

ICS 29.240.20

Предлог
ноембар

2002.

ИНТЕРНИ СТАНДАРД
ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ

ИС 37

Прво издање
ноембар 2002.

Electric Power Industry of Serbia
Standard

IS 37

First edition
November 2002

Трајно дозвољене струје фазних
проводника надземних водова називних
напона
400, 220 и 110 kV

Overhead Lines with Nominal Voltages
400, 220 and 110 kV Phase Conductors
Continuous Current Carrying Capacities

Апстракт: Овај интерни стандард прописује трајно дозвољене струје фазних проводника надземних водова називних напона 400, 220 и 110 kV, полазећи од једнозначно утврђене трајно дозвољене температуре проводника надземног вода, температуре ваздуха, брзине и правца ветра у односу на осу проводника надземног вода и сунчеве радијације.

Везе са другим стандардима:

**JUS IEC (50) 466: 1995 - Међународни
електротехнички речник - Поглавље
466: Надземни водови**

Normative references:

JUS IEC (50) 466: 1995 - International
Electrotechnical Vocabulary - Chapter 466:
Overhead Lines

Кључне речи:

**трајно дозвољене струје, надземни
водови**

Key words:

Continuous Current Carrying Capacities,
Overhead Lines

Измене:

Modifications:

ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНЕ СТРУЈЕ ФАЗНИХ ПРОВОДНИКА НАДЗЕМНИХ ВОДОВА НАЗИВНИХ НАПОНА 400, 220 И 110 kV

САДРЖАЈ:

1. Предмет интерног стандарда
2. Термини и дефиниције
3. Механички и електрични параметри проводника
4. Рачунски метеоролошки параметри
5. Трајно дозвољене струје фазних проводника и њихова зависност од температуре амбијента
6. Краткотрајно дозвољене струје фазних проводника
7. Зависност трајно дозвољених струја фазних проводника од брзине ветра
8. Зависност трајно дозвољених струја фазних проводника од температуре
9. Усклађивање трајно дозвољених струја фазних проводника надземних водова са опремом у далеководним пољима и примењеном заштитом од преоптерећења
10. Начин примене интерног стандарда

1. ПРЕДМЕТ ИНТЕРНОГ СТАНДАРДА

Овим интерним стандардом се прописују трајно дозвољене струје фазних проводника надземних водова називних напона 400, 220 и 110 kV полазећи од:

- једнозначно утврђене трајно дозвољене температуре проводника ;
- температуре ваздуха (амбијента) ;
- брзине и правца ветра у односу на осу проводника надземног вода и
- сунчеве радијације .

При одређивању трајно дозвољених струја надземних водова, рачунато је са једнозначно одређеном рачунском температуром проводника (која важи за највећи број водова) уважавајући постојеће прописе у вези дозвољеног одстојања проводника од земље и околних објеката.

2. ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

2.1 Назначена струја фазног проводника је трајна струја која при температури ваздуха (амбијента) 35°C, брзини ветра 0,6 m/s управно на проводник и пуној сунчевој радијацији (1000 W/m²) загрева бакарни проводник на 70°C а остале на 80°C .

2.2 Трајно дозвољена струја је она струја која при дефинисаним метеоролошким параметрима загрева бакарни проводник на 50°C а остале проводнике на 60°C. Она такође представља основ за сезонско подешавање првог степена заштите од преоптерећења на водовима на којима је та заштита уграђена.

2.3 Краткотрајно дозвољена струја је она струја кроз фазни проводник вода на коме је уграђена заштита од преоптерећења у времену подешавања другог степена (уобичајено 20 секунди) и већа је за 20 до 30 % од вредности струје првог степена заштите од преоптерећења. Ова струја представља вредност сезонског подешавања другог степена заштите од преоптерећења.

3. МЕХАНИЧКИ И ЕЛЕКТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ ПРОВОДНИКА

Потребни механички и електрични параметри фазних проводника надземних водова за прорачуне трајно дозвољених струја дати су у Табели 1 .

