

Kopplungsabgleich der pupinisierten NF-Kabelanlagen und verwendete Hilfselemente = Equilibrage des couplages dans les installations de câbles pupinisés à basse fréquence et moyens auxillaires utilisés

Autor(en): **Knuchel, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **52 (1974)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874770>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kopplungsabgleich der pupinisierten NF-Kabelanlagen und verwendete Hilfselemente

Equilibrage des couplages dans les installations de câbles pupinisés à basse fréquence et moyens auxiliaires utilisés

Walter KNUCHEL, Bern

621.315.2.054.3/
4:621.391.827

Zusammenfassung. Die Übertragungsqualität auf Kabelanlagen wird weitgehend durch die Kapazitätsunsymmetrie bestimmt. Der Ausgleich der Kopplungen kann nach verschiedenen Methoden geschehen. Die Erhaltung oder Wiederherstellung eines optimalen Kopplungsausgleichs bei sich im Betrieb befindlichen Anlagen erfordert den Einsatz besonderer Bauelemente. Kondensator-Abgleichmuffen gestatten eine Rationalisierung und Vereinfachung der entsprechenden Technik.

Résumé. La qualité de transmission des installations de câbles dépend dans une large mesure du déséquilibre de capacité. L'équilibrage des couplages peut être réalisé de diverses manières; pour le maintenir ou le rétablir à un niveau optimal dans des installations en service, il est nécessaire de recourir à des composants spéciaux. Les manchons d'équilibrage contenant des condensateurs permettent de rationaliser et de simplifier les techniques utilisées.

Bilanciamento dell'accoppiamento di impianti di cavi a BF pupinizzati e gli elementi ausiliare impiegati

Riassunto. La qualità di trasmissione di un impianto di cavi è determinata in larga misura dallo squilibrio di capacità. Si conoscono vari metodi per compensare gli accoppiamenti. Il mantenimento o il ristabilimento di un bilanciamento ottimale d'accoppiamento degli impianti in esercizio richiede l'impiego di elementi di costruzione particolari. Muffole per condensatori di bilanciamento permettono di razionalizzare e semplificare la tecnica specifica.

1. Einleitung

Die leitungsgebundene, nebensprechfreie Übertragung von Informationen oder Gesprächen stellt an die Qualität der Telefonkabel sehr hohe Anforderungen. Um den Ansprüchen genügen zu können, sind bei der Fabrikation und der Montage besondere Massnahmen zu treffen.

In den Kabeln besteht eine starke gegenseitige Beeinflussung zwischen den einzelnen Stromkreisen. Im Interesse einer guten Übertragung müssen störende Einflüsse auf ein Minimum herabgesetzt werden. Wenn die Störungen von benachbarten Leitungen des gleichen Kabels herrühren, also Energie vom einen auf den andern Stromkreis übergeht, so spricht man von Nebensprechen. Dieses rührt zur Hauptsache von elektromagnetischen oder elektrostatischen Kopplungen zwischen den betroffenen Stromkreisen her, die durch Ungleichheiten oder Unsymmetrien unter den Leitern bedingt sind. Diese Erscheinungen werden durch Widerstands-, Induktivitäts-, Kapazitäts- oder Ableitungsunterschiede verursacht. Je nach der relativen Lage der einzelnen Adern im Kabel haben die Ungleichheiten verschiedene Wirkungen.

Entsprechend ihrer Entstehungsart wird zwischen zwei Arten von Nebensprechen unterschieden:

- a) Nebensprechen zwischen Leitungen die keinen gemeinsamen Stromweg aufweisen, wie dies zum Beispiel für Stammleitungen des gleichen oder verschiedener Vierer, für Phantomleitungen oder für Stamm- und Phantomleitungen verschiedener Vierer zutrifft.
- b) Nebensprechen zwischen Leitungen mit gemeinsamem metallischem Stromweg, wie dies für Stamm- und Phantomleitungen des gleichen Vierers der Fall ist.

Bei der Kabelherstellung sind Unsymmetrien in bezug auf Widerstand und Induktivität heute weitgehend vermeidbar. Ebenso ist die dielektrische Symmetrie durch die Wahl des geeigneten Materials sichergestellt.

Zur Herabsetzung der Kapazitätsunsymmetrien wählt man für die Vierer verschiedene Verseilschritte. Dadurch lassen sich die aus dem Parallellauf benachbarter Lei-

1. Introduction

La transmission par fil, exempte de diaphonie, d'informations ou de conversations, impose des exigences sévères en matière de qualité des câbles téléphoniques. Pour remplir ces conditions, il y a lieu de prendre des mesures particulières lors de la fabrication et du montage.

Une influence réciproque importante se manifeste entre les différents circuits dans un câble. Dans l'intérêt d'une transmission de bonne qualité, les influences perturbatrices doivent être réduites à un minimum. Lorsque les perturbations proviennent de conducteurs voisins du même câble, donc qu'il y a transfert d'énergie d'un circuit sur l'autre, on parle de diaphonie. Celle-ci est due principalement à des couplages électromagnétiques ou électrostatiques entre les circuits en cause, provoqués par des inégalités ou des asymétries entre conducteurs. Ces phénomènes sont causés par des différences de résistance, d'inductivité, de capacité ou de perditance. Ils ont des effets différents selon la position relative des conducteurs au sein du câble.

Selon leur origine, il y a lieu de distinguer deux genres de diaphonie:

- a) la diaphonie entre conducteurs qui n'ont aucun circuit de courant commun, comme c'est le cas, par exemple, pour les circuits de base d'une même quarte ou de quartes différentes, pour les circuits fantômes ou pour les circuits de base et fantômes de quartes différentes.
- b) la diaphonie entre conducteurs ayant un circuit de courant métallique commun, comme c'est le cas pour les circuits de base et les circuits fantômes d'une même quarte.

