

# Elektropārvades līniju vadu ar kompozītmateriālu serdeni izmantošanas iespēju salīdzinošs vērtējums

Svetlana Berjozkina, Riga Technical University, Vladimirs Bargels, a/s "Siltumelektroprojekts", Antans Sauhats, Riga Technical University, Edvins Vanzovichs, Riga Technical University

**Kopsavilkums.** Augsttemperatūras vadu (HTLS) izmantošana ir viena no visvairāk diskutējamām problēmām, veicot mūsdienu energosistēmu modernizāciju. Tas ir piemērots risinājums energosistēmas jaudas palielināšanai, jo optimizētiem augsttemperatūras vadiem piemīt tādas priekšrocības kā augsta caurlaides spēja, ilgtermiņa drošums, mazākas nokares zem slodzes, ātra un viegla instalācija, nelieli elektropārvades līnijas zudumi. Lai varētu izvērtēt vadus ar kompozītmateriālu serdeni un to izmantošanas iespējas, tika izdarīts tehniskais un ekonomiskais salīdzinājums ar tradicionālā tipa tēraudalumīnija vadiem.

Salīdzinājumam izraudzīta trase Latvijā, Kurzemes reģionā, kur paredzēts būvēt jaunu 330 kV gaisvadu līniju. Projektējamās elektropārvades līnijas mērķis ir palielināt Latvijas elektropārvades sistēmas caurlaides spēju un elektrotīkla drošumu.

Balstoties uz izvēlēto līnijas trasi, tika veikti salīdzinošie aprēķini. Rakstā atspoguļota augsttemperatūras vadu - HTLS un tēraudalumīnija vadu - ACSR salīdzinošā analīze, izmantojot mehāniskos un termiskos ierobežojumus, kas iegūti konkrētai gaisvadu līnijai.

Apkopotie aprēķina rezultāti sīkāk ilustrēti rakstā gan tabulas, gan grafiku veidā.

**Atslēgas vārdi:** elektropārvades līnija, tēraudalumīnija vadi (ACSR), augsttemperatūras vadi (HTLS), mehāniskie un termiskie ierobežojumi.

## I. IEVADS

Elektroenerģētiskās sistēmas veidojas un darbojas tā, lai nodrošinātu drošu saikni starp elektroenerģiju ražojošajām elektrostacijām un vietējām vai sadales apakšstacijām. Laika periodos, kad darba slodze sasniedz maksimālās vērtības un gadījumos, kad kāda no sistēmas sastāvdaļām nedarbojas, elektropārvades līnijām ir jānodrošina nepieciešamais elektroenerģijas pārvades palielinājums, neradot pārmērīgu spriegumu fāzes nobīdi pa līniju galiem, sprieguma kritumu līnijās un augstu līniju vadu temperatūru. Tai pašā laikā periodos, kad apkārtējās vides apstākļi ir ekstremāli, līnijām jāiztur apledojuma un vēja slodzes bez jebkādiem mehāniskiem un elektriskiem bojājumiem [1].

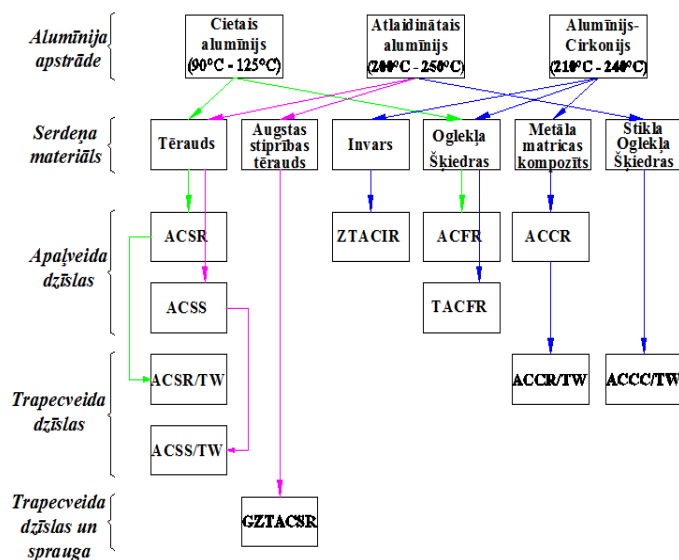
Vairāk nekā 80% no visām esošajām elektropārvades līnijām, kuras šobrīd atrodas ekspluatācijā, ir tēraudalumīnija vadi (ACSR). Šie vadi laika gaitā ir izrādījušies izturīgi un prasa minimālu apkopi. Daudzas līnijas, kuras bija paredzētas 40 gadu ilgām kalpošanas laikiem, joprojām pēc 50 ... 70 gadiem ir ekspluatācijā. Gadījumos, kad nepieciešams palielināt līnijas caurlaides spēju, lai novērstu esošās gaisvadu līnijas pārkaršanu, tēraudalumīnija vadus (ACSR) aizstāj ar

augsttemperatūras (HTLS) vadiem. HTLS vadiem piemīt šādas priekšrocības, piemēram, ilgtermiņa drošums, augsta caurlaides spēja, zema nokares-nostiepsanas spēja, vienkārša un ātra montāža [2]. Bez tam tā ir viena no pieejām, kā varētu palielināt ierobežoto gaisvadu līniju caurlaides spēju [3], protams, ja ir iespējams izmantot esošos balstus. Šajā gadījumā, esošās līnijas rekonstrukcija prasa mazākus ieguldījumus nekā jaunas elektropārvades līnijas būve.

