



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 1048/91

(51) Int.Cl.5

H 02 G 7/05

(22) Indleveringsdag: 31 maj 1991

G 02 B 6/44

(24) Løbedag: 01 dec 1989

// H 01 B 7/18

(41) Alm. tilgængelig: 31 maj 1991

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 07 nov 1994

(86) International ansøgning nr.: PCT/GB89/01438

(86) International indleveringsdag: 01 dec 1989

(85) Videreførelsesdag: 31 maj 1991

(30) Prioritet: 01 dec 1988 GB 8828099 01 dec 1988 GB 8828082

(73) Patenthaver: *British Telecommunications Public Limited Co.; 81 Newgate Street; London EC1A 7AJ, GB

(72) Opfinder: Paul Frederick *Wettengel; GB, Peter David *Jenkins; GB

(74) Fuldmægtig: Chas. Hude

(54) Hængekabelarrangement

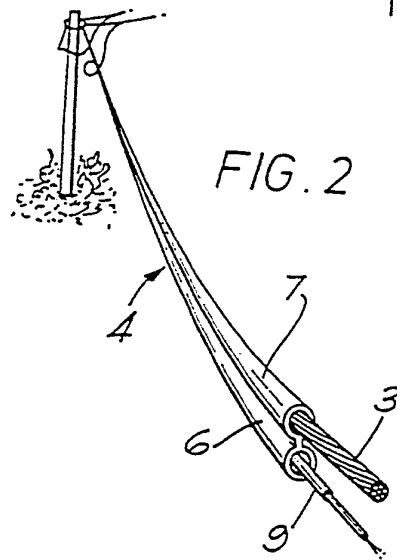
(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

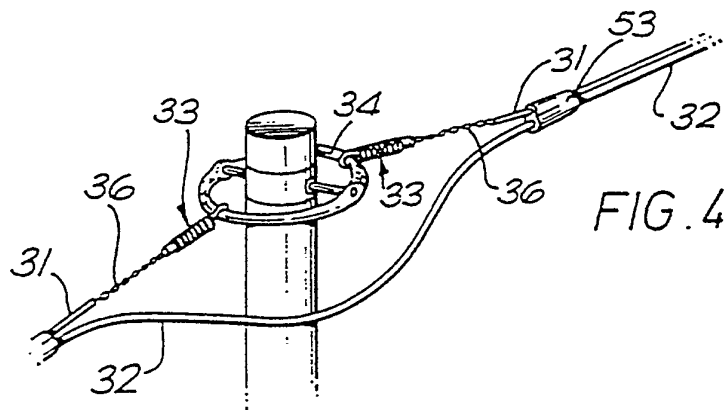
1048-91

Et hængekabelarrangement, i hvilket en båret ledning (9) er understøttet af en forstærkningsdel (3), idet den understøttede ledning er fastgjort til forstærkningsdelen via en rørformet del (7), der er i en tilstrækkelig løs pasning omkring forstærkningsdelen til at tillade en relativ langsgående bevægelse mellem delene. Ved en yderligere belastning på hængekablet udvides forstærkningsdelen som følge af den forøgede spænding. Denne spænding bliver imidlertid ikke overført til den understøttede ledning som følge af den tilladte relative bevægelse mellem den rørformede del og forstærkningsdelen.

1048-91



1048-91



Opfindelsen angår et hængekabelarrangement for en kædelinie, der er ophængt mellem to eller flere master, hvilket arrangement omfatter en strækbar belastningsunderstøttende forstærkningsdel og en båret del.

- 5 For overjordiske ruter kan et kabel, der i denne sammenhæng omtales som et hængekabel, være ophængt fra master således, at kablet hænger mellem hvert par af nærliggende master i en kædelinie. Et hængekabel omfatter typisk en forstærkningsdel fremstillet af strækbart stål, der understøtter belastningen, 10 og en båret del, der f.eks. kan udgøres af en eller flere transmissionsledninger, der er mere sårbare. Den bærede del er fastgjort enten kontinuerligt eller med intervaller til forstærkningsdelen. For transmissionsledninger er den typiske afstand imellem masterne 69 m. Hængekablet som følge af sin egen 15 vægt nedhængende mellem masterne, idet nedhængningen er bestemt af spændingen i kablet og er dimensioneret til at ligge indenfor et område bestemt af den acceptable spænding og det acceptable nedhæng. Ud over belastningen som følge af vægten af selve kablet er kablet også udsat for belastninger som 20 følge af vindkraft, fugt og isdannelser. Disse yderligere belastninger resulterer i en strækning af kablet, som kan påvirke kabelelementerne inklusive den eller de bærede ledninger.

- Optiske fibre eller andre letvægtstransmissionsledninger kan 25 installeres i et ophængt hængekabel, hvis forstærkningsdelen understøtter en kanal, hvori en letvægtsindhylling kan installeres ved fiberblæsning, jf. europæisk patentskrift nr. 108.590.

- Ved denne teknik blæses et komprimeret fluidum sædvanligvis 30 gas gennem en kanal, hvori transmissionsledningen skal installeres, idet transmissionsledningen tilføres til kanalen således, at den føres hen langs denne ved hjælp af det viskøse træk fra fluidumstrømmen. Derved muliggøres en installation af følsomme transmissionsledninger, især ledninger indeholdende 35 optiske fibre, efter anbringelse eller ophængning af kanalen.

