

**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:** 66 (1988)

**Heft:** 4

**Artikel:** Nouveautés dans l'alimentation des équipements de télécommunication = Innovazioni nell'ambito nell'alimentazione in corrente delle telecomunicazioni

**Autor:** Guggisberg, Hans

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876241>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

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

# Nouveautés dans l'alimentation des équipements de télécommunication

## Innovazioni nell'ambito nell'alimentazione in corrente delle telecomunicazioni

Hans GUGGISBERG, Berne

### Neuerungen in der Fernmelde-stromversorgung

Zusammenfassung. *Vollelektronische Vermittlungsanlagen weisen Verbrauchscharakteristiken auf, die sich sowohl auf das Speisekonzept wie auf die Verlustwärmeentsorgung auswirken. Betroffen wird in erster Linie die Zuverlässigkeit des Fernmeldebetriebes. Bei den Stromversorgungsanlagen wird das Längsreglerprinzip mit Transduktoren und Thyristoren verlassen und auf mit hoher Frequenz getaktete Gleichrichtergeräte (SMPS) umgestellt. Vorteile und Grenzen dieser neuen Techniken werden kurz beschrieben.*

Résumé. *Les caractéristiques de consommation d'équipements de transmission entièrement électroniques se répètent aussi bien sur le concept de l'alimentation que sur l'élimination de la chaleur dissipée. Est en premier lieu concerné la fiabilité de l'exploitation des télécommunications. Dans les installations d'alimentation en énergie, on abandonne le principe de la régulation en série avec des conducteurs et des thyristors pour adapter des redresseurs fonctionnant avec une fréquence de commutation élevée, appelée bloc d'alimentation par découpage. L'auteur décrit brièvement les avantages et les limites de ces nouvelles techniques.*

Riassunto. *Le caratteristiche di consumo degli equipaggiamenti di commutazione completamente elettronici influiscono sia sul sistema d'alimentazione che sull'evacuazione del calore dissipato. In primo luogo è l'affidabilità dell'esercizio delle telecomunicazioni che ne è toccata. Per quel che riguarda gli impianti di erogazione di corrente si passa dai regolatori in serie con trasduttori e tiristori ai raddrizzatori cadenzati a frequenza elevata. L'autore descrive brevemente i vantaggi e i limiti di queste nuove tecniche.*

Des nouveautés en matière de technique de l'alimentation des équipements de télécommunication se rencontrent, tant du côté du consommateur (IFS), que de celui des sources d'énergie. Pour obtenir une vue d'ensemble des effets de ces nouveautés, il y a lieu d'exposer d'abord le concept et les principes fondamentaux de l'alimentation en énergie.

### 1 Concept de l'alimentation

Les centres de commutation et de transmission, les installations à faisceaux hertziens, etc., sont alimentés sans interruption à la tension continue nominale de 48 V (en cas d'exploitation en parallèle avec une batterie au plomb de 24 éléments, la tension se monte à  $24 \times 2,23 = 53,5$  V). Les autres tensions d'alimentation nécessaires pour les systèmes sont obtenues ponctuellement à partir de la tension de base, à l'aide de convertisseurs DC/DC et amenées au consommateur. Dans le cas normal, l'énergie nécessaire est tirée du réseau public à courant fort par le biais de redresseurs et, en cas de panne de ce dernier, l'alimentation est assurée par une batterie d'accumulateurs. En cas d'interruption prolongée du réseau, on fait appel à des installations de secours à moteur diesel. Dans les centres plus petits (par exemple, les centraux ruraux), la capacité des batteries est prévue pour assurer l'exploitation pendant huit heures les plus chargées (c'est-à-dire que la réserve d'énergie doit être suffisante pour qu'en cas de catastrophe, l'installation puisse fonctionner pendant huit heures avec le trafic le plus élevé). On a ainsi suffisamment de temps pour amener un groupe de secours sur place, le raccorder et le mettre en service. Ces installations mobiles sont disponibles en partie dans les différentes Directions d'arrondissement des télécommunications (DAT) et en partie au centre technique d'Ostermundigen. A partir d'une certaine grandeur, les centres

Nella tecnica d'alimentazione vi sono attualmente innovazioni sia lato consumatori (IFS) sia lato impianti d'alimentazione. Per avere un quadro generale di come queste innovazioni si ripercuotono sull'esercizio delle telecomunicazioni illustriamo prima brevemente il programma di alimentazione e i principi dell'alimentazione nelle telecomunicazioni.

### 1 Programma di alimentazione

Le centrali urbane, le stazioni di amplificatori, gli impianti per ponti radio ecc. vengono alimentati senza interruzione con una tensione continua nominale di 48 V (in caso di esercizio d'emergenza in parallelo con una batteria al piombo di 24 elementi, la tensione ammonta a  $24 \times 2,23 = 53,5$  V). Le tensioni supplementari richieste dal sistema vengono derivate sul posto presso il consumatore mediante convertitori CC/CC. Nel caso normale l'energia necessaria è fornita dalla rete pubblica tramite raddrizzatori, in caso di interruzione della rete, da batterie di accumulatori. Per le interruzioni prolungate della rete si ricorre a gruppi elettrogeni d'emergenza con motori diesel. Negli edifici meno grandi (p. es. centrali rurali) le batterie bastano per otto ore di punta (riserva di otto ore per casi di catastrofe con aumento del traffico). Si dispone così del tempo necessario al trasporto, all'allacciamento e alla messa in esercizio di gruppi d'emergenza mobili che si trovano in parte nelle DCT e in parte nel centro tecnico di Ostermundigen. Ai centri importanti di una determinata grandezza o con traffico di transito viene attribuito un impianto d'emergenza fisso. In questo caso le batterie sono dimensionate per quattro ore, cioè per il tempo che ci vuole normalmente per riparare un guasto all'impianto di erogazione di corrente.

importants, ou ceux qui doivent acheminer du trafic de transit, sont dotés d'une installation de secours en propre. En ce cas, les batteries sont dimensionnées pour assurer le trafic pendant quatre heures, période durant laquelle, en règle générale, il est possible de réparer un dérangement à l'installation de fourniture d'énergie.

Une caractéristique importante du concept d'alimentation est la compatibilité totale des équipements. Les centres IFS, les centres de commutation usuels, les centres de transmission, etc., peuvent tous être raccordés, selon les besoins, aux installations d'alimentation en courant continu existantes. Ils ne nécessitent pas chacun une installation d'énergie particulière. Cette compatibilité offre de grands avantages, du point de vue de l'organisation, de la fiabilité et pour des questions économiques.

## 2 Fiabilité

La fiabilité des installations d'alimentation des équipements de télécommunication peut être déterminée en se fondant sur le nombre des installations d'énergie et le nombre des pannes par année. Le facteur de comparaison utilisé couramment est la *moyenne des temps de bon fonctionnement* (MTBF ou mean time between failures).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Nombre des installations de redresseurs}}{\text{Nombre d'interruptions par année}}$$

Exemple: 1600 installations de redresseurs  
30 interruptions d'alimentation en 15 ans = 2 interruptions/an

$$\text{MTBF} = \frac{1600}{2} = 800 \text{ ans par installation}$$

### Valeurs de comparaison

Installations d'onduleurs	environ 10 ans
Installations de secours diesel	environ 1...3 ans
Réseau public à courant fort	environ 0,005...0,5 an.

Cette valeur MTBF particulièrement bonne pour les installations d'alimentation en courant continu est due au fait qu'il est possible d'emmagasiner l'énergie dans des batteries d'accumulateurs, alors que ce n'est pas le cas pour le courant alternatif. En outre, la construction simple et claire des installations de redresseurs, comportant peu de commutateurs ou de fusibles, ainsi que leur maniement n'offrant pas de difficulté, ont également contribué à ce résultat. La puissance du redresseur et la capacité de la batterie sont toujours réparties sur plusieurs unités et les installations sont conçues de façon à obtenir la redondance nécessaire. Ainsi, la défection de redresseurs ou de batteries isolés reste sans effet néfaste. Jusqu'ici, même l'explosion d'une batterie n'a pas conduit à l'interruption des installations de télécommunication.

