

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 379 853
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 89870218.8

(51) Int. Cl.⁵: H01B 5/08, H01B 5/10

(22) Date de dépôt: 27.12.89

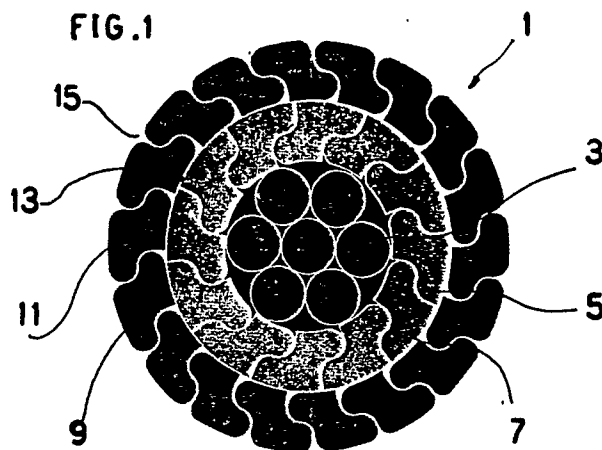
(30) Priorité: 26.01.89 BE 8900084

(43) Date de publication de la demande:
01.08.90 Bulletin 90/31(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE(71) Demandeur: CABLERIES ET CORDERIES DU
HAINAUT S.A.
Rue du Roi Albert, 57
B-7270 Dour(BE)(72) Inventeur: Havaux, Michel
33, rue des Bruyères
B-7420 Baudour(BE)(74) Mandataire: Bosch, Henry et al
Office VAN MALDEREN Boulevard de la
Sauvenière, 85/042
B-4000 Liège(BE)

(54) Câble électrique destiné aux hautes tensions.

(57) On décrit un câble électrique clos destiné au transport d'énergie électrique sous haute tension en lignes aériennes, comportant au moins une couche extérieure (11) constituée par des éléments (13) ayant une section affectant globalement la forme d'un S ou d'un Z enroulés hélicoïdalement sur un noyau (3) de manière à s'imbriquer les uns dans les autres, caractérisé en ce que, dans un plan de coupe transversal au câble, les arêtes de transition entre l'extrados essentiellement circulaire de l'élément en forme de S ou de Z et les plans radiaux limitant ledit extrados dans ledit plan de coupe sont arrondies par un rayon de courbure dont le rapport au diamètre du câble fini est compris entre $1 \cdot 10^{-2}$ et $6 \cdot 10^{-2}$.

FIG. 1



EP 0 379 853 A1

CÂBLE ÉLECTRIQUE DESTINÉ AUX HAUTES TENSIONS

Objet de l'invention

La présente invention est relative à un type de câbles électriques particuliers destinés au transport d'énergie électrique sous haute tension en lignes aériennes.

Etat de la technique

Dans le domaine des lignes aériennes à haute tension, les câbles généralement nus doivent être conçus pour résister aux sollicitations mécaniques importantes et, simultanément, présenter de bonnes propriétés électriques.

Il est connu d'utiliser, à ces fins, des câbles toronnés présentant une section adéquate tant pour résister aux sollicitations mécaniques que pour transporter l'énergie électrique.

Il s'est toutefois avéré que les câbles toronnés présentent des inconvénients, notamment au vieillissement. On a en effet constaté que la graisse logée entre les torons, en vue d'en réduire la corrosion, le frottement, les piqûres, ... etc s'élimine au cours du temps. Il en résulte une usure prématurée du câble et un encrassement en surface particulièrement important qui peut en modifier le comportement aérodynamique et augmenter les pertes électriques.

Des câbles clos lisses comportant au moins une couche extérieure de fils ayant une section en forme de S et enroulés hélicoïdalement sur un noyau classique de manière à s'imbriquer les uns dans les autres apportent une solution au problème d'élimination de la graisse et de l'encrassement. Les éléments profilés sont utilisés de façon à obtenir, lors de l'assemblage, une surface pratiquement lisse.

On s'est toutefois aperçu que les câbles parfaitement lisses présentent un comportement aérodynamique moins intéressant que les câbles toronnés.

Il est d'autre part connu que le comportement de corps cylindriques placés perpendiculairement au vent présente des variations en fonction du nombre de Reynolds de l'écoulement. En particulier, pour les cylindres lisses, on remarque une forte diminution du coefficient de traînée aux alentours de $Re = 4.10E5$; dans le cas d'un cylindre de 30 mm de diamètre, cela se passerait à une vitesse de vent de l'ordre de 200 m/s, le nombre de Reynolds étant proportionnel à la vitesse.

But de l'invention

La présente invention vise à fournir un câble électrique d'un type nouveau destiné au transport d'énergie électrique sous haute tension qui ne présente pas les inconvénients des câbles clos lisses mais qui réunit malgré tout les avantages de ceux-ci. On cherche plus particulièrement à fournir un câble clos présentant une rugosité de surface déterminée afin de provoquer la variation de traînée dans une plage de vitesses utiles, entre environ 12 m/s et 60 m/s.

Eléments essentiels de l'invention

Le but de la présente invention est atteint par un câble électrique clos destiné au transport d'énergie électrique sous haute tension en lignes aériennes, comportant au moins une couche extérieure constituée par des éléments ayant une section affectant globalement la forme d'un S ou d'un Z enroulés hélicoïdalement sur un noyau de manière à s'imbriquer les uns dans les autres, caractérisé en ce que, dans un plan de coupe transversal au câble, les arêtes de transition entre l'extrados essentiellement circulaire de l'élément de S ou de Z et les plans radiaux limitant ledit extrados dans ledit plan de coupe sont arrondies par un rayon de courbure dont le rapport au diamètre de câble est compris entre 1.10^{-2} et 6.10^{-2} .

Il en résulte que les câbles clos conformes à la présente invention réalisés à partir d'éléments tels que décrits ci-dessus présentent une surface extérieure quasi lisse munie de petites rainures hélicoïdales.

On arrive ainsi à combiner les avantages des câbles clos et ceux des câbles toronnés classiques.

Par ailleurs, on a constaté que le câble clos conforme à l'invention présente un coefficient de traînée particulièrement réduit à certaines vitesses de vent, notamment par rapport aux câbles toronnés classiques et aux câbles clos classiques.

En effet, à même diamètre, l'effort aux vents de vitesse élevée est moindre pour le câble conforme à l'invention que pour le câble traditionnel: cette réduction peut atteindre 40%.

Des essais en tunnel à vent, et des observations sur site ont montré que le galop des câbles conformes à l'invention - sans givre, et en grande portée - est repoussé dans des tranches de vitesse de vent nettement plus élevées. De ce fait, la probabilité de ce type de galop sur une ligne est beaucoup plus faible, et, si galop il y a, son amplitude s'avère nettement moins importante.

De plus, le meilleur amortissement du câble de

l'invention se réalise plus rapidement, surtout aux fréquences lentes.

Les dégâts éventuels de galop provoqués au matériel de support sont de ce fait minimisés.

Le câble clos de l'invention présente une section utile supérieure à un câble toronné classique. Il en résulte que pour un transport d'énergie égal, le diamètre de câble sera réduit; de ce fait, les structures de support telle que pilones, fondations,... etc peuvent être conçues de manière plus légère et/ou moins résistante. Dans le cas d'installations existantes par contre, le câble clos à diamètre égal pourra transporter une énergie électrique supérieure.

Par ailleurs, les efforts sur les structures de support sont encore réduits grâce au meilleur comportement aérodynamique du câble de l'invention.

La ceinture extérieure, formée par les fils profilés en Z fortement imbriqués les uns dans les autres, évite en plus le suintement de la graisse placée entre les interstices des fils intérieurs lors de leur assemblage.

Des résultats d'un examen comparatif du graissage résiduel de conducteurs toronnés classiques et de câbles clos en Z, on peut conclure que la couche extérieure du câble clos en profilé "Z" forme une enceinte hermétique empêchant toute fuite de graisse à l'extérieur du câble.

A fortiori dans le cas d'un câble à deux couches de profilés "Z", la corrosion interne restera parfaitement combattue au fil des ans, tout comme l'épineux problème de "coulage en environnement".

Le câble clos selon l'invention a une aire externe qui tend vers la surface lisse. Le bruit produit par l'effet Corona sera d'autant moins élevé, d'autant plus que, de par l'absence de vallées profondes, les poussières sont plus aisément éliminées par les précipitations naturelles. L'encrassement dans le temps sera dès lors moindre que pour un câble toronné classique. Pour les mêmes raisons, les pertes en ligne seront réduites. Il en est de même du bruit.

En outre, le câble clos conforme à l'invention apporte également une solution aux problèmes causés par le givre et par la formation de manchons de glace autour des conducteurs. En effet, la formation d'un manchon de glace autour du câble provoque une torsion de celui-ci. En vue d'éviter les problèmes qui en résultent, on peut prévoir la suspension de poids au câble, qui contrecarrent l'effet de torsion dû à la formation du manchon de glace.

On peut également prévoir, selon une forme d'exécution préférée, que le câble clos comporte au moins deux couches extérieures constituées par des éléments ayant une section affectant globalement la forme d'un S ou d'un Z enroulés hélicoïda-

lement sur un noyau de manière à s'imbriquer les uns dans les autres, une couche étant enroulée vers la gauche et l'autre vers la droite. Une orientation correcte des couches du câble par rapport aux vents dominants projetant la neige sur le câble, empêche de plus la formation d'efforts de torsion trop importants dans le câble.

Avantageusement, il peut être prévu que les deux couches constituées par des éléments profilés en S ou en Z sont séparées par un intervalle de l'ordre de 0,1 à 1 mm. On a constaté que le câble clos ainsi obtenu est moins sensible aux petites vibrations éoliennes et peut être monté avec une utilisation moindre d'amortisseurs classiques ou sans faire appel à ceux-ci.

Avantageusement, l'élément filiforme profilé en S ou en Z et caractérisé par des rayons de courbure compris entre 0,4 et 1 mm entre l'extrados et les plans radiaux limitant ledit extrados dans le plan de coupe présente des diamètres d'extrados compris entre 15 et 60 mm, et une hauteur de profilé comprise entre 3 et 12 mm, l'extrados formant un arc de courbure compris entre 10° et 30°.

Brève description des figures

L'invention est décrite plus en détail ci-dessous à l'appui des dessins dans lesquels:

- la figure 1 est une vue en coupe transversale à travers un câble clos conforme à l'invention;
- la figure 2 est une vue à échelle agrandie d'une coupe transversale à travers un élément de fil profilé en S ou Z;
- la figure 3 est un graphique du coefficient de traînée exprimé en fonction de la vitesse du vent pour divers types de câble; et
- la figure 4 est un graphique du coefficient de traînée exprimé en fonction du nombre de Reynolds pour diverses profondeurs de rainure.

Description détaillée

A la figure 1, on a représenté une forme d'exécution préférée d'un câble clos 1 conforme à la présente invention. Il se compose d'un noyau 3 constitué de 7 éléments toronnés (1+6), d'une première couche 5 d'éléments 7 ayant un profilé en forme de S ou Z et d'une deuxième couche 9 dite couche extérieure comportant des éléments 11 ayant une section en forme de S ou Z.

Un espace annulaire 13 peut être ménagé entre la surface extérieure essentiellement lisse de la première couche 5 d'éléments profilés en S ou Z 7 et la surface constituée par les intrados des éléments en S ou Z 11 de la couche extérieure 9.

Lesdits éléments profilés en S ou Z sont enroulés hélicoïdalement autour du noyau 3 et sont imbriqués les uns dans les autres de manière à constituer un joint étanche à la graisse contenue à l'intérieur et au salissures extérieures.

Alors que les éléments 7 constituent une surface extérieure essentiellement lisse, mis à part quelques irrégularités dues notamment aux tolérances de fabrication, la surface extérieure constituée par les éléments 11 enroulés hélicoïdalement sur ladite première couche 5 et s'imbriquant les uns dans les autres présente l'aspect d'une surface essentiellement lisse, munie de rainures hélicoïdales 15 déterminées par les rayons de courbure des bords correspondants du profilé en S ou en Z.

A la figure 2, on a représenté un élément 11 en coupe transversale à échelle agrandie. Comme on peut le voir, la section affecte globalement la forme d'un S ou d'un Z. Les arêtes de transition 21 et 23 entre l'extrados 25 essentiellement circulaire et les plans radiaux 27 et 29 limitant ledit extrados dans ledit plan de coupe sont arrondies par un rayon e courbure 30 généralement compris entre 0,4 et 1 mm, dans le cas de câbles ayant un diamètre de 15 à 60 mm.

