



F1000095632B

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT

95632

C (45) Patentti myönnetty
Patent modelat 26 02 1996

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

H 01B 7/28, 9/00

SUOMI-FINLAND
(FI)Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	931897
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	27.04.93
(24) Alkupäivä - Löpdag	27.04.93
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	28.10.94
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	15.11.95

(71) Hakija - Sökande

1. Nokia Kaapeli Oy, Heikkiläntie 7, 00210 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Hinkkuri, Antero, Keihästie 17, 01280 Vantaa, (FI)

2. Matikainen, Keijo, Tammihaantie 2 B, 02720 Espoo, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Suurjännitejohdon johdin n. 60 kV ja sitä korkeampi-jännitteisiä ilmajohtoja varten
Ledning vid en högspänningslinje för luftledningar med en spänning om ca 60 kV eller mer

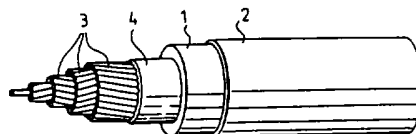
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

DE A 2552895 (H 01B 9/02), GB B 1574796 (H 01B 9/02), US A 4767894 (H 01B 9/02),
US A 4997995 (H 01B 9/02), US A 4791240 (H 01B 9/02)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee suurjännitejohdinta n. 60 kV ja sitä korkeampi-jännitteisiä ilmajohtoja varten ja eristepäällysteisen ja toisen johtimen kosketuksen aiheuttamaa läpilyöntiä vastaan suojatun johtimen (3) käyttö n. 60 kV ja sitä korkeampi-jännitteisissä vaihtovirta- ja tasavirtailmajohdoissa. Keksinnön mukaan johdin (3) on eristepäällysteinen ja suojattu toisen johtimen kosketuksen aiheuttamaa läpilyöntiä vastaan siten, että johtimen (3) eristepäällystys muodostuu sitä ympäröivästä puoli-johtavasta kerroksesta (4) ja uloimpana olevasta säänkestävästä pintaeristyskerroksesta (2), sekä näiden välissä olevasta varsinaisesta eristekerroksesta (1).

Uppfinningen avser en högspänningsledare för ca 60 kV eller mera högspända luftledningar och användning av en isoleringsbelagd och mot av kontakt med en annan ledare förorsakat överslag skyddad ledare (3) i växel- och likströmsluftledningar för ca 60 kV och mera. Enligt uppfinningen är ledaren (3) isoleringsbelagd och skyddad mot av kontakt med en annan ledare förorsakat överslag så, att ledarens (3) isoleringsbeläggning bildas av ett ledaren omslutande halvledande skikt (4) och av ett ytterst liggande väderbeständigt ytisolerings-skikt (2) samt ett egentligt isolerings-skikt (1) mellan dessa.



Suurjännitejohdon johdin n. 60 kV ja sitä korkeampijännitteisiä ilmajohdoteja varten

5 Tämän keksinnön kohteena on suurjännitejohdon johdin n. 60 kV ja sitä korkeampijännitteisiä ilmajohdoteja varten.

10 Tähän astiset suurjänniteavojohdot, joiden vaihejohtimien jännite ylittää n. 20 kV muodostuvat kirkkaista, eli olennaisesti päällystämättömistä johtimista. Tällöin johtimia on sijoitettava pylväsrakenteisiin siten, että johtimien väliin jää riittävä etäisyys johtimien yhteenlyönnin estämiseksi.

15 Toisaalta 20 kV ns. PAS-johdin on yksinkertaisella muovipäällysteellä varustettu ilmajohdin, jota käytetään tällä jännitealueella paljaiden johtimien sijasta. Eristysaine on usein ristosilloitettua polyeteeniä XLPE (PEX). Eristys mitoitetaan kestäämään johtimien yhteenlyönneistä aiheutuvia jänniterasituksia, mutta ei eristämään johdinta täydellisesti kaapeleiden tapaan. Usein PAS-johdin onkin 20 vaihtoehto paljon kalliimmalle maakaapeliratkaisulle.

