

19. SÄHKÖJOHTOJEN MITOITTAMINEN

19.1. Kaapelit ja avojohdot

19.1.1. Yleistä

Johto on valittava siten, että hankintahetkellä arvioituna kaikkien johdon toiminta-aikana syntyvien kustannusten nykyarvo on mahdollisimman pieni. Kustannuksiin on laskettava mukaan hankinta- ja asennuskustannusten lisäksi vuotuiset kunnossapitokustannukset, häviökustannukset sekä avojohdoilla tarvittaessa myös johdonvaihtokustannukset.

Johtoa valittaessa on taloudellisuuden ohella kiinnitettävä huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- johdon tulee kuulua normaalisti valmistettaviin suosituimmuuslajeihin ja sen on oltava mahdollisesti käyttäjän varastotyyppiä vakioitu,
- jännitteenalenen tulee pysyä sallituissa rajoissa,
- termisen ja dynaamisen oikosulkukestoisuuden tulee olla riittävä myös verkon todennäköinen laajentuminen huomioituna,
- oikosulkusuojaus tulee voida järjestää ja nollausehdot tulee täyttää,
- kuormitettavuutta tarkasteltaessa tulee huomioida kuormituksen kasvu ja ympäristöolosuhteet sekä niissä mahdollisesti tapahtuvat muutokset ja
- mekaanisen ja kemiallisen kestoisuuden riittävyys on tarkistettava.

19.1.2. Suosituimmuuskaapelit

Suosituimmuuskaapeleilla tarkoitetaan muutamia poikkipinnaltaan yleisimpiä ja jatkuvasti saatavissa olevia kaapelityyppejä, jotka ovat kokonaisratkaisuna edullisimpia käytettäväksi.

Suosituimmuuskaapelien käytöllä saavutettavia etuja ovat esimerkiksi:

- kaapelien, tarvikkeiden ja työkalujen toimitusajat ovat lyhyet,
- suunnittelu-, hallinto-, varastointi- ja materiaalien käsittelykustannukset voidaan minimoida,
- asennustyökalujen määrä vähenee ja
- asennustyöt voidaan vakioida ja niiden vaatima henkilöstön koulutustarve vähenee.

Suosituimmuuskaapelit yksi- ja monijohdinkaapeleissa on esitetty taulukoissa 19.1a ja 19.1b.

19.1.3. Jännitteenalenema

Siirtoetäisyyden ollessa lyhyehkö - avojohdoilla <100 km ja kaapeleilla <20 km - saadaan jännitteenalenenan pitkittäiskomponentti riittävällä tarkkuudella yhtälöstä

$$U_h = I (R \cos \varphi + X \sin \varphi) ,$$

jossa U_h = vaihejännitteen alenema,

I = johtimen virta,

R = johtimen vaihtovirtaresistanssi,

X = johtimen reaktanssi ja

φ = vaihejännitteen ja -virran välinen vaihesiirtokulma.

Siirtoetäisyyden kasvaessa on jännitteenalenemaa tarkasteltava luonnollisesti yleisen johtoteorian perusteella.

Jännitteenalenemalle voidaan soveltaa seuraavia raja-arvoja:

Siirtoverkon johdot 400 ja 110 kV	5...15 %
Maaseutuverkon jakelujohdot 20 ja 10 kV	5...10 %
Kaupunkien suurjännitejohdot	0,5...2 %
pienjännitejakojohtot 400 / 230 V	2...3 %
Maaseutuverkon pienjännitejakojohtot 400 / 230 V	5...10 %

3- vaiheisiin kaapelilajeihin liittyviä selityksiä:

MCMK	PVC- eristeinen, kuparijohtiminen maakaapeli, konsentrisen PEN-johdin.
AMCMK	PVC- eristeinen, alumiinijohtiminen maakaapeli, konsentrisen kuparisuoja-johdin.
AMKA	PE- eristeinen, alumiinijohtiminen riippukierrejohto, eristämätön nollajohdin.
AXMK	PEX- eristeinen, alumiinijohtiminen maakaapeli, PEN- johdin.
AXCMK	PEX- eristeinen, alumiinijohtiminen maakaapeli, konsentrisen PEN-johdin.
AHXAMK- W	PEX- eristeinen, alumiinijohtiminen 6 / 10 kV maa- / ilmakaapeli.
AHXAMK- W	PEX- eristeinen, alumiinijohtiminen 12 / 20 kV maa- / ilmakaapeli.

Taulukko 19.1a. Suosituimmuuskaapelit yksijohdinkaapeleissa.

Poikkipinta mm ²	U_0 / U				
	0,6 / 1 kV		6 / 10 kV	12 / 20 kV	
	AXMK	XMK	AHXCМК	AHXCМК	HXCМК
35					1x35
300	1x300	1x300		1x300	
800	1x800		1x800	1x800	

Taulukko 19.1b. Suosituimmuuskaapelit monijohdinkaapeleissa.

Poikkipinta mm ²	U_0 / U						
	0,6 / 1 kV				6 / 10 kV	12 / 20 kV	
	MCMK	MCMK	AMCMK	AMCMK	AXMK	AHXAMK-W	AHXAMK-W
2,5	3x2,2+2,5	4x2,5+2,5S					
6	3x6+6	4x6+6S					
10	3x10+10	4x10+10S					
16	3x16+16	4x16+16S	3x16Al+10Cu		4x16S		
25					4x25S		
35	3x35+35	3x35+16+16S	3x35Al+10Cu	3x35Al+16Al+10CuS	4x35S		
70	3x70+35	3x70+35+35S	3x70Al+21Cu	3x70Al+35Al+21CuS	4x70S		3x70Al+35Cu
120	3x120+70	3x120+70+70S	3x120Al+41Cu	3x120Al+70Al+41CuS	4x120S		3x120Al+35Cu
185	3x185+95	3x185+95+95S	3x185Al+57Cu	3x185Al+95Al+57CuS	4x185S	3x185Al+35Cu	3x185Al+35Cu
240	3x240+120	3x240+120+120S	3x240Al+72Cu	3x240Al+120Al+72CuS	4x240S		3x240Al+70Cu
300					4x300S	3x300Al+35Cu	

19.1.4. Oikosulkukestoisuus

Terminen oikosulkukestoisuus

Johdon termien oikosulkukestoisuus ilmoitetaan tavallisesti suurimpana sallittuna 1 sekunnin virta-arvona lähtien suurimmasta sallitusta käyttölämpötilan arvosta. Termistä oikosulkukestoisuutta tarkasteltaessa on aina otettava huomioon mahdolliset pika- ja aikajälkeenkytkennät ja niiden vaikutus oikosulkuvirran vaikutusaikaan. Vastaavasti on aina huomioitava suojarleiden ja katkaisijan toiminta-ajat.