Rakstā aplūkots tradicionālā tipa vadu (ACSR) un vadu ar kompozītmateriālu serdeni (ACCC) salīdzinājums, kas balstās uz konkrētu pārvades līnijas trasi. Salīdzinošai analīzei izmanto tehniskos un ekonomiskos kritērijus (ierobežojumus). Aprēķinu rezultāti tālāk atspoguļoti.

## II. ACSR UN ACCC VADU SALĪDZINĀJUMS

Galvenie kritēriji, pēc kādiem tiek salīdzināti tradicionālie tēraudalumīnija vadi ar alumīnija vadiem, kuriem ir kompozītmateriāla serdenis, ir to tehniskās un komerciālās priekšrocības [4, 5]. Dažādu tipu vadu veidošanās vai „ceļa karti” var aplūkot 1.attēlā.



1. att. Vadu „ceļa karte”.

Izšķir šādas ACCC tipa vadu tehniskās priekšrocības salīdzinājumā ar ACSR tipa vadiem:

1. Izmantojot ACCC tipa kabelus, iespējams izvairīties no balstu nomaiņas un jaunu (papildu) pārvades līniju

izveides. Turklāt, mazākas nokares dēļ, balstus iespējams izvietot par 16% lielākā atstatumā citu no cita;

2. Iespējams nodrošināt vadītspējas rezervi nākotnei, ņemot vērā ekonomikas attīstības gadījumā paredzamo lielo elektroenerģijas patēriņa pieaugumu sadzīves un rūpnieciskajā sektorā;
3. Ja nepieciešams palielināt vadītspēju – mazākas papildu elementu izmaksas, piemēram, saistībā ar lielāka izmēra balstu uzstādīšanu (jau tikai nomainot kabeli, iespējams paaugstināt līnijas vadītspēju 2 reizes);
4. Serdenis ir izturīgs pret koroziju, kas ievērojami samazina uzturēšanas izmaksas;
5. Mazāki pārvades zudumi, kas ļauj pārvadīt lielāku elektroenerģijas daudzumu, gūt lielāku peļņu, turklāt elektroenerģijas pārvade kļūst videi draudzīgāka un drošāka.

Izšķir šādas ACCC tipa vadu komerciālās priekšrocības salīdzinājumā ar ACSR tipa vadiem:

1. Par 28% lielāks strāvu vadošā elementa apjoms sakarā ar mazāku serdeņa diametru un aptinuma konstrukciju no trapecveida lentēm, līdz ar to augstāka vadītspēja. Nodrošina 2x lielāku strāvas stiprumu salīdzinājumā ar tāda paša diametra parasto ACSR vadu;
2. Kompozīta serdeņa zemais termiskās izplešanās koeficients atrisina nokares problēmu: nokare ir tikai 10% no attiecīgā rādītāja kabelim ar tērauda serdeni. Vadu var izmantot augstākās temperatūrās (iespējama nepārtraukta ekspluatācija 180°C temperatūrā, bez tam iztur īslaicīgus temperatūras lēcienus līdz 200°C);
3. ACCC tipa vadiem ir mazāka pretestība, tādēļ pie vienāda strāvas stipruma tie mazāk sasilst, kas ļauj līdz minimumam samazināt zudumus (ievērojams samazinājums);
4. Serdenis ir izturīgs pret ķīmisko un bimetalisko koroziju, kas nodrošina vadam ilgāku darbību;
5. Viegli ieviešami – uzstādīšanai un savienošanai ar citām līnijām nav vajadzīgas papildu zināšanas, ierīces vai instrumenti;
6. Izturīgi pret cikliskām slodzes izmaiņām: par 25-40% izturīgāki nekā konkurējošā produkcija, ar vītu aptinumu no trapecveida lentēm.

### III. GAISVADU LĪNIJAS TRASES IZVĒLE

Lai veiktu salīdzinājumu, izraudzīta trase Latvijā, Kurzemes reģionā, kur paredzēts būvēt jaunu 330 kV elektropārvades līniju starp a/st. Grobiņa un a/st. Ventspils, kas būtiski palielinātu Latvijas elektropārvades sistēmas caurlaides spējas un 330 kV pārvades elektrotīkla drošību.