A la figure 3, on a porté sur un graphique les résultats d'essais en soufflerie, qui font apparaître l'avantage de câbles conformes à l'invention (●) par rapport aux câbles toronnés classiques (+). En effet, le coefficient de traînée (Cx) chute sensiblement dans la marge des vitesses de vent utiles (V_{qb} - V_{2qb}). A titre de comparaison, un câble lisse présente une courbe quasi horizontale se situant aux environs de $C_x = 1,1$, à diamètre égal, c'est-à-dire de 50 mm dans le cas de cet essai. Notons également pour être complet, que le rayon de courbure 30 des profilés en S ou en Z du câble conforme à l'invention (●) est de 0,5 mm dans cet essai.

La figure 4 est un graphique analogue dans lequel le coefficient de traînée C_x est représenté en fonction du nombre de Reynolds (Re), lui-même lié à la vitesse de l'écoulement par la relation

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

où

D = diamètre du câble en m,

μ = viscosité cinématique de l'air en m^2/s .

Ce graphique fait plus particulièrement apparaître l'importance du rayon de courbure des éléments en S ou en Z. Les essais ont été réalisés pour des câbles ayant chaque fois un diamètre extérieur de 18,9 mm. Dans le graphique:

(+) - r = 0,3 mm

(●) - r = 0,4 mm

(⊙) - r = 0,5 mm

(□) - r = 0,6 mm

(△) - r = 0,7 mm

(⊞) - r = 0,8 mm

On constate que plus le rayon de courbure est petit, plus on s'approche d'un cylindre ou d'un câble lisse, voir (+).

Le fait que les valeurs numériques du coefficient de traînée sont différentes par rapport au graphique de la figure 4 dépend de la différence des diamètres de câble. Le graphique de la figure 4 est toutefois essentiel pour montrer l'influence de la profondeur des rainures hélicoïdales.

Il est donc possible d'envisager de réaliser un câble dont le coefficient de traînée est avantageux dans le domaine des vitesses de vent utiles, notamment entre les vitesses de calcul V_{qb} et V_{2qb} prévues par la réglementation belge.

Le nombre de rainures, le pas de l'hélice, l'encrassement du câble et éventuellement d'autres paramètres peuvent avoir une influence sur le comportement du câble. Celle-ci est néanmoins sensiblement moins importante que l'influence des paramètres susmentionnés, à savoir profondeur des rainures et diamètre du câble.

Il est bien évident que le câble conforme à l'invention peut être constitué de tout type de matériau convenant pour une ligne électrique aérienne. Il est également entendu que l'invention couvre les différents câbles constituant une ligne aérienne, notamment les câbles de phase ou de garde incorporant ou non des circuits de télécommunication.

Bien que la figure 1 représente un noyau toronné (1+6), il y a lieu de noter que l'invention couvre également un câble tel que revendiqué dont le noyau peut comporter des fibres optiques.

Revendications

1. Câble électrique clos destiné au transport d'énergie électrique sous haute tension en lignes aériennes, comportant au moins une couche extérieure (11) constituée par des éléments (13) ayant une section affectant globalement la forme d'un S ou d'un Z enroulés hélicoïdalement sur un noyau (3) de manière à s'imbriquer les uns dans les autres, caractérisé en ce que, dans un plan de coupe transversal au câble, les arêtes de transition (21, 23) entre l'extrados (25) essentiellement circulaire de l'élément de S ou de Z et les plans radiaux (27, 29) limitant ledit extrados dans ledit plan de coupe sont arrondies par un rayon de courbure (30) dont le rapport au diamètre du câble fini est compris entre $1 \cdot 10^{-2}$ et $6 \cdot 10^{-2}$.

2. Câble électrique clos selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte deux couches (5, 9) constituées par

des éléments ayant une section en forme de S ou de Z.

3. Câble électrique clos selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que l'une des couches constituée par des éléments ayant une section en forme de S ou de Z et enroulés hélicoïdalement de manière à s'imbriquer les uns dans les autres est enroulée vers la droite et en ce que l'autre couche est enroulée vers la gauche.

5

10

4. Câble électrique clos selon la revendication 2 ou 3 caractérisé en ce que les deux couches constituées par des éléments profilés en S ou en Z sont séparées par un intervalle (13) de l'ordre de 0,1 à 1 mm.

