

6. ŽELJEZNIČKI SIGNALNI I TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI

6.1. Signalni kabel

Za povezivanje elemenata signalno-sigurnosnih uređaja na željeznici koriste se signalni kabeli, koji se na Hrvatskim željeznicama koriste već 40 godina, kao posebna vrsta kabela. Ova vrsta kabela zapravo spada u skupinu energetske kabela. Signalni kabeli su predviđeni za vanjsko polaganje u zemlju ili u betonske kanalice. Za unutarnju montažu se signalni kabeli polažu u posebne kanale odnosno cijevi unutar građevine ili na posebne nosače. Kabeli za vanjsku ugradnju imaju iste električne karakteristike kao za unutarnju montažu, a različito imaju riješenu mehaničku zaštitu od oštećenja.

Signalni kabeli za vanjsku montažu su standardizirani (prihvaćen standard JŽS), a nose oznaku SPZ i SEZ (Signalni kabel s poliEtilenskom ili Polivinilkloridnom izolacijom sa Zaštitom). Polažu se naposredno u zemljani rov, cijevi ili kanale, a mogu se polagati i u zatvorenim prostorima.

U tehničkoj dokumentaciji signalni se kabeli označavaju:

SPZ (n) x d ili

SEZ (n) x d

gdje je:

S – kolodvorski signalno-sigurnosni kabel,

P – PVC izolacija,

E – polietilenska izolacija,

Z – zaštita (čelične trake,

n – broj žila u kabelu,

d – promjer vodiča.



Slika 6.1. SPZ kabel

6.1.1. Kontrukcija SP(E)Z kabela

Jezgra kabela je od vodiča upredenih u slojeve (krugove). Susjedni slojevi motani su u suprotnim smjerovima. Vodiči su od elektrolitskog bakra promjera 0,9 ili 1,4 mm. Izolacija vodiča je od PVC-a ili polietilena različitih boja. Svaki sloj počinje s kabelskom žilom koja ima drugačiju boju izolacije od ostalih. Početna žila vanjskog sloja je obojena crveno, sve početne žile ostalih slojeva obojen su plavo, a ostale žile jezgre kabela obojene su sivom bojom. Žile se u kebelu razbrajaju od unutarnjeg sloja prema vanjskim slojevima kako je to prikazano slikom 6.1.

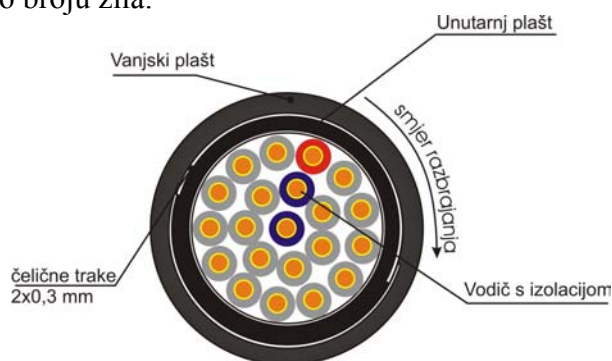
Broj žila u signalnom kabelu je standardiziran i iznosi:

2, 4, 5, 8, 12, 16, 21, 27, 33, 40, 48, 56, 61, 75, 80, 91, 108, 114, i 133.

Slojevi kabela omotani su koncem ili trakom.

Preko jezgre kabela prevučen je unutarnji plašt od polivinilklorida (PVC) debljine od 1,8 ili 2,4 mm.

Zaštita od mehaničkih oštećenja i glodavaca je izvedena čeličnim trakama debljine 0,2 ili 0,3 mm, ovisno o broju žila.