Les inégalités de résistance et d'inductivité peuvent être actuellement évitées dans une large mesure lors de la construction des câbles. La symétrie diélectrique est également assurée par le choix du matériel approprié.

Afin de diminuer les asymétries de capacité, on adopte différents pas de toronnage pour les quartes. Au cours des ans, la technique du toronnage est devenue presque

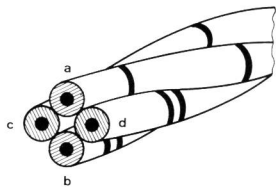


Fig. 1
Aufbau eines Vierers – Construction d'une quarte

tungen resultierenden Kopplungen weitgehend reduzieren. Damit entwickelte sich die Verseiltechnik im Laufe der Jahre zu einer eigenen Wissenschaft. Die Qualität der Kabel hängt zum grossen Teil von der Beherrschung dieser Technik ab, werden doch dadurch die Übertragungseigenschaften massgebend beeinflusst.

2. Kapazitive Kopplung im Vierer

Zwischen den einzelnen Adern eines Vierers bestehen wegen deren geringen Abständen beträchtliche Kapazitäten. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Kapazitätswerten sind in der Regel jedoch klein im Verhältnis zu deren Grösse. Trotzdem bewirkt die resultierende Unsymmetrie eine Kopplung zwischen den beiden Aderpaaren, wodurch ein Nebensprechen entsteht (Fig. 1 und 2).

Die Unsymmetrie zwischen den Teilkapazitäten $C_1 - C_4$ kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$k_1 = C_1 - C_2 - C_3 + C_4 \text{ (Kopplung Stamm I/Stamm II)}$$

Ist die kapazitive Kopplung k_1 gleich Null oder sehr klein, so tritt kein Nebensprechen zwischen den beiden Aderpaaren des Vierers auf.

Die wirksamen Kapazitäten zwischen den vier Adern eines gleichen Vierers können auch zwischen dem Stamm- und dem Phantomstromkreis Nebensprechen verursachen. Für den Phantomstromkreis können immer zwei Teilkapazitäten als parallel geschaltet angenommen werden. Dadurch sind die Symmetrieverhältnisse leicht zu erfassen (Fig. 3).

Die Differenzen zwischen den einzelnen Teilkapazitäten ergeben auch in diesem Fall eine Unsymmetrie, so dass folgende kapazitive Kopplungen resultieren:

$$k_2 = C_3 + C_4 - C_1 - C_2 \text{ (Kopplung Stamm I/Phantom)}$$

$$k_3 = C_2 + C_4 - C_1 - C_3 \text{ (Kopplung Stamm II/Phantom)}$$

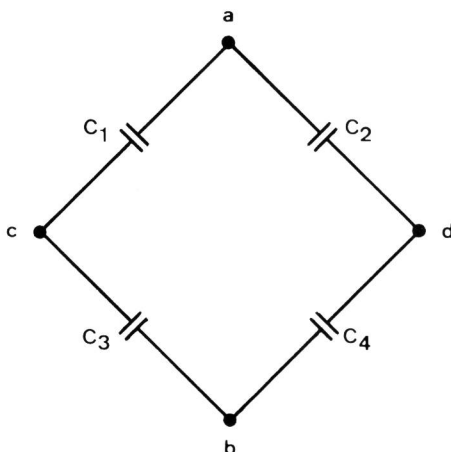


Fig. 2
Wirksame Teilkapazitäten – Capacités partielles actives

une science. La qualité des câbles dépend essentiellement de la maîtrise de cette technique, qui permet d'avoir une influence prépondérante sur les propriétés de transmission.

2. Couplage capacitif dans la quarte

Des capacités importantes prennent naissance entre les conducteurs isolés d'une quarte, du fait des distances minimales qui les séparent. Les écarts entre les différentes valeurs de capacité sont cependant, en règle générale, faibles, comparées à leurs valeurs absolues. L'asymétrie qui en résulte engendre toutefois un couplage entre les deux paires de conducteurs, entraînant de la diaphonie (fig. 1 et 2).

L'inégalité entre les capacités partielles $C_1 - C_4$ peut s'exprimer par la relation suivante:

$$k_1 = C_1 - C_2 - C_3 + C_4 \text{ (couplage circuit de base I/circuit de base II)}$$

Lorsque le couplage capacitif k_1 est nul ou très faible, aucune diaphonie n'apparaît entre les deux paires de conducteurs de la quarte.

Les capacités actives entre les quatre conducteurs d'une même quarte peuvent également provoquer une diaphonie entre le circuit de base et le circuit fantôme. En ce qui

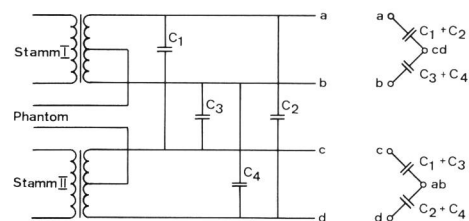


Fig. 3
Teilkapazitäten und Stamm/Phantom-Kopplungen – Capacités partielles et couplages circuit de base/fantôme

concerne le circuit fantôme, on peut toujours considérer deux capacités partielles comme étant connectées en parallèle, si bien qu'il est facile de saisir les conditions de symétrie (fig. 3).