Табела 1: Механички и електрични параметри фазних проводника надземних водова потребни за прорачун трајно дозвољених струја

Тип прводника и пресек mm^2	Спољни пречник проводника mm	Подужна маса проводника kg/m		Специфични топлотни капацитет проводника $\text{J/kg, } ^\circ\text{C}$		Подужна активна отпорност при јсс на 20°C Ω/km	Коефицијент температурне промене електричне отпорности $1/^\circ\text{C}$
		m_1	m_2	c_1	c_2		
1	2	3		4		5	6
Al/Č 120/20	15,5	0,336	0,164	950	470	0,2374	0,00403
Al/ Č 150/25	17,1	0,415	0,190	950	470	0,1939	0,00403
Al/ Č 240/40	21,9	0,678	0,309	950	470	0,1188	0,00403
Al/ Č 360/57	26,6	0,993	0,451	950	470	0,0801	0,00403
Al/ Č 490/65	30,6	1,370	0,496	950	470	0,0590	0,00404
Č 150	15,7	1,171		470		1,3230	0,00520
Alumoweld (ČeAl)126	14,5	0,842		508		0,6821	0,00360
Cu 95	12,5	0,846		385		0,1920	0,00390
Cu 150	15,7	1,337		385		0,1230	0,00390
Al/ Č 133/140	22,0	0,357	1,097	950	470	0,1920	0,00403
Al/ Č 505/590	43,5	1,364	4,630	950	470	0,0566	0,00403
AlMg1/ Č 967/228	44,8	2,612	1,790	920	470	0,0333	0,00353
AlMg1/ Č 1303/228	51,0	3,519	1,790	920	470	0,0247	0,00353
Č 2 x 150	15,7	1,171		470		1,3230	0,00520
Al/ Č 2 x 482/60	30,2	1,301	0,468	950	470	0,0600	0,00403
Al/ Č 2 x 490/65	30,6	1,370	0,496	950	470	0,0590	0,00404

За све наведене типове фазних проводника надземних водова који се налазе у експлоатацији, усвојене су следеће вредности за :

- коефицијент апсорпције сунчевог зрачења $\alpha_s = 0,9$;
- коефицијент одвођења топлоте радијацијом $\epsilon = 0,9$.

4. РАЧУНСКИ МЕТЕОРОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ

У рачунске метеоролошке параметре који утичу на трајно дозвољену струју фазних проводника надземних водова спадају :

- температура ваздуха (амбијента) Θ_a ;
- брзина ветра v и нападни угао ветра φ ;
- интензитет сунчевог зрачења I_s .

4.1 Температура ваздуха (амбијента)

На основу статистичке анализе, календарска година је подељена по различитим вредностима очекиваних максималних вредности температура ваздуха $\Theta_{a \max}$ и то по месецима како следи:

$$\begin{array}{ll} \text{I, II, III, IV, X, XI, XII} & \Theta_{a \max} = 15^\circ\text{C} \\ \text{V, VI, VII, VIII, IX} & \Theta_{a \max} = 35^\circ\text{C} \end{array}$$

4.2 Брзина и нападни угао ветра

У основним прорачунима трајно дозвољених струја фазних проводника надземних водова усвојене су следеће вредности за брзину ветра и то по месецима како следи:

$$\begin{array}{ll} \text{I, II, III, IV, X, XI, XII} & v_{\min} = 2 \text{ m/s} ; \\ \text{V, VI, VII, VIII, IX} & v_{\min} = 1 \text{ m/s} ; \end{array}$$

а за нападни угао ветра $\varphi = 30^\circ$, независно од доба године.

4.3 Интензитет сунчевог зрачења

Што се вредности интензитета сунчевог зрачења I_s тиче постоје два случаја :

1. $I_s = 0$ без сунца
2. $I_s = f(\Theta_a)$ у изразито сунчаном дану као функција температуре ваздуха.

За усвојене максималне сезонске температуре ваздуха израчунавају се вредности интензитета сунчевог зрачења:

$$\Theta_{a \max} = 15^\circ\text{C} \quad I_s = 800 \text{ W/m}^2$$

$$\Theta_{a \max} = 35^\circ\text{C} \quad I_s = 1000 \text{ W/m}^2$$

5. ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНЕ СТРУЈЕ ФАЗНИХ ПРОВОДНИКА И ЊИХОВА ЗАВИСНОСТ ОД ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА

Наведене трајно дозвољене струје проводника I_l (колоне 3, 4, 5 и 6 Табеле 2) израчунате су из једначине равнотеже топлотног биланса фазног проводника уз претходно дефинисане механичке и електричне параметре фазних проводника и усвојене рачунске метеоролошке параметре а при трајно дозвољеној рачунској температури за бакарне проводнике $\Theta_{pid} = 50^\circ\text{C}$ а за остале проводнике $\Theta_{pid} = 60^\circ\text{C}$. У колони 2 исте табеле дате су и вредности назначених струја фазних проводника сагласно дефиницији из тачке 2.1.

