Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 14

Artikel: L'éclairage routier de la zone F.I.P.A. à Genève
Autor: Serex, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916058

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

L'éclairage routier de la zone F. I. P. A. à Genève [1])

Par *R. Serex*, Genève

628.971.6

La Fondation F.I.P.A.

La fondation des terrains industriels de la Praille et des Acacias créée en 1953 par une loi cantonale est une institution de droit public ayant pour but d'encourager, entre autres, le développement et l'établissement de nouvelles entreprises industrielles et commerciales à Genève. Les zones industrielles Praille-Acacias se divisent en parties Nord et Sud, l'ensemble représentant une surface utile de plus de 700000 m².

Une des missions essentielles de F.I.P.A. a été l'équipement des terrains. C'est en 1954 que le Département des travaux publics confiait à la Société Générale pour l'Industrie le soin d'étudier la mise en valeur des terrains en les faisant aménager en zones industrielles pourvues d'embranchements routiers dans la partie Nord et d'embranchements ferroviaires et routiers dans la partie Sud, chaque parcelle étant bordée d'un côté par une voie ferrée de l'autre par une voie routière.

Les travaux commencés en 1960 touchent actuellement à leur fin.

Soulignons que d'importants réseaux des Services publics complètent l'aménagement et ce n'est pas moins de 15 km de câbles haute et basse tension que le service de l'électricité a posé dans cette zone.

Dans le cadre des travaux d'aménagement routier, il y a lieu de mettre en évidence:

a) La «Voie centrale» artère majeure, en partie sur viaduc. Voie d'accès à la zone industrielle et artère de circulation rapide à l'ouest de la ville entre le quartier de la Jonction et la route de St-Julien.

b) L'avenue Vibert à 4 voies de circulation, avec passage inférieur sous le faisceau des voies ferroviaires.

c) Les deux voies latérales Est et Ouest jouxtant la Voie centrale et les dessertes.

d) Le carrefour des Acacias, au-dessus de la Voie centrale, plaque tournante introduite dans l'artère Acacias-Lancy et permettant l'accès aux voies latérales d'une part, à la Voie centrale d'autre part ainsi qu'au complexe CFF Praille.

Eclairage routier

Nous décrivons ci-dessous les trois types d'installations qui caractérisent l'équipement du complexe F.I.P.A.:

a) L'avenue Vibert, les voies latérales et dessertes.
b) Le carrefour des Acacias.
c) La Voie centrale.

a) L'avenue Vibert, les voies latérales et dessertes

L'installation a été projetée en 1961 en vue d'équiper la zone Nord. Par la suite, pour assurer une certaine homogénéité de l'ensemble, ce sont les mêmes éléments qui furent utilisés dans la zone Sud.

L'aménagement est de type conventionnel avec dispositions unilatérales ou bilatérales des foyers suivant l'importance des artères. Ce n'est pas moins de 200 candélabres qui ont été implantés. La hauteur des luminaires au-dessus du sol est de 10 m. L'interdistance entre ceux-ci est de 30 m, environ (fig. 1).

1979 - 87

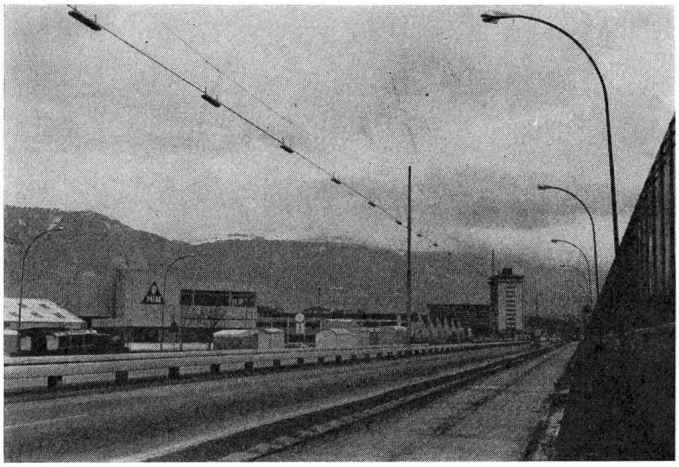

Fig. 1
Voie latérale Ouest

Candélabres. Les supports sont en acier zingué à chaud présentant une conicité de 10 mm. Le rayon de courbure est de 2,50 m le porte à faux de 3 m le luminaire est incliné de 15°. La fixation du candélabre dans le sol s'effectue généralement dans un socle en béton coulé sur place, l'espace compris entre le socle et le fût permettant l'introduction de sable grainé, compacté. Le dessus est obturé par une collerette en ciment. Le candélabre est à 2° en avant par rapport à la verticale.