Transmissionsledningen er derfor fri for spændinger hidrørende fra installationen eller ophængningen af kanalen. Alternativt kan den bærede ledning fastgøres til en tidligere ophængt forstærkningsdel, og dette er mindre bekvemt. Selv om transmissionsledningen installeres efter ophængningen af forstærkningsdelen, vil den alligevel være udsat for yderligere variable spændinger hidrørende fra is og/eller vindpåvirkninger.

Formålet med opfindelsen er at tilvejebringe et hængekabelarrangement med organer til ophængning af en båret del fra en forstærkningsdel i en kædelinie og til undertrykkelse af spændinger på følsomme elementer, der er frembragt af omgivelserne. Endvidere skal der tilvejebringes organer til at reducere den spænding, der konstateres af følsomme elementer i et kædeliniesystem.

Et hængekabelarrangement af den indledningsvis nævnte er ifølge opfindelsen ejendommeligt ved, at en elastisk ledforbindelse er tilvejebragt i forstærkningsdelen, idet den elastiske ledforbindelse har en udvidelseskoefficient, der er betydeligt større end udvidelseskoefficienten af forstærkningsdelen, og at den bærede del har en slækning, der er tilstrækkelig til at kunne optage udvidelsen af den elastiske ledforbindelse uden at der opstår spændinger. Derved er det kun forstærkningsdelene, der udsættes for spændinger frembragt af omgivelserne. De største spændinger vil endda blive optaget af de elastiske ledforbindelser. De følsomme elementer, der er løst fastgjort til forstærkningsdelene, vil derfor ikke blive påvirket.

Fremdeles kan ifølge opfindelsen den elastiske ledforbindelse udgøres af en mekanisk fjeder.

Endvidere kan ifølge opfindelsen den elastiske ledforbindelse være tilvejebragt i forstærkningsdelen ved enden af en kædelinie og være en del af fastgørelsesorganerne for fastgørelse af forstærkningsdelen til en understøttende mast.

Opfindelsen skal nærmere forklares i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et hængekabelarrangement ifølge opfindelsen for en kædelinie, der er ophængt imellem to master,

5 fig. 2 en del af hængekabelarrangementet i fig. 1,

fig. 3 hængekabelarrangementet i en anden udførelsesform,

fig. 4 hængekabelarrangementet i en tredje udførelsesform, og

fig. 5 et tværsnit gennem et hængekabel af det i fig. 4 viste hængekabelarrangement.

10 Det i fig. 1 viste hængekabelarrangement for en kædelinie, der er ophængt mellem to eller flere master 1, omfatter en strækbar belastningsunderstøttende forstærkningsdel 3 af et kabel 4, der er fastgjort via en forbindelsesstopdel 5. Andre organer for fastgørelse af forstærkningsdelen 3 til masterne 1
15 vil dog også kunne komme på tale. Det viste arrangement er imidlertid typisk for de anvendte transmissionslinieophængninger. Forstærkningsdelen 3 understøtter en båret del 6. En rørformet del 7, der kan være fremstillet ud i ét med den bårerede del 6 eller være fastgjort til denne ved hjælp af andre
20 organer, strækker sig omkring forstærkningsdelen 3 - se fig. 2 og 3 - og ligger tilstrækkeligt løst til at kunne tillade en relativ langsgående bevægelse imellem den rørformede del 7 og forstærkningsdelen 3. Inden forstærkningsdelen 3 fastgøres til en mast 1, adskilles den bårerede del 6 fra forstærkningsdelen
25 3, og efterlades i slækket tilstand, idet den føres uden om masten 1 og derefter sluttes til forstærkningsdelen 3 af den efterfølgende udspænding efter fastgørelse til masten 1.

I et ophængt hængekabel er der begyndelsesbelastnings-faktorer, der er bestemt af hængekablets 4 vægt og den valgte installationsspænding. Disse faktorer overlejres af belastninger
30 som følge af is og vind. Hængekabelvægten er typisk på 0,3 til

0,5 N pr. meter. Omgivelsernes belastning (eksempelvis forårsaget af isdannelser af en tykkelse på 5 mm og vindpåvirkninger af det isbeklædte kabel kan øge vægten med henholdsvis 2 til 3 og 5 til 6 N pr. meter. Omgivelsernes belastning kan væsentligt overstige kabelvægtbelastningen, og den forøgede belastning giver en forøget spænding og en heraf følgende forlængelse af hængekablet 4. Den samlede belastning af kablet er givet ved

$$\sqrt{(\text{isbelægningsvægt}^2 + \text{vindbelastning}^2)}$$

- 10 For de nævnte værdier er konstateret strækninger på af størrelsesordenen 0,3% eller mere, idet de præcise værdier afhænger af tværsnittet og Youngs modul af forstærkningsdelen 3. Strækninger af denne størrelse kan tolereres i sårbare transmissionsledninger, eksempelvis transmissionsledninger indeholdende optiske fibre.