## 3 Nouveautés en matière d'alimentation du côté des consommateurs

La consommation de courant des équipements de commutation électromécaniques usuels était pratiquement

Une caractéristique importante del piano d'alimentazione è la completa flessibilità dell'alimentazione (compatibilità). Le centrali IFS, le centrali convenzionali, le stazioni di amplificatori, gli impianti per ponti radio, ecc. possono tutti far capo all'impianto di alimentazione di corrente continua esistente senza dover ricorrere a un impianto d'alimentazione proprio. Questa compatibilità apporta notevoli vantaggi organizzativi, di affidabilità e soprattutto economici.

## 2 Affidabilità

L'affidabilità dell'alimentazione nelle telecomunicazioni può essere determinata dal numero degli impianti di alimentazione e dal numero dei guasti di alimentazione all'anno. Quale parametro viene utilizzato il tempo medio tra (due) guasti (mean time between failures = MTBF).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Numero di impianti di raddrizzatori}}{\text{Numero di guasti d'alimentazione all'anno}}$$

Esempio: 1600 impianti di raddrizzatori  
30 guasti in 15 anni = 2 guasti/anno

$$\text{MTBF} = \frac{1600}{2} = 800 \text{ anni in media per impianto}$$

### Valori comparativi

Ondulatori	circa 10 anni
Impianti d'emergenza diesel	circa 1...3 anni
Rete pubblica	circa 0,005...0,5 anni.

L'eccellente valore MTBF dell'alimentazione in corrente continua è dovuto in primo luogo al fatto che è possibile accumulare la corrente continua nelle batterie di accumulatori (mentre ciò non è possibile con la corrente alternata). A questo ottimo risultato contribuiscono anche la costruzione semplice e chiara dei raddrizzatori con pochi interruttori e fusibili e la loro estrema insensibilità alle manipolazioni. La potenza dei raddrizzatori e la capacità delle batterie sono ripartite sempre su più unità e ai raddrizzatori vengono aggiunte unità supplementari in modo da ottenere la necessaria ridondanza. Grazie a questa ridondanza, guasti di singoli raddrizzatori o batterie sono superabili senza conseguenze negative. Finora nemmeno l'esplosione di batterie ha portato all'interruzione dell'alimentazione di impianti delle telecomunicazioni.

## 3 Innovazioni nella tecnica di alimentazione lato consumatore

Il consumo di corrente degli equipaggiamenti di commutazione elettromeccanici convenzionali è aumentato quasi proporzionalmente al traffico delle telecomunicazioni. La capacità della batteria è dimensionata per otto ore di punta. Dato però che durante la maggior parte del giorno e soprattutto di notte il traffico è molto meno intenso che nelle ore di punta, le batterie bastano per circa 24 ore.

proportionnelle au trafic de télécommunication. La capacité de la batterie était dimensionnée de façon qu'il soit possible de maintenir l'exploitation pendant les huit heures les plus chargées. Etant donné que pendant la plus grande partie de la journée et, en particulier, pendant la nuit, le trafic est bien inférieur à celui de l'heure la plus chargée, la période pendant laquelle la batterie est en mesure de fournir l'énergie nécessaire est effectivement presque trois fois plus longue (environ 24 h).

A l'inverse, la consommation des centraux numériques modernes entièrement électroniques est, en règle générale, presque constante, soit pratiquement indépendante du trafic. Il s'ensuit que l'autonomie de la batterie à laquelle on était habitué tombe, ce qui ne devrait pas rester sans influence sur les services de piquet des DAT.

En cas de panne de réseau et de décharge toujours plus prononcée, donc de diminution de la tension de la batterie, la consommation de courant augmente de façon à peu près inversement proportionnelle. Cet effet provient des convertisseurs DC/DC qui, du fait de la modulation en largeur d'amplitude, tirent l'énergie nécessaire même en cas de baisse de tension, et le courant que doit délivrer la batterie devient toujours plus important. Lorsque la tension a chuté à 42 V environ, les convertisseurs sont déconnectés, afin qu'ils ne soient pas endommagés par les courants élevés qui circulent. Lorsque la tension de la batterie passe de 53,5 V à 44,6 V, le courant augmente de 20 % environ. Il en découle que la batterie est plus fortement mise à contribution et plus rapidement épuisée que ce n'était le cas avec les installations de commutation électromécaniques, pour lesquelles la consommation de courant diminuait en cas de baisse de tension. Ce phénomène entraîne une réduction supplémentaire de l'autonomie de la batterie.

L'ordre de grandeur de cette réduction est visible à la figure 1. La décharge avec une résistance constante correspond à l'exploitation d'un central électromécanique, celle à puissance délivrée constante à l'exploitation d'un central électronique.

A l'avenir, la puissance des redresseurs devra être telle qu'après une interruption du réseau à courant fort et une décharge prononcée de la batterie, le central puisse «redémarrer» et la batterie être rechargée dans des délais raisonnables.

Ces nouvelles perspectives montrent que l'on ne peut en aucun cas réduire la période de huit heures durant laquelle une batterie doit assurer l'exploitation, si l'on ne veut pas diminuer la fiabilité des installations largement au-dessous des valeurs actuelles.

#### 4 Nouveautés en matière de gestion de la consommation d'énergie dans les installations de télécommunications et problèmes accrus de fiabilité

Selon leur fonction, les équipements de commutation et de transmission libèrent en chaleur 95 %...99 % de l'énergie absorbée sous forme de courant continu. Les équipements usuels à sélecteurs ne dégagent le maximum de chaleur que pendant les heures les plus

Il consumo di corrente delle centrali digitali moderne completamente elettroniche invece è di regola pressoché costante e indipendente dal traffico. La finora abituale autonomia della batteria viene così a cadere e ciò si ripercuoterà probabilmente sul servizio di picchetto delle DCT.

Dopo un guasto alla rete con scarica graduale della batteria e tensione di batteria in diminuzione, il consumo di corrente aumenta in modo pressoché inversamente proporzionale. Ciò è provocato dai convertitori CC/CC che con la loro modulazione a impulsi in larghezza prelevano l'energia necessaria anche se la tensione della batteria diminuisce, perché consumano in proporzione più corrente. A circa 42 V i convertitori si interrompono affinché la corrente elevata non li danneggi. Se la tensione della batteria passa da 53,5 V a 44,6 V, la corrente aumenta del 20 % circa. La batteria deve perciò sopportare un carico maggiore e si esaurisce pertanto più rapidamente di quanto non è il caso con gli apparecchi di commutazione elettromeccanici il cui consumo di corrente diminuisce se diminuisce la tensione. L'autonomia della batteria subisce dunque ancora un'altra riduzione.

L'entità di questa riduzione risulta dalla figura 1. La scarica a resistenza costante corrisponde all'esercizio di una centrale elettromeccanica, la scarica a potenza costante all'esercizio di una centrale elettronica.

In futuro la potenza dei raddrizzatori deve essere fissata in modo tale che dopo una caduta della rete e a batteria scarica la centrale con il suo maggior fabbisogno di corrente possa essere «riportata a regime» e la batteria ricaricata entro un termine utile.

Queste prospettive mostrano che occorre mantenere un tempo di transizione di otto ore e che non si possono tollerare tagli se non si vuole ridurre sensibilmente l'attuale livello di affidabilità.

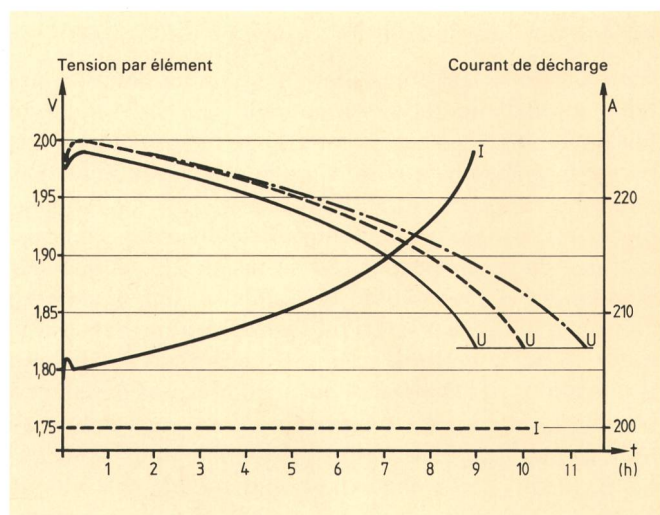


Fig. 1  
 Courbe de décharge d'une batterie – Curva di scarica di una batteria  
 - - - - - Décharge sur une résistance constante – Scarica su una resistenza costante  
 - - - - - Décharge à courant constant – Scarica a corrente costante  
 - - - - - Décharge à puissance délivrée constante – Scarica a potenza costante

Tension par élément – Tensione cellulare  
 Courant de décharge – Corrente di scarica

chargées, alors que pendant les périodes de faible trafic, et pendant la nuit, les équipements et les bâtiments pouvaient se «refroidir». En outre, les sélecteurs étaient moins sensibles aux conditions de température.