Esošās 110 kV pārvades līnijas rekonstrukcija Latvijas rietumu daļā, "Kurzemes loks", kura mērķis ir palielināt pārvades jaudu un sprieguma pakāpi līdz 330 kV, nepieciešams tāpēc, ka, pirmkārt, ir zems enerģijas piegādes drošums, pastāvīgi notiek avārijas, kas nodrošina enerģijas pārtraukumus Kurzemes tīklā; otrkārt, liela atkarība no Baltijas jūras reģiona elektroenerģijas ražotājiem un no Eiropas elektroenerģijas tirgus; treškārt, ierobežotās ražošanas jaudu attīstības iespējas Latvijā (atjaunojamā enerģija) [6]. Turklāt tā ir iespēja, kas ļaus uzstādīt starpsavienojumu

Latvija-Igaunija-Zviedrija, lai uzlabotu energoapgādes drošību Baltijā. Tā rezultātā, īstenojot starptautisko enerģētikas infrastruktūras attīstības projektu, attīstīsies Baltijas elektroenerģijas tirgus, kas nodrošinās elektroenerģijas pirkšanu, pārdošanu un tranzīta iespējas ar citām Eiropas Savienības dalībvalstīm [7].

Izvēlētais rajons ir interesants tādā ziņā, ka tas atrodas Baltijas jūras krasta tuvumā, kur novērojamas Baltijas valstīm raksturīgās klimatisko apstākļu kombinācijas (paaugstināts vēja spiediens, vadu un trošu apledošana un apsarmošana).

Par salīdzinājuma pamatu nosacīti pieņemta 50 km gara 330 kV vienķēdes gaisvadu līnija, kas nosacīti iet pa līdzenu apvidu, ar maksimālo elektriskās jaudas caurlaides spēju 1200 MW (maksimālā strāva – 2264 A). Par 330 kV gaisvadu līnijas balstiem pieņemti unificētie P 330-3 tipa tērauda balsti.

Trases rajonā pieņemti šādi klimatiskie apstākļi:

1. vēja spiediens – 65 kg/m<sup>2</sup> (IV vēja rajons);
2. apledojuma biezums – 5 mm (I apledojuma rajons);
3. minimālā gaisa temperatūra – -35°C;
4. maksimālā gaisa temperatūra – +35°C;
5. vidējā ekspluatācijas gaisa temperatūra – +5°C [8].

### IV. SĀKUMDATU IZVĒLE

#### A. Balsta P 330-3 raksturojums

Balsts P 330-3 paredzēts divu vadu AC-400/51 piekāršanai. Aprēķina sākuma nosacījumi atspoguļoti 1. tabulā.

1. TABULA

BALSTA APRĒĶINA SĀKUMA NOSACĪJUMI

I apledojuma rajonā – apledojuma biezums	C	5	mm
III vēja rajonā – vēja spiediens	Q	50	kg/m <sup>2</sup>
Virtenes piekāršanas augstums pie apakšējās traversas	h	25,5	m
Piekarvirtenes garums	λ	3,3	m
Balsta augstums	h <sub>b</sub>	37,7	m
Vidējās traversas izvērījums	L <sub>vp</sub>	8,3	m
Balsta masa ar cinku	M	6392	Kg
Vada pieļaujamais mehāniskais spriegums pie maksimālās slodzes	σ <sub>max</sub>	11,3	kg/mm <sup>2</sup>
Vada pieļaujamais mehāniskais spriegums pie minimālās temperatūras	σ	10,0	kg/mm <sup>2</sup>
Vada pieļaujamais mehāniskais spriegums vidējos ekspluatācijas apstākļos	σ <sub>eks</sub>	8,1	kg/mm <sup>2</sup>
Gabarīta laidums	L <sub>gab</sub>	495	M
Vēja laidums	L <sub>vēja</sub>	495	M
Svara laidums	L <sub>svara</sub>	565	M
Aizsargtrose, marka TK – 70			
Troses pieļaujamais mehāniskais spriegums	σ <sub>max</sub>	40	kg/mm <sup>2</sup>
Gabarīts līdz zemei pie t = +35°C	[C <sub>gab</sub> ]	8	m

### B. Vadu "Madrid-1050" un "Paris-840" raksturojums

Vadi "Madrid-1050" un "Paris-840" ir ACCC tipa "Alumīnija vadi ar kompozītmateriāla serdeni" (skat. 2. att.). ACCC vads sastāv no hibrīda oglekļa un stikla šķiedras serdeņa, kas ir apvilks ar trapecveida formas alumīnija dzīslām. Izturīgs stiepes serdenis uztver lielāko vada mehānisko slodzi, vienlaikus pilnīgi atlaidinātas alumīnija dzīslas uztur visu vada elektrisko strāvu. Oglekļa šķiedras nodrošina ārkārtīgi augstu stiepes izturību un zemu termiskās izplešanās koeficientu, savukārt stikla šķiedra uzlabo serdeņa lieces izturību, nodrošina triecienizturību, kā arī novērš galvanisko reakciju starp oglekļa šķiedras un alumīnija dzīslām [9].