Luminaires. Le luminaire a été choisi après de nombreux essais et mesures d'éclairement effectués sur une des artères F.I.P.A. Les examens ont portés sur une douzaine d'appareils tant à tubes fluorescents qu'à lampes fluoballons. Parmi les mesures effectuées, nous mentionnerons celle dite des «21 points» qui est de nature à déceler la meilleure qualité optique des luminaires examinés. Ces mesures n'ont cependant pas été déterminantes et le choix s'est finalement porté sur un appareil robuste, fermé par un réfracteur en verre dont la silhouette convenait à la forme des candélabres et sur le plan statique, aux dimensions des supports déjà en main de la Direction des travaux. Le luminaire est équipé d'une self connectable 250/400 W actuellement raccordée pour une lampe de 250 W.

[1]) F.I.P.A. = Fondation des terrains Industriels Praille et Acacias.

Notons encore que les artères mentionnées ont un revêtement en béton et que l'horaire de fonctionnement est celui de l'éclairage public.

b) Carrefour des Acacias

Les structures particulières de l'ouvrage limitant les possibilités de fixation des supports sur les dalles; la nécessité de créer sur cet important complexe un haut niveau de luminance, sont autant d'éléments qui ont engagés les Services compétents à utiliser ce que nous désignons par luminaire «semi-grands-espace» généralement à 14...18 m, au-dessus du sol, pour le différencier des éléments conventionnels, à 10 m d'une part et des grands espaces à 20 m et plus d'autre part. Le luminaire est du type à flux dirigé. Il peut être équipé de 4 à 8 lampes fluoballons de 400 W. C'est le nombre de lampes dans le luminaire qui modifie, suivant les besoins, la forme de la courbe de répartition de l'éclairage sur le sol. Entre les semi grand-espaces sont intercalés des éléments sans bras de 12 m de haut avec des luminaires modernes et des lampes de 400 W fluoballons.

Bien que le facteur d'uniformité de l'éclairement au sol puisse être considéré comme suffisant, l'installation ainsi réalisée confère à la chaussée un bon facteur d'uniformité de luminance et une excellente vision des obstacles.

Il faut souligner que d'une façon générale les complexes routiers traversés par des lignes de trolleybus supposent la présence de forts poteaux acier. De même, la signalisation routière aura besoin d'un effectif assez élevé de supports en tout genre. L'adoption d'une solution conventionnelle lors d'éclairage de carrefours importants donne lieu à l'utilisation d'un nombre relativement élevé d'appuis ce qui nuit à l'aspect diurne de ces espaces et sont autant d'obstacles à une bonne vision périphérique. Il est dès lors logique de rechercher une disposition particulière et celle-ci peut être trouvée notamment dans l'emploi de luminaires hauts sur le sol équipés de sources plus puissantes pour un même résultat. Les frais de premier établissement ne sont généralement pas plus élevés.

De toute façon, dans ce genre de problème, seul un organe de coordination attentif peut remédier aux inconvénients signalés en recherchant des solutions utilisant des supports communs à plusieurs services par exemple.

Il est bon ici de se souvenir de l'image que se fait un urbaniste attaché à l'étude d'un aménagement comme celui décrit plus haut, par exemple, et ce qu'il en advient lorsque les services publics ont achevé leur équipement pourtant indispensable (fig. 2).

Fig. 2
Carrefour des Acacias

Fig. 3
Viaduc

c) Voie centrale

Longue d'environ 2 km, la Voie centrale est une artère à 4 pistes sans bermes mais équipées dans la bande médiane d'une protection en éléments béton préfabriqués. A ses extrémités, elle aboutit aux carrefours *F. Dussau* et à celui du *Bachet de Pesay*, tous deux feront l'objet de transformations importantes.