15

5. Élément filiforme présentant une section affectant globalement la forme d'un S ou d'un Z caractérisé en ce que dans un plan de coupe transversal, les arêtes de transition (21, 23) entre l'extrados (25) essentiellement circulaire et les plans radiaux (27, 29) limitant ledit extrados dans ledit plan de coupe sont arrondies par un rayon de courbure (30) dont le rapport au diamètre de l'extrados est compris entre 1.10^{-2} et 6.10^{-2} , la hauteur dudit profilé en S ou en Z étant comprise entre 3 mm et 12 mm, l'extrados formant un arc de courbure compris entre 10 et 30°.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

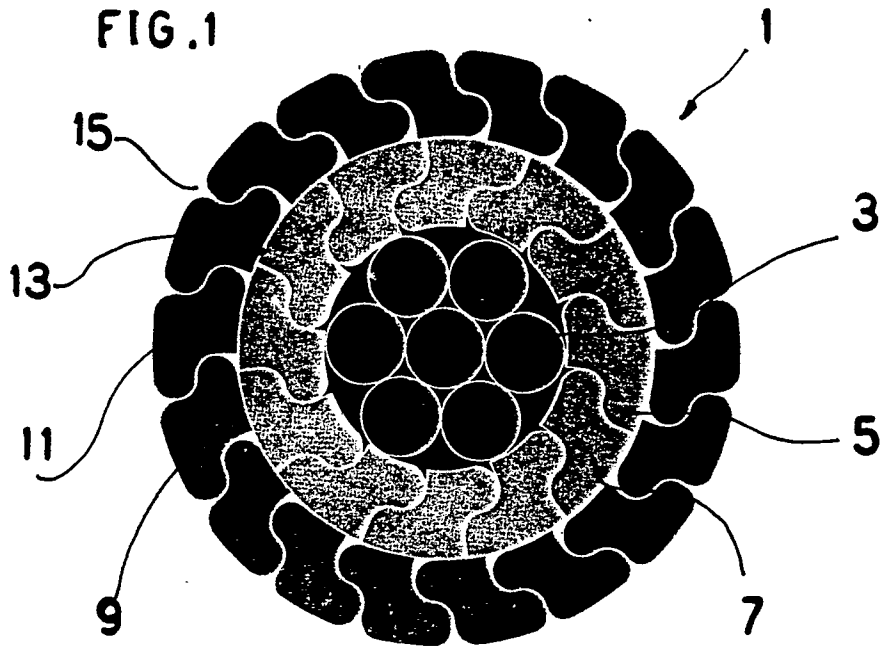
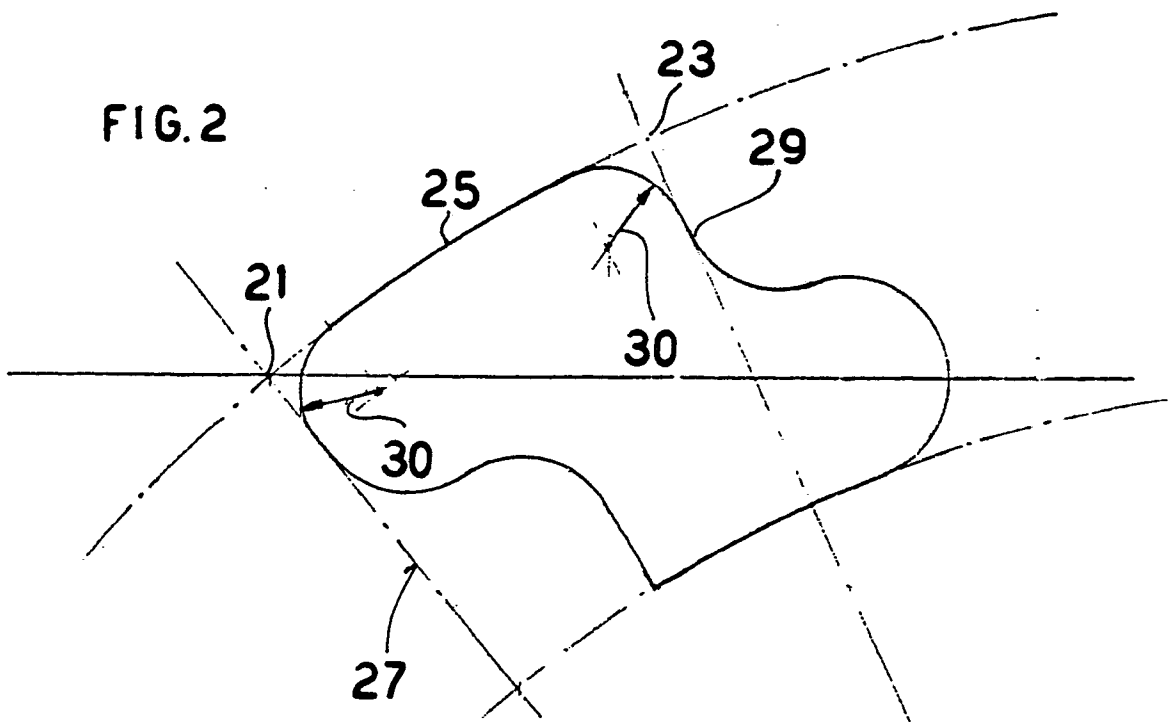
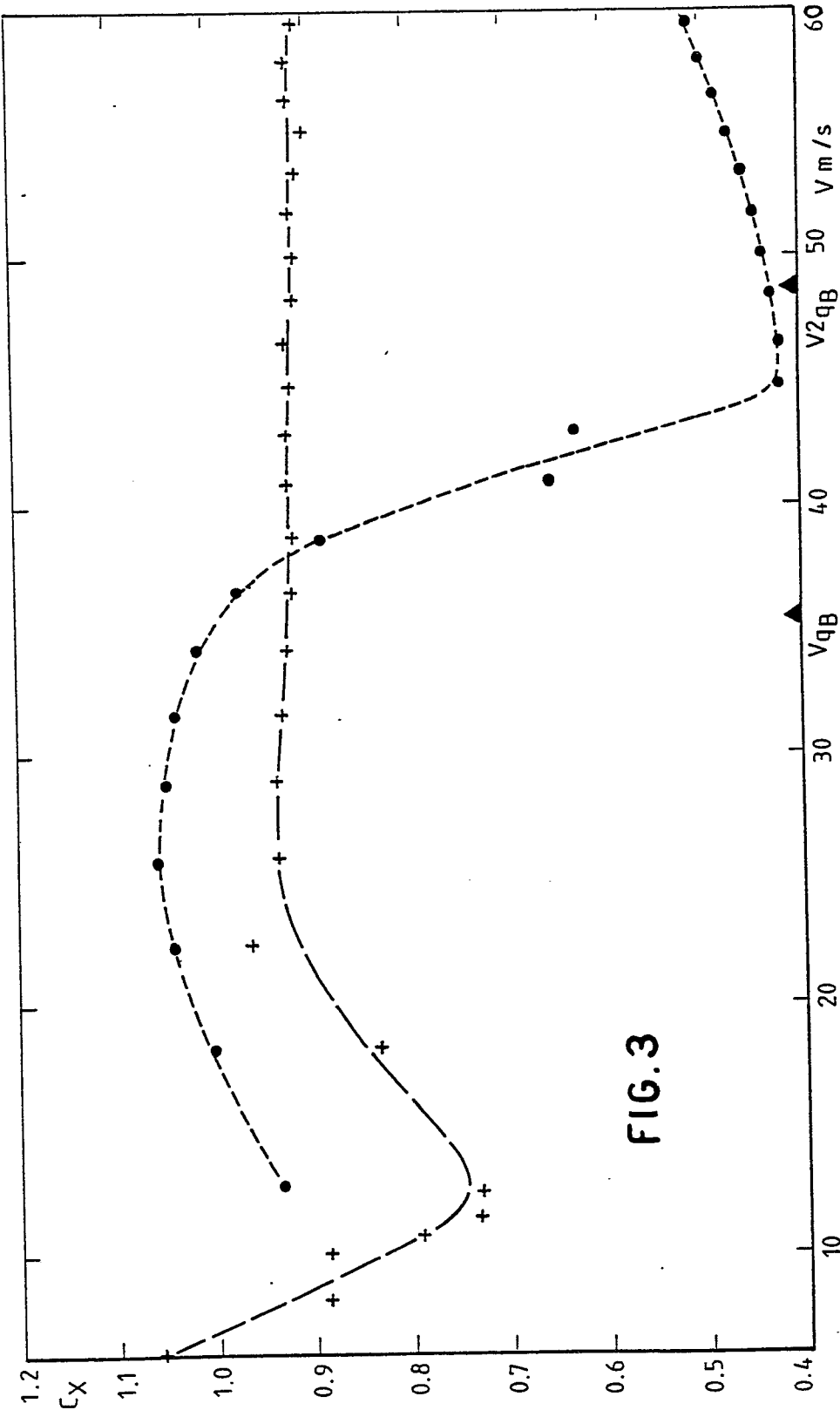
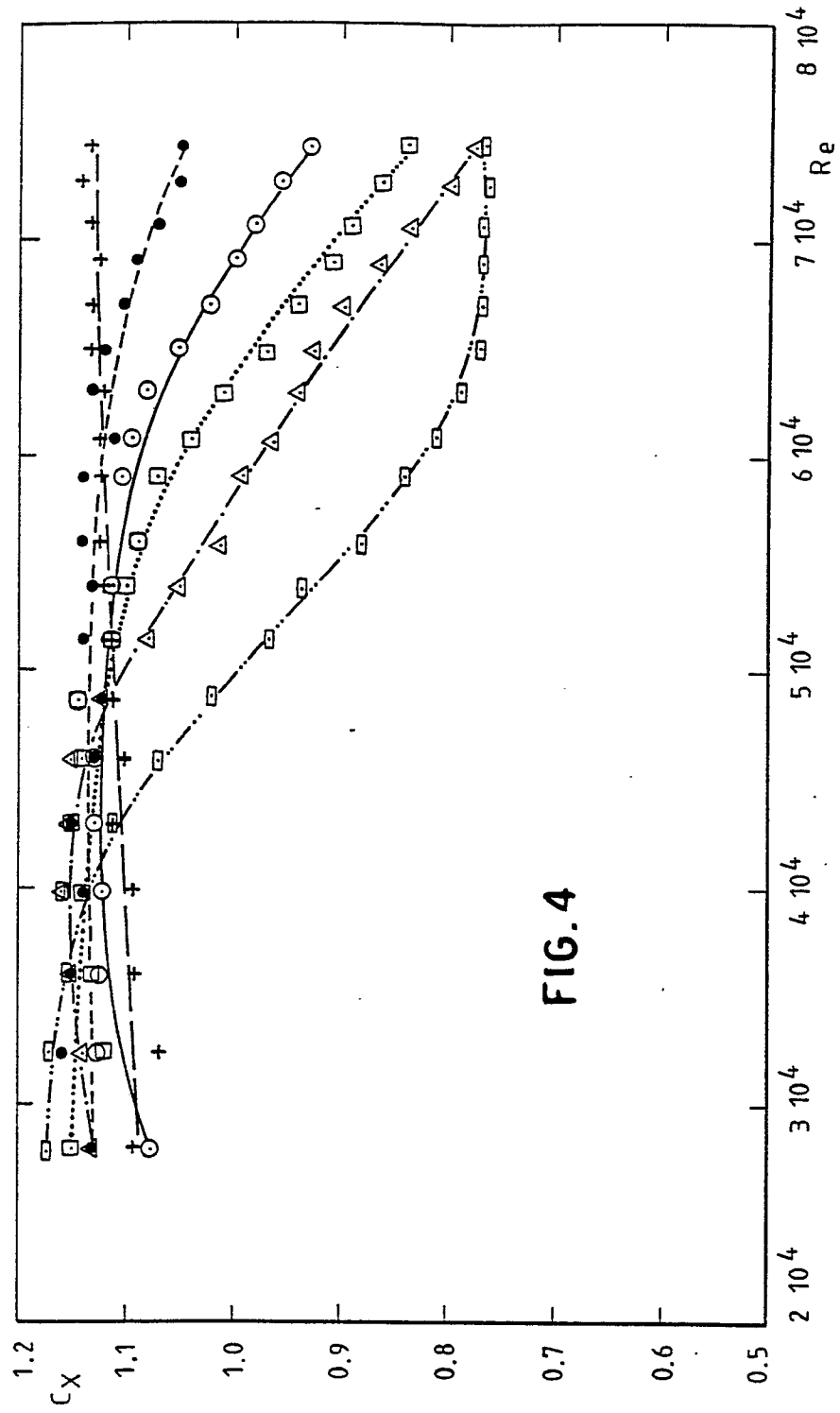


FIG. 2









EP 89 87 0218

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	DE-C-275218 (RHEINISCHE DRAHT- UND KABELWERKE) * colonne 1, lignes 9 - 19; figure 3 * ----	1, 5	H01B5/08 H01B5/10
A	FR-A-779960 (TREFILERIE ET CABLERIE DE BOURG) * page 1, colonne 1, ligne 28 - colonne 2, ligne 38; figures 1, 2 * ----	1-3	
A	FR-A-1550656 (ALUMINIUM LABORATORIES) * page 5, colonne 2, alinéa 4,5; figure 15 * -----	1, 2, 4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 AVRIL 1990	Examineur DEMOLDER J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			