25 Yli n. 60 kV johtimissa ja erityisesti 110 kV ja sitä suuremmissa suurjännitejohtimissa ei käytetä eristeitä tai päällysteitä, koska tunnettujen avojohdoissa käytettyjen eristekerrosten tulisi olla erittäin paksuja riittävän eristyksen aikaansaamiseksi. Siten nykyisin käytössä olevat pylväsrakenteet, eristimet ja eristin- sekä johdinvarusteet on suunniteltu lähinnä kirkkaita johtimia varten.

30 Viimeisen vuosikymmenen aikana on yhä enemmän kiinnitetty huomiota voimajohtojen synnyttämiin sähkö- ja magneettikenttiin ja niiden mahdollisiin vaikutuksiin lähellä asuvien ihmisten terveydelle. Voimajohdoille on jo määrätty magneetti- ja sähkökenttiä koskevia raja-arvoja joissakin USA:n osavaltioissa ja Italiassa.

35 Avojohtojen synnyttämiin sähkö- ja magneettikent-

tiin voidaan vaikuttaa johtojen keskinäisellä sijoituksella poikkitasossa. Mahdollisimman pienet kentät saadaan silloin, kun johtimet sijoitetaan mahdollisimman lähelle toisiaan, esim. tasasivuisen kolmion kärkiin. Lähemmäksi toisiaan sijoitetuille johtimille riittää myös kapeammat johtokadut, jolloin syntyisi säästöä ainakin maahankinnoissa. Suurjännitteisissä, paljaissa johdoissa oikosulun, ylilyöntien ja koronailmiöiden välttämiseksi tarvittavat minimietäisyydet ovat kuitenkin käytännössä estäneet sähkö- ja magneettikenttien olennaista vähentämistä johtokaduilla ja niiden välittömässä ympäristössä.

Tämän keksinnön tarkoituksena on aikaansaada suurjännitejohdin, jonka avulla voidaan toteuttaa mm. kapeampiin johtokatuihin sopivia ja pienempiä sähkö- ja magneettikenttiä kehittäviä ilmajohtoja. Tämän aikaansaamiseksi keksinnön mukaiselle suurjännitteiselle johtimelle on tunnusomaista se, että johdin on eristepäällysteinen ja suojattu toisen johtimen kosketuksen aiheuttamaa läpilyöntiä vastaan siten, että johtimen eristepäällystys muodostuu sitä ympäröivästä puolijohtavasta kerroksesta ja uloimpana olevasta pintaeristyskerroksesta, sekä näiden välissä olevasta varsinaisesta eristekerroksesta.

Keksinnön mukaisen johtimen eristekerroksen sopivalla valinnalla sekä huomattavalla panostuksella erilaisiin kokeisiin johdinten turvallisuuden ja kestävyys selvittämiseksi, ollaan yllättäen aikaansaatu ohut ja valmistuskustannuksiltaan edullinen suurjännitejohdin, joka ratkaisee useimmat perinteisten voimajohtojen ongelmat. Keksinnön mukaista johdinta käyttämällä johtokadut voidaan esim. 110 kV:n tapauksessa pienentää nykyisestä n. 15 metrin leveydestä noin puoleen (pystysijoitus), ja mm. magneettikentän voimakkuudet pienenevät merkittävästi nykyisten johtojen kenttävoimakkuuksista.

Keksinnön muille edullisille sovellutusmuodoille on tunnusomaista se, mitä jäljempänä olevissa patenttivaati-

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin esimerkkien avulla viittaamalla oheiseen kuvioon, joka esittää keksinnön mukaista johdinta.

5 Kuviossa 1 on esitetty esimerkki keksinnön mukaisesta 110 kV johtimesta, jossa on pyöreä, halkaisijaltaan noin 20 mm oleva kierretyistä metallilankakerroksista 3 muodostettu alumiiniseosjohdin, jonka kerrosten välissä veden eteneminen on esim. rasvalla tai kosteudesta paisuvan pulverin avulla estetty. Johdinsuoja 4 on puolijohtavaa muovi- tai kumimateriaalia. Puolijohtavuus on yleensä aikaansaatu seostamalla ristisilloitettavaan eristemateriaaliin nokea noin 30...40 % (erityisnokea käytettäessä puolijohtavuus voidaan saavuttaa jo noin 10 %:n seostuksella). 110 kV eristepäällystetyssä johtimessa johdinsuojakerros on noin 1...2 mm paksu. Johdinsuojan tehtävänä on tasoittaa metallilangoista kerratun johtimen pinnalle, pinnan epätasaisuuksista aiheutuvia jännitehuippuja ja estää osittaispurkauspaikkojen syntyä.

20 Puolijohtavaa kerrosta 4 ympäröivä varsinainen eristekerros 1 on erikoispuhdasta XLPE-muovia, jonka paksuus 110 kV tapauksessa on esim. noin 5 mm. Erikoispuhdistusta vaaditaan eristemateriaalista korkeilla jännitteillä tapahtuvien läpilyöntien riskin minimoimiseksi. Ristisilloitettua polyeteeniä käytetään lähinnä sillä saavutettavan puhtausasteen, lämmönsietokyvyn, lujuuden ja eristysominaisuuksien takia. Ulkokerros on n. 1,5 mm paksu esim. noella säänkestäväksi seostettu eristekerros. Nokipitoisuus on edullisesti 2...3 %, joka takaa kerrokselle riittävät suojaominaisuudet esim. UV-säteilyä vastaan aiheuttamatta kuitenkaan johtimen pintakerrokseen liian suurta johtokykyä.

Raaka-aineena voidaan ristisilloitettavan polyeteenin (XLPE CPEX) sijasta käyttää myös eteenipropeenikumia eli EP-kumia (EDPM tai EPR).

35 Muista keksinnön mukaisen 110 kV esimerkkijohtimen tiedoista mainittakoon ulkohalkaisija n. 39 mm, massa 1730

Muista keksinnön mukaisen 110 kV esimerkkijohtimen tiedoista mainittakoon ulkohalkaisija n. 39 mm, massa 1730 kg/km, murtokuorma 108 kN ja kuormitettavuus 660 A. Keksinnön mukaista johdinta voidaan paitsi vaihtovirtajohdoissa, käyttää yhtä hyvin tasavirtavoimansiirtoon, jolloin kolme vaihejohdinta korvataan esim. kahdella johtimella (jännite + maa).

Keksinnön mukainen johdin on siis päällystetty normaaliin kaapelirakenteeseen nähden huomattavasti ohuemmalla eristekerroksella, joka nimenomaan on mitoitettu kestämään jänniteessä tapahtuvat vaihejohtimien väliset yhteenlyönnit. Eristekerroksella siten ei edes pyritä eristämään johdinta täydellisesti, vaan ulkokerroksen pinnalla on mÄ-luokkaa olevia vuotovirtoja, joten esim. 110 kV johtimen koskettaminen paljain käsin on hengenvaarallista.

Kokeissa, joissa kahdessa johtimessa vaikutti 120 kV jännite, johtimia lyötiin yhteen 540000 kertaa ilman läpilyöntiä. Lisäksi suoritettiin samoilla johtimilla 17 vrk. kestävä nojauskoe, jossa johdot nojasivat toisiinsa, ilman että läpilyöntiä esiintyi. Siten keksinnön mukaisten johtimien sallitaan iskeytyä toisiinsa esim. tuulen ja oikosulkuvoimien vaikutuksesta. Johtimien tarvittavat minimietäisyydet on siten laskettava muilla asiaan vaikuttavilla perusteilla kuin oikosulku tapauksen kriteereillä. On osoittautunut mahdolliseksi vähentää 110 kV vaihejohtimien välejä nykyisestä n. 2 metristä noin puoleen.