Табела 2: Назначене струје фазних проводника и трајно дозвољене струје I_l у (А) израчунате из једначине равнотеже топлотног биланса фазног проводника при трајно дозвољеној рачунској температури за бакарне проводнике $\Theta_{pid} = 50^\circ\text{C}$ а за остале проводнике $\Theta_{pid} = 60^\circ\text{C}$

Тип проводника и пресек mm^2	Назначене струје фазних проводника А	Трајно дозвољене струје проводника I_l за сезоне/месеце А			
		I, II, III, IV, X, XI, XII $\Theta_a=15^\circ\text{C}$, $v=2 \text{ m/s}$		V, VI, VII, VIII, IX $\Theta_a=35^\circ\text{C}$, $v=1 \text{ m/s}$	
		без сунца	са сунцем	без сунца	са сунцем
1	2	3	4	5	6
Al/Č 120/20	410	520	480	340	260
Al/ Č 150/25	460	590	540	390	290
Al/ Č 240/40	630	810	740	540	380
Al/ Č 360/57	800	1050	940	700	480
Al/ Č 490/65	970	1270	1140	850	570
Č 150	170	220	200	140	110
Alumoweld 126.1	240	300	280	200	150
Cu 95	370	490	440	280	160
Cu 150	480	650	580	370	190
Al/Č 133/140	490	640	580	420	300
Al/ Č 505/590	1080	1450	1270	980	600
AlMg1/ Č 967/228	1440	1920	1690	1300	790
AlMg1/ Č 1303/228	1730	2320	2020	1570	920
Č 2 x 150	340	440	400	280	220
Al/ Č 2 x 482/60	1920	2520	2260	1680	1120
Al/ Č 2 x 490/65	1940	2540	2280	1700	1140

Коефицијенти за израчунавање трајно дозвољених струја у функцији температуре ваздуха Θ_a дати су у Табелама 3.1 за бакарне проводнике и 3.2 за остале проводнике и из разлога сигурности усвојене су минималне вредности узимајући у обзир све типове проводника.

Формула за израчунавање је: $I_2 = K_a \times I_1$ где су:

I_1 - трајно дозвољене струје проводника из Табеле 2, колоне 3, 4, 5 и 6

K_a - одговарајући коефицијент из Табеле 3.1 односно 3.2

I_2 - вредност струје која одговара другој температури ваздуха.

Табела 3.1: Коефицијенти K_a за израчунавање трајно дозвољених струја проводника надземних водова у зависности од θ_a за бакарне проводнике

Сезоне/месеци	Температура ваздуха °C	- 5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I, II, III, IV, X, XI, XII са сунцем		1,35	1,25	1,20	1,10	<u>1,00</u>	0,90	0,80	0,65	0,50	0,30
	без сунца	1,25	1,20	1,10	1,05	<u>1,00</u>	0,90	0,85	0,75	0,65	0,55
V, VI, VII, VIII, IX са сунцем		3,20	3,00	2,80	2,60	2,40	2,10	1,80	1,50	<u>1,00</u>	-
	без сунца	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30	1,15	<u>1,00</u>	0,80

Табела 3.2: Коефицијенти K_a за израчунавање трајно дозвољених струја проводника надземних водова у зависности од θ_a за остале проводнике

Сезоне/месеци	Температура ваздуха °C	- 5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I, II, III, IV, X, XI, XII са сунцем		1,20	1,15	1,10	1,05	<u>1,00</u>	0,90	0,80	0,70	0,50	0,35
	без сунца	1,15	1,10	1,07	1,05	<u>1,00</u>	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65
V, VI, VII, VIII, IX са сунцем		2,00	1,90	1,80	1,65	1,55	1,45	1,25	1,15	<u>1,00</u>	0,80
	без сунца	1,55	1,50	1,45	1,40	1,30	1,25	1,15	1,10	<u>1,00</u>	0,90

Вредности трајно дозвољених струја проводника из колоне 4 и 6 Табеле 2 представљају основ за подешавање првог степена заштите од преоптерећења на водовима на којима је уграђена.