Med arrangementet i fig. 1 er det antaget, at belastningen af hele hængekablet optages af forstærkningsdelen 3. Når belastningen øges, er der kun konstateret strækninger af forstærkningsdelen 3 som følge af, at den rørformede del 7 glider på forstærkningsdelen 3 takket være sin løse pasning og som følge af, at den rørformede del 7's modstand overfor relative bevægelser af forstærkningsdelen 3 er mindre end dens egen modstand overfor udvidelse. Slækningen i den bærede del 6 er tilstrækkelig til at kunne optage udvidelsen af forstærkningsdelen 3 uden strækning. Den rørformede del 7 og en deraf båret ledning forbliver i hovedsagen fri for strækninger hidrørende fra omgivelserne. Elementer, der er følsomme over strækning såsom optiske fibre eller andre sårbare transmissionsledninger, kan derved bæres i et hængekabelarrangement.

- 30 Der refereres nu til fig. 2. Hængekablet 4 har to kanaler, der danner den bærede del 6 og den rørformede del 7. De to kanaler er i den viste udførelsesform af samme størrelse, men kan eventuelt være af forskellige størrelser, eller der kan være indrettet flere kanaler som vist i fig. 2a. Kanalerne kan være

formet ved plastekstrusion eller af rør, der er anbragt ved siden af hinanden. Forstærkningsdelen 3 forløber langs kanalen, der danner den rørformede del 7, idet denne normalt opnås ved, at gevindskære forstærkningsdelen 3 gennem kanalen, 5 selvom kanalen også vil kunne dannes omkring forstærkningsdelen 3. Kanalen, der danner den bærede del 7, understøtter en transmissionsledning 9, der efter installation også er en del af den bærede ledning. Ledningen 9 kan være installeret i denne kanal inden eller efter installationen af kædelinien. I 10 tilfælde af letvægtstransmissionsledninger og især de, der indeholder optiske fibre, er det muligt at installere ledningen 9 i dennes kanal ved den fiberblæsningsteknik, der er beskrevet i europæisk patentskrift nr. 108.590, og denne teknik kan med fordel udnyttes efter ophænging af hængekablet 4 i 15 kædelinien.

For at forøge blæsbarheden ved anvendelse af fiberblæsnings- teknikken og for bibeholdelse af gode blæsekarakteristikker kan man med fordel anvende en smøremiddelimpregneret plast for hængekablet. Det er ikke muligt at opnå en god blæsbarhed og 20 de for hængekablet 4 ønskede mekaniske egenskaber ved hjælp af et enkelt plastmateriale eller en blanding af plastmaterialer. Optimale eller næsten optimale egenskaber kan opnås, hvis den kanal, der danner den bærede del 6, er foret med et plastmateriale, der er forskelligt fra det, der anvendes for den øvrige 25 del af hængekablet. Foringen og hængekablet kan formes samtidigt eller næsten samtidigt under anvendelse af koekstrusions- eller serieekstrusionsprocesser. Alternativt kan foringen af kanalen, der danner den bærede del 6, formes ved en første proces, idet den øvrige del af hængekablet 4 formes 30 efterfølgende ved en ekstrusion omkring foringen. Højdensitet polyethylen (HDPE) er et foretrukket foringsmateriale. Særligt foretrukket er HDPE indeholdende et fast smøremiddel, såsom antistatisk kvalitetscarbon. En koncentration af antistatisk kvalitetscarbon på 5-10%, fortrinsvis 8%, er at foretrække. Typiske koekstrusionshastigheder er af størrelses- 35 ordenen 10 m pr. min. Hvis foringen er koekstruderet, vil den typisk være 0,2 til 0,5 mm i tykkelse, fortrinsvis 0,25 til

0,35 mm. Hvis foringen er tilvejebragt på en anden måde end ved koekstrusion, kan tykkelsen være større, f.eks. op til 1 mm.

Typiske indvendige diametre for den kanal, der danner den bærede del 6, ligger i området 3 til 7 mm, fortrinsvis 5 til 6 mm. Disse dimensioner er særligt velegnede til brug ved fiberblæsningsprocesser for installation af transmissionsledninger såsom multimode eller monomodeoptiske fibre.

I fig. 3 er der vist en modificeret udformning af den rørformede del 7 med en side, der kan åbnes således at den rørformede del 7 kan indgribe omkring en indlagt forstærkningsdel 3, hvilket er en fordel hvis en gevindskæring er uensigtsmæssig. Denne udformning kan tilvejebringe en "tilbagegående tilpasning" omkring en allerede ophængt ledning (der blot kan være en forstærkningsdel eller et hængeskabel indeholdende en forstærkningsdel), hvor der ikke er nogen tilgang til enderne. I den viste udførelsesform kan siden af den rørformede del 7 åbnes takket være en skillelinie ved basis af højre side (som vist), og den naturlige elasticitet af materialet bevirker, at der dannes et hængsel ved toppen af den rørformede del 7. De modstående sider af skillelinien er udstyret med en kugle og et dermed samvirkende kopformet fangorgan 10.