Joka tapauksessa on siis osoittautunut, että keksinnön mukaiset päällystetyt johtimet mahdollistavat vaihevälkien huomattavan pienennyksen ja johtokatujen kaventamisen. Seurauksena tästä on päällystetyistä johtimista muodostetun johdon synnyttämien sähkö- ja magneettikenttien kentänvoimakkuuksien pienuus verrattuna tavallisiin johtoihin.

	<u>JOHTO</u>	<u>B_{max}</u>	<u>0,1 μT</u>	<u>0,2 μT</u>
5	Kirkas vaaka	1	33	23
	Kirkas pysty	0,68	33	21
	Kirkas kolmio	0,45	25	16
	Pääll. kolmio	0,39	21	13
	Pääll. vaaka	0,33	16	10
	Pääll. pysty	0,32	18	11
10	Pääll. delta	0,21	13	6

$B_{\max}$ = magneettikentän vuontiheyden suhteellinen
 maksimiarvo
 0,1μT ja 0,2μT = vuontiheys pienenee ko. tasolle
 taulukon osoittaman metrimäärän etäisyydellä johdon
 keskilinjasta

TAULUKKO 1

Taulukosta 1 käy ilmi suurjänniteavojohdon magneet-
 tivuon tiheydet maan pinnalla eri johtotyypeille. Vertai-
 lussa mukana on tavallinen eristämätön johto vaaka-, kol-
 mio- ja pystykonfiguroinnilla normaaleilla 2 m vaihevä-
 leillä, sekä keksinnön mukainen päällystetty johto vaaka-,
 pysty-, kolmio- ja deltakonfiguraatioilla ja 1,15 m vaihe-
 väleillä. Lähtötietoarvot taulukossa 1 esitetyille mit-
 taustuloksille ovat seuraavat:

- U = 123 kV
- Kuormitusvirta 100 A, P = 18 MW
- päällystetty johdin: SAX 355, $\sigma_0 = 40 \text{ N/mm}^2$
- Paljas johdin: Duck, $\sigma_0 = 40 \text{ N/mm}^2$
- Ukkosjohdin: Sustrong, $\sigma_0 = 60 \text{ N/mm}^2$
- Virtajohtimen lämpötila +15°C
- Ukkosjohtimen lämpötila +5°C
- Alimman virtajohtimen korkeus maan pinnasta 5,9 m
- lämpötilassa +70 C (sallittu minimikorkeus)
- Jänne $a_e = a = 200 \text{ m}$

Magneettikentän suhteen voidaan taulukon 1 perus-
 teella tehdä seuraavat havainnot:

- kun johtimilla on vaakasijainti, PAS-johdolla
 vuontiheyden maksimiarvo pienenee noin kolmanteen osaan

vastaavaan eristämättömään johtolinjaan verrattuna. Vuontiheys pienenee taustasäteilyn tasolle ($=0,1 \mu\text{T}$) etäisyyksillä 33 m vast. 16 m johdon keskilinjasta.

5 - kun johtimilla on pystysijainti, PAS-johtolinjan vuontiheyden maksimiarvo putoaa noin puoleen tavalliseen johtoon verrattuna. Vuontiheys pienenee taustasäteilyn tasolle etäisyyksillä 33 m vast. 18 m johdon keskilinjasta.

10 - kun johtimilla on kolmiosijainti, johdon vuontiheyden maksimiarvo ei kovinkaan paljon poikkea tavallisen johdon arvosta. Vuontiheys pienenee kuitenkin PAS-johdoilla taustasäteilyn tasolle etäisyydellä 21 m johdon keskilinjasta, kun se vastaavan eristämättömän johdon tapauksessa on 25 m. Suhteellisen vaatimaton ero johtuu siitä, 15 että muut tekijät kuin johtimien välinen etäisyys, mm. vapaa ilmapäli, määräävät johtimien sijainnin. Näin ollen rakenne molemmilla johdoilla on likimain sama. Sähkökentän voimakkuuden mittauksissa todettiin kuitenkin PAS-johdoilla saavutetaan kenttävoimakkuuden huippuarvon puolittumisen. 20

- PAS-johdon deltasijainti (tasasivuinen kolmio) on kenttien kannalta selvästi paras ratkaisu. Verrattuna tavalliseen eristämättömään portaaliivaakajohtoon vuontiheyden maksimiarvo on vain noin viidennes ja taustasäteilyn 25 tasolle vuontiheys pienenee jo 13 m etäisyydellä johdosta.