L'orientation de la Voie centrale est sensiblement Nord-Sud. L'examen du profil longitudinal de l'artère montre un point bas au passage inférieur sous le carrefour des Acacias et un point haut sur le viaduc à l'extrémité Sud. La chaussée est revêtue de bitume (fig. 3).

Les voies latérales jouxtent la Voie centrale et sur quelques tronçons, elles ne sont séparées de ces dernières que par une bordure en plots béton.

Deux constructions pouvaient prétendre répondre aux problèmes posées par l'éclairage, soit une installation conventionnelle, soit une suspension des luminaires par caténaires. L'une et l'autre de ces solutions pouvant convenir à un éclairage du type «Voie-express».

Ce sont les caractéristiques du viaduc qui ont, en quelque sorte conditionné l'implantation des supports et aussi amenés les Services compétents à porter leur choix sur la suspension par caténaire non sans avoir pris connaissance des études comparatives de prix.

Le projet du type conventionnel comportait des mâts de 14 m sur le sol distants de 40 m, supportant 2 luminaires, le tout implanté dans la bande centrale. Quant à la deuxième solution, l'espacement des mâts de la caténaire était de 80 m sauf sur le viaduc où il ne pouvait être que de 102 m en raison des efforts transmis aux pieds des mâts, c'est-à-dire au droit des piliers.

Une estimation comparative entre les deux systèmes montre une légère différence de prix en faveur de la suspension caténaire. Ajoutons que pour une suspension caténaire dans de bonnes conditions d'exploitation, l'emploi de tubes fluorescents conduit à des investissements plus élevés qu'avec des lampes fluoballons mais que cette différence peut être compensée dans certaines conditions par la différence des frais d'exploitation.

Quoique le système de suspension à caténaire soit déjà connu à Genève où 2 artères sont éclairées de cette façon, l'installation de la Voie centrale ne permet aucune comparaison.

Dans les grandes lignes, quels sont les avantages et les inconvénients d'un tel système sur le plan de l'éclairagisme?

1. Comparé à un système traditionnel, il a le grand avantage de ne présenter aucun éblouissement, l'œil du conducteur ne voit que de faibles surfaces du luminaire. D'autre part, la luminance des surfaces est faible par rapport à celle que l'on pourrait rencontrer avec une autre source.

2. Ce genre d'installation permet de créer un facteur d'uniformité de luminance très élevé.

3. Le balancement horizontal de l'ensemble de la caténaire ne produit dans le sens de circulation qu'une faible variation de l'éclairement que l'œil ne peut percevoir.

4. Le système à caténaire crée un éclairage d'ambiance donc, pour le conducteur, une vision d'ensemble.

5. Il est un excellent guide optique.

6. Par contre cette solution exige un niveau élevé d'éclairement du fait qu'elle peut rendre assez difficile la formation du contraste entre l'obstacle et la chaussée; le facteur d'uniformité des luminances de la chaussée et des véhicules tend à diminuer le pouvoir révélateur de l'installation.

Fig. 4
Fixation d'un mât sur le viaduc

Pour mémoire, nous rappelons qu'à l'étranger des suspensions par caténaires ont déjà été construites et décrites dans les revues spécialisées. Mentionnons celle de Cologne-Mulheim en Allemagne utilisant des luminaires à tubes fluorescents 65 W et celle de Rotterdam, près du carrefour d'Ijsselmonde, utilisant les lampes à vapeur de sodium de 200 W.

Caténaire

Le cahier des charges imposait au constructeur les contraintes suivantes:

«*Contraintes*»

1. Cas de charges principal: vent de 130 km/h dans le sens le plus défavorable, sans surcharges; les contraintes ne doivent pas dépasser 60 % de la limite élastique à la température de 0 °C.

2. Cas de charges exceptionnel: vent de 160 km/h dans le sens le plus défavorable, sans surcharge; les contraintes ne doivent pas dépasser 80 % de la limite élastique à la température de 0 °C.