Slika 6.2. Presjek signalnog kabela SPZ 21x0,9

6.1.2. Električne karakteristike

Električne karakteristike signalnog kabela tipa SPZ ili SEZ prikazane su tablicom 6.1:

Tablica 6.1. Električne karakteristika SP(E)Z kabela

Karakteristika	Vrijednost za vodič:	
	0,9 mm	1,4 mm
Otor vodiča [Ω/km]	28,9	11,9
Otpor PVC izolacije, najmanje $G\Omega/\text{km}$	0,1	0,1
Otpor izolacije PE izolacije, najmanje $G\Omega/\text{km}$	10	10
Dielektrična čvrtoća, V_{eff} žila/žila	2000	2000
Djelatni kapacitet PVC izolacije, najviše nF/km na 800 Hz	180	210
Djelatni kapacitet PE izolacije, najviše nF/km na 800 Hz	100	120

6.2. Signalno-telekomunikacijski kabel tipa STKA i STA

Na jednokolosiječnim ili dvokolosiječnim prugama sa automatskim pružnim blokom ili bez njega, po tehničkim uvjetima za isporuku i ugradnju signalno-telekomunikacijske opreme na magistralnim prugama Hrvatskih željeznica, ostvaruju se slijedeće telegrafsko-telefonske veze za osiguranje i regulaciju željezničkog prometa:

- željezničke automatske telefonske, telegrafske i pružne veze,
- visokofrekventne veze preko visokofrekventnih uređaja za rad po koaksijalnim paricama i visokofrekventnim četvorkama,
- veze za prijenos impulsa satnih mehanizama.

Osim ovih zahtjeva, potrebno je povezivanje uređaja automatskog pružnog bloka, cestovnih pružnih prijelaza te uređaja elektrovuče duž pruge.

Odgovarajućim standardom propisana je konstrukcija kabela, električne karakteristike, način ispitivanja, označavanje, isporuka i način prijema pružnih signalno-telekomunikacijskih kabela koji su namijenjeni za polaganje duž pruga elektrificiranih monofaznim sistemom 25 kV, 25 Hz ili istosmjernim sistemom 3000 V.

Kombinirani signalno-telekomunikacijski kabel sa koaksijalnim paricama malog presjeka (STKA), simetričnim visokofrekventnim i niskofrekventnim četvorkama, aluminijskim plaštom i zaštitom od mehaničkih oštećenja i korozije nosi oznaku:

STKA 2x1,2/4,4 + 1x4x1,2 (VF 120 kHz) + 8x4x1,2 NF+ 12x4x0,9 NF

Za osiguranje funkcioniranja navedenih veza, odnosno odgovarajućih uređaja proizvodi se isti tip kabela bez koaksijalnih parica, a nosi oznaku STA. To je kombinirani signalno-telekomunikacijski kabel sa simetričnim visokofrekventnim i niskofrekventnim četvorkama, aluminijskim plaštom i zaštitom od mehaničkih oštećenja i korozije nosi oznaku:

STA 3x4x1,2 (VF 120 kHz) + 8x4x1,2 NF + 12x4x0,9 NF

U dogovoru sa proizvođačem koriste se modificirane konstrukcije s drugačijim rasporedom elemenata (na primjer 4 koaksijalne parice, više visokofrekventnih parica i sl.)

SIGNALNO-TELEKOMUNIKACIJSKI KABEL TIP A STKA

KONSTRUKCIJA

Konstrukcija signalno-telekomunikacijskih kabela bazira se na slijedećim elementima:

- koaksijalnim paricama malog presjeka 1,2/4,4 mm,
- simetričnim četvorkama presjeka 0,9 i 1,2 mm i
- niskofrekventnim zvijezda četvorkama presjeka 0,9 i 1,2 mm.

Koaksijalna parica malog presjeka definira se nominalnim dimenzijama. Unutarnji vodič je od bakrene žice promjera 1,2 mm, a vanjski vodič od bakrene trake debljine 0,18 mm. Unutarnji promjer vanjskog vodiča je 4,4 mm. Način izvođenja izolacije između unutarnjeg i vanjskog vodiča ostavlja se na volju proizvođaču. Koaksijalna parica treba biti omotana s dvije čelične trake debljine 0,1 mm u suprotnim smjerovima i najmanje dvije izolacijske trake, od kojih jedna može biti papirnata.