ACCC vada kompozītmateriālu serdenis ir daudz vieglāks un izturīgāks nekā parastie vai augstas izturības tērauda serdeņi. To vieglums ļauj apvienot no 25% līdz 30% vairāk alumīniju (vadošs materiāls) bez jebkāda papildus svara. Izmantojot kompaktās trapecveida formas alumīnija dzīslas, var izvairīties no jebkāda diametra palielinājuma. Tā rezultātā, vads nodrošina augstāku līnijas caurlaides spēju un zemākas līnijas izmaksas, kā arī ACCC vadam piemīt lielāka izturība, ir nepieciešami mazāki celtniecības materiālu apjomi, būvējot jaunas līnijas. Turklāt ACCC vads ievērojami samazina nokari atkarībā no temperatūras, kas ļauj funkcionēt daudz augstākā temperatūrā, kas savukārt palielina līnijas caurlaides spēju [10].



2. att. Alumīnija vads ar kompozītmateriāla serdeni (ACCC).

Vadu "Madrid-1050" un "Paris-840" tehniskā informācija ir redzama 2. tabulā.

2. TABULA

VADU "MADRID-1050" UN "PARIS-840" TEHNISKAIS RAKTUROJUMS

Vadu fizikālās īpašības	"Madrid-1050"	"Paris-840"	Mērvienības
Vada diametrs – d	27,5	34,17	mm
Vada šķērsriezums – S	445,1	60,3	mm <sup>2</sup>
Vada elastības modulis – E	7700	11860	kg/mm <sup>2</sup>
Lineārās izplešanās koeficients – $\alpha$	$19,8/10^6$	$1,611/10^6$	- / °C
Vada garumslodze – p1	1,49	2,3854	kg/m
Vada reducētā īpatnējā slodze – Y1	$3,34/10^3$	$39,56/10^3$	kg/m x m m <sup>2</sup>
Garumslodze no maksimālā vēja – p4	1,185	1,784	kg/m
Garumslodze no vada svara un apledojuma svara – p3	1,946	2,939	kg/m

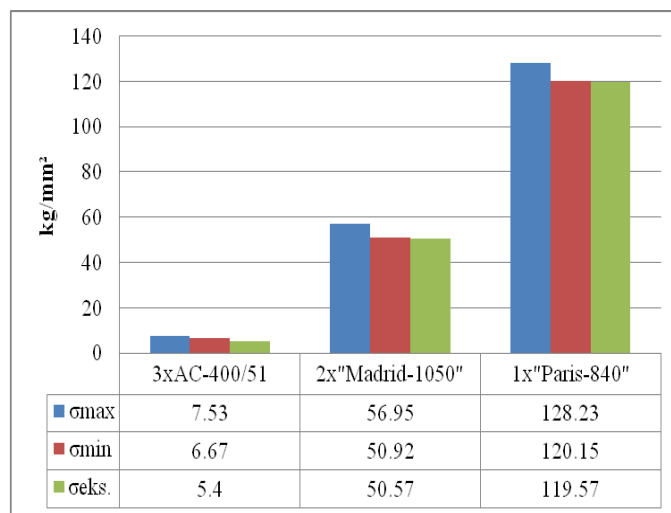
Vadu skaits fāzē – N	2	1	gab.
Graujošā slodze – $T_{gr}$	129	176.4	kN
Graujošais mehāniskais spriegums – $\sigma_{gr}$	29	292.5	kg/mm <sup>2</sup>

### V. APRĒĶINA REZULTĀTI

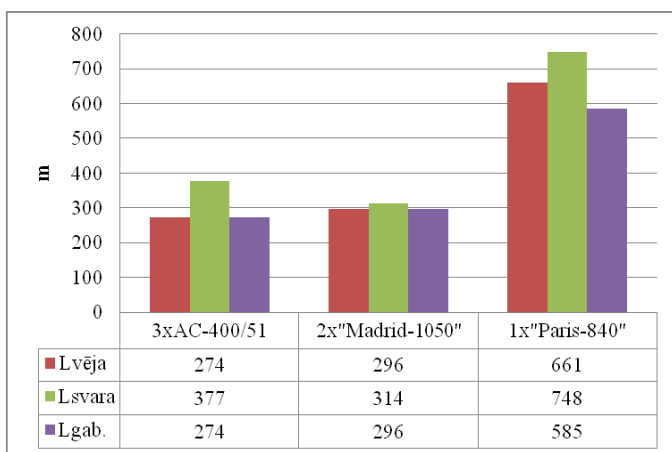
Iegūtie aprēķina rezultāti balstās uz iepriekšminētajiem balsta un vadu aprēķina sākumdatu izvēles nosacījumiem. Salīdzinājums tika veikts gan pēc tehniskā aspekta - pēc to mehāniskajiem ierobežojumiem (vada nokare, gabarīts līdz zemei, pieļaujamās slodzes, vadā pieļaujamie spriegumi), pēc silšanas ierobežojuma (līnijas caurlaides spēja, vada pieļaujamās temperatūras); gan pēc ekonomiskā aspekta (ietaupījums uz starpbalstu skaitu, kopējo nepieciešamo materiālu un aprīkojuma izmaksu aprēķins). Galvenais uzdevums dotajā salīdzinājumā bija tas, ka nepieciešams, zinot uzstādīto pārvadāmo jaudu 1200 MW, noteikt, kurš no izskatāmajiem vadiem (ACSR, Madrid-1050" un "Paris-840") ir optimālais variants pēc izvēlētiem aprēķina nosacījuma kritērijiem.