3. Cas de surcharge: pour une surcharge uniformément répartie de 2 kg/m courant de câbles sans vent, et 90 kg/m² de surface horizontale apparente des luminaires, à la température de 0 °C, les contraintes ne doivent pas dépasser 60 % de la limite élastique.

4. Cas de basse température: à —20 °C, sans vent, sans surcharge, les contraintes ne doivent pas dépasser 40 % de la limite élastique.

5. Flèche latérale: La flèche latérale de la caténaire y compris celle des mâts, à 20 °C avec un vent de 90 km/h, dans le sens le plus défavorable ne dépassera pas 50 cm pour les portées de 80 m. Le constructeur indiquera la flèche correspondante dans les mêmes conditions, pour les portées de 102 m.

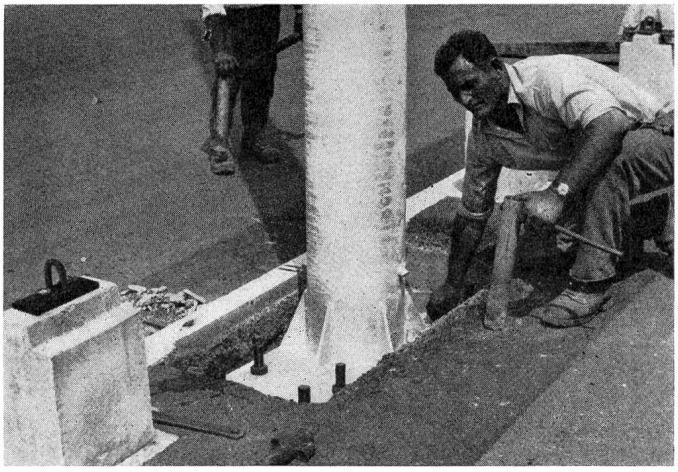

Fig. 5
Fixation d'un mât en dehors du viaduc

Le calcul de la caténaire dans l'offre devait tenir compte des données complémentaires suivantes:

1. Poids du luminaire	17 kg
2. Surface horizontale apparente	0,3 m²
3. Surface latérale apparente	0,3 m²
4. Espaces des luminaires	10 m

En cas de rupture accidentelle d'une portée, quel que soit le cas de charge, il est admis que les mâts subissent des déformations permanentes irréparables, mais sans rupture.

Deux types de bases supports de mâts ont été construits, un pour le viaduc, en acier, à 16 boulons de fixations qui repose sur une poutre transversale sous le tablier, l'autre introduit dans la chaussée lors de sa construction et comportant 8 goujons (fig. 4 et 5).

L'installation est supportée par 24 poteaux acier étirés de tubes sans soudure à 3 restreints. Ils sont construits avec un acier offrant une résistance à la rupture de 60 kg/mm² et une limite d'élasticité de 38 kg/mm². Des plaques en acier sont soudées au pied des fûts et des goussets assurent la rigidité de l'ensemble. Leur hauteur sur sol est de 15 m. Les deux câbles composant la caténaire sont en acier zingué de 50 mm².