Au contraire, les équipements électroniques en service dégagent continuellement à peu près la même chaleur. Cette énergie calorifique doit être évacuée au fur et à mesure (en particulier pour des taux de dissipation supérieurs à  $50 \text{ W/m}^2$ ), si l'on ne veut pas courir le risque d'une surchauffe des équipements de télécommunication. En effet, des températures trop élevées conduisent au vieillissement accéléré de nombreux composants électroniques.

Du point de vue énergétique, la fiabilité de l'exploitation des équipements de télécommunication ne dépend plus seulement, comme jusqu'ici, de l'alimentation en énergie électrique, mais encore de l'évacuation de la chaleur dissipée. Toutefois, une défection du système d'évacuation n'a pas de conséquences immédiates (comme c'est le cas lorsque l'alimentation en énergie vient à manquer). Les temps de panne admissibles dépendent de l'inertie thermique des équipements et du bâtiment et, en premier lieu, de la dissipation thermique spécifique en  $\text{W/m}^2$ . Alors que par le passé, ces valeurs étaient relativement modestes (A52:  $40\text{...}60 \text{ W/m}^2$ , HS52A:  $50\text{...}80 \text{ W/m}^2$ , A64S:  $100\text{...}120 \text{ W/m}^2$ , PC:  $90\text{...}120 \text{ W/m}^2$ ), on planifie aujourd'hui des dissipations de  $100\text{...}250 \text{ W/m}^2$ , voire pour les installations importantes de  $400\text{...}700 \text{ W/m}^2$ . Les temps de panne admissibles pour les appareils de refroidissement ne sont souvent que de quelques minutes lorsque l'on a affaire à des pertes thermiques de  $400 \text{ W/m}^2$  et plus. Cela exige, pour les équipements de refroidissement, une fiabilité comparable à celle des dispositifs d'alimentation en énergie. Vouloir alimenter les appareils de climatisation ordinaires placés dans les locaux des centraux à partir du réseau à courant fort assuré n'apporte pas la sécurité d'exploitation accrue nécessaire. Il n'est pas non plus possible de connecter des batteries en parallèle sur ces installations, vu que l'énergie sous forme de courant alternatif ne peut pas être mise en réserve de cette façon. Avec le courant continu, les conditions de mise en parallèle, telles que fréquence et phase identiques, voire même ondulation, tombent. Cela permet de pallier très simplement les défauts des redresseurs ou du réseau à l'aide de batteries connectées en parallèle, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des commutations. En outre, à la tension de  $48 \text{ V}$ , les problèmes de sélectivité peuvent être mieux maîtrisés qu'à la tension du réseau à courant fort. Comme les calculs de fiabilité le montrent, la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) d'une installation d'alimentation en courant alternatif est de deux à trois ordres de grandeur inférieure à celle d'une installation d'alimentation d'équipements de télécommunication, constituée de redresseurs statiques et de batteries. Les batteries, judicieusement dimensionnées, restent la base d'une alimentation fiable des équipements de télécommunication.

Les installations d'énergie des équipements de télécommunication et l'évacuation de la chaleur dissipée sont deux systèmes agissant en cascade. Le réservoir d'eau de refroidissement du dispositif d'évacuation de la chaleur joue un rôle analogue à celui de la batterie dans

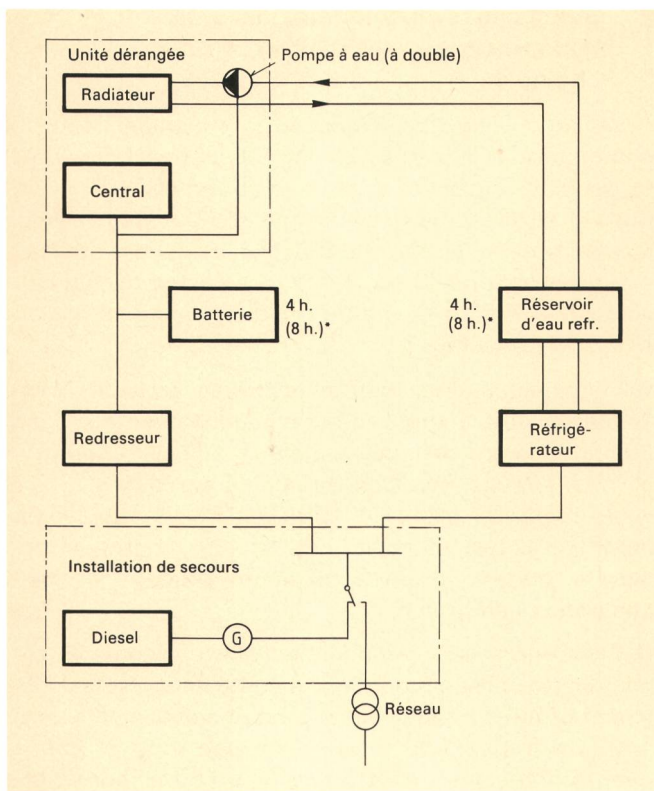
#### **4 Innovazioni nel bilancio energetico delle telecomunicazioni e i problemi che ne derivano per l'affidabilità**

A seconda della loro funzione, gli equipaggiamenti di commutazione e di trasmissione trasformano in calore il 95 %...99 % circa dell'energia in corrente continua adottata. I selettori convenzionali invece «si riscaldavano» solo nelle ore di punta, mentre nelle ore di basso traffico e durante la notte gli impianti e gli edifici potevano nuovamente raffreddarsi. Inoltre i selettori erano meno sensibili alla temperatura.

Gli equipaggiamenti elettronici invece erogano calore 24 ore su 24. L'energia termica continuamente erogata (soprattutto in caso di carichi specifici superiori a  $50 \text{ W/m}^2$ ) deve essere costantemente evacuata se non si vuole correre il rischio di surriscaldare gli equipaggiamenti delle telecomunicazioni. Le temperature troppo elevate portano all'invecchiamento precoce di molti componenti elettronici.

Dal lato energetico l'affidabilità dell'esercizio delle telecomunicazioni non dipende più, come finora, solo dall'alimentazione ma anche dall'evacuazione del calore dissipato. Un guasto lato evacuazione non ha però conseguenze immediate (come un guasto lato alimentazione in corrente). I tempi di guasto ammissibili sono dati dalla capacità termica di equipaggiamenti e edifici e soprattutto dalla potenza dissipata specifica in  $\text{W/m}^2$ . Se nel passato questi valori erano relativamente modesti (A52:  $40\text{...}60 \text{ W/m}^2$ ; HS52A:  $50\text{...}80 \text{ W/m}^2$ ; A64S:  $100\text{...}120 \text{ W/m}^2$ ; PC:  $90\text{...}120 \text{ W/m}^2$ ), oggi sono invece previsti valori di  $120\text{...}250 \text{ W/m}^2$ , e in grandi edifici di  $400\text{...}700 \text{ W/m}^2$ . In caso di potenze dissipate di  $400 \text{ W/m}^2$  e oltre i tempi di guasto tollerabili per gli impianti di raffreddamento si riducono spesso a pochi minuti. Per l'evacuazione del calore è richiesta quindi un'affidabilità simile a quella necessaria per l'alimentazione nelle telecomunicazioni. Il metodo tradizionale, cioè fornire agli impianti di raffreddamento nel locale delle centrali corrente alternata dalla rete pubblica coperta mediante motori diesel, non può assicurare il necessario aumento di affidabilità. Il motivo principale risiede nel fatto che la corrente alternata non può essere accumulata in batterie collegate in parallelo. Per la corrente continua invece cadono tutte le condizioni necessarie per il collegamento in parallelo come stessa frequenza, stessa posizione di fase, stessa forma della curva. Si possono così superare nel modo più semplice ed affidabile senza nessuna commutazione guasti ai raddrizzatori e alla rete con batterie collegate in parallelo. A  $48 \text{ V}$  inoltre i problemi di selettività si possono dominare meglio che non alla tensione di rete. Come risulta dai calcoli di affidabilità, il valore MTBF di una alimentazione in corrente alternata è due fino a tre volte inferiore al valore MTBF dell'alimentazione in corrente delle telecomunicazioni costituita da raddrizzatori e da batterie di accumulatori. Le batterie e il loro sufficiente dimensionamento continuano dunque a essere la spina dorsale di un'alimentazione affidabile nelle telecomunicazioni.