Simetrične četvorke su izrađene od bakrenih vodiča koji trebaju biti obavijeni kordelom i jednom papirnom trakom u suprotnim smjerovima omatanja. Četiri međusobno izolirana vodiča upredeni su u zvijezda četvorku. Izolacija vodiča je papirno-zračna. Vanjska površina papirne trake izolacije svake četvorke radi obilježavanja treba imati nanесenu obojenu liniju debljine 3 mm, slijedećih boja:

parica	žila	Boja uzdužne linije
1	a	žuta
	b	crvena
2	c	zeleno
	d	plavo

Četvorke su obavijene papirnom trakom ili pamučnim koncem različite boje, koji služi za raspoznavanje četvorki. U svakom sloju, početna četvorka treba biti označena crnom bojom. Četvorke za označavanje smjera razbrajanja, u neparnim slojevima, trebaju biti označene plavom bojom, a na parnim slojevima zelenom bojom. Ostale četvorke u neparnim slojevima trebaju biti označene izmjenično plavom i bijelom bojom. Raspored i položaj četvorki po slojevima dat je tablicom 1.

Ova pravila vrijede jednako za niskofrekventne i visokofrekventne četvorke.

JEZGRA KABELA

Jezgra kabela je izrađena od koncentričnih slojeva zvijezda četvorki. Susjedni slojevi trebaju imati suprotan smjer upredanja. Između slojeva stavlja se najmanje jedan omot od četiri papirnate trake. Preko zadnje papirnate trake dozvoljava se omot od jednog karboniziranog ili metaliziranog papira.

Tablica 6.2. Raspored četvorki i shema označavanja za kabele tipa STKA

<i>Sloj</i>	<i>Broj elemenata</i>	<i>Element</i>	<i>Boja konca</i>	<i>Napomena</i>
1	1 početni	0,9 zvijezda	crna	
	2	0,9 zvijezda	plava	
	3	0,9 zvijezda	plava	
2	4 početni	0,9 zvijezda	crna	
	5	0,9 zvijezda	zelena	
	6	0,9 zvijezda	zelena	
	7	0,9 zvijezda	crvena	
	8	0,9 zvijezda	zelena	s fantomnim vodom
	9	0,9 zvijezda	crvena	"
	10	0,9 zvijezda	zelena	"
	11	0,9 zvijezda	crvena	
	12	0,9 zvijezda	zelena	
	3	13 početni	1,2 zvijezda	crna
14		1,2 zvijezda	plava	
15		1,2 zvijezda	plava	
16		1,2/4,4	-	koax. parica 1
17		1,2 zvijezda	plava	s fantomnim vodom
18		1,2 zvijezda	bijela	
19		1,2 zvijezda	plava	VF četvorka-120 kHz
20		1,2 zvijezda	bijela	
21		1,2 zvijezda	plava	
22		1,2/4,4	-	koax. parica 2
23		1,2 zvijezda	plava	s fantomnim vodom

Raspored elemenata u jezgri kabela

Jezgra kabela se sastoji iz tri sloja. U prvom sloju su tri NF četvorke í 0,9 mm, u drugom sloju devet NF četvorki í 0,9 mm, a u trećem: dvije koaksijalne parice malog presjeka 1,2/4,4 mm, jedna VF četvorka í 1,2 mm i osam NF četvorki í 1,2 mm. U svrhu dobivanja što ravnomjernijeg i pravilnijeg upredanja u jezgru kabela, dozvoljava se povećanje presjeka NF četvorki, koje se nalaze u istom sloju sa koaksijalnim paricama odnosno simetričnim četvorkama