Dans ce cas également, les écarts entre les différentes capacités partielles engendrent une inégalité, conduisant aux couplages capacitifs suivants:

$$k_2 = C_3 + C_4 - C_1 - C_2 \text{ (couplage circuit de base I/fantôme)}$$

$$k_3 = C_2 + C_4 - C_1 - C_3 \text{ (couplage circuit de base II/fantôme)}$$

La relation entre le couplage capacitif et la diaphonie découle des formules ci-après:

$$A_d = \ln \frac{2}{\omega \cdot k \cdot Z_2} - \frac{1}{2} \ln \frac{Z_1}{Z_2} \text{ (néper)}$$

$$k = \frac{k_1}{4} \text{ ou } \frac{k_2}{2} \text{ ou encore } \frac{k_3}{2}$$

En explicitant ces formules, on remarque que la diaphonie est fonction de la fréquence et qu'elle est directement influencée par la valeur du couplage capacitif. De plus, l'influence entre un circuit de base et un circuit fantôme est plus importante qu'entre deux circuits de base.

3. Equilibrage des couplages capacitifs

Il ressort de ce qui précède que les couplages capacitifs à l'intérieur d'une quarte dépendent essentiellement de la disposition géométrique des conducteurs. Cependant,

Der Zusammenhang zwischen kapazitiver Kopplung und dem Nebensprechen ist durch folgende Formel gegeben:

$$A_d = \ln \frac{2}{\omega \cdot k \cdot Z_2} - \frac{1}{2} \ln \frac{Z_1}{Z_2} \text{ (Neper)}$$

$$k = \frac{k_1}{4} \text{ oder } \frac{k_2}{2} \text{ beziehungsweise } \frac{k_3}{2}$$

Die Auswertung der Formel zeigt, dass das Nebensprechen frequenzabhängig ist und direkt durch die Grösse der kapazitiven Kopplung beeinflusst wird. Ausserdem zeigt sich eine grössere Beeinflussung zwischen Stamm und Phantomleitungen als bei den Stammstromkreisen.

3. Ausgleich der kapazitiven Kopplungen

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, dass die kapazitiven Kopplungen innerhalb eines Vierers im wesentlichen eine Frage der geometrischen Anordnung der Adern sind. Bei der Herstellung der einzelnen Vierer und des Aderbündels sind der Entkopplung aber trotz aller Sorgfalt ganz bestimmte Grenzen gesetzt. Die entstehenden Kapazitätsunsymmetrien der einzelnen Fabrikationslängen sind zu gross, um diese ohne weiteres miteinander verbinden zu können. Dies führte dazu, nach praktischen Möglichkeiten für die Eliminierung der Restkopplungen zu suchen.

Es wurden Methoden entwickelt, die eine Korrektur der Kapazitätsunsymmetrie erlauben und so eine wesentliche Verbesserung der Nebensprechdämpfung ergeben. Dieser Kabelabgleich besteht grundsätzlich darin, eine Unsymmetrie durch eine gleich grosse mit umgekehrtem Vorzeichen zu kompensieren.

Will man auf diese Weise die Kopplungen ausgleichen, so muss beachtet werden, dass der Längsabstand zwischen den konstruktiven Unsymmetrien, verglichen mit der mittleren Wellenlänge des zu übertragenden Frequenzbandes, nicht zu gross ist. Andernfalls sind die durch die Kopplungen auf der gestörten Leitung erzeugten Spannungen nicht mehr in Phase, wodurch im besten Fall nur für eine Frequenz ein gewisser Ausgleich erreicht wird. Deshalb werden die Unsymmetrien zwischen den aufeinanderfolgenden Kabel-längen eines Pupinfeldes ausgeglichen.

Die Kabel können auf zwei verschiedene Arten abgeglichen werden:

- durch Kreuzung der Adern innerhalb des Vierers
- durch Einbau von Kondensatoren

3.1 Kreuzungsausgleich

Bei dieser Methode verbindet man die Vierer der verschiedenen Kabellängen so, dass die Kopplungen der einen Kabellänge durch jene der nächstfolgenden aufgehoben werden. Das Vorzeichen kann durch Kreuzen der Adern und Aderpaare unter Berücksichtigung folgender Tatsachen geändert werden:

- Die Kreuzung der Adern eines Paares ändert das Vorzeichen der Stamm-Stamm-Kopplung (k_1).
- Die Kreuzung der Paare eines Vierers vertauscht die Unsymmetrie zwischen Stamm und Phantom (k_2 - und k_3 -Kopplung).

Wie Figur 4 zeigt, gibt es acht verschiedene Möglichkeiten, um zwei Vierer miteinander zu verbinden.

Bei jeder Spleisslänge innerhalb eines Pupinfeldes werden an jedem Vierer die kapazitiven Kopplungen gemessen. Die Spleissungen werden dann unter Berücksichtigung

certaines limites dans la qualité du découplage obtenu ne peuvent pas être dépassées lors de la constitution des quartes et des faisceaux de conducteurs. Les inégalités de capacité des différentes longueurs de fabrication sont trop importantes pour permettre un raccordement direct des câbles, ce qui a conduit à la recherche de possibilités pratiques d'élimination des couplages résiduels.

Des méthodes furent développées permettant une correction de l'asymétrie de capacité, et par là, une nette amélioration de l'affaiblissement diaphonique. Cet équilibrage des câbles consiste principalement à compenser une asymétrie par une autre, de même valeur mais de signe contraire.

Lorsque l'on désire compenser les couplages de cette façon, il y a lieu de prendre garde que l'écart longitudinal séparant les irrégularités de construction ne soit pas trop important par rapport à la longueur d'onde moyenne de la bande de fréquences à transmettre. Si tel n'est pas le cas, les tensions engendrées par les couplages sur la ligne perturbée ne sont plus en phase et un certain équilibrage ne peut être obtenu au mieux que pour une seule fréquence. C'est pourquoi les inégalités sont compensées pour chaque tronçon de câble d'une section pupin.