L'alimentazione in corrente nelle telecomunicazioni e l'evacuazione del calore dissipato sono due sistemi connessi in cascata; il serbatoio dell'acqua di raffreddamento ha, per l'evacuazione del calore, una funzione molto simile a quella che ha la batteria per l'alimenta-



**Fig. 2**  
**Principe de la coordination entre les différentes unités lors de l'apparition de pannes – Principio della coordinazione delle unità in caso di guasto**

Unité dérangée – Unità di guasto  
 Radiateur – Radiatore  
 Central – Centrale  
 Redresseur – Raddrizzatore  
 Installation de secours – Impianto d'emergenza  
 Diesel – Diesel  
 Pompe à eau (à double) – Pompa dell'acqua (in doppio)  
 Réseau – Rete  
 Réservoir d'eau refr. – Serbatoio dell'acqua  
 Réfrigérateur – Impianto di raffreddamento

\* Les valeurs mentionnées entre parenthèses se rapportent à des objets sans installation de secours stationnaire – Le chiffre tra parentesi si riferiscono a impianti senza gruppi elettrogeni d'emergenza fissi

l'installazione d'alimentazione. Les deux systèmes doivent être bien adaptés l'un à l'autre. Actuellement, dans le monde entier, certains fournisseurs de matériel de télécommunication offrent des installations d'évacuation d'énergie répondant aux exigences de fiabilité accrues requises et qui, de surcroît, grâce à leur faible consommation d'énergie, peuvent être raccordées à la même batterie que les équipements de télécommunication.

Ce n'est qu'ainsi que le principe d'alimentation comprenant une coordination entre les différentes unités susceptibles de tomber en panne peut être appliqué (fig. 2), ce qui est d'une importance capitale pour une exploitation fiable (et pour la protection des centraux contre une surchauffe et contre le vieillissement prématuré des équipements). Si tel n'était pas le cas, il faudrait procéder à des déconnexions d'urgence.

Un autre aspect de la question est la consommation élevée d'énergie des dispositifs de refroidissement. Des mesures ont montré que dans un de nos grands centres de télécommunication, plus de 50 % de l'énergie électrique étaient absorbés par les installations d'évacuation de la chaleur.

zione in corrente. I due sistemi devono essere ben accordati tra di loro.

Attualmente vi sono in tutto il mondo ditte delle telecomunicazioni in grado di offrire impianti di evacuazione del calore con elevata affidabilità, che in caso di guasto alla rete si possono esercitare con basso fabbisogno di energia alla stessa batteria a cui sono esercitati gli impianti di telecomunicazione da raffreddare.

Solo in questo modo è rispettato il principio basilare dell'alimentazione cioè quello della coordinazione delle unità di guasto (fig. 2), che per l'affidabilità dell'esercizio (e per la protezione delle centrali da surriscaldamento e da invecchiamento precoce) è di importanza capitale. Altrimenti è necessario proteggere gli equipaggiamenti delle telecomunicazioni mediante disinserimenti d'emergenza.

Un altro aspetto è l'elevato fabbisogno di energia elettrica degli impianti di evacuazione di calore. Dalle misure risulta che in uno dei nostri grandi centri delle telecomunicazioni più del 50 % dell'energia elettrica è consumata da questi impianti.

Per una chilowattora l'Azienda delle PTT ha pagato nel 1986 in media 12,8 centesimi a partire dai morsetti del contatore.

Un wattanno costa pertanto  $8760 \times 12,8/1000 = 112$  centesimi (1 anno = 8760 ore).

La spesa per 1 Watt ammonta pertanto all'anno a circa 1 franco. Questa cifra tonda permette di fare velocemente calcoli approssimativi sulle spese energetiche. Per quanto riguarda l'alimentazione in corrente delle telecomunicazioni bisogna però tener conto del fatto che quest'energia non può essere semplicemente prelevata dalla presa di corrente. Occorre prima convertirla, accumularla, assicurarla, distribuirla e infine evacuarla quale energia di calore dissipato con impianti di evacuazione del calore che a loro volta consumano elettricità.

Se si tiene conto dei costi d'investimento, di ammortamento e di manutenzione degli impianti che servono a convertire e evacuare energia si giunge a un valore calcolatorio multiplo della spesa di 1 franco per wattanno appena menzionata.

In base alle stime e ai confronti con l'estero questo importo dovrebbe variare tra i quattro e i dieci franchi per un wattanno.

Valori comparativi del consumo di energia per anno (1983):

Svizzera	41 227 000 000 kWh
FFS	2 800 000 000 kWh
PTT	307 000 000 kWh
Centro telecom Zurigo/Herdern	10 000 000 kWh
Stazione terrestre per satelliti di Leuk	2 760 000 kWh
Economia domestica di quattro persone	5 000 kWh

L'energia attualmente acquistata dall'Azienda delle PTT corrisponde allo 0,75 % circa del fabbisogno nazionale.

En 1986, les PTT payaient en moyenne 12,8 centimes par kilowattheure pris aux bornes du compteur. Le prix du watt-an est donc de:

$$8760 \cdot 12,8/1000 = 112 \text{ centimes}$$

(1 an = 8760 heures).

La consommation de 1 watt pendant une année coûte donc environ 1 franc. Cette valeur permet de faire rapidement des calculs approximatifs au sujet du coût de l'énergie. En ce qui concerne l'alimentation des installations de télécommunication, il faut cependant tenir compte que cette énergie ne peut pas simplement être tirée d'une prise de courant. Elle doit être préalablement transformée, accumulée, assurée, distribuée, puis, en fin de compte, évacuée sous forme de chaleur. Et les installations de refroidissement nécessaires consomment, elles aussi, de l'électricité.

Si l'on tient compte des frais d'investissements, d'amortissement et d'entretien des installations indispensables à toutes ces transformations et évacuations d'énergie, on obtient une valeur calculée qui correspond à un multiple de la valeur approximative de 1 franc par watt-an mentionnée précédemment.

En se fondant sur des estimations et des comparaisons avec l'étranger, on peut admettre que le coût d'un watt-an varie entre quatre et dix francs.

Comparaison de certaines valeurs de la consommation annuelle d'énergie (1983):

Suisse	41 227 000 000 kWh
CFF	2 800 000 000 kWh
PTT	307 000 000 kWh
Centre de télécommunications	
Zurich/Herdern	10 000 000 kWh
Station terrienne de Loèche	2 760 000 kWh
Ménage de quatre personnes	5 000 kWh

Actuellement, l'énergie électrique consommée par l'Entreprise des PTT correspond à peu près au 0,75 % des besoins pour l'ensemble de la Suisse.

## 5 Nouveautés dans le domaine des installations d'alimentation en énergie

Malgré leur complexité toujours accrue, les équipements électroniques sont devenus, ces dernières années, toujours plus compacts. Cette évolution repose principalement sur l'utilisation de composants modernes, en particulier, sur le recours aux circuits intégrés.

Les installations d'alimentation sont restées tout d'abord largement à l'écart de cette évolution. En effet, leur rendement, leur volume et leur poids ne pouvaient être que peu influencés en agissant sur le principe de la régulation en série à l'aide de transducteurs et de thyristors. L'optimum possible avec cette technologie était largement atteint. Des progrès remarquables ne purent être réalisés qu'avec l'introduction d'appareils à commande à découpage (switch mode power supplies SMPS) à rythme élevé.

L'apparition de composants modernes, tels que les transistors à commutation rapide et tension de blocage éle-

## 5 Innovazioni nel campo degli impianti di alimentazione

Negli ultimi anni gli apparecchi elettronici, pur aumentando in complessità, sono diventati più compatti, piccoli e leggeri, soprattutto per l'impiego sempre maggiore di componenti moderni, in particolare di circuiti integrati.