Som tidligere nævnt er det nødvendigt, at den rørformede del 7 modstand over for udvidelse er mindre end glidemodstanden, således at forstærkningsdelen 3 kan ekspandere uden at strække den rørformede del 7. Til dette formål kan der inkorporeres organer til at reducere muligheden for at forstærkningsdelen 3 fanges eller på anden måde sætter sig fast i den rørformede del 7. Forstærkningsdelen 3 kan være fremstillet af et korrosionsbestandigt materiale såsom rustfrit stål, der yderligere kan være belagt eller olieret (f.eks. siliconeolieret) for at reducere friktionen imellem forstærkningsdelen 3 og den rørformede del 7 og/eller forbedre korrosionsbestandigheden. Lavfriktionsbelægninger, såsom silicone eller polytetrafluor-

ethylen, kan også tilvejebringes på indersiden af den rørformede del 7, der i almindelighed består af plastmateriale. En potentiel kilde til, at det kan sætte sig fast, er isdannelser på forstærkningsdelen 3 i den rørformede del 7. For at

5 reducere muligheden for dette kan der være indrettet udluftninger 11 (fig. 1) ved det nedre punkt af hver kædelinieudspænding, idet sådanne udluftninger 11 muliggør en afgivelse af vand fra den rørformede del 7. I nærheden af udluftningerne 11 kan der være indrettet drypvulster til at fremme afgivelsen

10 af dråber og forhindre kontakt med forstærkningsdelen 3 og den rørformede del 7. Antivædemidler og/eller en lavfriktionsbelægning i den rørformede del 7 fremmer vandafgivelsen. Drypvulster og andre formationer kan anvendes til at hæmme vandindtrængning enten direkte eller ved, at vandet løber

15 langs forstærkningsdelen 7 ved dennes åbne ender. Yderligere strækningsmodstand kan tilvejebringes ved at inkludere mindst én hjælpeforstærkningsdel 12 - se fig. 3 - i væggen af den rørformede del 7. Hjælpeforstærkningsdelen 12 er fortrinsvis af polyaramid, der er ekstruderet til en rørformet del og

20 giver modstand overfor temperaturinduceret strækning takket være sin negative termiske udvidelseskoefficient. En hjælpeforstærkningsdel 12 kan også være tilvejebragt i udførelsesformen i fig. 2. Hjælpeforstærkningsdelen 12 kan strække sig over slækningen af den bærede del 6.

25 Det ses, at slækningen i den bærede del 6 mellem dennes fastgørelsespunkter til nærliggende udspændinger af forstærkningsdelen 3 skal være tilstrækkelig til at kunne optage eventuelle forlængelser i forstærkningsdelen 3 som følge af omgivelsernes belastning og/eller en eventuel glidning af den rørformede del

30 7 til en asymmetrisk position på udspændingen. For at lette installationen kan den bærede del 6 være tilvejebragt i længder, der ved kobling kan være forbundet med rørforbindelsesdele 13 - se fig. 1. Ved anvendelse af en fiberblæsning til installation af transmissionsledningen i den bærede del 6, er

35 det vigtigt, at rørforbindelsesdelene 16 danner gode forseglede forbindelser til delene således, at der ikke opstår lækage af blæsegas. For kortere længder vil en vis lækage

imidlertid kunne tolereres.

Hvis de passager, der danner den rørformede del 7 og den bårrede del 6, er formet ud i ét, eksempelvis ved ekstrusion kan en adskillelse, terminering og afkortning af længder af
5 den rørformede del foretages ved installationsstedet.

Den rørformede del 7 kan fikseres i forhold til forstærkningsdelen 3 ved den ene eller ved en mellemliggende position for derved at styre glideretningen eller forhindre en ubegrænset relativ langsgående glidning.

10 Fig. 4 viser en tredje udførelsesform for opfindelsen, i hvilken hver af forstærkningsdelene 31 er fastgjort til en af masterne, der understøtter hængeskabelarrangementet via en elastisk ledforbindelse, der i dette tilfælde er tilvejebragt ved hjælp af en mekanisk skruefjeder 33. Skruefjederen 33 kan
15 med fordel være fastgjort til masten 1 via en ringmontering 34, hvortil en elastisk ledforbindelse (fjeder) 33 af den næste udspænding eller kædelinielængde er fastgjort. Den enkelte kædelinie af forstærkningsdelen 31 er fortrinsvis udstyret med en elastisk ledforbindelse 33 i hver ende. Når
20 dette hængeskabelarrangement udsættes for yderligere påvirkninger, strækkes de elastiske ledforbindelser 33, og derved muliggøres, således som det vil blive påvist i det følgende, en reduktion af den strækning, der konstateres i kablet. Den bårrede del 32 af transmissionsledningen (ikke vist) må være
25 kontinuert, og således er - hvor en elastisk ledforbindelse 33 er fastgjort til den nærliggende forstærkningsdel 31 (ved punktet 53) - den bårrede del adskilt fra forstærkningsdelen 31 (der nu er dannet af den elastiske ledforbindelse) og den fortsætter separat fra den elastiske ledforbindelse i en kort
30 afstand, indtil den sluttes til forstærkningsdelen efter den elastiske del. I den viste udførelsesform er man også gået udenom den elastiske ledforbindelse 33 ved enden af den følgende kædelinielængde i en kontinuert sløjfe, inden den bårrede del 32 igen slutter sig til forstærkningsdelen 31. En hjælpe-
35 forstærkningsdel svarende til delen 12 kan være tilvejebragt i

den bårrede del 32 for at bidrage til denne, understøtning mellem de to fastgørelsespunkter 53 af de elastiske ledforbindelser 33 til forstærkningsdelen 31. Sløjfen af den understøttede del 32 har en grad af slækning, der i det mindste er
 5 lig med den maksimale udvidelse, af de elastiske ledforbindelser 33, den danner bro over.