#### A. 330 kV gaisvadu līnijas parametri, piekarot dažādu vada markas kombināciju

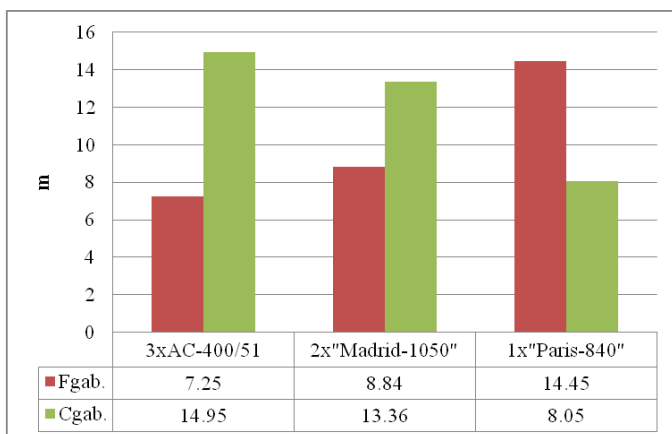
Aprēķina rezultātu apkopojums pēc mehāniskajiem ierobežojumiem atspoguļots 3., 4., 5., 6. attēlā. Pie tam vadiem 3 x AC-400/51 un 2 x "Madrid-1050" gabarīta laidumi (Lgab) aprēķināti pie +35°C, bet vadam „Paris-840” gabarīta laidums aprēķināts pie +175 °C.



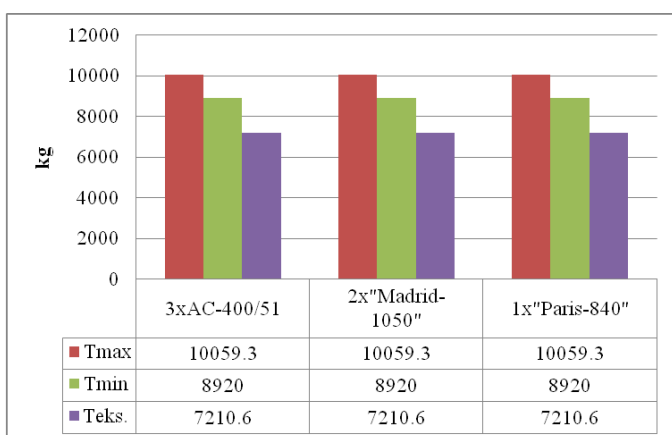
3. att. Pieļaujamie maksimālie ( $\sigma_{max}$ ), minimālie ( $\sigma_{min}$ ) un ekspluatācijas ( $\sigma_{eks}$ ) spriegumi vados AC-400/51, „Madrid-1050”, „Paris-840”.



4. att. Vēja, svara un gabarīta laidumi vadiem AC-400/51, „Madrid-1050”, „Paris-840”.



5. att. Nokares un gabarīts līdz zemei vadiem AC-400/51, „Madrid-1050”, „Paris-840”.



6. att. Vadu AC-400/51, „Madrid-1050”, „Paris-840” pieļaujamās slodzes.

Kā redzams no 3. tabulas, gabarīta laidumi vadiem 3 x AC-400/51 un 2 x “Madrid-1050” ir ierobežoti ar pieļaujamo vēja laidumu, bet vadam „Paris-840” - ar pieļaujamo zemes gabarītu. Pie uzdotās līnijas caurlaides spējas P=1200 MW (vai I=2264 A) priekšroka dodama vienam vadam 1 x “Paris-840”, jo maksimāli pieļaujamais laidums ir 585 m, kas ir par 311 m lielāks, nekā piekarot trīs vadus 3 x AC-400/51, vai par

289 m lielāks, nekā piekarot 2 x “Madrid-1050”, ja visi pārējie nosacījumi sakrīt. Vislielākais gabarīts līdz zemei ir tradicionāla tipa vadam 3 x AC-400/51, kas ir par 6,9 m lielāks, nekā piekarot vienu vadu „Paris-840”.

Kas attiecas uz silšanas ierobežojumu, tad šajā gadījumā jānosaka katra vada fāzes šķērsriezumu pēc pieļaujamās ilgstošās strāvas. Pirmkārt, ir zināms, ka pieļaujamā ilgstošā strāva vadam AC-400/51 ir 825 A, taču pēc uzdotā nosacījuma līnijai jālaiž cauri 2264 A strāva. Šādu caurlaides spēju nodrošina fāze, kas sadalīta trijos vados AC-400/51. Tātad 3 x AC-400/51 nodrošinās 2475 A strāvu, kas ir lielāka par 2264 A. Otrkārt, ir zināms, ka viena vada “Madrid-1050” caurlaides spēja pie temperatūras +70°C ir 1062 A, kas ir mazāk par nepieciešamo – 2264 A. Divi vadi fāzē nodrošinās 2124 A caurlaidību, kas arī ir mazāk par nepieciešamo. Taču, nepasliktinoties elektriskajiem parametriem, divi vadi “Madrid-1050”, sasilstot līdz +80°C, var laist cauri strāvu ar stiprumu 1163A, tāpēc 2 x “Madrid-1050” nodrošinās 2326 A strāvu, kas ir lielāka par 2264 A. Treškārt, ir zināms, ka viena vada “Paris-840” caurlaides spēja pie temperatūras +70°C ir 1384 A, kas ir mazāk par nepieciešamo – 2264 A. Taču, nepasliktinoties elektriskajiem parametriem, viens vads “Paris-840”, sasilstot līdz +175°C, var laist cauri strāvu ar stiprumu 2327 A, kas apmierina nepieciešamo nosacījumu.