Les câbles peuvent être équilibrés de deux manières:

- par croisement des conducteurs à l'intérieur de la quarte
- par insertion de condensateurs

3.1 Equilibrage par croisements

Par l'application de cette méthode, les quartes des différents tronçons de câble sont connectées de façon que les couplages d'un tronçon soient annulés par ceux du tronçon suivant. Le sens de la compensation peut être modifié compte tenu des faits suivants:

- le croisement des conducteurs d'une paire change le signe du couplage circuit de base/circuit de base (k_1)
- le croisement des paires d'une quarte inverse l'asymétrie entre le circuit de base et le circuit fantôme (couplages k_2 et k_3)

Comme l'illustre la figure 4, il existe huit possibilités différentes de connecter deux quartes.

Les couplages capacitifs dans chaque quarte sont mesurés pour chaque tronçon à épisser à l'intérieur d'une section pupin. Les épissures sont ensuite réalisées de façon que les inégalités se compensent, en tenant compte des possibilités de croisement mentionnées.

Les croisements, nécessaires à l'équilibrage, entraînent également une modification importante de la position réciproque des quartes dans chaque épissure. Il n'arrive donc que rarement que deux quartes voisins dans un

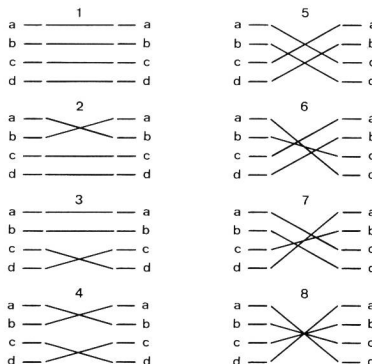


Fig. 4
Kreuzungsmöglichkeiten - Possibilités de croisement



Fig. 5
Abgleichkondensatoren Typ A – Condensateurs d'équilibrage type A

a Modell Rosenthal – Modèle Rosenthal
b Modell PTT 69 – Modèle PTT 69

sichtigung der erwähnten acht Kreuzungsmöglichkeiten so ausgeführt, dass sich die Unsymmetrien gegenseitig aufheben.

Die Kreuzungen, die für den Ausgleich vorzunehmen sind, haben ebenfalls eine weitgehende Veränderung der gegenseitigen Viererlage an jeder Spleissstelle zur Folge. Es kommt deshalb nur selten vor, dass zwei in einer Kabellänge benachbarte Vierer auch in der folgenden Teilstrecke gleich verlaufen. Somit addieren sich die Unsymmetrien zwischen den Vierern nicht fortlaufend, und ihre Wirkung bleibt deshalb klein. Die Anwendung des Kreuzungsausgleichs führt also zu einer Herabsetzung des Nebensprechens sowohl innerhalb als auch zwischen den Vierern.

3.2 Kondensatorenausgleich

Ein anderes Verfahren zum Ausgleich der kapazitiven Kopplungen besteht in der Anwendung von Kondensatoren, um die Unsymmetrien einer ganzen Spulenfeldlänge zu kompensieren. Dies wird erreicht mit der Zuschaltung von ein bis drei Kondensatoren, die die Differenzen der vier Teilkapazitäten durch Ergänzen auf den gleichen Wert beheben. Eine Messung der Kopplungen an den einzelnen Spleisslängen entfällt, indem eine Spulenfeldlänge in zwei gleiche Strecken aufgeteilt wird und die darin enthaltenen Spleissungen nach einem einheitlichen Schema ausgeführt werden. Im vorgesehenen Abgleichpunkt geschieht eine Kopplungsmessung der beiden Teilstrecken, der Einbau von Kreuzungen und der Ausgleich der verbleibenden Unsymmetrien mit Hilfe von Kondensatoren.

4. Praktische Anwendung der verschiedenen Abgleichmethoden

Der Ausgleich der kapazitiven Unsymmetrien mit Hilfe des Kreuzens der Adern innerhalb der Vierer ist auch heute noch die beste Methode; sie ist problemlos und technisch perfekt. Ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel können die Restkopplungen in die zulässigen Toleranzgrenzen gebracht werden.

Bis etwa 1964 wurde bei den Schweizerischen PTT-Betrieben für die Montage neuer Niederfrequenz-Anlagen des Fern- und Bezirksnetzes ausschliesslich der Kreuzungsausgleich angewendet. Die Einführung von Kabeln mit einer hohen Zahl (400...620) Aderpaaren ergab eine derartige Steigerung des Arbeitsaufwandes, dass eine Anpassung der Montagetechnik sich gebieterisch aufdrängte. Mit dem Übergang zum Kondensatorenausgleich konnte der Umfang der notwendigen Messungen eingeschränkt werden, ohne die Übertragungsqualität der Anlagen in ungünstigem Sinne zu beeinflussen.

Die Anwendung von Automaten und elektronischen Rechensystemen zur Messung und Auswertung elektrischer Eigenschaften der einzelnen Kabellängen in den Kabelwerken eröffnete auch bei der Montagetechnik neue Möglich-

tronçon de câble aient le même cheminement dans le tronçon suivant. Ainsi, les asymétries entre quartes ne s'additionnent pas continuellement et leur effet reste minime. L'application de la méthode d'équilibrage par croisements conduit donc à une diminution de la diaphonie, tant à l'intérieur des quartes qu'entre elles.