Aluminijski plašt

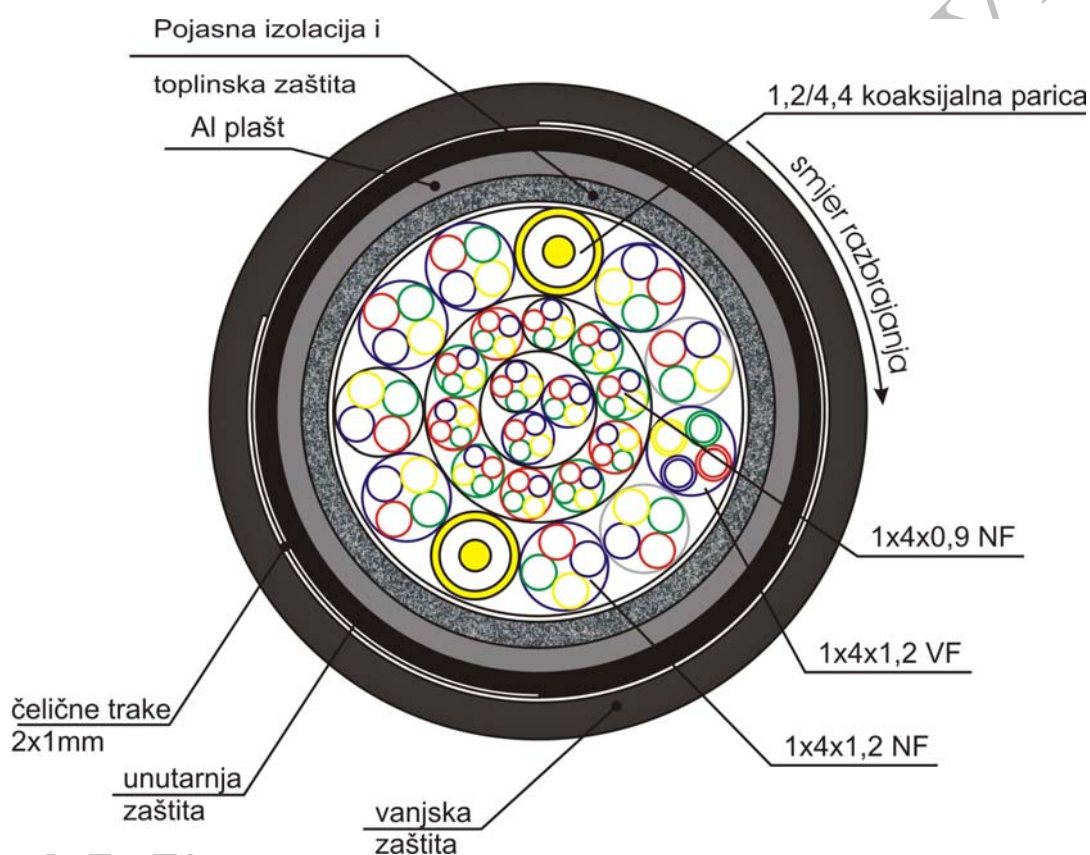
Plašt treba biti u obliku bešavne cijevi iz aluminijske minimalne čistoće 99,5 % homogenog sastava, potpuno čiste i glatke površine, bez nabora i ogrebotina. Debljina aluminijskog plašta treba zadovoljiti postavljene zahtjeve u pogledu redukcijuskog faktora.

Zaštita od mehaničkih oštećenja i korozije

Kabel mora biti armiran s najmanje dvije čelične trake premazanih kompaund masama. Debljina čeličnih traka treba biti najmanje 0,5 mm za kabele sa presjekom preko aluminijskog plašta do i 30 mm, a najmanje 0,8 mm za kabele većeg presjeka. Čelične trake trebaju biti obavijene s maksimalnim zazorom 1/3 širine trake.

Vrsta i konstrukcija unutrašnjeg i vanjskog zaštitnog sloja ostavlja se na volju proizvođaču, s tim, da armatura zadovoljava sve uvjete dobre zaštite.

Na prugama elektrificiranim istosmjernom strujom, korozivnim i podvodnim terenima, a u cilju zaštite koristi se vanjski plašt od PVC mase umjesto vanjskog antikorozivnog sloja. U ovom slučaju minimalna debljina aluminijskog plašta mora biti najmanje 1,3 mm. Za potrebe uvlačenja kabela u kabelsku kanalizaciju aluminijski plašt treba imati samo zaštitu od PVC mase.