#### B. Starpbalstu skaita noteikšana enkurlaidumā

Salīdzinājums veikts 50 km garam enkurlaidumam, unificētajam tērauda starpbalstam P 330-3 ar šādu klimatisko apstākļu kombināciju: vēja spiediens  $Q = 65 \text{ kg/m}^2$ , apledošanas un apsarmojuma biežums uz vadiem  $C = 5 \text{ mm}$ . Starpbalstu skaitu nosaka pēc šādas izteiksmes:

$$N = L_{\text{enk.}} : L_{\text{gab.}}$$

kur  $L_{\text{enk}}$  – enkurlaidums, m;

$L_{\text{gab}}$  – gabarīta laidums, m; to vērtības ir dotas 3. tabulā.

3. TABULA  
SKAITA IEGŪTĀS VĒRTĪBAS

Vadu marka	Enkurlaidums $L_{\text{enk.}}$ , m	Gabarīta laidums $L_{\text{gab.}}$ , m	Starpbalstu skaits $N_{\text{gab.}}$
3 x AC-400/51	50000	274	182
2 x “Madrid-1050”	50000	296	168
1 x “Paris-840”	50000	585	84

Piekarot divus 2 x “Madrid-1050” vadus 50 km garā enkurlaidumā, tiek ietaupīti 14 starpbalsti, salīdzinot ar trīs vadu 3 x AC-400/51 piekāršanu.

Piekarot vienu vadu “Paris-840” 50 km garā enkurlaidumā, tiek ietaupīti 98 starpbalsti, salīdzinot ar trīs vadu 3 x AC-400/51 piekāršanu.

C. Aptuvenus 50 km garuma 330 kV gaisvadu līnijas izbūvei nepieciešamo materiālu un aprīkojuma izmaksu aprēķins pie 1200 MW pārvadāmās jaudas

Dotais salīdzinājuma aprēķins ir aptuvenus, jo izmaksas cenas pastāvīgi mainās (skat. 4., 5., 6. tabulu).

4. TABULA

3xAC-400/51 GAISVADU LĪNIJAS IZBŪVES IZMAKSAS

Klimatiskie apstākļi			Q=65 kg/m <sup>2</sup> ; C=5 mm		
Nosaukums un mērvienības	Daudzums	Cena, LVL	3 x AC-400/51		
			Daudzums	Mērvienība	Izmaksa, tūkst. LVL
Balsts P 330-3, t	6.392	1250	1163.34	t	1454.2
Vads: AC-400/51, m	1	4.60	450000.00	m	2070.0
Dz/b pamati, m <sup>3</sup>	2.44	350	1776.32	m <sup>3</sup>	621.7
Virtenes (3 vadiem)	1	360	546	gab.	196.6
Kopā līnijai					4342.5

5. TABULA

2 x "MADRID-1050" GAISVADU LĪNIJAS IZBŪVES IZMAKSAS

Klimatiskie apstākļi			Q = 65 kg/m <sup>2</sup> ; C=5 mm		
Nosaukums un mērvienības	Daudzums	Cena, LVL	2 x "Madrid-1050"		
			Daudzums	Mērvienība	Izmaksa, tūkst. LVL
Balsts P 330-3, t	4.592	1250	771.46	t	964.3
Vads: AC-400/51, m	1	15.85	300000.00	m	4755.0
Dz/b pamati, m <sup>3</sup>	2.08	350	1397.76	m <sup>3</sup>	489.2
Virtenes (3 vadiem)	1	320	504	gab.	161.3
Kopā līnijai					6369.8

6. TABULA

1 x "PARIS-840" GAISVADU LĪNIJAS IZBŪVES IZMAKSAS

Klimatiskie apstākļi			Q = 65 kg/m <sup>2</sup> ; C = 5 mm		
Nosaukums un mērvienības	Daudzums	Cena, LVL	1 x "Paris-840"		
			Daudzums	Mērvienība	Izmaksa, tūkst. LVL
Balsts P 330-3, t	6.392	1250	84	t	671.2

Vads: AC-400/51, m	1	13.07	150000.00	m	1960.5
Dz/b pamati, m <sup>3</sup>	2.44	350	819.84	m <sup>3</sup>	287.0
Virtenes (3 vadiem)	1	230	252	gab.	58.0
Kopā līnijai					2976.7

330 kV gaisvadu līnijas aprīkojuma izmaksas, piekarot 2 vadus "Madrid-1050", izrādījās augstākas nekā 330 kV gaisvadu līnijas aprīkojuma izmaksas, piekarot 3 tradicionālos vadus AC-400/51. Kā redzams, vadu izmaksu dēļ. Savukārt, piekarot vienu vadu "Paris-840", gaisvadu līnijas aprīkojuma izmaksas ir viszemākās salīdzinājumā ar pārējiem vadiem.