Opfindelsen er blevet illustreret ved tilvejebringelse af elastiske ledforbindelser 33 mellem forstærkningsdelene 31 og masterne 1. Derved bliver det muligt at tilvejebringe to
 10 elastiske ledforbindelser 33 for hver kædelinielængde med minimale ulemper, eftersom forstærkningsdelene i hvert tilfælde skal afbrydes for sikker forbindelse til masterne. Generelt er der ifølge opfindelsen tilvejebragt en elastisk ledforbindelse et vilkårligt sted i strækningsdelen, idet den bårrede
 15 del er adskilt fra forstærkningsdelen for i hvert fald længden af den elastiske ledforbindelse og har en slækning der er tilstrækkelig til at kunne optage den maksimale udvidelse af den elastiske ledforbindelse. Sådanne ledforbindelser kan være tilvejebragt et vilkårligt sted i den enkelte kædelinie.

20 I et eksternt hængeskabelarrangement er der begyndelsesbelastnings- og spændingsfaktorer, der er bestemt af kablets vægt og den valgte installationsspænding. Overvejret derpå er der belastningsændringer som følge af faktorer som f.eks. is og vind. Det er fastslået, at relationen mellem kædelinienedhængen (det maksimale nedhæng) D, afstanden L mellem masterne,
 25 den fordelte belastning W pr. meter på hængeskabet og spændingen T i hængeskabet kan udtrykkes ved formlen

$$D = L^2 W / 8T \text{ ----- (1)}$$

hvoraf det fremgår, at nedhængen D vokser med mastafstanden og belastningen og aftager med spændingen. Ved princippet ifølge opfindelsen elimineres eller reduceres spændingsændringerne ved, at man tillader en forøgelse i kædelinienedhængen D for at kompensere for den yderligere belastning, der kunne påvirke W i ovennævnte ligning.
 30

Selvom det foretrækkes at anvende det tidligere beskrevne hængekabel sammen med fjederkædeliniearrangementet, er det muligt at anvende fjederkædeliniearrangementet med et "fast" hængekabel af den type, der er vist i fig. 5. I et sådant
5 hængekabel er der ikke nogen mulighed for relativ bevægelse mellem forstærkningsdelen 3 og det omgivende plastmateriale. Ligesom tidligere er den bærede del 32 beregnet til installation af transmissionsledninger ved hjælp af fiberblæsnings- teknik efter installation af hængekablet. De ovenfor givne
10 detaljer med reference til den bærede del 32 af hængekablet i fig. 1, 2 og 3 vil følgelig også kunne anvendes i forbindelse med hængekablet i fig. 5.

Effektiviteten af et elastisk led i forstærkningsdelen vil nu blive demonstreret under anvendelse af det simple hængekabel,
15 der er vist i fig. 5 i arrangementet vist i fig. 4. I tilfælde af at hængekablet ændres til en anden udformning, eller installationsspændingen eller udspændingslængden ændres, vil de numeriske værdier blive ændret, og det kan være nødvendigt at ændre den udvidelse, der er til rådighed i de elastiske led,
20 tilsvarende.

Til beregning af den maksimale belastning af kablet er det antaget, at der er en 5 mm isbelægning på overfladen af kablet, og at dette isbelagte kabel udsættes for vindpåvirkninger på 80 km i timen. Det er desuden antaget, at hele belastningen
25 er båret af forstærkningsdelen, og at Youngs modul = spænding/forstærkning gælder for den strækbare stålforstærkningsdel.

I hængekablet i fig. 1 har stålforstærkningsdelen et tværsnit på $1,767 \text{ mm}^2$. Den samlede vægt af kablet inklusive en fiberpakning er 0,364 N pr. meter, og en isbelægning på 5 mm bidrager med en vægt på 1,98 N pr. meter til opnåelse af en
30 samlet isbelægningsvægt på 2,344 N pr. meter. Under anvendelse af faktorerne og formlen for vindpåvirkning fra Constrado, Publication 1/75 (1975) "Wind forces in inclined tubular structures" får det isbelagte kabel en effektiv størrelse på 0,015
35

m, og en vindpåvirkning på 80 km i timen giver en belastning på 5,438 N pr. meter.

Den samlede maksimale belastning på hænekablet er da

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\text{isbelægningsvægt}^2 + \text{vindpåvirkning}^2)} = \\ 5 \quad & \sqrt{(2,344^2 + 5,438^2)} = \\ & 5,92 \text{ N pr. løbende meter.} \end{aligned}$$

Det er nu antaget, at der er en maksimal fordelt belastning på 5,92 N pr. meter.