Keksinnön mukaista johdinta voidaan valmistaa tunnetulla tavalla ilman suuria muutoksia esim. maakaapelin eristyslinjoissa. Kolmoispuristustekniikalla voidaan johtimen kaikki päällystyskerrokset aikaansaada yhdessä työ- 30 vaiheessa.

: Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön eri sovellutusmuodot eivät rajoitu yllä esitettyihin esimerkkeihin, vaan että ne voivat vapaasti vaihdella jäljempänä olevien patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Suurjännitejohdin n. 60 kV ja sitä korkeampi-
nitteisiä ilmajohtoja varten, t u n n e t t u siitä, että
5 johdin (3) on eristepäällysteinen ja suojattu toisen joh-
timen kosketuksen aiheuttamaa läpilyöntiä vastaan siten,
että johtimen (3) eristepäällystys muodostuu sitä ympä-
röivästä puolijohtavasta kerroksesta (4) ja uloimpana ole-
vasta säänkestävästä pintaeristyskerroksesta (2), sekä
10 näiden välissä olevasta varsinaisesta eristekerroksesta
(1).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen johdin, t u n-
n e t t u siitä, että eristemateriaalina käytetään ris-
tisilloitettua polyeteeniä (XLPE).

15 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen johdin, t u n-
n e t t u siitä, että eristemateriaalina käytetään EP-
kumimateriaalia (EPDM tai EPR).

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen johdin, t u n-
n e t t u siitä, että säänkestävä pintaeristyskerros (2)
20 on aikaansaatu lisäämällä eristemateriaaliin noin 2...3 %
nokea.

5. Eristepäällysteinen ja toisen johtimen kosketuk-
sen aiheuttamaa läpilyöntiä vastaan suojatun johtimen (3)
käyttö, jonka eristepäällystys muodostuu ympäröivästä puo-
lijohtavasta kerroksesta (4) ja uloimpana olevasta pinta-
eristyskerroksesta (2), sekä näiden välissä olevasta var-
sinaisesta eristekerroksesta (1), n. 60 kV ja sitä kor-
keampi-
25 keampi-
jännitteisissä vaihtovirta- ja tasavirtailmajohdois-
sa.

Patentkrav

1. Högspänningsledare för ca 60 kV eller mera högspända luftledningar, k ä n n e t e c k n a d av att ledaren (3) är isoleringsbelagd och skyddad mot genomslag på grund av kontakt med en annan ledare, så att ledarens (3) isoleringsbeläggning består av ett ledaren omslutande halvledande skikt (4) och ett ytterst liggande väderbeständigt ytisoleringsskikt (2) samt ett egentligt isoleringsskikt (1) mellan dessa.

2. Ledare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att tvärbunden polyeten (XLPE) används som isolermaterial.

3. Ledare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att EP-gummimaterial (EPDM eller EPR) används som isolermaterial.

4. Ledare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att det väderbeständiga ytisoleringsskiktet (2) har åstadkommits genom att ca 2...3 % sot tillsatts till isolermaterialet.

5. Användning av en isoleringsbelagd och mot genomslag på grund av kontakt med en annan ledare skyddad ledare (3), vars isoleringsbeläggning består av ett ledaren omslutande halvledande skikt (4) och ett ytterst liggande ytisoleringsskikt (2) samt ett egentligt isoleringsskikt (1) mellan dessa, i ca 60 kV och mera högspända växelströms- och likströmsluftledningar.