## VI. SECINĀJUMI

1. Veiktie aprēķini rāda, ka gadījumā, ja būvē 50 km garu 330 kV gaisvadu līniju ar 1200 MW caurlaides spēju uz unificētiem tērauda balstiem ar jaunās konstrukcijas vadiem (vadi ar kompozīta serdeni – "Madrid-1050"), pie noteikuma, ka sakrīt visi pārējie nosacījumi (izņemot vada sasilšanu līdz 80°C nevis 70°C, kā tam jābūt saskaņā ar [8]), salīdzinājumā ar tradicionālā tipa vadu (3 x AC-400/51) izmantošanu gabarīta laidums palielinās par 22 m jeb par 7,4 %, attiecīgi balstu skaits samazinās par 14, pamatu skaits – par 56 un izolatoru virteņu skaits – par 42 jeb par 7,7 %, bet piekaramo vadu garums samazinās par 150 km jeb 1,5 reizes.

2. Jāatzīmē, ka vadam ar kompozītmateriāla serdeni ir lielāka izturība nekā tradicionālās konstrukcijas vadam: vadam "Madrid-1050" graužoša slodze ir 218,1 kN, bet vadam AC-400/51 – tikai 129 kN. Augstais elastības modulis un zemais lineārās izplešanās koeficients jūtami samazina vada nokari, t.i., ļauj palielināt gabarīta laidumu vai vertikālo gabarītu. Diemžēl šajā pētījumā vada "Madrid-1050" priekšrocības izmantot neizdevās, jo vadu stiepi ierobežoja pieļaujamās slodzes uz attiecīgo balstu.

3. Bez tam šajā darbā netika ņemti vērā būvmontāžas darbu un materiālu un aprīkojuma transportēšanas izdevumi. Uz trasi piegādājamo kravu apjomu un būvmontāžas darbu apjoma samazinājumam gala rezultātā jārada līnijas izbūves kapitālieguldījumu pazemināšanās.

4. Augstā jauno vadu cena (aptuveni 4,2 reizes lielāka par tradicionālajiem vadiem) var praksē samazināt ekonomisko efektu, tomēr, samazinot izdevumus, pateicoties vadu garuma samazināšanai (piekarot 2 vadus "Madrid-1050" 3 tradicionālo vadu AC-400/51 vietā), izdevumi 330 kV gaisvadu līnijas izbūvei ar vadiem "Madrid-1050" palielināsies tikai 1,61 reizes.

5. Pastāvot masveida pieprasījumam, cenas vadiem ar kompozīta serdeni var būtiski samazināties, un tad kompozītmateriāla vadu izmantošana kļūs ekonomiski pamatota.

LITERATŪRA

- [1] Practical application of High-Temperature Low-Sag (HTLS) Transmission Conductors. Dale A. Douglass. New Haven, Connecticut: 2004, p. 53.
- [2] Welcome to HTLS conductor. OHM TEKMIN. Available: [http://www.ohmtekmin.com/nuevo/documento/HTLSC\\_STACIR\\_Rev1.pdf](http://www.ohmtekmin.com/nuevo/documento/HTLSC_STACIR_Rev1.pdf) [Accessed April 13, 2011].
- [3] Santiago Cascante Nogales, José Antonio Lama Miñana, Adrián Alonso, M. Paz Comech, Miguel García-Gracia, Eduardo Martín "HTLS and HVDC solutions for overhead lines uprating", accepted papers in Proc. 2009 the 11th Spanish Portuguese Conference on Electrical Engineering, [Online] Available: <http://www.aedie.org/11chlie-papers/187-Cascante.pdf>
- [4] Characterization of Composite Cores for High Temperature- Low Sag (HTLS) conductors. Final project report. Ravi Gorur, Barzin Mobasher, Robert Olsen. PSERC Publication 09-05. June 2009, p. 52.
- [5] Powering the next generation. Composite Technology corporation. January 2007. V8.4 Public NYC. Available: [http://ctc-energy.com/products/files/block\\_1/page12\\_2.pdf](http://ctc-energy.com/products/files/block_1/page12_2.pdf) [Accessed April 13, 2011].
- [6] Latvenergo AST. 330 kV power loop project "Kurzemes loks", AS "Augstsprieguma tīkls", 1 October 2010.
- [7] AST Latvenergo mājas lapa. Available: [http://www.latvenergo.lv/portal/page?\\_pageid=80,1334481&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.latvenergo.lv/portal/page?_pageid=80,1334481&_dad=portal&_schema=PORTAL) [Accessed April 12, 2011].
- [8] Electrical Code. Moscow: Gosenergonadzor, 2000, pp.213-281 [in Russian].
- [9] THERMOLIGN HARDWARE REPORT, March 2010 Available: [www.compositetechcorp.com](http://www.compositetechcorp.com). [Accessed April 13, 2011]
- [10] Available: [www.compositetechcorp.com](http://www.compositetechcorp.com). [Accessed April 13, 2011]



**Svetlana Berjokkina** received her B.Sc., M.Sc. in Power Engineering from Riga Technical University, Riga, Latvia in 2008 and 2010 respectively. Now she continues studying as PhD student in RTU and works as an engineer at joint stock company „Siltumelektroprojekts”. Her research interests include power supply, transmission lines state estimation, analysis of power systems as well as their mathematical modeling.  
Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Rīga, Latvia.  
E-pasts: [svetlana.berjokkina@rtu.lv](mailto:svetlana.berjokkina@rtu.lv)



**Vladimirs Bargels** received Dipl.Eng. Degree from Riga Technical University (former Riga Polytechnic Institute) in 1974. Since 1998 he works as a leading specialist at joint stock company „Siltumelektroprojekts”. His work includes the designing of the overhead transmission line system.  
Address: Krishjana Barona 98., LV-1001, Rīga, Latvija.  
E-pasts: [bargel@sep.lv](mailto:bargel@sep.lv)



**Antans Sauhats** received Dipl.Eng., Cand.Techn.Sc., and Dr.hab.sc.eng. degrees from the Riga Technical University (former Riga Polytechnic Institute) in 1970, 1976, and 1991 respectively. Since 1991 he is Professor at Electric Power Systems. Since 1996 he is the Director of the Power Engineering Institute of the Riga Technical University.  
Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Rīga, Latvia.  
E-pasts: [sauhats@cef.rtu.lv](mailto:sauhats@cef.rtu.lv)



**Edvins Vanzovichs** received diploma engineer degree from the Riga Technical University in 1969, PhD degree from Belarus University of Technology in 1987, Dr.Sc.Ing. degree from Riga Technical University in 1992. Professor of Department of Energy Supply in Riga Technical University, faculty of Power and Electrical Engineering. Main scientific interests are in fields of power supply, relay protection, automation and optimal development of electrical power networks, as well as influence of lighting on these networks.  
Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Rīga, Latvia.  
Phone: +3717089924,  
Fax: +3717089905,  
E-pasts: [vanzovic@cef.rtu.lv](mailto:vanzovic@cef.rtu.lv)

**Svetlana Berjokkina, Vladimirs Bargels, Antans Sauhats, Edvins Vanzovichs. A Comparative Assessment of Conductors with Composite Core.**

The use of a High-Temperature Low-Sag (HTLS) conductor is one of the most discussed methods of uprating power systems nowadays. This method is more suitable for an uprating solution of power systems, because the optimized HTLS conductors have such advantages as high current capacity, long-term reliability, low sag-tension property, easy and quick installation, and low line loss. To assess the conductors with composite core, their use, a technical and economic comparison with the traditional steel conductors has been made.

For comparison purposes, a route in Latvia, Kurzeme region, was chosen. It is intended to construct a ring of 330 kV overhead transmission line there. The goal of new transmission line design is increasing the transmission capacity and voltage level to 330 kV and power supply reliability.

Based on the chosen transmission line model, the comparison estimation was made. The paper deals with a comparative analysis of the mechanical and thermal conditions of HTLS and steel-reinforced aluminium conductor (ACSR) based on a particular overhead line model.

The obtained calculation results are presented in the paper in graphic and table format.

**Светлана Берёзкина, Владимир Баргель, Антанс Саухатс, Эдвинс Ванзовичс. Сравнительный анализ возможности применения проводников с композитным сердечником в линиях электропередач.**

Использование высокотемпературных проводов (HTLS) в настоящее время является одним из наиболее обсуждаемых проблем модернизации энергосистем. Данный метод является наиболее подходящим решением для увеличения мощности энергетических систем, поскольку оптимизированные HTLS-проводники обладают такими преимуществами, как высокая пропускная способность, долгосрочная надежность, небольшой провис под нагрузкой, быстрая и легкая инсталляция, низкие потери в линии. Для того чтобы можно было оценить провода с композитным сердечником и возможности их использования, было произведено техническое и экономическое сравнение с сталеалюминиевыми проводами традиционного типа.

Для сравнения была выбрана трасса в Латвии, в Курземском регионе, где предполагается построить новую воздушную линию 330 кВ. Целью проектируемой линии электропередачи является увеличение пропускной способности латвийской энергосистемы и надежности электрической сети.

В соответствии с выбранной трассой линии электропередачи были произведены сравнительные расчеты. В статье представлен сравнительный анализ между высокотемпературными проводами (HTLS) и сталеалюминиевыми проводами (ACSR), с использованием механических и термических ограничений для конкретной воздушной линии.

Полученные результаты расчетов более детально показаны и в таблицах и в виде графиков.