3.2 Equilibrage par condensateurs

Un autre procédé d'équilibrage des couplages capacitifs réside dans l'utilisation de condensateurs pour compenser les asymétries de toute une section pupin. Ce but est atteint par l'insertion de un à trois condensateurs permettant de supprimer les différences entre les quatre capacités partielles en les complétant à une même valeur. La mesure des couplages pour chaque tronçon de câble n'est plus nécessaire, étant donné que l'ensemble de la section pupin est divisé en deux tronçons égaux et que les épissures à l'intérieur de chacun de ceux-ci sont exécutées selon un schéma uniforme. La mesure des couplages pour les deux tronçons, les croisements nécessaires et la compensation des asymétries résiduelles par condensateurs ont lieu au point d'équilibrage prévu.

4. Utilisation pratique des différentes méthodes d'équilibrage

L'équilibrage des inégalités de capacité par croisement des conducteurs à l'intérieur des quartes reste, actuellement encore, la meilleure méthode. Elle ne pose pas de problèmes et peut être considérée comme parfaite sur le plan technique. Cette méthode permet de ramener les couplages résiduels dans les limites admissibles sans avoir recours à des moyens auxiliaires particuliers.

Jusqu'en 1964 environ, l'Entreprise des PTT utilisait uniquement la méthode d'équilibrage par croisements lors du montage de toutes les installations de câbles à basse fréquence des réseaux interurbain et rural. L'introduction de câbles avec un nombre de paires de conducteurs élevé (400...620) provoqua un tel accroissement de travail qu'une adaptation de la technique de montage s'imposait. Avec le passage à l'équilibrage par condensateurs, le volume des mesures nécessaire put être réduit sans que la qualité de transmission des installations ait à en pâtir.

L'utilisation, par les câbleries, d'automates et de dispositifs de calcul électronique pour la mesure et la mise en valeur des propriétés électriques des tronçons de câble au moment de la fabrication a ouvert de nouvelles possibilités à la technique de montage. Grâce à la mise en mémoire des données, la confection des tableaux d'épissage par un ordinateur s'imposait à l'esprit. Ce progrès permit une nouvelle amélioration de la technique d'équilibrage et une rationalisation des travaux de montage. Ce procédé est utilisé depuis 1973 avec succès pour le montage de toutes les nouvelles installations de câbles à basse fréquence pupinés et offre les avantages suivants:

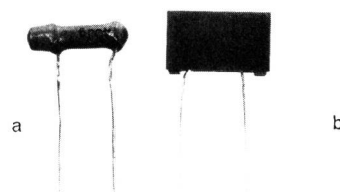


Fig. 6
Abgleichkondensatoren Typ B – Condensateurs d'équilibrage type B

a Modell Rosenthal – Modèle Rosenthal
b Modell PTT 73 – Modèle PTT 73

keiten. Dank der Datenspeicherung ist es naheliegend, die Spleisstabellen durch Computer erstellen zu lassen. Damit gelangen eine weitere Verbesserung der Abgleichtechnik und eine Rationalisierung der Montagearbeiten. Dieses neue Verfahren wird seit 1973 für die Montage aller neuen pupinisierten NF-Kabelanlagen mit Erfolg angewendet und bietet folgende Vorteile:

- Die bei der Montage auszuführenden Kopplungsmessungen sind auf ein Minimum reduziert und je Pupinfeld auf einen Spleisspunkt beschränkt
- Im Abgleichpunkt sind die zu korrigierenden Restkopplungen in bezug auf Anzahl und Betrag relativ klein
- Der Einbau der Abgleichkondensatoren kann direkt in den Spleissmuffen geschehen, da nur noch eine kleine Zahl Vierer (etwa 10%) die Toleranzwerte nicht einhält.

5. Hilfselemente des kapazitiven Kopplungsausgleichs

5.1 Abgleichkondensatoren

Für den kapazitiven Kopplungsausgleich werden keramische Kondensatoren in zylindrischer oder quaderförmiger Ausführung verwendet. Diese weisen sehr gute elektrische Eigenschaften auf, wie hoher Isolationswert, grosse Spannungsfestigkeit und Stabilität. Für die Praxis stehen Sortimente zur Verfügung, die Kapazitätswerte von 10 pF... 300 pF in Stufen von 10 pF enthalten. Mit ihnen lassen sich

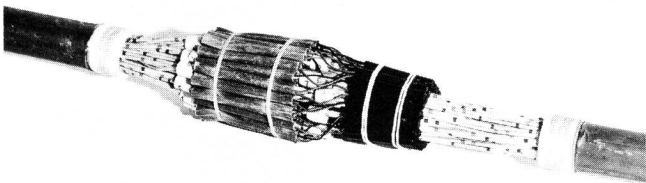


Fig. 7
Verbindungsspleissung mit Abgleichkondensatoren – Epissure de jonction avec condensateurs d'équilibrage

sämtliche benötigten Kombinationen zusammenstellen. Die zylindrische Form (Fig. 5) wird für den Einbau in Spleissmuffen oder Abgleichstutzen verwendet, während die quaderförmige Ausführung (Fig. 6) ausschliesslich in Abgleichmuffen eingesetzt wird.

Wenn nur eine kleine Zahl der Vierer eines Kabels abzugleichen ist, so werden die Kondensatoren direkt in die Spleissung eingebaut (Fig. 7).

5.2 Abgleichstutzen

Muss die Mehrzahl der Vierer eines Kabels mit Abgleichkondensatoren korrigiert werden, so ist in der Spleissung ein Stück Pupinanschlusskabel parallel einzuspleissen. Am freien Ende werden die Restkopplungen des betreffenden Pupinfeldes gemessen und anschliessend durch Kondensatoren abgeglichen.