Gli impianti di alimentazione invece sono rimasti praticamente esclusi da questo processo dato che non si può influire che in misura limitata sul loro rendimento, sul loro volume e sul loro peso per il principio tradizionale dei regolatori in serie con trasduttori e tiristori. Il massimo ottenibile con questa tecnologia è già stato praticamente raggiunto. Solo l'introduzione di alimentatori commutati (switch mode power supplies, SMPS) a frequenza elevata ha permesso di fare nuovamente progressi notevoli.

Oggi, grazie a componenti moderni come transistori a commutazione veloce con tensione di blocco elevata e ferrite di alta qualità per i nuclei dei trasformatori e delle bobine di induttanza, si possono costruire impianti di alimentazione più efficienti e compatti. Il problema del rumore è risolto perché le alte frequenze di ripetizione degli impulsi si trovano nel campo degli ultrasuoni. Grazie al miglior rendimento si può risparmiare energia elettrica e gli impianti di evacuazione hanno meno calore dissipato da evacuare. I moduli di 12 A e 100 A finora ottenibili sul mercato consentono una produzione all'ingrosso adatta alle telecomunicazioni con tutti i vantaggi della razionalizzazione e conseguente diminuzione dei costi di montaggio degli impianti sul posto. Date le dimensioni ridotte dei moduli è possibile adeguarsi meglio al consumo di corrente ed evitare così inutili investimenti preliminari.

Ciò che rimane ancora insoluto invece è la questione del tempo medio fra guasti (MTBF). I nuovi impianti sono molto più complessi di quelli vecchi. A questo inconveniente si può rimediare aumentando la ridondanza (cosa che non presenta difficoltà per le dimensioni ridotte dei moduli). La tecnica di questi raddrizzatori a commutazione è assai simile a quella dei convertitori CC/CC. Ne conseguono effetti di sinergia sia nello sviluppo che nella fabbricazione.

## 6 Raddrizzatori a commutazione

La figura 3 mostra lo schema di principio semplificato di un raddrizzatore a commutazione con comando a lar-

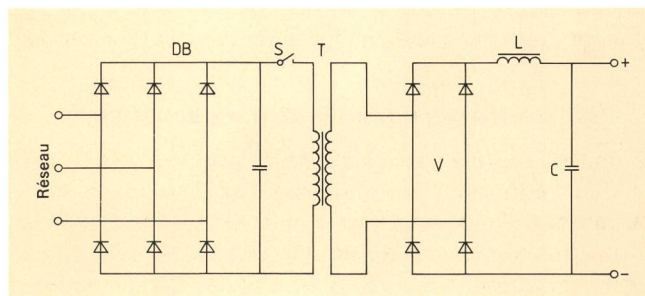


Fig. 3  
Principe d'un redresseur à commande par découpage – Principio di un raddrizzatore a commutazione

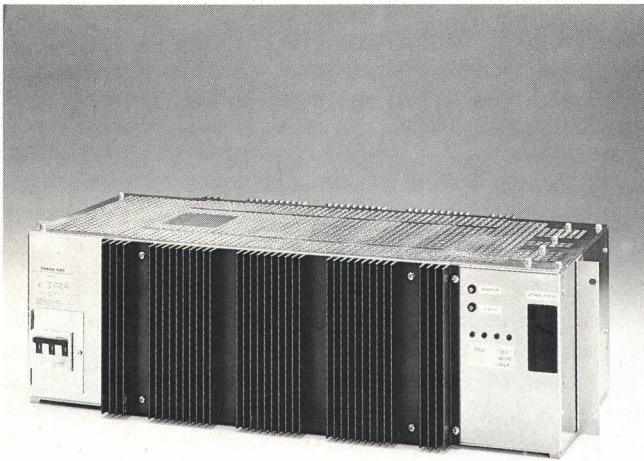


Fig. 4  
Module de redresseur pour 100 A, selon le principe représenté à la figure 3 – Modulo di raddrizzatore per 100 A secondo il principio illustrato in figura 3

vée, les ferrites de haute qualité pour les noyaux des transformateurs et des bobines, a permis de construire des appareils d'alimentation de rendement plus élevé et plus compacts. Le problème du bruit est résolu, du fait que les fréquences de découpage se situent dans le domaine des ultrasons. Grâce à leur meilleur rendement, ces installations consomment moins d'énergie électrique et les dispositifs de refroidissement ont moins de chaleur à évacuer. Les modules disponibles jusqu'ici, pour 12 et 100 A, permettent une production en grand et de manière plus rationnelle d'appareils répondant aux exigences des télécommunications. En outre, les frais de montage sur place sont moins élevés qu'avec les installations usuelles. Un avantage supplémentaire réside dans la grandeur relativement modeste des modules qui permet, d'une part, une adaptation plus fine de l'installation d'alimentation à la consommation et, d'autre part, d'éviter des investissements préliminaires inutiles.

La seule question restant ouverte est celle du temps moyen de bon fonctionnement (MTBF). Les nouveaux appareils sont beaucoup plus complexes que leurs prédécesseurs, plus simples et dont le fonctionnement était plus facile à saisir. Une redondance accrue des éléments constitutifs permet cependant de remédier à la chose, d'autant plus facilement qu'il s'agit de modules peu importants. La technique des redresseurs à commande par découpage est très semblable à celle des convertisseurs DC/DC. Il en découle certains effets de synergie, tant dans le développement que la fabrication.

## 6 Redresseurs à commande par découpage

La figure 3 représente le schéma de principe très simplifié d'un redresseur à commande par découpage réglé par largeur d'impulsion (fig. 4 et 5). Brièvement exposé, le fonctionnement en est le suivant: La tension du réseau est redressée dans le pont triphasé DB. Le courant continu est «découpé» au rythme de 20 kHz par le transistor de commutation S, puis découplé galvaniquement par le transformateur T qui élève la tension à la valeur

ghezza di impulsi (fig. 4 e 5). Spieghiamo brevemente come funziona: con un circuito a ponte in corrente trifase DB la tensione della rete viene raddrizzata. La corrente continua viene spezzettata con 20 kHz mediante il dispositivo a semiconduttori S, disaccoppiata galvanicamente mediante il trasformatore T, portata alla tensione desiderata, quindi raddrizzata mediante il ponte di Graetz V e livellata mediante il filtro LC. La tensione viene regolata mediante variazione della larghezza d'impulso con il dispositivo a semiconduttori S.

Per mostrare il motivo di questa sorprendente riduzione di volume, ci serviamo dell'equazione di trasformatore:

$$E = k \cdot f \cdot n \cdot A \cdot B$$

La tensione E generata nelle spire di un avvolgimento di trasformatore è il prodotto della costante k, della frequenza f, del numero di spire n, della sezione del nucleo A e dell'induzione magnetica B. Spezzettando con 20 kHz aumentiamo la frequenza di 400 volte rispetto a 50 Hz. Teoricamente, secondo l'equazione, se si mantiene costante la tensione E si può ridurre il numero di spire e/o la sezione del nucleo. A seconda della frequenza, le dimensioni di trasformatori di notevole potenza possono diminuire da 20 a 200 volte rispetto alla frequenza di 50 Hz. Anche i mezzi di filtraggio all'uscita dell'apparecchio sono notevolmente ridotti. Il fattore di filtraggio  $S = \omega^2 LC$  ( $\omega = 2\pi f$ ) aumenta addirittura al quadrato della frequenza.

Sono in corso prove d'esercizio rilevanti con impianti di alimentazione dotati di simili moduli di raddrizzatori.

## 7 I più importanti convertitori CC/CC

L'Azienda delle PTT utilizza convertitori CC/CC (convertitori corrente continua/corrente continua) soprattutto per convertire la corrente continua di 48 V, che viene

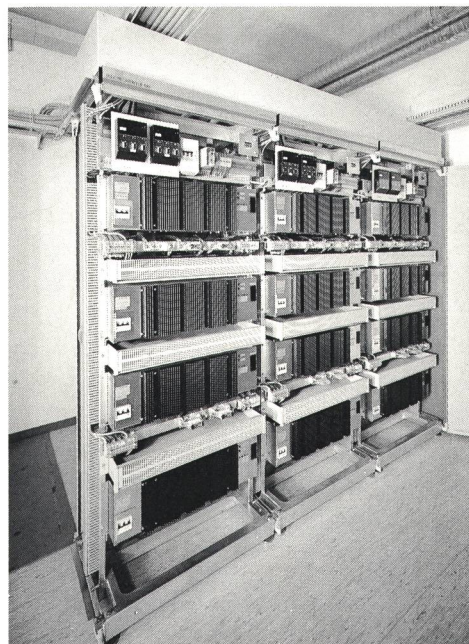


Fig. 5  
Installation d'alimentation équipée de modules de redresseur pour 100 A selon figure 4 – Impianto d'alimentazione equipaggiato di moduli di raddrizzatore per 100 A secondo la figura 4



désirée. Celle-ci est ensuite redressée dans le pont de Graetz V et filtrée en LC. La tension est réglée par modification de la largeur d'impulsion à l'aide du semi-conducteur S. Pour mieux démontrer l'étonnante réduction du volume obtenue par ce montage, faisons appel à la formule du transformateur:

$$E = k \cdot f \cdot n \cdot A \cdot B$$

La tension E engendrée dans les spires de l'enroulement d'un transformateur est le produit de la constante k par la fréquence f, le nombre de spires n, la section du noyau A et l'induction magnétique B. Avec le découpage à 20 kHz, on obtient une fréquence 400 fois plus élevée que 50 Hz. Théoriquement, selon l'équation, à tension E égale, le nombre de spires et/ou la section du noyau peuvent être réduites en conséquence. Selon la fréquence de découpage utilisée, les transformateurs peuvent devenir beaucoup plus petits, leur volume pouvant être de 20...100 fois inférieur à celui correspondant à 50 Hz. Les moyens à mettre en œuvre pour le filtrage à la sortie du redresseur sont également fortement réduits. Le facteur de filtrage  $S = \omega^2 LC$  ( $\omega = 2\pi f$ ) augmente même avec le carré de la fréquence.

Des essais d'exploitation étendus avec des installations d'alimentation équipées de ces modules sont actuellement en cours.

## 7 Coup d'œil sur les convertisseurs DC/DC les plus importants

L'Entreprise des PTT utilise des convertisseurs DC/DC (convertisseurs courant continu/courant continu), en premier lieu pour transformer ponctuellement la tension d'alimentation délivrée par les installations d'alimentation des équipements de commutation, de transmission et à faisceaux hertziens aux valeurs spécifiques (+ 5 V, 12 V...) exigées par certaines unités. Ces convertisseurs travaillent avec des fréquences de découpage de 20 à 100 kHz environ. Si l'on connecte un circuit de redresseurs en pont à l'amont d'un convertisseur, on obtient un redresseur à découpage.

### a) Convertisseur à oscillateur bloqué

La *figure 6* montre le schéma de principe d'un convertisseur à oscillateur bloqué avec séparation galvanique. Pendant la première phase de transfert, l'énergie est amenée et accumulée dans l'enroulement primaire du transformateur T, par l'intermédiaire de l'interrupteur transistorisé S. Dans la seconde phase, l'énergie magnétique se décharge dans le secondaire du transformateur, l'interrupteur transistorisé étant ouvert (bloqué). D'où le nom de convertisseur à oscillateur bloqué donné au circuit. Ce convertisseur est très simple et économique. Etant donné que les courants à l'entrée et à la sortie sont pulsés, le matériel nécessaire à la confection des filtres est important. Vu que le transformateur doit servir d'accumulateur d'énergie, il est nécessaire de prévoir un entrefer dans le circuit magnétique, ce qui nécessite une énergie de magnétisation élevée.

### b) Convertisseur direct

La *figure 7* montre le schéma de principe d'un convertisseur direct dissymétrique. A l'état fermé de l'inter-

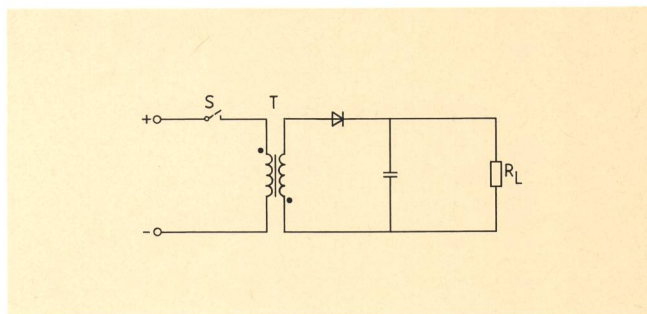


Fig. 6  
Schéma de principe d'un convertisseur à oscillateur bloqué - Schema di principio di un convertitore «flyback»

rogata dagli impianti di alimentazione agli impianti di commutazione, di trasmissione e per ponte radio, nelle tensioni specifiche richieste sul posto dai moduli (+ 5 V, 12 V...). Questi convertitori operano con frequenze di ripetizione di 20 fino a 100 kHz circa. Se a un convertitore CC/CC si preinserisce un circuito di raddrizzatori in ponte, si ottiene un raddrizzatore a commutazione. Nel seguito presentiamo brevemente i vantaggi del nuovo convertitore Ćuk (lettera d) rispetto agli altri convertitori (lettere a-c).

### a) Il convertitore «flyback»

La *figura 6* mostra lo schema di principio di un convertitore flyback con separazione galvanica. Durante la prima fase di trasferimento viene trasportata e accumulata energia nel trasformatore T attraverso il dispositivo a semiconduttori S chiuso. Nella seconda fase di trasferimento con dispositivo a semiconduttori aperto (bloccato) l'energia magnetica si scarica sul secondario. Questo convertitore è assai semplice e economico. Sia la corrente in entrata che quella in uscita sono pulsanti e richiedono per questo motivo un aumento dei mezzi di filtraggio. Dato che il trasformatore deve servire da accumulatore di energia occorre un traferro nel circuito magnetico. Ciò richiede un'elevata energia di magnetizzazione.

### b) Il convertitore diretto «forward»

La *figura 7* mostra il circuito di base del convertitore forward dissimetrico. A dispositivo a semiconduttori S chiuso viene trasferita energia nel circuito di carico. Il diodo  $V_2$  blocca e la bobina di accumulazione L si carica attraverso il diodo  $V_1$ . A dispositivo a semiconduttori S aperto la bobina di accumulazione L si scarica attraverso il diodo  $V_2$  su  $R_L$ . Contemporaneamente il trasformatore T mediante l'avvolgimento di inversione

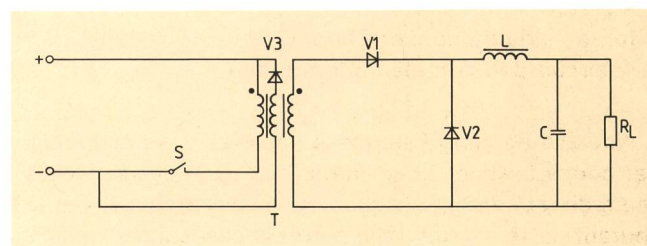


Fig. 7  
Schéma de principe d'un convertisseur direct dissymétrique - Schema di principio di un convertitore «forward»

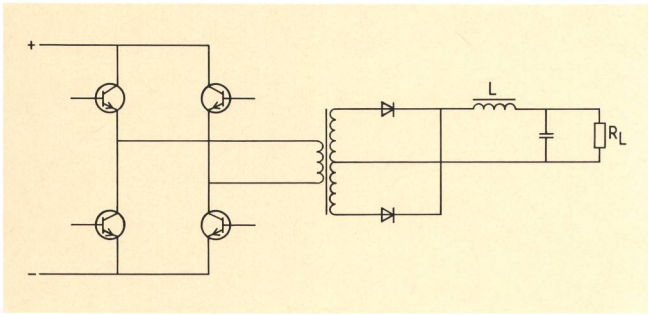


Fig. 8  
Schéma de principe d'un convertisseur push-pull en pont – Schema di principio di un convertitore «push-pull» in ponte

rupteur transistorisé  $S$ , de l'énergie est transmise dans le circuit de charge. D'où le nom de convertisseur direct. La diode  $V_2$  est à l'état bloqué et la self d'accumulation d'énergie  $L$  est chargée à travers  $V_1$ . Lorsque l'interrupteur  $S$  s'ouvre,  $L$  se décharge à travers  $V_2$  sur  $R_L$ . En même temps, le transformateur  $T$  peut restituer son énergie magnétique à la source par le biais de la diode 3 et de l'enroulement de démagnétisation. Un avantage particulier de ce convertisseur réside dans le fait que l'ondulation de la tension de sortie peut être maintenue à une valeur faible, grâce à la self d'accumulation  $L$ . Il y a cependant lieu de mentionner un inconvénient dû à la construction relativement compliquée du transformateur, dont les trois bobines ne permettent pas d'atteindre une valeur réduite de l'inductivité de dispersion, nécessaire à l'obtention d'un rendement élevé.