10 For at fastslå de nødvendige egenskaber af det elastiske led er det nødvendigt at finde den ønskede udvidelse til forøgelse af det kædelinievedhæng, der er tilstrækkeligt til at holde spændingen og følgelig strækningen inden for acceptable grænser.

15 Ved installation, dvs. ved kabelbelastning uden påvirkninger af vind og is, er et kædelinienedhæng på 0,7 meter en acceptabel standard. Anvendelsen af denne værdi i ligning (1) med en kabelvægt på 0,364 N pr. løbende meter for en udspændingslængde på 68 meter giver:

$$0,7 = 68^2 \times 0,364 / 8T$$

20 hvilket giver en installationsspænding $T = 300,56 \text{ N}$. Ved hjælp af et iterativt computerprogram kan det påvises, at der til understøtning af en fordelt belastning på 5,92 N kræves en spænding på 1350 N. Is- og vindpåvirkningen giver således en belastningsforøgelse på 1050 N.

25 I mangel af fjedre og under anvendelse af Youngs modul = spænding/strækning til beregning af forøgelsen i spænding i forstærkningsdelen vil en værdi på $160 \times 10^3 \text{ N pr. mm}^2$ for Youngs modul for det strækbare stål og et tværsnit på $1,7671 \text{ mm}^2$ for forstærkningsdelen give:

strækning = belastning/(areal) x Youngs modul).

$$\text{Strækning} = 1050 / (1,7671 \times 160 \times 10^3) = 3,7137 \times 10^{-3}.$$

Den yderligere strækning er således 0,37%, hvilket langt overstiger det tilladelige for en optisk fiber. Kun den yderligere
5 strækning som følge af is- og vindpåvirkninger er taget i betragtning, idet det er antaget, at den optiske fiber er installeret efter ophængningen af hængekablet og derfor ikke udsættes for installationsspændingen på 300 N.

Hvis det antages, at der er en maksimal acceptabel stræknings-
10 grænse på 0,25% (hvilket er for højt for optiske fibre), kan den maksimalt acceptable kædelinielængde, beregnet.

Først beregnes kædelinielængden af det ubelastede installerede kabel, eftersom det kun er ændringer fra den længde, der påvirker en efterfølgende installeret fiber.

$$\begin{aligned} 15 \quad \text{Kædelinielængde} &= L + (W^2 L^3) / 24 T^2 \\ \text{installeret kædelinielængde} &= \\ 68 + (0,344^2 \times 68^3) / (24 \times 300^2) &= 68,0172 \text{ m} \\ \text{en forlængelse på 0,25\% giver} & \\ 68,0172 \times 1,0025 &= 68,1873 \text{ m.} \end{aligned}$$

20 Til understøtning af en fordelt belastning på 5,92 N pr. meter med en strækning på kun 0,25% er følgende således kendt:

	begyndelsesinstallationsspændingen	= 300 N
	afstanden imellem masterne	= 68 meter
	fordelt vægt (under maksimal	
25	is/vindpåvirkning)	= 5,92 N pr. meter
	tilladelig kædelinielængde	
	(beregnet ovenfor)	= 68,1873 meter.

Den yderligere spænding i et kabel udstrakt til sin maksimalt tilladelige strækning (0,25%) findes ved anvendelse af Youngs modul = spænding/strækning for forøgelsen i spænding, og en substitution af spænding = spænding x areal giver relationen.

- 5 Ved anvendelse af relationen spænding = Youngs modul x strækning x areal og ved anvendelse af de tidligere givne værdier fås spændingen = $160 \times 10^3 \times 0,0025 \times 1,7671 = 706,84 \text{ N}$.

En spændingsbegrænsning på 0,25% muliggør således kun en maksimal spænding i kablet på 1006,84 N (dvs. installations-
10 spændingen på 300 N plus forøgelsen på 706,84 N).

For at reducere spændingen fra den tidligere beregnede maksimale spænding på 1350 N til den mulige spænding på 1006,84 N (for ikke at overskride strækningen på 0,25%) skal kædeliniele
15 vejbringes ved hjælp af selve kablet (eftersom dette ville forøge strækningen), men er tilvejebragt ved hjælp af fjedre.

Den kædeliniele, der er nødvendig til at reducere spændingen tilstrækkeligt, kan opnås ud fra relationen

$$20 \quad \text{Kædelinie} = L + \frac{W^2 L^3}{24 T^2}$$

hvor L = afstanden imellem masterne
 W = vægt pr. løbende meter
 T = spænding

og under anvendelse af de tilvejebragte værdier giver dette en
25 kædeliniele på $= 68 + \frac{5,92^2 \times 68^3}{24 \times 1006,84^2} = 68,4529$

Den nødvendige kædeliniele til opnåelse af en maksimal spænding på 1006,84 N for en belastning på 5,92 N pr. meter er 68,4529 m.

Den maksimale længde af kablet ved en strækning på 0,25% (til understøtning af 1006,84 N) er 68,1873 m.

Fjedrene (eller tilsvarende elastiske forbindelsesled) må derfor give en udvidelse af den yderligere kædelinielængde, 5 der er nødvendig, på $68,4529 - 68,1573 = 0,2956$ m over en spændingsbelastning på 706,84 N. Med fjedre i hver ende af hver udspænding, giver dette en ønsket kvotient på 5,31 N/mm for hver fjeder.