Slika 6.3. Presjek kombiniranog kabela STKA

ELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE

Koaksijalna parica 1,2/4,4 mm

<i>Karakteristika</i>	<i>Jedinične mjere</i>	<i>Gran. vrijednost</i>	<i>Frekvencija</i>	<i>Dužina kabela (m)</i>
<i>Otpor vodiča mjeren istosmjernom strujom na 20° C max.</i>				
<i>a) unutarnjeg</i>	Ω/km	<i>16,5</i>		<i>1000</i>
<i>b) vanjskog</i>	Ω/km	<i>7,5</i>		<i>1000</i>
<i>Otpor izolacije mjeren između:</i>				
<i>– unutarnjeg i vanjskog vodiča, pri mjernom naponu 100 V</i>	$G\Omega\text{km}$	<i>10</i>		<i>1000</i>
<i>– vanjskog vodiča i svih ostalih vodiča vezanih zajedno i sa metalnim plaštem</i>	$G\Omega\text{km}$	<i>>1,0</i>		<i>1000</i>
<i>Dielektrična čvrstoća:</i>				
<i>Izolacija cijele tvorničke dužine izdržati će bez proboja u vremenu 2 minute izmjenični napon:</i>				
<i>– između unutarnjeg i vanjskog vodiča</i>	V_{eff}	<i>1000</i>	<i>50 Hz</i>	<i>425</i>
<i>– između vanjskog vodiča i svih ostalih vodiča vezanih zajedno i s metalnim plaštem</i>	V_{eff}	<i>2000</i>	<i>50 Hz</i>	<i>425</i>
<i>Srednja vrijednost realnog dijela karakteristične impedancije</i>	Ω	<i>75</i>	<i>1 MHz</i>	
<i>Odstupanje od srednje vrijednosti karakteristične impedancije</i>	Ω	<i>± 1,5</i>	<i>1 MHz</i>	
<i>Faktor refleksije:</i>				
<i>za 80 % tvorničkih dužina</i>		<i>4 Ø</i>		<i>425</i>
<i>za 20 % tvorničkih dužina</i>		<i>6 Ø</i>		<i>425</i>

<p>Prigušenje preslušavanja između dvije koaksijalne parice u istom kabelu (tipsko ispitivanje)</p> <p>Za dužine različite od tvorničke, prigušenje preslušavanja izračunava se po formuli</p> $a_{f-a} \approx 13 N - \ln\left(\frac{l(m)}{425}\right)$	<i>N</i>	13	60 kHz	425
<p>Nominalna vrijednost vlastitog prigušenja na 10°C</p> <p>Odstupanje od nominalne vrijednosti</p> <p>Korekcionni faktor za temperaturu 1+0,002(10-t)</p>	<i>N/km</i>	0,61	1 MHz	1000
	<i>N/km</i>	0,023	1 MHz	