Oikosulkuvirran vaikutusajan ollessa 0,2...5 s saadaan aikaa t vastaava oikosulkuvirta kertomalla yhden sekunnin oikosulkuvirta kertoimella $1/\sqrt{t}$. Kesto aika saadaan laskemalla ensimmäisenä likiarvona kaikki oikosulkuvirran vaikutusajat yhteen.

Dynaaminen oikosulkukestoisuus

Oikosulkuvirrat rasittavat mekaanisesti sekä kaapeleita että varusteita. Kantaverkon ja suurten voima-asemien läheisyydessä dynaaminen oikosulkurasitus on oleellisesti suurempi kuin kauempana verkossa. Tällöin varusteiden lisäksi on tarkistettava myös itse kaapelin kiinnityksen dynaaminen kestoisuus. Erityisesti tämä koskee suurvirtajärjestelmiä ja ilma-asennuksissa olevia useampia kaapeleita rinnakkaisreitillä. Oikosulkuhetkellä suurimmat vaikuttavat voimat määrää sysäyoikosulkuvirta, jonka suuruus on n. 2,5 kertaa alkuoikosulkuvirta. Dynaamisten rasitusten minimointi edellyttää oikeiden varusteiden lisäksi oikeaa asennustekniikkaa.

Oikosulkusuojaus

Jokainen virtapiiri on varustettava oikosulkusuojaalla, joka katkaisee piirin oikosulkuvirran, ennen kuin se aiheuttaa johtimissa ja liitoksissa lämpö- ja mekaanisista vaikutuksista johtuvaa vaaraa.

Taulukko 19.1c. 3-vaiheisten PVC- ja PEX eristeisten kaapelien 1 sekunnin oikosulkuvirta kiloampereina.

Johtimen Poikkipinta	Kuparijohtimet		Alumiinijohtimet		Johtimen poikkipinta
	PVC-eriste / 1 kV MMJ, MCMK	PEX-eriste / 1 kV	PVC-eriste / 1 kV AMCMK	PEX-eriste / 1 kV AXMK, AXCMK, AHXAMK-W	
mm ²	Johtimen lämpötila oikosulun alussa				mm ²
	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	
2,5	0,30	0,40		0,26	2,5
6	0,70	0,92		0,60	6
10	1,15	1,51		0,98	10
16	1,85	2,39	1,19	1,56	16
25	2,81	3,69	1,85	2,42	25
35	3,92	5,15	2,58	3,37	35
70	7,76	10,20	5,10	6,68	70
120	13,20	17,40	8,68	11,40	120
185	20,30	26,70	13,30	17,50	185
240	26,30	34,60	17,30	22,60	240
300	32,80	43,10	21,60	28,20	300
800	84,30	114,00	56,80	74,40	800
	Johtimen lämpötila oikosulun lopussa				
	150 °C	250 °C	150 °C	250 °C	

19.1.5. Kuormitettavuus

1. Suurin sallittu johtimen käyttölämpötila
 - PVC- ja PEX eristeiset 1 kV kaapelit 70 °C
 - PEX eristeiset kaapelit yli 1 kV ja
 - PEX eristeiset 1 kV kaapelit erityisolosuhteissa 90 °C
2. Yksijohdin kaapelien vapaa välimatka
 - tasossa: kaapelin ulkohalkaisija
 - kolmiossa: kaapelit koskettavat toisiaan
3. Kosketussuojauspiiri
 - avoin: kaapelien kosketussuojat yhdistetty toisiinsa ja maadoitettu vain yhteyden toisessa päässä
 - suljettu: kosketussuojat yhdistetty toisiinsa yhteyden molemmissa päissä ja maadoitettu ainakin kaapeliyhteyden toisessa päässä
4. Ilma-asennuksessa
 - ympäröivän ilman lämpötila +25 °C
5. Maa-asennuksessa
 - maaperän lämpötila +15 °C
 - asennussyvyys: 0.7 m (alle 110 kV kaapelit)
 - 1.0 m (110 kV kaapelit)
 - maaperän lämpöresistivisyys 1,0 K m/W

PEX-kaapeleiden maa-asennuksessa on huomattava, että jatkuva johdinlämpötila +90 °C maassa saattaa kuivattaa ympäröivää maaperää ja sitä kautta aiheuttaa kaapelin ylikuormittumisen. Tästä syystä emme suosittele PEX-eristeisille kaapeleille maassa yli +65 °C jatkuvia johdinlämpötiloja.

Kun olosuhteet poikkeavat edellä mainituista oletusarvoista, on sallitut maksimikuormitettavuudet kerrottava korjauskertoimilla.

Esimerkki

Kolme AXMK 4 x 185 mm² 0,6/1,0 kV kaapelia on asennettu vierekkäin 70 mm vapaalle etäisyydelle toisistaan kuivaan soramaahan 80 cm syvyiseen kaapeliojaan. Maan lämpötila on +5 °C.

Taulukon 19.1g mukainen kuormitusvirta 365 A pätee yhdelle kaapelille normaaliolosuhteissa.

Korjauskertoimet:

kaapelien etäisyys toisistaan	70 mm	taulukko 19.1k	$k_1 = 0,75$
maalaji	kuiva sora	taulukko 19.1m	$k_2 = 0,85$
asennussyvyys	80 cm	taulukko 19.1l	$k_3 = 0,97$
maan lämpötila	+ 5 °C	taulukko 19.1n	$k_4 = 1,09$

Yhden kaapeli sallittu kuormitusvirta = $0,75 \times 0,85 \times 0,97 \times 1,09 \times 365 \text{ A} = 246 \text{ A}$

Jos kaapeli suojataan liiallista lämpenemistä vastaan ainoastaan sulakkeella, on taulukon 19.1t mukaan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta 200 A. Tämä on samalla kaapelin suurin sallittu liitäntätehon perusteella laskettu kuormitusvirta. Kuormitusvirtaa 246 A saa käyttää, jos kaapeli suojataan releohjatulla suojalaitteella.