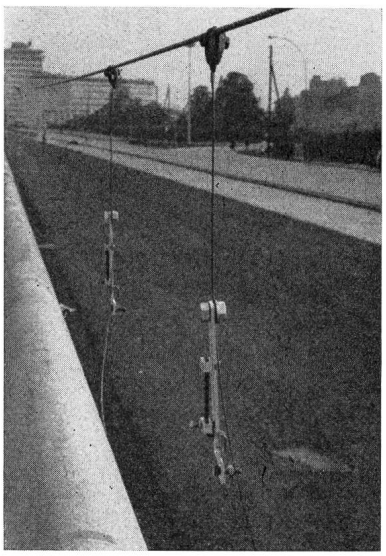

Fig. 6
Montage des pendules sur le câble porteur

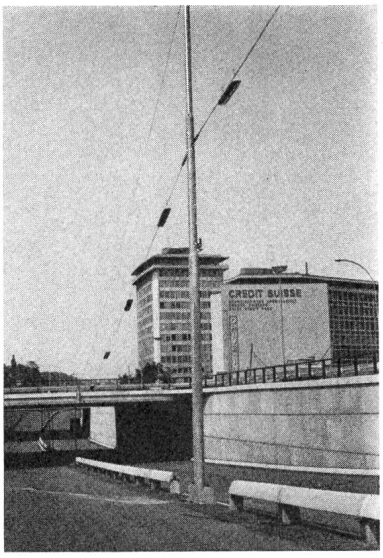

Fig. 7
Aspect de la caténaire à l'entrée du passage inférieur

Renonçant au câble acier inox qui exige des accessoires particuliers, le câble acier de 50 mm² a été choisi en raison du fait que ce matériel est bien connu dans la construction des caténaires de chemins de fer. Par rapport au câble de 35 mm², le diamètre des brins plus grands offre une résistance de zinguage qui est plus élevée.

Les pendules sont en acier inox. de 3 mm de diamètre (fig. 6).

Rappelons que la caténaire est coupée en 2 tronçons par le carrefour des Acacias sur les dalles duquel elle vient s'amarrer (fig. 7).

Luminaires

Le cahier des charges imposait aux constructeurs la présentation d'un certain nombre de renseignements:

1. Les courbes isolux d'un luminaire pour les valeurs 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40 lux jusqu'à E_{max}.
2. Les courbes isocandéla.
3. L'efficacité lumineuse des sources avec appareils auxiliaires.
4. La puissance électrique avec appareils auxiliaires.
5. Le rendement mesuré des luminaires.
6. Les valeurs maxima et minima de la luminance.
7. Luminance ponctuelle en un point P placé en avant de l'observateur dans le sens de l'observateur (fig. 8).
8. Luminance moyenne d'une surface S observée dans le sens de la circulation (fig. 8).

Le cahier des charges impose, au niveau de la chaussée et après 2000 h de fonctionnement, un éclairement moyen horizontal de 25 lx plus ou moins 4 lx avec une tension d'alimentation de 220 V. L'uniformité de l'éclairement sur la chaussée ne doit pas être inférieure aux valeurs suivantes:

$$\frac{E_{min}}{E_{med}} = 1:3$$

$$\frac{E_{min}}{E_{max}} = 1:6$$

D'autre part les luminaires se trouvant à 10 m au-dessus du sol, l'interdistance entre eux pouvait être fixée par le constructeur entre 10 et 12 m.

Des diverses solutions présentées, le choix s'est porté sur l'installation avec des luminaires pour tubes fluorescents 2 × 65 W distants de 10 m.

Le boîtier des luminaires est en alliage d'aluminium résistant à la corrosion et verni avec une laque. A l'intérieur se trouve un réflecteur poli à haut pouvoir réfléchissant facilement démontable. Le pliage longitudinal du réflecteur lui procure une bonne rigidité. La vasque de fermeture en verre organique a subi un traitement auto-statique. Cette vasque est fixée au boîtier au moyen de 3 fermetures à genouillères en métal inox et peut se rabattre des deux côtés.

Les stabilisateurs sont fixés sur le boîtier ce qui permet un bon refroidissement.

Un porte-fusible et un dispositif de compensation pour améliorer le facteur de puissance à 0,8 complète l'équipement de l'appareil.

Le rendement du luminaire à une température ambiante de 20° est estimé à 73 % avec tubes blanc de 65 W.

Les coffrets de télécommandes ont été construits il y a plusieurs années en vue d'alimenter la voie latérale et les dessertes mais sans connaître leur utilisation future. Largement dimensionnés et d'un accès facile, ils sont à même de pouvoir alimenter toute la Voie centrale. L'éclairagiste connaît bien ce genre de problème ... car il lui arrive fréquemment encore d'être consulté alors que les travaux de génie civil sont avancés, ce qui procure parfois des difficultés coûteuses spécialement dans les questions de cheminement de câbles.

Montage

Une attention particulière a été vouée à la finition des bases devant recevoir les mâts. Construites lors de la mise en place de la chaussée, il s'est passé bien des mois avant qu'elles ne soient utilisées.

Des essais de traction, entre autres, effectués sur les mâts mis en place, avec des efforts équivalents aux charges max. +10 % ont permis de s'assurer du bon état des assises.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut les mâts du viaduc sont fixés sur des poutres transversales grâce à des haubans tenseur. La verticalité des supports a pu s'effectuer ensuite d'une façon simple en agissant sur les tendeurs.