6. КРАТКОТРАЈНА ДОЗВОЉЕНА СТРУЈА ПРОВОДНИКА

Краткотрајна дозвољена струја проводника дозвољена је само код надземних водова на којима је уграђена заштита од преоптерећења. Њено трајање одређено је временским подешавањем другог степена заштите (обично 20 секунди). Вредности ових струја су за 20 до 30 % веће од струје подешавања првог степена заштите и представљају подешавање струје другог степена те заштите.

7. ЗАВИСНОСТ ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНИХ СТРУЈА ПРОВОДНИКА ОД БРЗИНЕ ВЕТРА

Коефицијенти за израчунавање трајно дозвољених струја проводника у зависности од брзине ветра v дати су у Табелама 4.1 за бакарне проводнике и 4.2 за остале проводнике а због задовољења аспекта сигурности усвојене су минималне вредности узимајући у обзир све типове проводника.

Формула за прерачунавање је: $I_2 = K_v \times I_1$ где су:

I_1 - трајно дозвољене струје проводника из Табеле 2, колоне 2, 4, 5 и 6

K_v - одговарајући коефицијент из Табеле 4.1 односно 4.2
 I_2 - вредност струје која одговара другој брзини ветра.

Табела 4.1: Коефицијенти K_v за израчунавање трајно дозвољених струја фазних проводника надземних водова у зависности од брзине ветра за бакарне проводнике

Брзина ветра (m/s) Сезоне/месеци	Брзина ветра (m/s)			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
I, II, III, IV, X, XI, XII са сунцем	0,85	1,00	1,10	1,20
	0,85	1,00	1,10	1,15
V, VI, VII, VIII, IX са сунцем	1,00	1,40	1,60	1,80
	1,00	1,15	1,25	1,35

Табела 4.2: Коефицијенти K_v за израчунавање трајно дозвољених струја фазних проводника надземних водова у зависности од брзине ветра за остале проводнике

Брзина ветра (m/s) Сезоне/месеци	Брзина ветра (m/s)			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
I, II, III, IV, X, XI, XII са сунцем	0,85	1,00	1,10	1,15
	0,85	1,00	1,05	1,15
V, VI, VII, VIII, IX са сунцем	1,00	1,20	1,35	1,45
	1,00	1,10	1,20	1,25

8. ЗАВИСНОСТ ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНИХ СТРУЈА ПРОВОДНИКА ОД ТЕМПЕРАТУРЕ

При прорачунима трајно дозвољених струја проводника усвајане су рачунске температуре бакарних проводника 50°C а за остале проводнике 60°C . Међутим, за фазне проводнике од челика и Alumowelda (ČeAl), по правилу, су дозвољене више трајне температуре (за челик до 200°C а за Alumoweld до 125°C). С друге стране, погонско стање надземног вода у експлоатацији може условити ниже дозвољене трајне температуре фазних проводника. Из тих разлога, следе Табеле 5.1 и 5.2 у којима су дати коефицијенти за израчунавање трајно дозвољених струја из Табеле 2 за друге вредности дозвољених температура бакарних проводника и свих осталих проводника респективно, применом формуле:

$$k = \frac{I_2}{I_1} \approx \sqrt{\frac{\Theta_{p2} - \Theta_a}{\Theta_{p1} - \Theta_a}} = K_p$$

$$I_2 = K_p \times I_1$$

где су:

I_1 - трајно дозвољене струје проводника из Табеле 2, колоне 3, 4, 5 и 6

K_p - одговарајући коефицијент из Табеле 5.1 односно 5.2
 I_2 - вредност струје која одговара другој трајно дозвољеној температури проводника
 θ_{p1} - температура бакарних проводника 50°C а осталих 60°C
 θ_{p2} - погонска трајно дозвољена температура проводника

НАПОМЕНА: Наведена формула у потпуности одговара за случај без сунца а у супротном даје ниже вредности струја што задовољава аспект сигурности.