Taulukko 19.1d. PVC-eristeisten 1 kV voimakaapelien ja alle 1 kV johtimien ja asennuskaapelien suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta asennustavat A...E, kolme kuorimitettua johdinta. Korjauskertoimet taulukoissa 19.1o, q ja s.

Johtimen Poikkipinta mm ²	Kaapelien suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta / A				
	Asennustavat				
	A ja A2	B ja B2	C	D	E
alumiini					
16	45	56	62	78	64
25	60	73	77	100	82
35	74	91	96	121	101
50	89	111	116	142	124
70	113	140	148	176	159
95	136	170	180	208	192
120	157	197	208	237	224
150	180		240	269	259
185	205		274	304	296
240	240		323	349	349
300	276		372	395	403
kupari					
1,5	13,5	16	18,5	26	19,5
2,5	19	22	25	36	26
6	32	38	43	57	45
10	44	53	60	78	63
16	59	72	80	101	84
25	77	94	101	130	107
35	94	117	126	156	133
50	114	142	152	185	162
70	144	181	195	228	207
95	173	219	236	271	252
120	199	253	274	308	292
150	228		311	349	338
185	262		361	389	385
240	303		427	450	455
300	347		491	510	526

Oletetut normaaliolosuhteet

- ympäristön lämpötila 25 °C
- johdinlämpötila:
 - PVC-eristeisissä johdoissa 70 °C
 - kumieristeisissä johdoissa 60 °C

Asennustavat A ja A2

A

- Eristetyt johtimet eristetyssä seinässä olevassa asennusputkessa.
- Monijohtiminen kaapeli eristetyssä seinässä.
- Eristetyt johtimet asennusputkessa asennuslistassa.

A2

- Monijohtiminen kaapeli eristetyssä seinässä olevassa asennusputkessa.

Asennustavat B ja B2

B

- Eristetyt johtimet puisen seinän pinnalla olevassa asennusputkessa.
- Eristetyt johtimet puisen seinän pinnalla olevassa kanavassa.
- Eristetyt johtimet tuulettuvassa lattiakanavassa olevassa asennusputkessa.

B2

- Monijohdinkaapeli puisen seinän pinnalla olevassa asennusputkessa.

Asennustapa C

- Seinän pinnalla oleva monijohdinkaapeli.
- Seinän pinnalla olevat yksijohdinkaapelit.
- Monijohdinkaapeli kivirakenteessa.
- Yksi- tai monijohdinkaapelit avoimessa tai tuulettuvassa kourussa.
- Monijohdinkaapelit kanavassa tai asennusputkessa avoimessa ilmatilassa tai tiiliseinän kanssa kosketuksissa (kerro arvot kertoimella 0.8 (huomautus)).
- Lattian tai katon pinnalla oleva kaapeli.

Asennustapa D

- Monijohtimiset kaapelit maassa olevissa kanavissa.
- Yksijohdinkaapelit maassa olevissa kanavissa.
- Yksi- ja monijohdinkaapelit suoraan maassa.

Asennustavat E, F ja G

E

- Monijohdinkaapeli ilma-asennuksessa.
 - Vapaa välimatka seinästä vähintään 0,3 kertaa kaapelin halkaisija.

F

- Yksijohtimiset kaapelit koskettavat toisiaan ilma- asennuksessa.
 - Vapaa välimatka seinästä vähintään kaapelin halkaisija.

G

- Yksijohtimiset kaapelit ilma- asennuksessa.
 - Vapaa välimatka kaapeleiden välillä vähintään kaapelin halkaisija.

Taulukko 19.1e. PVC-eristys.

PVC-eristeisten johtimien kuormitettavuudet eri asennustavoilla															
A /mm ²	A		B		C		D		E		F		G		
	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta kolmiossa	3 johdinta tasossa	3 johdinta vaakatasossa	3 johdinta pystystasossa
kupari															
1,5	15	13,5	18,5	16	20	18,5	33	26	23	19,5	-	-	-	-	-
2,5	20	19	25	22	27	25	43	36	31	26	-	-	-	-	-
4	27	25	33	29	37	33	56	46	42	36	-	-	-	-	-
6	36	32	43	38	48	43	71	57	54	45	-	-	-	-	-
10	48	44	60	53	66	60	91	78	74	63	-	-	-	-	-
16	64	59	80	72	90	80	123	101	99	84	-	-	-	-	-
25	84	77	107	94	118	101	157	130	126	107	138	116	120	154	137
35	104	94	132	117	146	126	189	156	156	133	171	145	151	191	171
50	126	114	160	142	178	152	224	185	191	162	207	177	184	232	208
70	160	144	203	181	225	195	278	228	245	207	266	228	238	297	269
95	192	173	245	219	273	236	327	271	298	252	322	279	291	361	329
120	222	199	285	253	316	274	373	308	347	292	373	325	339	419	383
150	254	228	-	-	364	311	421	349	401	338	430	377	393	483	444
185	289	262	-	-	415	361	473	389	460	385	490	431	451	552	508
240	339	303	-	-	488	427	547	450	543	455	578	510	534	651	603
300	389	347	-	-	561	491	618	510	629	526	666	589	616	751	698
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	799	703	739	903	842
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	920	802	844	1040	975
630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1065	1907	952	1206	11134
alumiini															
16	50	45	62	56	69	62	94	78	77	64	-	-	-	-	-
25	66	60	83	73	87	77	121	100	94	82	103	89	92	118	104
35	81	74	103	91	109	96	144	121	117	101	129	111	115	147	131
50	98	89	125	111	132	116	171	142	143	124	157	135	140	179	161
70	125	113	159	140	169	148	213	176	183	159	203	175	183	230	207
95	150	136	191	170	206	180	252	208	222	192	249	215	224	280	255
120	173	157	222	197	239	208	286	237	258	224	289	251	261	326	298
150	200	180	-	-	276	240	323	269	298	259	334	290	304	377	345
185	227	205	-	-	315	274	365	304	341	296	384	333	349	431	398
240	267	240	-	-	373	323	420	349	402	349	455	397	415	510	473
300	306	276	-	-	430	372	475	395	465	403	526	460	482	590	550
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	636	557	585	711	666
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	735	646	678	821	773
630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	856	752	790	954	903

Taulukko 19.1f. PEX/EPR-eristys.

