

Système breveté INIEX/Delogne

Gebrevetteerd systeem NIEB/Delogne

P. DELOGNE *

Il a souvent été constaté qu'une ligne bifilaire placée contre la paroi d'une galerie devient presque inopérante. Ceci s'explique aisément par le fait que, dans un tel cas, les lignes de champ électrique et magnétique sont pour la plupart concentrées entre la ligne et la paroi. L'antenne d'un poste de radio placé au milieu de la galerie n'est que faiblement couplée à la ligne. En outre, la paroi provoque un affaiblissement important des ondes guidées par la ligne.

Mais il existe des applications dans lesquelles une telle position de la ligne est la seule possible, par exemple dans les tailles. Dans de tels cas, il serait utile que l'énergie électromagnétique se propage à l'intérieur d'un câble coaxial, avec des pertes assez faibles et d'une manière tout à fait indépendante des caractéristiques de la galerie. Evidemment, le but étant de fournir des liaisons à des appareils de radio mobiles dans la galerie, il faut disposer le long du câble, à intervalles réguliers, des antennes par lesquelles l'énergie rayonnée par les émetteurs puisse entrer dans le câble et par lesquelles elle puisse sortir pour exciter les récepteurs. En application du théorème de réciprocité, une même antenne remplit ces deux fonctions.

Les antennes qui ont été mises au point consistent essentiellement en une interruption du conducteur extérieur du câble. Si l'on ne prend pas de précaution, de telles coupures perturbent gravement la propagation à l'intérieur du câble; on a éliminé ce défaut en plaçant entre les deux por-

Er werd dikwijls vastgesteld dat een tweedraadlijn die dicht tegen de wand van een galerij gehangen wordt ondoeltreffend is. Dit wordt gemakkelijk uitgelegd door het feit dat de elektrische en magnetische veldlijnen in dat geval meestal gekoncentreerd zijn tussen de lijn en de muur. De antenne van een radiopost in het midden van galerij is dan slechts zwak gekoppeld met de lijn. Bovendien brengt de nabijheid van de wand een belangrijke verzwakking van de geleide golven mee.

Er bestaan nochtans toepassingen waarbij een dergelijke ligging van de lijn de enige mogelijke is, namelijk in de peilers. In die gevallen zou het nuttig zijn dat de elektromagnetische energie zich binnen een koaxiale kabel voortplant, dus met geringe verliezen en volledig onafhankelijk van de eigenschappen van de galerij. Natuurlijk, met het doel zijnde verbindingen te verschaffen aan radiotoestellen die zich in de galerij verplaatsen, moet men op regelmatige afstanden antennes op de kabel verbinden waardoor de gestraalde energie van de zenders binnen de kabel kan geraken en ook naar de ontvangers kan uittreden. Als gevolg van het reciprociteitstheorema kan eenzelfde antenne die twee functies vervullen.

De antennes die gebouwd werden bestaan hoofdzakelijk in een onderbreking van de uitwendige geleider van de kabel. Zonder speciale voorzorgen storen die onderbrekingen de voortplanting van de golven in de kabel; met behulp van een geschikte condensator tussen de twee helften van de uitwendige geleider evenals van een zelf-

* Docteur en Sciences Appliquées,
Avenue du 11e Zouave, 33 — 1342 LIMELETTE.

Doctor in de Toegepaste Wetenschappen,
Avenue du 11e Zouave, 33 — 1342 LIMELETTE.

tions du conducteur extérieur une capacité de valeur convenable, de même qu'une bobine de self-induction en série avec le conducteur intérieur. La détermination de ces éléments n'a été possible qu'après une étude théorique et expérimentale complète de la coupure.

Ces antennes, qui ont la forme d'un connecteur, ne prennent pratiquement pas de place. Elles ont en outre des propriétés électriques idéales pour l'utilisation dans une galerie.

Considérons un signal se propageant à l'intérieur du câble. Une partie importante de l'énergie incidente est transmise au-delà de l'antenne, une fraction minimale est réfléchi à l'intérieur du câble et le reste sort par la coupure. Cette dernière portion se décompose elle-même en deux parties.