Nach den Kontrollmessungen wird über das Ganze ein Bleistutzen geschoben und mit dem Kabelmantel verlötet (Fig. 8).

Wie Figur 9 zeigt, werden die Abgleichkondensatoren lagenweise und mit mehreren Versetzungen aufgeschaltet.

- les mesures de couplage pendant le montage sont réduites à un minimum et ne sont plus à faire qu'à un seul point d'épissure par section pupin
- les capacités résiduelles à corriger au point d'équilibrage sont relativement faibles et peu nombreuses
- les condensateurs d'équilibrage peuvent être insérés directement dans le manchon d'épissure, étant donné que seul un petit nombre de quartes (environ 10%) ne satisfont pas aux tolérances

5. Eléments auxiliaires d'équilibrage capacitif

5.1 Condensateurs d'équilibrage

L'équilibrage des couplages capacitifs est réalisé à l'aide de condensateurs céramique, cylindriques ou en forme de parallélépipède quadrangulaire. Ils ont de bonnes propriétés

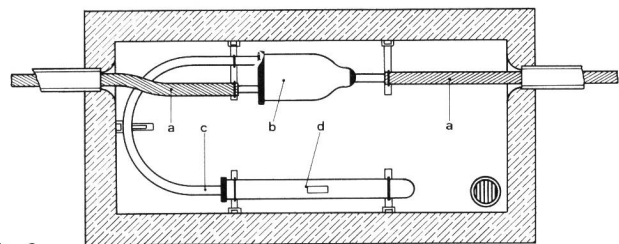


Fig. 8
Spleissung mit Abgleichstutzen – Epissure avec calotté d'équilibrage
a Kabel – Câble
b Spleissmuffe – Manchon d'épissure
c Anschlusskabel – Câble de raccordement
d Abgleichstutzen – Calotte d'équilibrage

électriques, telles une valeur d'isolement élevée, une grande rigidité diélectrique et une grande stabilité. Pour la pratique, des assortiments sont à disposition comprenant des valeurs de capacité de 10...300 pF par échelons de 10 pF. Toutes les combinaisons nécessaires peuvent être ainsi réalisées. La forme cylindrique (fig. 5) est prévue pour le montage dans les manchons d'épissure ou la calotte d'équilibrage avec câble de dérivation, alors que la forme quadrangulaire (fig. 6) est réservée uniquement au montage dans les manchons d'équilibrage.

Lorsque seul un petit nombre de quartes doivent être équilibrées, les condensateurs peuvent être insérés directement dans l'épissure de jonction (fig. 7).

5.2 Calotte d'équilibrage avec câble de dérivation

Lorsque la majorité des quartes d'un câble doivent être équilibrées, il y a lieu de connecter une certaine longueur de câble de raccordement pour manchon pupin en parallèle sur l'épissure. Les couplages résiduels de la section correspondante sont mesurés à l'extrémité libre de ce câble, puis équilibrés.

Une fois les mesures de contrôle exécutées, une calotte de plomb est glissée sur le tout puis soudée à la gaine du câble (fig. 8).

Comme l'illustre la figure 9, les condensateurs sont montés dans chaque couche, avec de nombreux décalages.

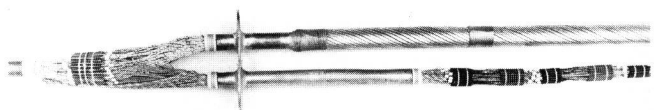


Fig. 9
Anschlusskabel mit Abgleichkondensatoren – Câble de raccordement avec condensateurs d'équilibrage

Diese Bauart ist vor allem bei grossen Kabeln zeitraubend. Die eingebauten Korrekturen müssen ständig überprüft werden, da im Laufe der Arbeit eine Lage auf die andere montiert wird. Ein nachträgliches Auswechseln fehlerhafter oder falsch geschalteter Kondensatoren kann je nach ihrer Lage sehr schwierig sein. Dieses Verfahren erfordert die ständige Anwesenheit eines Messtechnikers während des Kondensatoreinbaus.

5.3 Abgleichmuffen

Bei Umbauarbeiten oder Kabelbeschädigungen an bestehenden Anlagen wird vielfach auch der Kopplungsabgleich gestört, da eine Ersatzlänge nie die gleichen Kapazitätsunsymmetrien aufweisen wird wie die zu ersetzende Länge. Ein Nachabgleich ist daher unvermeidlich. Das Öffnen sämtlicher Spleissungen des Pupinfeldes, wie dies für einen nachträglichen Kreuzungsabgleich notwendig wäre, kommt nicht in Frage. Ausserdem ist bei Umschaltungen und Reparaturen die zur Verfügung stehende Zeit meist sehr knapp. Ein Kopplungsabgleich während der Spleissarbeiten ist daher oft nicht möglich. Unter diesen Umständen ist ein Abgleich nur mit Kondensatoren möglich, was in der Regel den Einbau eines Abgleichstutzens mit all seinen Nachteilen erfordert. Für diese Fälle stellen die Abgleichmuffen mit Kondensatoreinbau auf Leiterplatten einen wesentlichen Beitrag zur Rationalisierung dar. Damit werden die nötigen Mess- und Abgleicharbeiten auf einen günstigen Zeitpunkt verlegt. Bei Verwendung geeigneter Messgeräte können sie ohne Unterbruch oder Störung des Betriebes vorgenommen werden. Die Verwendung von Leiterplatten reduziert die Gefahr von Unterbrüchen oder Kurzschlüssen in Betrieb stehender Leitungen auf ein Minimum.

Die Abgleichmuffen werden in vier voneinander unabhängigen Phasen montiert:

- Einschaltung der Muffe während der Spleissarbeiten
- Messung der Restkopplungen
- Einbau der Kondensatoren
- Kontrollmessung

Die Anwesenheit eines Messtechnikers während des Einbaus der Kondensatoren ist nicht nötig, wie im Fall der Montage von Abgleichstutzen. Fehler beim Einbau können jederzeit behoben werden, da die Auswechslung von Kondensatoren problemlos ist.

Sollte zu einem späteren Zeitpunkt an der mit einer Abgleichmuffe versehenen Pupinfeldlänge ein erneuter Abgleich notwendig werden, so steht nun ein Messpunkt zur Verfügung. Ein Kopplungsausgleich beschränkt sich in diesem Fall auf das Auswechseln von Kondensatoren.

Der Aufbau einer Abgleichmuffe ist aus *Figur 10* ersichtlich und verhältnismässig einfach: In einem Rahmen ist

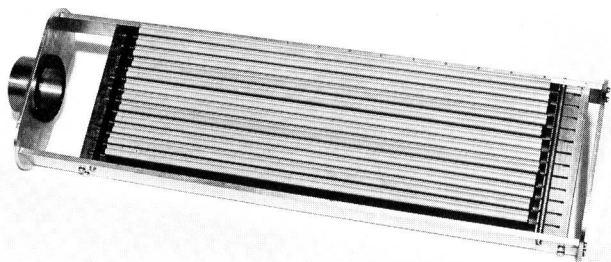


Fig. 10
Abgleichmuffe, offen und ohne Anschlusskabel – Manchon d'équilibrage, ouvert et sans câble de raccordement

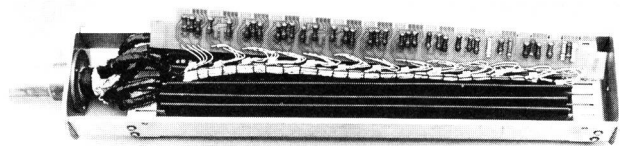


Fig. 11
Abgleichmuffe, Bestückung einer Leiterplatte – Manchon d'équilibrage, montage des condensateurs sur un circuit imprimé

Cette méthode prend beaucoup de temps, en particulier pour les gros câbles. Les corrections apportées doivent être vérifiées au fur et à mesure, vu que tout au long du travail, les différentes couches sont placées successivement les unes sur les autres. Le remplacement d'un condensateur défectueux ou mal connecté peut être très difficile, suivant la place qu'il occupe dans l'épissure. Ce procédé exige la présence permanente d'un technicien de mesure pendant le montage des condensateurs.

5.3 Manchon d'équilibrage

Lors de transformations ou en cas de détérioration de câbles dans les installations existantes, l'équilibrage des couplages est souvent perturbé, vu qu'un tronçon de câble de remplacement ne présente jamais les mêmes asymétries de capacité que le tronçon à remplacer. Un rééquilibrage est donc inévitable. L'ouverture de toutes les épissures de la section pupin, comme cela serait nécessaire pour un rééquilibrage par croisements n'entre par en ligne de compte. De plus, le temps disponible lors de transformations ou de réparations est souvent très court. Dans ces conditions, seul un équilibrage par condensateurs est possible, ce qui nécessite le montage d'une calotte d'équilibrage et d'un câble de dérivation, avec tous les inconvénients que cela

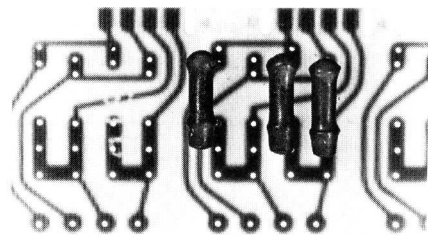


Fig. 11a
Ausschnitt aus einer mit Abgleichkondensatoren Modell Rosenthal bestückten Leiterplatte – Vue partielle d'un circuit imprimé avec condensateurs modèle Rosenthal

comporte. Pour les cas de ce genre, le manchon d'équilibrage permettant le montage des condensateurs sur circuits imprimés représente une rationalisation importante. Il permet de reporter à un moment plus propice les travaux d'équilibrage et de mesure. En faisant appel à des appareils appropriés, les mesures peuvent être exécutées sans interruption ou perturbation de l'exploitation. L'utilisation de circuits imprimés réduit à un minimum le danger d'interruptions ou de courts-circuits sur des lignes en service.

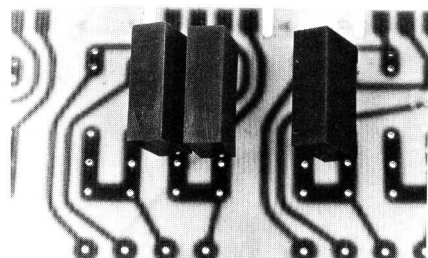


Fig. 11b
Ausschnitt aus einer mit Abgleichkondensatoren Modell PTT 73 bestückten Leiterplatte – Vue partielle d'un circuit imprimé avec condensateurs modèle PTT 73

parallel zur Längsachse der Muffe eine bestimmte Anzahl Leiterplatten angeordnet. Diese werden vor der Auslieferung auf die Baustellen mit dem notwendigen Anschlusskabel versehen. Für den Einbau der Kondensatoren können die einzelnen Prints aus ihrer Halterung herausgenommen werden. Nach Bestückung und Kontrollmessung wird auf der Lötstellenseite eine Abdeckung aufgeschoben. Damit wird eine Beschädigung der Kondensatoren durch vorstehende Drahtenden vermieden, da sonst die Gefahr von Isolationsfehlern oder Spannungsdurchschlägen bestehen würde (Fig. 11).