Visokofrekventna četvorka Φ 1,2 mm za 120 kHz

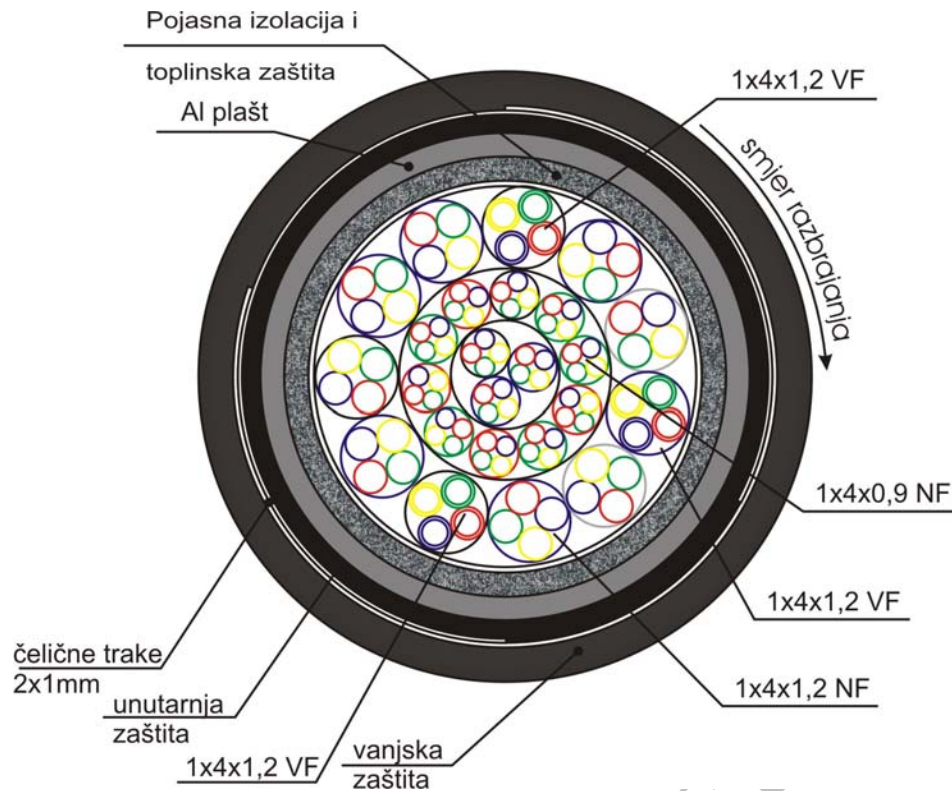
Karakteristika	Jedinične mjere	Gran. vrijednost	Frekvencija	Dužina kabela (m)
Otpor petlje vodiča Φ 1,2 mm	Ω/km	31,2		1000
<p>Razlika otpora između dvije petlje</p> <p>Za dužine \neq 426 m vrijednost razlike otpora se određuje prema: $\Delta R = \Delta R_{426} \cdot \sqrt{L / 426}$</p>	Ω	0,06		426
Otpor izolacije na 20 § C	$G\Omega km$	10		1000
<p>Dielektrična čvrstoća:</p> <p>Izolacija cijele tvorničke dužine izdržati će bez proboja u vremenu 1 minute izmjenični napon:</p> <ul style="list-style-type: none"> - između aluminijskog plašta i svih ostalih vodiča spojenih zajedno - između žila a i b svake parice 	<i>V_{eff}</i>	2000	50 Hz	425
	<i>V_{eff}</i>	500	50 Hz	425
Nominalna vrijednost realnog dijela karakteristične impedancije	Ω	174-j9	120 kHz	

<i>Dozvoljeno odstupanje od srednje vrijednosti karakteristične impedancije</i>	Ω	$\pm 5\%$	120 kHz	
<i>Nominalna vrijednost radnog kapaciteta</i>	nF/km	26,5	800 Hz	1000
<i>Pojedinačno odstupanje radnog kapaciteta od izmjerene srednje vrijednosti</i>		$\pm 5\%$	800 Hz	1000
<i>Planirana vrijednost vlastitog prigušenja</i>	N/km	0,220 0,320	120 kHz 250 kHz	
<i>Prigušenje preslušavanja:</i> - na bližem kraju - na daljem kraju Za dužine $\neq 426$ vrijednost preslušavanja $b_l = b_{426} - \frac{1}{2} \ln \frac{l(m)}{426} (N)$	N	-7,0 -6,4 -8,3 -7,8	120 kHz 250 kHz 120 kHz 250 kHz	426 426
<i>Koeficijenti kapacitivne asimetrije K1,K2,e1,e2 K4-K12 i e3 ne propisuju se i ne kontroliraju, jer se VF parice ne koriste kao fantomni vodovi Tangens kuta gubitaka $\text{tg } \delta \leq 0,012$</i>	pF	600	800 Hz	

Niskofrekventna četvorka $\Phi 0,9$ i $1,2$ mm

<i>Karakteristika</i>	<i>Jedinične mjere</i>	<i>Gran. vrijednost</i>	<i>Frekvencija</i>	<i>Dužina kabela (m)</i>
<i>Otpor petlje vodiča</i> - $\Phi 0,9$ mm - $\Phi 1,2$ mm	Ω/km	55,2 31,2		1000 1000
<i>Razlika otpora između dva vodiča iste petlje</i>	Ω	0,6		426
<i>Otpor izolacije pri mjrenom naponu 200 V</i>	G Ω km	10		1000

<p>Dielektrična čvrstoća: Izolacija cijele tvorničke dužine izdržati će bez proboja u vremenu 1 minute izmjenični napon:</p> <ul style="list-style-type: none"> - između aluminijskog plašta i svih ostalih vodiča spojenih zajedno - između žila a i b svake parice 	<p><i>V_{eff}</i></p> <p><i>V_{eff}</i></p>	<p>2000</p> <p>500</p>	<p>50 Hz</p> <p>50 Hz</p>	<p>425</p> <p>425</p>
<p>Nominalna vrijednost radnog kapaciteta za: četvorke sa vodičem í 0,9 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - osnovni vod - fantomni vod <p>četvorke sa vodičem í 1,2 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - osnovni vod - fantomni vod 	<p><i>nF/km</i></p> <p><i>nF/km</i></p> <p><i>nF/km</i></p> <p><i>nF/km</i></p>	<p>34</p> <p>92</p> <p>26,5</p> <p>68,5</p>	<p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p>	<p>1000</p> <p>1000</p> <p>1000</p> <p>1000</p>
<p>Koeficijenti kapacitivne asimetrije za</p> <p>a) četvorke s korištenjem fantomnih vodova</p> <p>K1,</p> <p>K2,K3,</p> <p>K4-K12,</p> <p>e1,e2,</p> <p>e3</p> <p>b) četvorke bez korištenja fantomnih vodova</p> <p>K1</p> <p>K9-K12</p> <p>e1,e2</p>	<p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p> <p><i>pF</i></p>	<p>260</p> <p>600</p> <p>300</p> <p>700</p> <p>1600</p> <p>260</p> <p>300</p> <p>700</p>	<p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p> <p>800 Hz</p>	<p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p>
<p>Radni odvod određuje se na paricama s najvećim radnim kapacitetom za: četvorke sa vodičem í 0,9 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - osnovni vod - fantomni vod <p>četvorke sa vodičem í 1,2 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - osnovni vod - fantomni vod <p>Tangens kuta gubitaka</p> <p>$\text{tg } \delta = G/\omega C_0$ 0,012</p>	<p><i>μS/km</i></p> <p><i>μS/km</i></p> <p><i>μS/km</i></p> <p><i>μS/km</i></p>	<p>0,8</p> <p>2,3</p> <p>0,9</p> <p>2,4</p>	<p>425</p> <p>425</p> <p>425</p> <p>425</p>	<p>800 Hz</p>



Slika 6.4. Presjek kombiniranog kabela STA

REDUKCIJSKI FAKTOR

Redukcijski faktor kabela mjeren na uzorku kabela dužine 1,2 m mora biti maksimalno 0,03 pri induciranim naponima na plaštu od 80 do 430 V/km frekvencije 50 Hz, a pri induciranom naponu od 800 V/km maksimalno 0,1

ISPORUKA

Kabel se isporučuje na drvenim bubnjevima prema standardima proizvođača. Standardna tvornička dužina iznosi 425 m +2m,-4m. Dozvoljava se isporuka kraćih dužina od standardnih, ali ne kraćih od 100m, do 10% od ukupno ugovorene količine po svakoj vrsti kabela.

Kabeli se isporučuju pod pritiskom plina od 0,5 do 1 bar, a kraj kabela mora biti završen ventilom, zaštićen pogodnom gumenom ili plastičnom kapom.

Isporučka se obavlja iz tvornice uz tvornički atest, a naručitelju se treba omogućiti kontrola u svako vrijeme uz najavu tvorničkoj kontroli kabela