c) *Convertisseur push-pull*

La figure 8 montre le schéma de principe d'un convertisseur push-pull en pont. A chaque demi-période, deux transistors montés en diagonale dans le circuit sont activés en même temps. Cela nécessite des circuits de commande des bases relativement compliqués. L'exploitation en push-pull a pour conséquence de doubler la fréquence des impulsions de courant à l'entrée, ce qui fait que l'étage de filtrage est plus simple. Cependant, les éléments de commutation doivent être symétrisés ou appariés, ce qui renchérit notablement les circuits et les rend peu intéressants par rapport aux convertisseurs directs usuels.

d) *Convertisseur de Ćuk*

La figure 9a et b représente le schéma de principe simplifié du convertisseur de Ćuk. La tension continue est découpée au rythme de 100 kHz par l'interrupteur transistorisé  $S$  et appliquée alternativement à polarité inverse aux bornes de l'enroulement primaire du transformateur  $T$ . L'inversion du sens du courant se fait à l'aide du condensateur  $C$  branché en série dans le circuit de l'enroulement primaire.

A l'inverse de ce qui se passe dans les transformateurs des convertisseurs à oscillateur bloqué et des convertisseurs directs dissymétriques, qui sont parcourus par du courant pulsé et sont donc prémagnétisés dans un sens, le transformateur du convertisseur de Ćuk travaille symétriquement en ce qui concerne la courbe de magnétisation et constitue ainsi un translateur idéal. La valeur

della magnetizzazione può restituire la sua energia magnetica alla sorgente attraverso il diodo  $V_3$ . Un vantaggio eminente di questo convertitore è che il ripple (ondulazione residua) della tensione di uscita può essere mantenuto piccolo mediante la bobina di accumulazione  $L$ . Uno svantaggio è invece la complessità del trasformatore i cui tre avvolgimenti ostacolano il conseguimento di un basso valore dell'induttanza di dispersione necessario per un rendimento elevato.

c) *Il convertitore simmetrico «push-pull»*

La figura 8 mostra il circuito di base di un convertitore simmetrico in ponte. Sono inseriti sempre contemporaneamente due transistori montati in diagonale. Ciò richiede quattro circuiti di comando di base molto complessi. Dall'esercizio simmetrico consegue il raddoppiamento della frequenza degli impulsi della corrente d'entrata con conseguente riduzione dei mezzi di filtraggio. I componenti del circuito devono essere disposti in simmetria o a coppie con un aumento notevole dei costi di questi circuiti per cui questo convertitore è spesso meno interessante di un normale convertitore diretto.

d) *Il convertitore Ćuk*

Le figure 9a e 9b mostrano uno schema di principio semplificato del convertitore Ćuk. La tensione continua viene spezzettata tramite dispositivo a semiconduttori  $S$  con una frequenza di 100 kHz e applicata all'avvolgimento primario del trasformatore  $T$  con polarità alternante. L'inversione della direzione della corrente si ottiene mediante il condensatore invertitore  $C$  che si trova in serie rispetto all'avvolgimento primario.

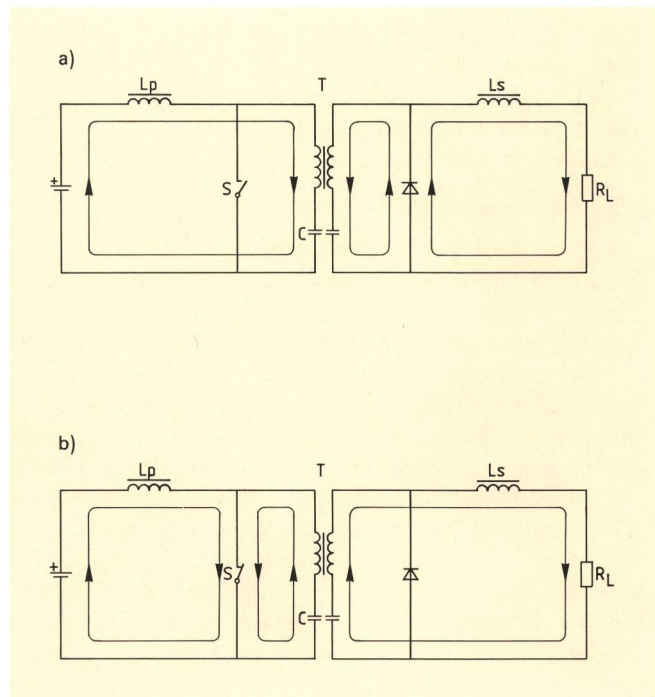


Fig. 9  
Schéma de principe simplifié d'un convertisseur de Ćuk – Schema di principio semplificato del convertitore «Ćuk»  
a) avec interrupteur transistorisé ouvert – con dispositivo a semiconduttori aperto  
b) avec interrupteur transistorisé fermé – con dispositivo a semiconduttori chiuso

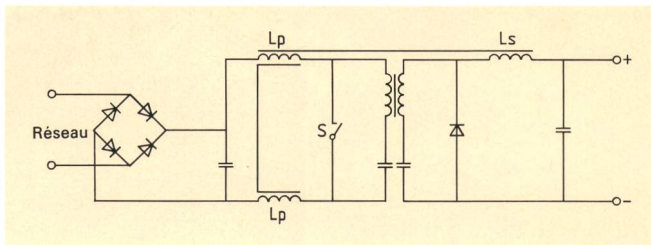


Fig. 10  
Schéma de principe simplifié d'un module de redresseur de Ćuk pour 12 A – Schema di principio semplificato di un modulo di raddrizzatore per 12 A secondo il principio di «Ćuk»

de l'excursion d'induction est de plus de deux fois supérieure à celle intervenant dans les convertisseurs à oscillateur bloqué et direct, ce qui permet de réduire la section des noyaux de plus de la moitié. Les surfaces définies par les courbes de tension dans le temps aux bornes des selfs  $L_p$  et  $L_s$  sont semblables. Seule l'amplitude des courbes varie en fonction du rapport de transformation du transformateur. Cela permet de coupler magnétiquement ces inductivités, c'est-à-dire de les bobiner sur le même noyau. Si le facteur de couplage des selfs correspond au facteur de transformation du transformateur, il est possible de supprimer l'ondulation du courant à la sortie du convertisseur. On obtient ainsi un véritable courant continu sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un filtre. De plus, il est encore possible d'intégrer le transformateur dans le système des selfs couplées, si bien que l'ondulation du courant est supprimée à l'entrée et à la sortie du convertisseur. Cependant, cette solution entraîne d'autres inconvénients, tel le fait que le transformateur ne peut plus être construit pour un rendement optimal, vu que les dimensions des noyaux sont déterminées par les selfs  $L_p$  et  $L_s$ . En outre le comportement de l'ensemble à la régulation en est affecté. Le convertisseur de Ćuk représente un défi aux perspectives fascinantes, tant que pour les concepteurs que les constructeurs de telles installations. Le schéma d'un redresseur selon le principe de Ćuk est représenté à la figure 10, alors que des exemples de réalisation font l'objet des figures 11 et 12.