La première est rayonnée radialement à partir de l'antenne dans toutes les directions, à la manière d'une antenne classique. La répartition du flux rayonné n'est cependant pas uniforme mais favorise les directions voisines de l'axe du câble; plus précisément, pour un angle de quelque 10° par rapport à cet axe, on obtient un gain de 10 dB environ par rapport à la répartition uniforme. Une telle caractéristique est évidemment très intéressante pour l'utilisation dans une galerie. Ce type d'onde doit être utilisé lorsque le câble doit être placé contre la paroi et il faut alors raccorder les antennes à des intervalles assez faibles, par exemple tous les 20 m.

La deuxième partie de l'énergie qui sort par la coupure du conducteur extérieur se répartit en deux ondes de même amplitude qui sont guidées le long de la surface extérieure du câble. Ces ondes, suivant la fréquence, les dimensions de la galerie et les caractéristiques du câble, sont des ondes du type coaxial entre le conducteur extérieur et la paroi de la galerie ou des ondes de Goubau dues au revêtement diélectrique du conducteur extérieur et ayant une plus ou moins grande concentration autour du câble.

Ces ondes guidées ne peuvent être utilisées que si le câble est posé à une certaine distance des parois, faute de quoi les effets néfastes décrits à propos de la ligne bifilaire réapparaissent. L'expérience a montré que ces ondes guidées ont une atténuation d'environ 10 dB/100 m, tandis que celle du câble lui-même n'est que de quelque 3 dB/100 m. Il faut donc régénérer les ondes guidées en insérant des antennes à intervalle régulier.

Une application de ce principe à la télécommande d'un treuil minier a été réalisée le mois dernier à Winterslag; le Prof. de Crombrughe vous décrira tout à l'heure cette commande et, pour ma part, je me bornerai au système électromagnétique.

induktiespoel in serie met de inwendige geleider kan dit nadeel verholpen worden. De bepaling van die elementen werd slechts mogelijk gemaakt door een volledige theoretische en proefondervindelijke studie van de onderbreking.

Die antennes hebben de vorm van een connector en nemen bijna geen plaats in. Ze vertonen bovendien ideale elektrische eigenschappen voor het gebruik in tunnels.

Beschouw een signaal dat zich voortplant in de kabel. Het grootste gedeelte van de invallende energie gaat door over de antenne, een klein gedeelte wordt in de kabel weerkaatst en het overige treedt naar buiten door de onderbreking. Dit laatste gedeelte bestaat uit twee delen.

Het eerste deel wordt radiaal vanaf de antenne in alle richtingen gestraald, zoals door een gewone antenne. Het gestraalde flux is nochtans niet gelijk verdeeld want de richtingen dicht bij de as van de kabel worden begunstigd; meer nauwkeurig gezegd, voor hoeken van ca 10° t.o.v. die as worden winsten van een tiental dB boven de isotrope verdeling bekomen. Die eigenschap is uiteraard interessant voor het gebruik in tunnels. Golven van dit type zijn te gebruiken wanneer de kabel tegen de muur gehangen moet worden; de afstand tussen de antennes is dan tamelijk klein, b.v. 20 m.

Het tweede deel van de energie die door de onderbreking van de uitwendige geleider naar buiten treedt verdeelt zich in twee golven met gelijke amplitudes die geleid worden door het uitwendige oppervlak van de kabel. Die golven, naargelang de frequentie, de afmetingen van de galerij en de eigenschappen van de kabel, zijn golven van het koaxiaal type tussen de uitwendige geleider en de galerijwand of Goubau-golven die toe te schrijven zijn aan de dielektrische beschermingslaag van de uitwendige geleider en die een min of meer grote concentratie rond de kabel vertonen.

Die geleide golven kunnen slechts gebruikt worden wanneer de kabel op een voldoende afstand van de wand gehangen wordt; zoniet komen de nadelige verschijnselen die voor de tweedraadleiding beschreven werden weer op. Proeven hebben getoond dat die golven een demping van ca. 10 dB/100 m ondergaan terwijl deze van de kabel zelf maar ongeveer 3 dB/100 m is; men moet de geleide golven dus versterken door het verbinden van antennes op regelmatige afstand.