PEX/EPR-eristeisten johtimien kuormitettavuudet eri asennustavoilla															
A / mm ²	A		B		C		D		E		F			G	
	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta	2 johdinta	3 johdinta kolmioissa	3 johdinta tasossa	3 johdinta vaakatasossa	3 johdinta pystytasossa
Kupari															
1,5	19,5	17,5	23	20	24	22	39	13	27	23	-	-	-	-	-
2,5	27	23	32	28	34	31	50	43	37	33	-	-	-	-	-
4	36	32	43	38	46	41	65	65	50	43	-	-	-	-	-
6	46	41	56	49	60	54	84	68	65	56	-	-	-	-	-
10	63	56	76	68	83	73	108	91	89	78	-	-	-	-	-
16	84	75	104	92	111	99	142	118	119	104	-	-	-	-	-
25	110	98	138	121	143	123	181	152	154	132	167	140	146	189	167
35	136	121	170	149	177	152	218	182	192	163	208	175	183	235	209
50	164	146	205	182	218	186	259	215	234	199	251	215	223	286	255
70	208	186	264	230	279	238	320	268	300	255	322	278	290	367	330
95	250	224	318	279	341	289	379	317	366	309	392	341	354	447	404
120	289	258	368	324	397	334	431	360	426	359	454	397	414	520	472
150	330	296	-	-	458	385	486	407	491	414	524	460	480	600	548
185	376	336	-	-	526	440	546	457	563	474	598	526	552	687	629
240	440	395	-	-	622	520	630	528	666	559	706	628	656	812	747
300	505	452	-	-	720	599	713	573	770	644	814	726	760	938	866
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	977	872	915	1128	1048
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1125	996	1046	1303	1215
630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1304	1120	1161	1512	1416
Alumiini															
16	66	60	82	73	87	79	108	91	94	80	-	-	-	-	-
25	87	79	109	96	105	93	139	117	112	100	125	107	111	143	126
35	104	97	136	120	131	116	168	140	140	124	156	134	140	178	159
50	130	117	164	145	160	141	198	168	171	152	191	165	171	218	195
70	164	147	208	186	205	180	244	207	219	194	246	217	223	281	253
95	198	177	251	224	250	219	289	246	267	236	300	263	274	345	312
120	228	204	292	260	291	254	330	279	312	273	350	307	320	402	365
150	263	235	-	-	336	294	373	315	359	314	404	356	372	465	424
185	299	266	-	-	385	335	420	355	412	359	464	410	429	535	488
240	351	312	-	-	456	395	482	408	488	425	551	489	511	635	583
300	402	358	-	-	527	457	547	463	564	489	637	568	593	736	678
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	769	689	721	890	823
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	890	800	838	1030	957
630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1035	934	979	1225	112

Taulukko 19.1g. 3-johtimisien kaapeleiden sallittu jatkuva kuormitusvirta ampeereina. Korjauskertoimet taulukoissa 19.1k, ... ,o ja r.

Johtimen poikkipinta mm ²	≤ 6/10 (12) kV								>6/10 (12) ≤ 18/30 (36) kV			
	Kupari				Alumiini				Kupari		Alumiini	
	PVC		XLPE tai EPR		PVC		XLPE tai EPR		XLPE tai EPR			
	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa
25	120	130	155	160	93	100	120	125	160	160	125	125
35	145	160	190	190	115	120	145	150	195	190	150	145
50	175	185	225	225	135	145	175	175	230	225	175	175
70	215	230	280	275	165	180	215	215	280	270	220	210
95	260	275	340	330	205	210	260	255	345	330	265	255
120	300	310	385	370	235	240	300	290	395	370	305	290
150	340	345	445	420	265	270	345	325	450	415	345	320
185	385	390	510	470	300	305	395	365	510	465	395	360
240	450	450	590	540	355	350	465	425	600	540	470	420

Taulukko 19.1h. Suurvirtakaapelijärjestelmien sähköisiä arvoja.

Kaapelien lukumäärä ja poikkipinta	Asennus kaavio	R	X	Kaapelit	
				vaakasuun- nassa	pystysuun- nassa
AMMK 0, 6/1 kV		Ω / km	Ω / km	A	A
3 x 1 x 150 + 1 x 150	1	0,242	0,130	320	300
3 x 1 x 300 + 1 x 300	1	0,118	0,120	500	480
3 x 2 x 300 + 1 x 300	2	0,059	0,053	950	900
3 x 3 x 300 + 2 x 300	3	0,040	0,035	1250	1150
3 x 4 x 300 + 2 x 300	4	0,030	0,040	1750	1600
3 x 1 x 800 + 2 x 300	4	0,012	0,040	3400	3100

R on vaihejohtimen resistanssi 70 °C lämpötilassa

X on vaihejohtimen 50 Hz reaktanssien keskiarvo

Asennuskaavio:

1 R₁ S₁ T₁ N₁

2 R₁ S₁ T₁ N₁ T₂ S₂ R₂

3 R₁ S₁ T₁ N₁ R₂ S₂ T₂ N₂ R₃ S₃ T₃

4 R₁ S₁ T₁ N₁ T₂ S₂ R₂ R₃ S₃ T₃ N₂ T₄ S₄ R₄

Taulukko 19.1j. Kolmen PEX-eristeisen yksijohdinkaapelin sallitut jatkuvat kuormitusvirrat ampeereina kolmivahejärjestelmässä, kun kaapelien vaipat on yhdistetty toisiinsa johdon molemmissa päissä. Kaapelin vapaa välimatka tasoasennuksessa sama kuin kaapelin ulkohaikaisija ja kolmioasennuksessa nolla. Johdinlämpötilat ovat 65 °C maassa ja 90 °C ilmassa.

Johtimen poikkipinta mm ²	Kuormitusvirta							
	A							
	Kaapelit ilmassa				Kaapelit maassa			
	tasossa		kolmiossa		tasossa		kolmiossa	
Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	
50	255	205	250	195	220	170	205	155
70	320	255	295	235	270	215	255	200
95	380	310	355	280	315	250	295	235
120	430	350	410	325	345	280	335	265
150	480	395	465	370	385	315	380	300
185	535	440	535	425	425	350	425	330
240	615	515	620	490	485	395	485	385
300	685	580	705	565	530	440	545	435
400	785	680	835	680	590	500	625	510
500	870	755	940	775	645	550	695	570
630	960	840	1035	880	700	610	755	635
800	-	1010	-	1010	-	650	-	695

Taulukko 19.1k. Maassa olevien vierekkäisten kaapelien läheisyyden vaikutus. Kertoimet pätevät kolmijohdinkaapeleille, sekä yksijohdinkaapeliryhmille.

Kaapelin tai 1 johdinkaapeliryhmien vapaa välimatka mm	Vierekkäisten kaapelien tai yksijohdinkaapeleiden lukumäärä						
	2	3	4	5	6	8	10
	Korjauskerroin						
0	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,5	0,46
70	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
250	0,87	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64

Taulukko 19.1l. Asennussyvyyden vaikutus maassa.

Asennus-syvyys m	Kaapelin nimellisjännite		
	0,6 / 1 kV	6/10...12 / 20 kV	64 / 110 kV
0,50...0,70	1,00	1,00	1,05
0,71...0,90	0,97	0,99	1,02
0,91...1,10	0,95	0,98	1,00
1,11...1,30	0,93	0,96	0,97
1,31...1,50	0,92	0,95	0,95

Taulukko 19.1m. Maan lämpöresistiivisyyden vaikutus.

Maan lämpöresistiivisyys K · m / W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
0,6 / 1 kV							
25 mm ² saakka	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,67
35...95 mm ²	1,13	1	0,93	0,86	0,76	0,70	0,64
120...500 mm ²	1,14	1	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63
6 / 10 kV							
25 mm ² saakka	1,09	1	0,95	0,88	0,80	0,74	0,69
25...95 mm ²	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,66
120...500 mm ²	1,12	1	0,93	0,86	0,77	0,70	0,65
12 / 20 kV							
25 mm ² saakka	1,08	1	0,96	0,90	0,81	0,75	0,70
35...95 mm ²	1,10	1	0,95	0,89	0,79	0,73	0,67
120...500 mm ²	1,11	1	0,94	0,88	0,78	0,72	0,66
18 / 30 - 34,6 / 60 kV							
95 mm ² saakka	1,08	1	0,95	0,90	0,82	0,76	0,71
120...500 mm ²	1,09	1	0,95	0,89	0,80	0,74	0,69

Esimerkkejä maalajien lämpöresistiivisyyksistä:

Kuiva hiekka (kosteus 0%)

3,0 Km / W

Kuiva sora ja savi

1,5 Km / W

Puolikuiva sora, suomuta ja hiekka (kosteus 10%)

1,2 Km / W

Puolikuiva savi ja kostea sora

1,0 Km / W

Kostea savi ja hiekka

0,7 Km / W

Taulukko 19.1n. Maan lämpötilan vaikutus.

Johtimen lämpötila °C	Maan lämpötila °C					
	5	10	15	20	25	30
	Korjauskerroin					
80	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88
70	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85
60	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84

Taulukko 19.1o. Ilman lämpötilan vaikutus eristettyjen johtimien kuormitettavuuteen.

Johtimen- lämpötila °C	Ilman lämpötila °C							
	10	15	20	25	30	35	40	45
	Korjauskerroin							
90	1,12	1,08	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80
80	1,14	1,09	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77
70	1,18	1,12	1,06	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71
65	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,85	0,77	0,68
60	1,22	1,16	1,07	1,00	0,92	0,85	0,75	0,65




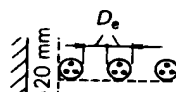


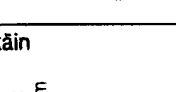
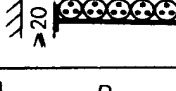


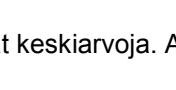
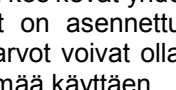
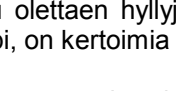
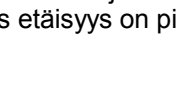


Taulukko 19.1p. Ilman lämpötilan vaikutus alumiini- ja teräsalumiiniköysien kuormitettavuuteen.

Ilman lämpötila °C	-20	-10	0	10	15	20	25	30	35	40
Korjauskerroin	1,30	1,23	1,16	1,08	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80

Taulukko 19.1q. Johtojen vierekkäisyydestä aiheutuva korjauskerroin. Taulukon 19.1d. mukaisiin kuormitusvirtoihin.

Johtojen ja putkien lukumäärä	Korjauskerroin	Piirros
1	1,00	
2	0,87	
3	0,80	
4	0,76	
5	0,73	
6	0,71	
7	0,69	
8	0,68	
9	0,67	
yli 9	0,66	

Taulukko 19.1r. Monijohdikaapeleiden muodostamien ryhmien korjauskertoimet (huomautus 2) koskee vapaasti ilmassa olevien monijohdinkaapeleiden referenssiarvoja (asennustapa E).

Taulukon 52-B2 mukainen asennustapa			Kaapeleiden lukumäärä						
			Hyllyjen lukumäärä	1	2	3	4	6	9
Rei'ittämättömät kaapelihyllyt (Huomautus 3)	H	Vierekkäin 	1	0,95	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70
		Erillään 	1	1,00	0,95	0,95	0,95	0,90	-
	J	Vierekkäin 	2	0,95	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		Erillään 	3	0,95	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
Rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 3)	H	Vierekkäin 	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		Erillään 	2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	J	Vierekkäin 	3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		Erillään 	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-
Pystysuorat rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 4)	K	Vierekkäin 	2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		Erillään 	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-
	L	Vierekkäin 	2	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,70
		Erillään 	3	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
Kaapelitikkaat, kannattimet, jne. (huomautus 3)	H	Vierekkäin 	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		Erillään 	2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
	J	Vierekkäin 	3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		Erillään 	1	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70



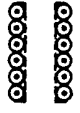

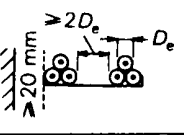
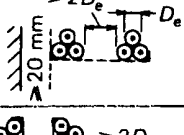
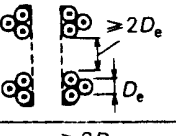
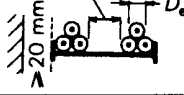
Huomautus: 1) Annetut arvot ovat keskiarvoja. Arvojen hajonta on yleensä pienempi kuin $\pm 7,5 \%$.