## 8 Redresseur réglé selon le principe de la ferrorésonance

La figure 13 illustre le principe d'un redresseur monophasé commandé selon le principe de la ferrorésonance

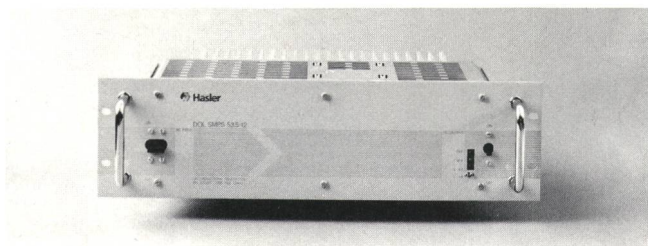


Fig. 11  
Module de redresseur pour 12 A, selon le principe esquissé à la figure 10 – Modulo di raddrizzatore per 12 A secondo il principio della figura 10

Mentre i trasformatori del convertitore flyback o del convertitore forward sono attraversati da una corrente continua pulsante e pertanto premagnetizzati in una direzione, il trasformatore del convertitore Ćuk lavora simmetricamente rispetto alla curva B/H e diventa così un trasformatore ideale. La deviazione d'induttanza è grande più del doppio di quella dei convertitori flyback e forward, ciò che permette di riparmiare più della metà della sezione del nucleo. Le superfici tensione-tempo delle due bobine di accumulazione  $L_p$  e  $L_s$  hanno una forma analoga e le loro ampiezze si differenziano in modo proporzionale al rapporto di trasformazione del trasformatore. Ciò permette di accoppiare magneticamente queste induttanze cioè di costruire sullo stesso nucleo. Se il fattore d'accoppiamento corrisponde al rapporto di trasformazione del trasformatore si può azzerare il ripple di corrente all'uscita del convertitore. Si può così ottenere una vera corrente continua senza utilizzare filtri. Inoltre è possibile integrare il trasformatore nel sistema delle bobine d'induttanza accoppiate in modo che all'entrata e all'uscita del convertitore il ripple di corrente risulti soppresso. Tuttavia ciò apporta altri svantaggi per esempio che il trasformatore non può più offrire il massimo grado di rendimento perché le dimensioni del nucleo sono determinate soprattutto dalle bobine. Inoltre è compromesso il comportamento relativo alla regolazione. Per il progettista e costruttore di apparecchi il convertitore Ćuk rappresenta una sfida affascinante. Lo schema di un alimentatore secondo il principio di Ćuk è rappresentato nella figura 10, la realizzazione, nelle figure 11 e 12.

## 8 Raddrizzatori basati sul principio della ferrorisonanza

La figura 13 mostra lo schema di principio semplificato di un raddrizzatore a comando monofase secondo il principio della ferrorisonanza (l'esecuzione normale è trifase fig. 14). Con il condensatore  $C_1$  il circuito LC

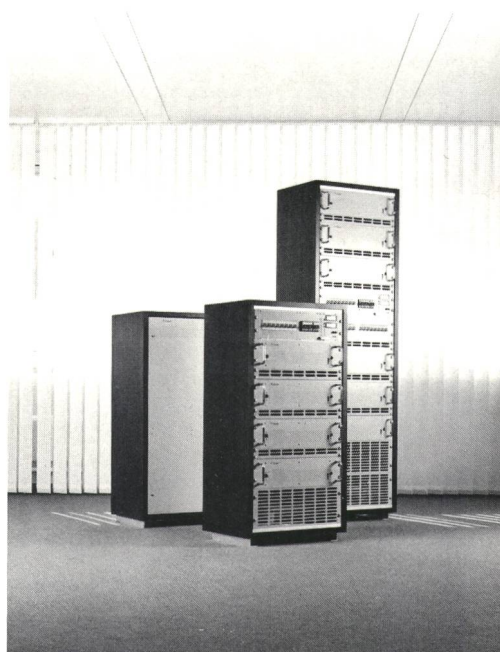


Fig. 12  
Installation d'alimentation équipée de modules selon la figure 11 – Impianto d'alimentazione dotato di moduli secondo la figura 11

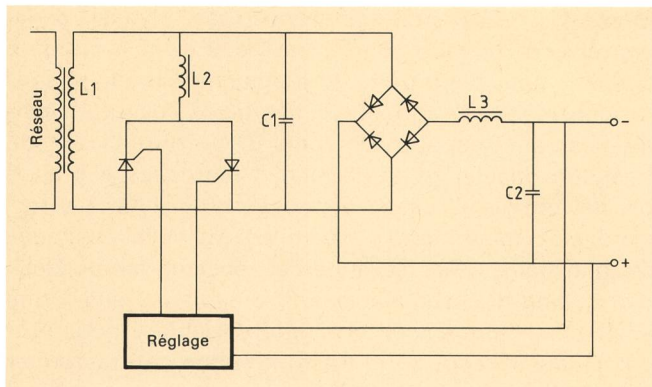


Fig. 13  
 Schema de principe simplifié d'un redresseur commandé par ferro-résonance – Schema di principio semplificato della ferrorisonanza

(l'exécution normale est triphasée, *fig. 14*). Le condensateur  $C_1$  permet d'ajuster le circuit LC ( $L_1 C_1$ ) à la fréquence du réseau. A la résonance, l'impédance de LC est minimale. Lorsque la tension de sortie est trop élevée, la résonance en série de  $L_1 C_1$  est plus ou moins modifiée par le courant transversal circulant dans la self de shunt  $L_2$ . Le réglage par ferrorésonance est appliqué surtout dans les pays d'outre-Atlantique. Il se distingue par sa grande simplicité et on peut en attendre une fiabilité élevée. Les effets en retour sur le réseau sont minimes.

## 9 Perspectives d'avenir

Des évaluations et des calculs approximatifs indiquent que l'énergie sonore due au trafic téléphonique et acheminée annuellement par les équipements de commutation et de transmission est inférieure à 0,1 kWh, ce qui correspond à des coûts de moins de 1 centime par année. Pour le «transport» de cette minime quantité d'énergie, les services des télécommunications consomment annuellement environ 175 millions de kilowattheures, leur coûtant 22 millions de francs environ. Avec les nouveaux équipements, ces valeurs augmenteront encore. Le rapport entre ces chiffres montrent dans quel sens les chercheurs ont encore beaucoup à faire.

Die nächste Nummer bringt unter anderem:

Vous pourrez lire dans le prochain numéro:

# 5/88

Birrer K.	Überprüfung Verteilkonzept des Fernmeldematerials
Steinger H.	Applications possibles des services de messagerie électronique
Burkhard R.	Die neue Apparaterihe LW 700
	English part
Staeger Chr.	Measurement of the impedance uniformity of radio frequency cables by complex and scalar methods

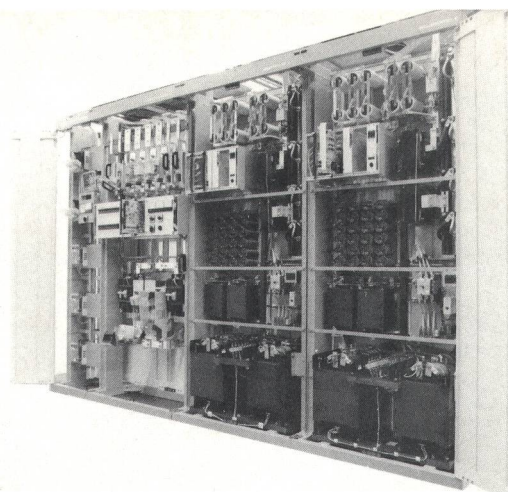


Fig. 14  
 Installation d'alimentation fondée sur le principe de la commande par ferro-résonance – Impianto d'alimentazione secondo il principio della ferrorisonanza

( $C_1, L_1$ ) viene accordato alla frequenza della rete. In risonanza questo elemento LC raggiunge la permeabilità massima. Se la tensione d'uscita è troppo elevata la risonanza in serie di  $L_1 C_1$  viene disaccordata da più o meno corrente trasversale reattiva per induttanza shunt  $L_2$ . Il principio della ferrorisonanza è applicato soprattutto nei Paesi d'oltremare. Esso colpisce per la sua semplicità, che lascia prevedere un'alta affidabilità. Le ripercussioni sulla rete sono irrilevanti.

## 9 Prospettive

Come risulta dalle stime e dai calcoli approssimativi l'energia sonora del traffico telefonico che gli equipaggiamenti di commutazione e trasmissione devono trasportare ogni anno è inferiore a 0,1 kWh, che corrisponde a una spesa energetica di meno di 1 centesimo. Per il «trasporto» di questa piccola quantità di energia i servizi delle telecomunicazioni impiegano ogni anno circa 175 milioni di kWh o 22 milioni di franchi, cifre destinate ancora ad aumentare con l'avvento di tecniche nuove. Queste cifre indicano anche la direzione in cui i progettisti avranno ancora molto da fare.