Een toepassing van dit principe op de afstandbediening van een ondergrondse sleeplijer werd verleden maand in de mijn van Winterslag verwezenlijkt. Prof. de Crombrughe zal straks de afstandbediening beschrijven en ik zal mij dus beperken tot het elektromagnetisch systeem.

L'émetteur de télécommande par radio est porté par l'opérateur qui accompagne le train le long du câble. Cet émetteur fournit une puissance de 30 mW à 30 MHz. Le câble étant bien dégagé des parois, on utilise les ondes guidées.

On a placé une antenne tous les 100 m, mais il ne s'agit pas d'antennes simples. En effet, comme les antennes décrites ci-dessus excitent deux ondes guidées d'amplitudes égales dans les deux directions, à mi-chemin entre deux antennes, on se trouverait en présence de deux ondes voyageant en sens contraires et ayant des amplitudes comparables; il en résulterait des ondes stationnaires avec annulation du champ aux endroits où les deux ondes sont en opposition de phase. Les antennes composées qui ont été utilisées sont constituées de deux antennes élémentaires distantes d'un quart d'onde et formant un coupleur directif: ces deux antennes excitent dans la direction opposée à celle de l'émetteur deux ondes qui se renforcent parce qu'elles sont en phase et, dans la direction de l'émetteur, deux ondes qui se détruisent parce qu'elles sont en opposition de phase à cause d'une différence de parcours d'une demi-longueur d'onde. Ceci résout le problème des ondes stationnaires le long des tronçons de 100 m.

Le récepteur est couplé galvaniquement à une extrémité du câble et fournit les signaux de commande au treuil.

Un fonctionnement parfait a été obtenu sur toute la longueur du câble — 900 m — et même un peu plus loin, dans toute la section de la galerie dont le profil était tourmenté et irrégulier. Aucun raté de fonctionnement n'a été observé, même lorsque l'émetteur était placé sous une berline, et il semble que l'on aurait pu atteindre sans difficulté la distance de 2 km.

Il est piquant de constater que ces mêmes appareils de télécommande utilisés à la surface ne permettent de couvrir que des distances inférieures à 300 m. On a donc tiré un bon parti de la présence de la galerie et ceci prouve que la radio peut aussi bien être utilisée dans la mine que sur les chantiers au sol.

De radio-stuurzender wordt gedragen door een operator die de trein langs de kabel vergezelt. Dit toestel levert een vermogen van 30 mW op 30 MHz. Daar de kabel op een bepaalde afstand van de wand hangt gebruikt men de geleide golven.

Om de 100 m wordt een antenne op de kabel geplaatst, maar het is geen eenvoudige antenne. Inderdaad, daar de hierboven beschreven antennes twee geleide golven met gelijke amplitudes opwekken, zou men op middenafstand tussen twee antennes twee golven hebben met gelijke amplitudes en tegengestelde voortplantingszin; daaruit zouden stationnaire golven volgen met het nulworden van het veld daar waar die golven in tegenfase zijn. De samengestelde antennes die gebruikt werden bestaan uit twee elementaire antennes op een afstand van een kwartgolf lengte en maken een gerichte koppeling: die twee antennes wekken in de tegengestelde zin van de zender twee golven op die mekaar versterken omdat ze in fase zijn en, in de richting van de zender, twee golven die mekaar vernietigen omdat ze in tegenfase zijn: dit is te wijten aan een halve golf-wegverschil. Daarmee is het vraagstuk van de stationnaire golven langs de 100 m-stukken opgelost.

De ontvanger wordt galvanisch op een uiteinde van de kabel verbonden en hij brengt de stuursignalen aan de sleeplijer over.

Een perfecte werking werd bekomen op de ganse lengte van de kabel — 900 m — en zelfs wat verder in de ganse doorsnede van de galerij die onregelmatig was. Geen enkele werkingsfout werd waargenomen, zelfs wanneer de zender onder een mijnwagen gelegd was en men zou waarschijnlijk gemakkelijk de afstand van 2 km kunnen bereiken.

Een interessante opmerking is dat diezelfde stuurtoestellen op de grond slechts voor afstanden kleiner dan 300 m werken. Men heeft het grootste voordeel getrokken van de aanwezigheid van de galerij en dit bewijst dat de radio even goed in de mijn als in werven op de grond gebruikt kan worden.