Det er selvfølgelig muligt at anvende fjedre, der kan optage 10 installationsspændingen i tilfælde af, at fiberen ikke installeres efterfølgende eller for en anden maksimal strækning. Hvis den maksimale strækning er omkring halvdelen af den ovenfor tilladte, dvs. f.eks. 0,125%, skal fjederudvidelseskvotienten være tilnærmelsesvis det dobbelte.

15 I den beskrevne udførelsesform er der anvendt en mekanisk fjeder. Elasticiteten kan imidlertid være tilvejebragt ved hjælp af andre organer, såsom et elastisk polymermateriale, dvs. snarere i form af en entropifjeder end en energifjeder.

Af fig. 4 fremgår det, at den enkelte fjeder 33 er forbundet 20 til det pågældende fastgørelsespunkt 53 via en stopdel 36. Den enkelte stopdel 36 udgøres af en spiral af lille diameter (f.eks. 1 eller 2 cm) med en forholdsvis lang delingslængde således, at vindingerne udstrækkes og er åbne.

Enden af forstærkningsdelen 31 fra hængekablet er viklet omkring de åbne vindinger af stopdelen 36 således, at forstærkningsdelen 31 under spænding trækker tæt mod vindingerne af stopdelen 36 og er fastgjort dertil. Denne fastgørelse til en spiralformet stopdel 36 kendes fra eksisterende kædelinierangementer. For at lette grebet, kan overfladen af stopdelen 30 36 være belagt med et højfriktionsmateriale såsom carborundumpulver eller en PVC formning. En progressiv eller fordelt gribevirkning kan være tilvejebragt ved hjælp af en skruelinie af en varierende diameter, idet vindingerne indsnævres fra en

større diameter ved den ende, hvor forstærkningsdelen 31 er indført. Den stopdel 36 må for at kunne gribe hængeskabel-forstærkningsdelen 31 være forholdsvis stiv med hensyn til forstærkningsdelen. I en foretrukken udførelsesform for opfindelsen er stopdelen 36 formet ud i et med den dertil hørende elastiske ledforbindelse 33 (selv om det er muligt at anvende en separat stopdel, som er forbundet til et elastisk forbindelsesstykke). Med en tråd af samme diameter (f.eks. standard 10 gauge) er det muligt at forme den stive stopdel 36 takket 5 være vindingerne af lille diameter, der derefter kan formes til betydeligt større vindinger til tilvejebringelse af det elastiske forbindelsesled. I den foreliggende sammenhæng af udtrykket "forstærkningsdel" vil stopdelen og det elastiske forbindelsesled omfatte eller danne forstærkningsdelen takket 10 være deres fastgørelse til eller fortsættelse fra hængeskabel-forstærkningsdelen.

En yderligere fordel ved at inkorporere et elastisk og et almindeligt forbindelsesled er, at fjederen ved begyndelsesinstallationen skal udstrække sig til en begyndelseslængde 20 svarende til den ønskede installationsspænding (idet det antages, at installationen udføres uden væsentlige belastninger fra omgivelserne) og i virkeligheden er et indbygget spændingsmål. Dette er særlig relevant, hvis der anvendes elastiske forbindelsesstykker til at reducere belastningen, 25 eftersom beregningen af den nødvendige fjederkonstant forudsætter en given installationsspænding, og hvis installationsspændingen afviger derfra, kan den korrekte grad af spændingsaflastning ikke tilvejebringes. Brugen af et elastisk forbindelsesled ene og alene som et spændingsmål til brug 30 under installation af andre kædelinier, hvor spændingsaflastning ikke er nødvendig, kan også være hensigtsmæssig.

P a t e n t k r a v

1. Hægekabelarrangement for en kædelinie, der er ophængt mellem to eller flere master (1), hvilket arrangement omfatter
5 en strækbar belastningsunderstøttende forstærkningsdel (3) og en båret del (6), k e n d e t e g n e t ved, at der er tilvejebragt en elastisk ledforbindelse i forstærkningsdelen (3), hvilken elastiske ledforbindelse har en udvidelseskoefficient per længdeenhed, der er betydelig større end udvidelseskoeffi-
10 cienten af forstærkningsdelen (3), og at den bærede del (6) har en slækning, der er tilstrækkelig til at kunne optage udvidelsen af den elastiske ledforbindelse uden at der opstår spændinger.

2. Hægekabelarrangement ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den elastiske ledforbindelse er en mekanisk fjeder
15 (33).

3. Hægekabelarrangement ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at den elastiske ledforbindelse er tilvejebragt i forstærkningsdelen (3) ved enden af en kædelinielængde
20 og er en del af fastgørelsesorganerne for fastgørelse af forstærkningsdelen (3) til en understøtningsmast (1).

4. Hægekabelarrangement ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at fastgørelsesorganerne desuden omfatter en skrueformet stopdel, og at den elastiske ledforbindelse under anvendelse
25 er anbragt imellem stopdelen og masten (1).