2) Korjauskertoimet koskevat yhdessä kerroksessa olevia kaapeliryhmiä, eivätkä ole voimassa silloin, kun kaapelit on asennettu useampaan toisiaan koskettavaan kerrokseen. Tällaisia asennuksia varten arvot voivat olla merkittävästi pienempiä ja ne on määritettävä tapaukseen soveltuvaa menetelmää käyttäen.

3) Arvot on annettu olettaen hyllyjen väliseksi pystysuoraksi etäisyydeksi 300 mm. Jos tämä etäisyys on pienempi, on kertoimia pienennettävä.

4) Hyllyjen ollessa asennettuja takaseinä toisiaan kohti, niiden vaakasuoraksi etäisyydeksi on oletettu 225 mm. Jos etäisyys on pienempi, kertoimia on pienennettävä.

Taulukko 19.1s. Yksijohtimisten kaapeleiden muodostamien ryhmien korjauskertoimet (huomautus 2). Koskee vapaasti ilmassa olevia yhden virtapiirin yksijohdinkaapeleita.

Taulukon 52-B2 mukainen asennustapa			Kolmivaihevirtapiirin lukumäärä (Huomautus 5)			Kerroin arvolle, joka koskee
			Hyllyjen lukumäärä	1	2	
Rei'ittämättömät kaapelihyllyt (Huomautus 3)	M	Vierekkäin 	1	0,95	0,90	0,85
			2	0,92	0,85	0,80
			3	0,90	0,80	0,75
Rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 3)	N	Vierekkäin 	1	0,95	0,90	0,85
			2	0,95	0,85	0,80
			3	0,90	0,85	0,80
Pystysuorat rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 4)	P	Vierekkäin 	1	0,95	0,85	-
			2	0,90	0,85	-
Kaapelitikkaat, kannattimet jne. (Huomautus 3)	Q	Vierekkäin 	1	1,00	0,95	0,95
			2	0,95	0,90	0,90
			3	0,95	0,90	0,85
Rei'ittämättömät kaapelihyllyt (Huomautus 3)	M		1	1,00	0,95	0,95
			2	0,95	0,90	0,85
			3	0,95	0,90	0,85
Rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 3)	N		1	1,00	1,00	0,95
			2	0,95	0,95	0,90
			3	0,95	0,90	0,85
Pystysuorat rei'itetyt kaapelihyllyt (Huomautus 4)	P		1	1,00	0,90	0,90
			2	1,00	0,90	0,85
Kaapelitikkaat, kannattimet jne. (Huomautus 3)	Q		1	1,00	1,00	1,00
			2	0,95	0,95	0,95
			3	0,95	0,95	0,90

Huomautus: 1) Annetut arvot ovat keskiarvoja. Arvojen hajonta on yleensä pienempi kuin $\pm 7,5 \%$.

2) Korjauskertoimet koskevat yhdessä kerroksessa olevia kaapeliryhmiä, eivätkä ole voimassa silloin, kun kaapeli on asennettu useampaa toisiaan koskettavaan kerrokseen. Tällaisia asennuksia varten arvot voivat olla merkittävästi pienempiä ja ne on määritettävä tapaukseen soveltuvaa menetelmää käyttäen

3) Arvot on annettu olettaen hyllyjen väliseksi pystysuoraksi etäisyyksiksi 300 mm. Jos tämä etäisyys on pienempi, on kertoimia pienennettävä.

4) Hyllyjen ollessa asennettuja takaseinä toisiaan kohti, niiden vaakasuoraksi etäisyydeksi on oletettu 225 mm. Jos etäisyys on pienempi, kertoimia on pienennettävä.

5) Virtapiireillä, joilla on useampi kuin yksi rinnakkain kytketty kaapeli vaihetta kohti, kukin kolmen johtimen ryhmä on katsottava tämän taulukon kannalta virtapiiriksi.

19.1.6. Ylivirtasuoja

Kun kaapelia suojaa vain sulake, on sulakkeen valinta sidottu taulukon 19.1t mukaisesti kaapelin kuormitusvirtaan, sillä sulakkeen on suojeltava kaapeli liialliselta lämpenemiseltä ylikuorman esiintyessä.

Jos sitävastoin sulakkeen kanssa sarjassa on erityinen ylikuormitussuoja (esi m. moottorinsuojakytkin), jää sulakkeen ainoaksi tehtäväksi toimia oikosulkusuojana. Tällöin sulakekoon määrittäminen voidaan sijoittaa johtimen poikkipintaan taulukon 19.1u mukaisesti ottaen kuitenkin huomioon ylikuormitussuojan valmistajan esittämät vaatimukset etusulakkeelle. Alle 1 kV kaapeleiden vähimmäispoikkipinnan valinnan helpottamiseksi on muutamilla korjauskerrointen arvoilla taulukkoja 19.1d ja 19.1t soveltaen laadittu taulukko 19.1v.

Taulukko 19.1t. Johdon ylikuormasuoja toimivan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta.

Johdon sallittu kuormitusvirta vähintään / A	Suojaavan sulakkeen tai L-tyyppisen johdosuojakytkimen suurin sallittu nimellisvirta / A
14	10
20	16
25	20
32	25
41	35
58	50
73	63
93	80
116	100
146	125
185	160
232	200
292	250
366	315
464	400
583	500
733	630
930	800
1170	1000
1460	1250

Taulukko 19.1u. Ainoastaan kaapelin oikosulkusuojana toimivan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta.

Johdinpoikkipinta Cu mm ²	Johdinpoikkipinta Al mm ²	Suojaavan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A
1,5	2,5	25
2,5	-	35
6	6	50
10	10	63
16	16	80
25	25	125
35	35	160
50	50	200
70	70 (95)	250
95	120	315
120	150	400
150	185	500
185	240	630
240	300	800
	400	1000

Kun johtimen poikkipinta on suuri (vähintään 120 mm² Cu tai 150 mm² Al), saa kolme tai useampia eristepäälysteisiä johtimia kytkeä rinnan. Tällöin jokainen johdin on varustettava omalla ylivirtasuojallaan johtimen molemmissa päissä, ellei Sähkötarkastuskeskuksen kanssa sovita muista ehdoista. Eräänä tällaisena sovittuna tapauksena sallitaan tehokatkaisijan käyttö johdon alkupäässä rinnankytkettyjen johtojen suojana seuraavilla edellytyksillä.

- Oikosulkusuojan (momenttilaukaisun) on toimittava nopeasti virran arvolla, joka on 0,8 kertaa virtapiirin pienin mahdollinen oikosulkuvirta.
- Kunkin osajohtimen on erikseen kestävä termisesti piirin suurin mahdollinen oikosulkuvirta.
- Ylikuormitussuojien on toimittava osajohtimien yhteenlaskettua suurita sallittua jatkuvaa kuormitusvirtaa vastaavalla arvolla.
- Osajohtimien välisestä riittävän tasaisesta virran jakautumisesta on varmistauduttava mittauksin tai laskelmin. Eri osajohtimien virta ei saa poiketa enempää, kuin ± 10 % vaiheen osajohtimien virtojen keskiarvosta.

Ottaen huomioon johtimien liittimien tms. impedanssit on kaikissa rinnankytkentätapauksissa huolehdittava siitä, että oikosulun laukaisuaika on enintään 5 s.

Taulukko 19.1v. Alle 1 kV nimellisiännitteisten kaapeleiden vähimmäispoikkipinnan riippuvuus sulakkeen nimellisvirrasta. Suurin sallittu kuormitusvirta enintään sulakkeen nimellisvirran suuruinen.

Asennustapa	Sulakkeen nimellisvirta I_N/A	Johdinpoikkipinnan vähimmäissuuruus mm ² Cu korjauskertoimen ollessa					
		1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
	Korjauskertoimen						
A 1)	6	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	10	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	6
	16	2,5	2,5	6	6	6	6
	20	6	6	6	6	10	10
	25	6	6	10	10	10	16
	32	10	10	10	16	16	25
	35	10	10	16	16	16	25
	40	16	16	16	16	25	25
	50	16	16	25	25	35	35
	63	25	25	35	35	50	70
	80	35	35	50	50	70	95
	100	50	70	70	70	95	120
	125	70	95	95	120	150	185
	160	95	120	150	185	185	240
	200	150	185	185	240	300	400
250	185	240	300	400	400	-	
B 2)	25	6	6	10	10	10	10
	32	10	10	10	10	10	16
	35	10	10	10	10	10	16
	40	10	10	10	10	16	16
	50	10	10	16	16	25	25
	63	16	16	16	25	25	35
	80	25	25	25	35	35	50
	100	25	35	35	50	70	70
	125	35	50	70	70	95	95
	160	70	70	95	95	120	150
	200	95	95	120	150	185	240
	250	120	150	185	185	240	300
315	185	240	240	300	400	-	

1) Johto on asennettu siten, että sen pinnan ja sitä peittävän seinän tai aineen ulkopinnan välinen lämmön siirtymiskerroin $K = 11 \dots 50 \text{ W / } ^\circ\text{C m}^2$.

2) Johto on asennettu pinnalle tai siten, että sen pinnan ja sitä peittävän seinän tai aineen ulkopinnan välinen lämmön siirtymiskerroin $K > 50 \text{ W / } ^\circ\text{C m}^2$.

19.1.7. Tasavirralla kuormittaminen

Tasavirtakäytöissäkin käytetään yksi-, kaksi-, kolme- tai nelijohtimisia kaapeleita rinnan tai yksinään. Nykyisin pyritään plus ja miinus viemään eri kaapeleissa ja tämän lisäksi pyritään käyttämään samoja kaapelilajeja kuin vaihtovirtakäytöissä.

Taulukkoon 19.1w on laskettu valmiiksi sallitut kuormitusvirrat eri tapauksissa 0,6/1 kV PVC-eristeisille kaapeleille.

Taulukko 19.1w. PVC-eristeisten kaapeleiden kuormitettavuus tasavirralla. Jäähdytysolosuhteet samat kuin, jos kaapeli olisi vapaasti ilmassa ja ympäristön lämpötila max. +25°C.

Johtimen poikkipinta mm ²	Johtimen kuormitusvirta / A			
	Yksijohdin kaaapeli (as.väli kaap. halk.)	Kolmijohdin-kaapeli, jonka kaksi johdinta on kuormitettu	Kaksi tai useampi johtiminen kaapeli	Nelijohdin-kaapeli, jonka kaikki johtimet ovat kuormitetut
2,5 Cu	31	28	24	20
4	42	39	33	28
6	55	51	43	37
10	76	70	59	51
16	105	99	83	72
25 Al	105	100	85	73
35	135	125	105	91
50	160	150	125	110
70	205	190	160	140
95	245	235	195	170
120 Al	290	270	225	195
150	335	310	260	225
185	380	355	295	255
240	455	420	350	305
300	525	480	400	350

19.1.8. Johdinköydet

Taulukko 19.1x. Johdinköysien ominaisarvoja.

Nimitys	Alumiini poikkipinta mm ²	Tasavirta resistanssi + 20 °C Ω / k m	Ohje-kuormitetavuus A	1 sekunnin oikosulkuvirta kA	Murtolujuus kN	Massa k g / k m
Teräsalumiiniköysiä (FeAl)						
SPARROW	34	0,848	210	2,4	12,5	137
RAVEN	54	0,536	280	3,9	18,9	216
PIGEON	85	0,337	360	6,1	29,6	344
DOTTEREL	89	0,323	400	6,5	72,6	654
SUURSAVO	106	0,273	430	7,6	49,7	485
OSTRICH	152	0,190	550	11	57	613
WOLF	158	0,183	475	-	68,8	728
LYNX	184	0,157	535	-	79,5	846
FINCH	565	0,051	1250	40,8	181	2123
Alumiiniköydet						
Al 132	132	0,219	495	11,6	23,0	362
Al 201	201	0,143	640	17,7	34,2	552
Al 34 6	346	0,083	920	30,5	58,8	953
Al 63 8	638	0,045	1140	56,1	109,0	1760
Alumiiniseosjohtimet						
AAAC 132	132	0,251	460	12,4	41,5	362
AAAC 178	178	0,186	560	16,7	55,9	488
AAAC 34 6	346	0,096	855	32,5	109,0	953
Teräsköydet						
	Teräs					
St 4 0	40	-	-	-	51,3	310
St 5 2	52	-	-	-	67,8	410
St 6 7	67	-	-	-	87,2	530
St 6 8	68	-	-	-	88,6	540

19.1.9. AMKA-riippukierrekaapeli

AMKA-riippukierrekaapelia käytetään pienjänniteilmajohtona.

- Nimellisjännite 0,6 / 1 kV
- Eristys säänkestävästä PE-muovista
- Kannatinköysi tiivistetty 7-lankainen alumiiniköysi, joka toimii myös PEN-johtimena. Viisijohtimisessa kaapelissa kannatinköysi on PE-johdin.
- Alin asennuslämpötila – 20 °C

Taulukko 19.1y. 1 kV AMKA-riippukierrekaapelien sähköisiä arvoja.

Johtimien lukumäärä ja nimellispoikkipinta mm ²	Tasavirtaresistanssit + 20 °C Ω / k m		Induktiivinen reaktanssi 50 Hz Ω / k m	Ohjekuormitettavuus A	1 sekunnin oikosulkuvirta k A	Murto- lujuus k N	Massa kg / k m
	Vaihe- johdin	Nolla- johdin					
1 x 16 + 25	1,910	1,380	0,09	75	1,0	7,4	140
3 x 16 + 25	1,910	1,380	0,11	70	1,0	7,4	270
3 x 25 + 35	1,200	0,986	0,11	90	1,6	10,3	390
3 x 35 + 50	0,868	0,720	0,10	115	2,2	14,2	530
3 x 50 + 70	0,641	0,493	0,10	140	3,2	20,6	700
3 x 70 + 95	0,443	0,363	0,10	180	4,5	27,9	990
3 x 95 + 120	0,253	0,363	0,09	250	5,9*	27,9	1510

* Kannatusköysi määrittää oikosulkuvirran.

19.1.10. SAXKA-riippukierrekaapelit

SAXKA kaapelin rakenne ja kaapelin vaatima pieni tilantarve on käytettävissä hyödyksi siellä, missä johtokatuja saanti on vaikeaa tai kallista tai muuten vallitsee tilanahtaus. Myös turvallisuus, luonnonsuojelulliset yms. syyt puoltavat SAXKA-kaapelin käyttöä. Kaavoittamattomilla alueilla voidaan maakaapeliyhteyden rakentaminen siirtää sopivampaan ajankohtaan SAXKA-kaapelin avulla.

- Muovirakenteinen keskijännitekaapeli, joka koostuu kolmesta teräksisen kannatinköyden ympärille kerratusta yksijohdinkaapelista
- Nimellisjännite 12 / 20 kV, sekä lisäksi 6 / 10 kV ja 18 / 30 kV
- Mahtuu ahtaisiin paikkoihin
- Voidaan asentaa samaan pylväeseen pienjänniteriippu- ja heikkovirtajohtojen kanssa.
- Kannatinköysi maadoitettava molemmista päistä ja pitkillä yhteyksillä 1 km välein.

Taulukko 19.1z. 12 / 20 kV SAXKA-riippukierrekaapelien sähköisiä arvoja.

Johtimien nimellispoikkipinta mm ²	Tasavirtaresistanssi +20 °C Ω / k m	Induktiivinen reaktanssi 50 Hz Ω / k m	Suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta A	1 sekunnin oikosulkuvirta k A
3x 70	0,443	0,14	235	6,7
3x 120	0,253	0,13	330	11,4
3x 185	0,164	0,12	425	17,5

19.1.11. SAX-johdot

SAX-johdot ovat päällystettyjä suurjännite avojohtoja. Asennustekniikka on samankaltainen tavallisten avojohtojen kanssa ja eristystaso perustuu eristimiin. Päällysteenä ABB:n TTT-käsikirja 2000-07

on säänkestoinen PEX-muovikerros, joka kestää hyvin johtimien yhteenlyöntien aiheuttamat jänniterasitukset ja jonkin aikaa myös puun kosketusta. Päälylystetyt johtimet mahdollistavat vaihevälien pienennyksen ja johtokatujen kavennuksen.

- PEX-muovilla päälylystetty johdin sallii + 80 °C jatkuvan johdinlämpötilan ja + 200 °C oikosulun loppulämpötilan.
- Asennus nopeaa ja helppoa.
- Mahtuu ahtaisiin paikkoihin.
- Parantaa sähkönjakelun varmuutta.
- Vähentää sähkökatkoksia ja toimittamatta jääneen sähkön määrää.

Taulukko 19.1ä. SAXKA-riippukierrekaapelien sähköisiä arvoja.

Johdin	asavirtaresistanssi +20 °C Ω / km	Ohjekuormitettavuus 20 °C / 80 °C A	1-s oikosulkuvirta 40 °C – 200 °C kA	Johtimen paino kg/km
SAX 50	0,720	245	4,3	210
SAX 70	0,493	310	6,4	270
SAX 95	0,363	370	8,6	365
SAX 120	0,288	430	11,0	425
SAX 150	0,236	485	13,5	530

19.1.12. Ukkosköydet valokuidulla

Ukkosköysi valokuidulla on perinteinen ukkosköysi, jonka sisälle on laitettu valokuituyksikkö. Kuidun avulla tarjoutuu suurikapasiteettinen ja luotettava tiedonsiirtotie voimajohtojen yhteyteen palvelemaan voimayhtiöiden ja sähkölaitosten tiedonsiirtotarpeita.

Taulukko 19.1ä. Valokuitu-ukkosköyden sähköisiä arvoja.

Tyyppi	Tasavirtaresistanssi +20 °C Ω / km	1-s oikosulkuvirta kA	Johtimen paino kg/km
AACSR/AW SS-nF 106/49	0,267	10,6	720
AACSR/AW SS-nF 121/34	0,249	11,4	661

19.11.13. 110 kV voimakaapelit

- Nimellisjännite 64 / 110 kV.
- Tiivistetty pyöreä alumiinijohdin.
- PEX-eristeinen.
- Vaippana musta PE-muovi.

Taulukko 19.1ö. 110 kV voimakaapeleiden sähköisiä arvoja.

Johdin AHXLMK 64 / 110 kV	Max tasavirtaresistanssi +20 °C Ω / km	1-s oikosulkuvirta kA
1 x 300	0,100	28,2
1 x 500	0,0605	47,0
1 x 800	0,0367	74,4
1 x 1200	0,0247	112