери механичког прорачуна дистрибутивног надземног вода са ADSS	7
Пример 1	7
Пример 2	13