5. Hægekabelarrangement ifølge krav 4 og 2, k e n d e t e g n e t ved, at fjederen (33) er en skrueformet fjeder, der er formet ud i et med stopdelen.

6. Hægekabelarrangement ifølge ethvert af de foregående
30 krav, k e n d e t e g n e t ved en elastisk ledforbindelse ved enderne af hver kædelinielængde.

7. Hægekabelarrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den eller de elastiske ledforbindelser giver en udvidelse på mindst 2,5 mm per Newton over en kædelinieudspænding.

5 8. Hægekabelarrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at det omfatter en rørformet del (7), der understøtter den bærede del (6).

9. Hægekabelarrangement ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t ved, at forstærkningsdelen (3) er monteret i den rørformede del (7), hvis indvendige dimension er tilstrækkelig til at muliggøre en relativ langsgående bevægelse imellem forstærkningsdelen (3) og den rørformede del (7).

10

10. Hægekabelarrangement ifølge krav 8 eller 9, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) er afbrudt, idet den udstrækker sig mellem master (1), der afgrænser en kædelinieudspænding, og at den bærede del (6) er kontinuert og er fastgjort til den afbrudte rørformede del (7) og har en slækning mellem afbrydelserne i den rørformede del (7) mellem nærliggende kædelinieudspændinger.

15

11. Hægekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-10, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) er et rør, der er fremstillet af ekstruderet plastmateriale.

20

12. Hægekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-11, k e n d e t e g n e t ved, at den bærede del (6) omfatter mindst ét rør fremstillet af ekstruderet plastmateriale.

25

13. Hægekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-12, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) og den bærede del (6) omfatter en konstruktion ud i ét.

14. Hægekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-13, k e n d e t e g n e t ved, at den bærede del (6) er udstyret med en luftkanal til installation ved fiberblæsning.

30

15. Hængekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-14, k e n d e t e g n e t ved, at den bårrede del (6) omfatter en transmissionsledning.

16. Hængekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 5 8-15, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) er forsynet med mindst én luftåbning (11) eller afbrydelse for at muliggøre afgivelse af vand.

17. Hængekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 10 8-16, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) er udstyret med en hjælpeforstærkningsdel (12).

18. Hængekabelarrangement ifølge krav 17, k e n d e t e g n e t ved, at hjælpeforstærkningsdelen (12) består af polyaramid.

19. Hængekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 15 8-18, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) har en langsgående skillelinie.

20. Hængekabelarrangement ifølge et eller flere af kravene 8-19, k e n d e t e g n e t ved, at den rørformede del (7) er fikseret til forstærkningsdelen (3) ved et forudbestemt sted.

FIG. 1

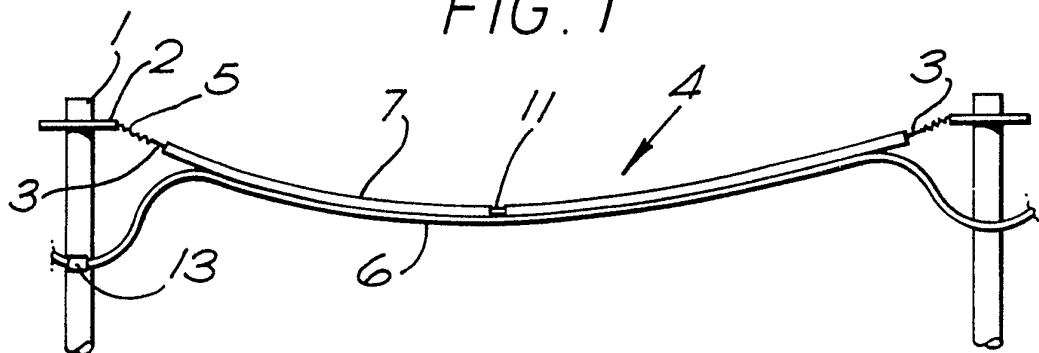


FIG. 2

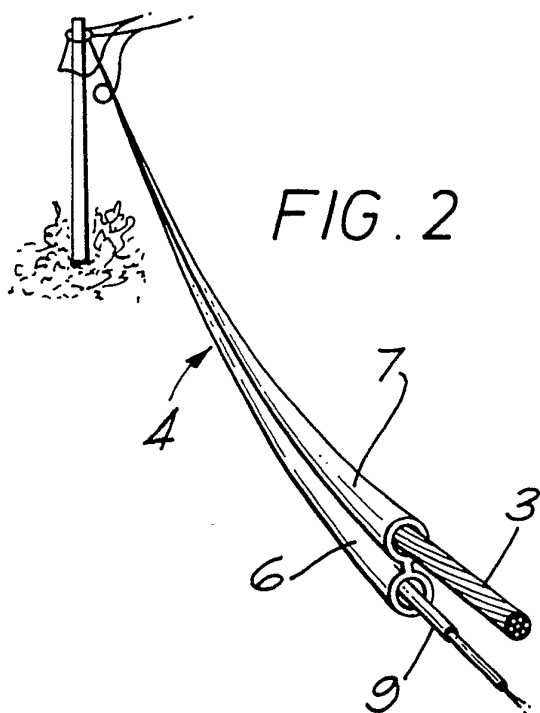


FIG. 3