Jede Leiterplatte ist für den Abgleich von 13 Kabel-Vierern vorgesehen, wobei je Vierer im Maximum acht Kondensatoren eingebaut werden können. Die Schaltung eines Viererelements ist so gestaltet, dass auf der einen Seite die Anschlüsse für das Kabel, in der Mitte der Platz

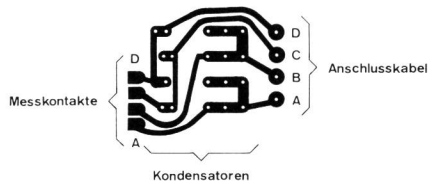


Fig. 12
Viererelement: Anschlusspunkte – Quarte: points de raccordement

Messkontakte – Contacts de mesure
Kondensatoren – Condensateurs
Anschlusskabel – Câble de raccordement

für die Kondensatoren und auf der gegenüberliegenden Seite die Kontakte für den Messadapter vorhanden sind (Fig. 12).

Diese Abgleichmuffen haben sich beim Kopplungsabgleich bestehender Anlagen als zweckmässiges Hilfsmittel für einen rationellen Einbau der Kondensatoren erwiesen. Gegenüber den bisher verwendeten Abgleichstützen ergibt sich eine Verminderung des Zeitaufwandes bis zu zwei Drittel (Fig. 13).

6. Schlussfolgerung

Die Praxis hat gezeigt, dass sich die eingeführten Abgleichmethoden und die computergerechnete Herstellung der Spleisstabellen in den Kabelwerken bewährt haben. Dank der Anwendung normalisierter Bauelemente konnten die Arbeiten im Felde vereinfacht werden. Diese Massnahmen tragen dazu bei, die von den PTT-Betrieben angestrebten Rationalisierungen auch auf diesem Gebiete zu erreichen.

Bibliographie

- [1] Jacot, J. Grundlagen der Übertragungstechnik. Bern, GD PTT, 1955.
- [2] Nüsseler, F. Das Abgleichen von Nieder- und Hochfrequenzkopplungen an Telefonkabeln. Bern, Techn. Mitt. PTT, 1955, Nr. 10, S. 398 ff.
- [3] Seil, H. Über den Stand der Fernmeldekabeltechnik bei der Deutschen Bundespost. Bad Windsheim, Verlag für Wissenschaft und Leben, 1971.
- [4] Coëndet, Ed. Kopplungsabgleich von pupinisierten NF-Kabelanlagen. Bern: GD PTT, 1973.

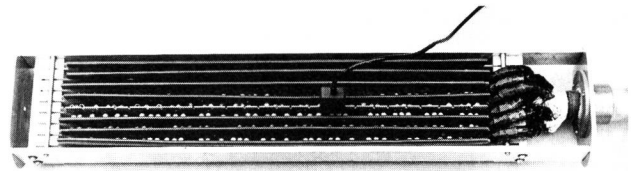


Fig. 13
Abgleichmuffe: Kondensatoreinbau beendet, Messkabel angeschlossen – Manchon d'équilibrage: montage des condensateurs terminé, câble pour mesures de contrôle raccordé

Les manchons d'équilibrage sont montés en quatre phases, indépendantes les unes des autres:

- connexion du manchon pendant les travaux d'épissure
- mesure des capacités résiduelles
- montage des condensateurs
- mesure de contrôle

La présence d'un technicien de mesure pendant le montage des condensateurs n'est pas nécessaire, comme c'est le cas pour la mise en place des calottes d'équilibrage avec câble de dérivation. Les erreurs de montage peuvent être immédiatement éliminées, l'échange de condensateurs ne posant pas de problèmes.

Lorsqu'il est nécessaire, par la suite, d'équilibrer à nouveau une section pupin pourvue d'un manchon d'équilibrage, on dispose alors d'un point de mesure. En ce cas, l'équilibrage se limite à l'échange de condensateurs.

La construction d'un manchon d'équilibrage, illustrée par la figure 10, est relativement simple: un certain nombre de circuits imprimés sont disposés sur un cadre, selon son axe longitudinal. Avant leur livraison sur le chantier, les manchons sont équipés des câbles de raccordement nécessaires. Les circuits imprimés peuvent être extraits isolément de leur support pour le montage des condensateurs. Une fois les condensateurs mis en place et la mesure de contrôle effectuée, une protection est glissée sur le côté des soudures des circuits imprimés. On évite ainsi une détérioration des condensateurs par l'extrémité des conducteurs, faute de quoi, il y aurait danger de défauts d'isolation ou de claquage (fig. 11).

Chaque circuit imprimé, prévu pour l'équilibrage de 13 quartes, peut recevoir au maximum 8 condensateurs par quarte. La disposition d'un élément pour une quarte est telle qu'il y a place, d'un côté pour le raccordement du câble, au centre pour les condensateurs et à l'autre extrémité pour la prise de mesure (fig. 12).

Les manchons d'équilibrage se sont révélés être des moyens auxiliaires appropriés pour le montage rationnel des condensateurs lorsqu'il est nécessaire d'équilibrer des couplages dans les installations existantes. Comparativement aux calottes d'équilibrage avec câble de dérivation utilisées jusqu'ici, elles ont permis de réduire jusqu'à deux tiers la durée des travaux d'équilibrage (fig. 13).

6. Conclusion

La pratique a démontré que les méthodes d'équilibrage introduites et le calcul des tableaux d'épissure par ordinateur dans les câbleries ont donné d'excellents résultats. L'utilisation d'éléments de construction normalisés a permis de simplifier les travaux en campagne. Ces mesures contribuent à la rationalisation recherchée par l'Entreprise des PTT dans ce domaine.