La température moyenne actuelle étant estimée à Genève à 15°, la caténaire est réglée de telle façon que pour cette température, le câble transversal soit en position horizontal.

La flèche mesurée du câble porteur pour une portée de 102 m à la température de 15° est de 4,60 m. Le nombre de luminaires installés y compris le passage inférieur, est de 246, représentant une puissance de 32 kW environ.

L'éclairage obtenu au moyen de la caténaire sur un axe transversal au sens de circulation pouvait laisser supposer qu'il était suffisant pour les usagers de la voie latérale ouest.

En fait s'il en est bien ainsi au point de vue «éclairement» sur le plan luminance et guidage optique, nous avons jugé qu'il était préférable en cas de brouillard ou de pluie d'équiper la voie latérale ouest d'un éclairage indépendant du type conventionnel.

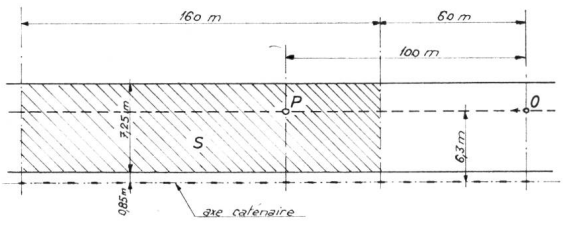

Fig. 8
Renseignements demandés au constructeur relatifs aux luminances
P Luminance ponctuelle; *S* Luminance moyenne; *O* Observateur
Hauteur d'observation = 1,50 m au-dessus du sol

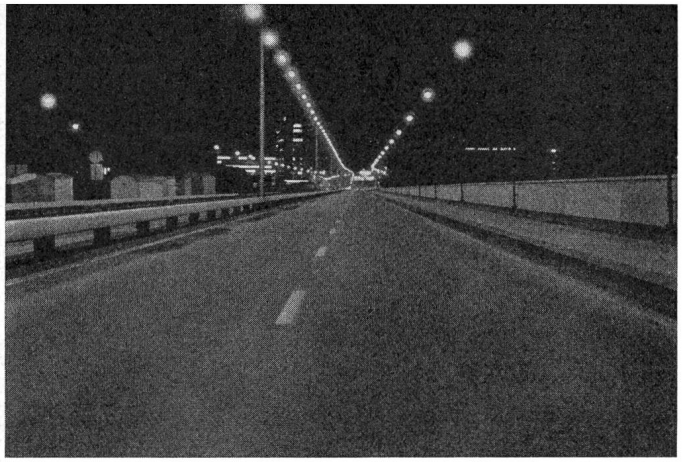

Fig. 9
Voie centrale et voie latérale Ouest

Les deux artères ne sont séparées que par une bordurette en plots béton, il est dès lors possible de justifier un aménagement susceptible d'apporter un complément aux différents facteurs de réflexion des revêtements (béton: Voie latérale Ouest bitume: Voie centrale) en créant également un léger contraste de couleur (fig. 9) (après 200 h d'usage).

Eclairement

Résultats des mesures d'éclairement (suivant cahier des charges). A 2000 heures de fonctionnement.

Température 22°; Tension R: 226 V; S: 228 V; T: 226 V
Chaussée sèche — temps nuageux couvert.

Valeurs: E_{max} : 35 lx E_{min} : 21 lx E_{med} : 28,2 lx

$$\frac{E_{min}}{E_{med}} = 1 : 1{,}6$$

$$\frac{E_{min}}{E_{max}} = 1 : 1{,}66$$

En conclusion, nous pouvons dire que les moyens mis en œuvre pour réaliser l'installation de la Voie centrale donnent de bon résultats.

Des réglages et contrôles seront encore effectués à basse température. Il sera ensuite possible de tirer les conclusions qu'impose une solution qui, sans être un prototype, n'en est pas moins une réalisation particulière sur laquelle des améliorations peuvent être apportées en vue d'obtenir de meilleurs résultats sans augmenter les prestations financières.

Adresse de l'auteur:
R. Serex, Services Industriels de Genève, Service de l'Electricité, Rue du Stand 12, Case postale 16, 1211 Genève 11.