Табела 5.1: Коефицијенти K_p за израчунавање трајно дозвољених струја фазних проводника I_2 за друге вредности дозвољених температура бакарних проводника

Температуре проводника °C Сезоне / месеци	30	40	50	60	70
	2	3	4	5	6
I, II, III, IV, X, XI, XII	0,65	0,85	<u>1,00</u>	1,13	1,25
V, VI, VII, VIII, IX	---	0,58	<u>1,00</u>	1,29	1,53

Табела 5.2: Коефицијенти K_p за израчунавање трајно дозвољених струја фазних проводника I_2 за друге вредности дозвољених температура осталих проводника

Температуре проводника °C Сезоне/месеци	40	50	60	70	80	100	125	150	200
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I, II, III, IV, X, XI, XII	0,75	0,88	<u>1,00</u>	1,10	1,20	1,37	1,56	1,73	2,03
V, VI, VII, VIII, IX	0,45	0,77	<u>1,00</u>	1,18	1,34	1,61	1,86	2,14	2,57

Укупна односно еквивалентна трајно дозвољена струја проводника узимајући у обзир све разматране метеоролошке параметре и трајно дозвољене температуре проводника може се представити следећом формулом:

$$I_e = K_a \times K_v \times K_p \times I_l$$

где су:

I_l - трајно дозвољене струје проводника из Табеле 2, колоне 3, 4, 5 и 6 за усвојене рачунске параметре

K_a - одговарајући коефицијент из Табеле 3.1 односно 3.2 у зависности од температуре ваздуха

K_v - одговарајући коефицијент из Табеле 4.1 односно 4.2 у зависности од брзине ветра

K_p - одговарајући коефицијент из Табеле 5.1 односно 5.2 у зависности од трајно дозвољене температуре проводника

I_e - еквивалентна трајно дозвољена струја.

9. УСКЛАЂИВАЊЕ ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНИХ СТРУЈА ФАЗНИХ ПРОВОДНИКА НАДЗЕМНИХ ВОДОВА СА ОПРЕМОМ У ДАЛЕКОВОДНИМ ПОЉИМА И ПРИМЕЊЕНОМ ЗАШТИТОМ ОД ПРЕОПТЕРЕЋЕЊА

У експлоатацији надземних водова 110, 220 и 400 kV неопходно је уважавати и могућности трајно дозвољених струја уграђене опреме у далеководним пољима (струјни трансформатори и ВФ пригушнице) као и подешене вредности примењене заштите од преоптерећења.

Конкретне вредности сезонског подешавања заштите од преоптерећења утврђују се у оквиру надлежних стручних служби ЈП Електроисток и осталих предузећа у саставу ЕПС-а у сарадњи са Дирекцијом за управљање ЕЕС уважавајући и евентуалне посебне захтеве које диктирају поједини режими погона ЕЕС-а.

10. НАЧИН ПРИМЕНЕ ИНТЕРНОГ СТАНДАРДА

Интерни стандард омогућава кориснику да донесе одлуку у вези са трајно дозвољеним струјама фазних проводника надземних водова за задате метеоролошке податке тако да буде задовољен аспект сигурности.

За прецизније одређивање трајно дозвољених струја проводника у смислу реалнијих (по правилу већих) вредности струја, уз примену егзактних формула, треба користити верификовани рачунарски програм Дирекције за управљање ЕЕС који ће се доставити на основу посебно поднетог захтева.

У складу са развојем мерне и рачунарске опреме и могућностима прецизнијих мерења свих улазних параметара неопходних за прорачуне трајно дозвољених струја проводника, треба настојати периодичном унапређењу рачунарског софтвера са тежњом његове примене у реалном времену.

Добијени резултати важе на територији Србије независно од специфичности метеоролошких услова различитих географских области.

УЖА СТРУЧНА ГРУПА ЕПС-а

мр Божидар Радовић, дипл.инж.
Миомир Дутина, дипл. инж.
Ђорђе Бјеговић, дипл. инж.
Гордана Спаић, дипл. инж.
др Јован Штаркљ, дипл.инж.
Илија Николић, дипл.инж.
Милорад Павловић, дипл.инж.
Драгослав Лелић, дипл.инж.

НАПОМЕНА: Иницијални текст Интерног стандарда припремио мр Божидар Радовић, дипл.инж. у складу са закључцима Стручног савета ЕПС-а садржаним у записнику бр. 2931/1 од 13.11.1995.год. Унификациони стручни тим је обрадио текст у складу са Решењем о његовом формирању бр. 9276 од 21/09/2002.