Allpässe als Phasenkorrektoren und Gruppenlaufzeitfilter

Von *K. H. Mueller*, Zürich

621.372.553

Als Phasenkorrektoren und Laufzeitentzerrer von Leitungen und Nachrichtenkanälen werden häufig Allpassnetzwerke verwendet. Die vorliegende Arbeit führt ein in die Grundzüge und wichtigsten Eigenschaften dieser Vierpole und ihrer Übertragungsfunktionen. Vor- und Nachteile verschiedener Realisierungsmöglichkeiten, sowie die Anzahl der jeweils benötigten Reaktanzen werden diskutiert und am Schluss tabellarisch zusammengestellt.

On utilise souvent des réseaux passe-tout comme correcteurs de phases et de temps de propagation. Le présent exposé fournit une introduction aux bases et aux propriétés essentielles de ces quadripôles et à leurs fonctions de propagation. Les avantages et les inconvénients des diverses possibilités de réalisation, ainsi que la quantité des réactances indispensables, sont discutés, puis résumés à la fin par un tableau.

1. Einleitung

Allpässe sind Netzwerke, welche eine für alle Frequenzen konstante Dämpfung besitzen. Sie werden überall dort angewendet, wo ohne Beeinträchtigung des Amplitudenganges eine vorgegebene Phasen- oder Laufzeitcharakteristik realisiert werden muss. Insbesondere als nachgeschaltete Korrektoren zur Linearisierung des Phasenganges im Durchlassbereich von Tiefpassfiltern sind die Allpässe in der Impulstechnik ein wichtiges Hilfsmittel. Daneben spielen solche Schaltungen eine zunehmende Rolle für die Entzerrung von Übertragungsleitungen. Während nämlich die Laufzeitcharakteristik einer Telephonleitung für die Sprachübertragung von sekundärer Bedeutung ist, bestehen bei der Übertragung von Daten- oder Fernsehsignalen relativ strenge Forderungen nach einer für alle beteiligten Frequenzen konstanten Laufzeit (Erhaltung der Signalform). In solchen Fällen kann durch ein entsprechend dimensioniertes Korrekturnetzwerk ein in gewissen Grenzen ausgeebneter Verlauf erzielt werden. Als weitere Anwendungsmöglichkeit sei noch auf den Entwurf von Verzögerungsnetzwerken mittels Allpass-Schaltungen hingewiesen, obschon für diesen speziellen Problemkreis noch andere Lösungsmethoden zur Verfügung stehen.

Ausgehend vom symmetrischen Kreuzglied werden zunächst die wichtigsten Eigenschaften der Allpass-Grundglieder hergeleitet. Danach wird die allgemeine Allpass-Übertragungsfunktion und ihre mögliche Zerlegung in einfachere Faktoren untersucht. Schliesslich wird noch eine Anzahl weiterer Schaltungsmöglichkeiten gezeigt, welche sich für die Realisierung besser eignen als das symmetrische Reaktanzkreuzglied. Auch auf eine einfache Methode zur Berücksichtigung der Verluste in den Induktivitäten und Kapazitäten wird hingewiesen.

Der vorliegende Artikel wendet sich nicht primär an den versierten Filterspezialisten. Für ihn sind ja während der letzten Jahre in der einschlägigen Literatur eine Reihe von neuen Arbeiten über Allpass-Schaltungen erschienen (siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes). Trotzdem werden in den meisten Lehrbüchern über Netzwerktheorie die Allpässe nur sehr spärlich oder überhaupt nicht behandelt. Die folgenden Ausführungen möchten daher dem nur mit den Grundzügen der allgemeinen Filterschaltungen vertrauten Ingenieur eine Einführung in das Gebiet der Allpass-Vierpole geben, nicht zuletzt um das Studium neuerer Publikationen zu erleichtern (Allpass-Synthese mittels iterativer Computerverfahren, Realisierung von Übertragungsfaktoren durch aktive *RC*-Schaltungen, usw.).

2. Allgemeines zum symmetrischen Kreuzglied

Das in Fig. 1 gezeichnete symmetrische Kreuzglied besitzt die *a*-Matrix: