Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 59 (1968)

Heft: 16

Rubrik: Mitteilungen SEV

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 10.07.2025

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

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Zur Theorie des Wechselstrom-Lichtbogens

537.525.5

[Nach *I. K. Fedtschenko* und *O. S. Iljenko:* Theorie des langen offenen Wechselstrom-Lichtbogens und die Lichtbogen-Zeitkonstante. Elektritschestwo 87(1967)11, S. 58...62]

Bei Untersuchungen über die Charakteristiken des elektrischen Lichtbogens erfährt die Theorie von *Mayr* [1]) breiteste Anwendung. Sie beruht auf zwei wesentlichen Annahmen: die vom Lichtbogen abgegebene Leistung P_0 wird als konstant und der Widerstand des Lichtbogens r als eine Exponentialfunktion der im Bogen gespeicherten Wärme betrachtet, d. h.:
$P_0 = \text{konst.}$; $r = k\, e^{-Q/Q_0}$. k und Q_0 sind hier konstante Grössen. Der Ausdruck $Q_0/P_0 = \Theta$ wird als Zeitkonstante des Bogens genannt.

Es ist bekannt, dass die Theorie von *O. Mayr* annähernd für die Bogencharakteristiken im Bereich kleiner Ströme gilt. Bei grossen Strömen und geringer Lichtbogenlänge, wenn die Lichtbogenspannung viel kleiner als die Speisespannung ist, liefert dagegen die Theorie von *Cassie* [2]) eine gute Übereinstimmung mit der Wirklichkeit. Auf diese Weise besteht gegenwärtig keine einheitliche Theorie, die imstande st, die quantitativen Charakteristiken aller Arten der Lichtbogenentladung hinlänglich zu beschreiben.

Die grundlegenden experimentellen Untersuchungen von *Burgsdorf* [3]) über offene Hochleistungslichtbögen haben gezeigt, dass bei grosser Lichtbogenlänge und hohen Strömen die Lichtbogenspannung sich unwesentlich von der Speisespannung unterscheidet. Die Charakteristiken eines solchen Bogens lassen sich weder nach der Theorie von *Mayr* noch nach der Theorie von *Cassie* beschreiben.

Die Annahme über eine einwertige Abhängigkeit der abgeführten Leistung P_0 und des Lichtbogenwiderstandes r von der im Bogen gespeicherten Wärme Q erlaubte die Bildung einer Näherungstheorie für den langen offenen Wechselstrom-Lichtbogen, die mit den experimentellen Untersuchungen von *Burgsdorf* über offene Hochleistungslichtbögen gut übereinstimmt.

Diese Näherungstheorie erlaubt, die Änderung der Hauptparameter (Strom, Widerstand, gespeicherte Wärme, Zeitkonstante) des langen offenen Lichtbogens im Verlaufe mehrerer Perioden zu berechnen. Die aufgestellte Formel für die Bestimmung der Lichtbogen-Zeitkonstanten ist allgemeiner als die bekannten Formeln von *Mayr* und *Rizk* [4]).

Die theoretischen Untersuchungen über den offenen Hochleistungslichtbogen und die experimentellen Untersuchungen über den stabilisierten Bogen bei kleinen Strömen führten zur Entdeckung einer Abhängigkeit der Lichtbogen-Zeitkonstanten nicht nur von der Grösse der im Bogen gespeicherten Wärme Q, sondern auch von der Geschwindigkeit ihrer Änderung dQ/dt.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die Möglichkeit, den zeitlichen Verlauf der Widerstandsänderung des Lichtbogens zu berechnen. Die gefundene analytische Abhängigkeit für die Lichtbogen-Zeitkonstante Θ erlaubt, die Bedingungen für die Lichtbogenstabilität zu präzisieren. Früher wurde Θ als konstant angenommen oder mit dem Scheitelwert des Stromes in Beziehung gebracht.

G. v. Boletzky

---

[1]) *O. Mayr:* Beiträge zur Theorie des statischen und des dynamischen Lichtbogens. Archiv für Elektrotechn. 37(1943)12, S. 588...608.

[2]) *A. Morris Cassie:* Théorie nouvelle des arcs de rupture et de la rigidité des circuits. CIGRE 1939, Rapport 102.

[3]) *W. W. Burgsdorf:* Offene elektrische Hochleistungs-Lichtbögen. Elektritschestwo 68(1948)10.

[4]) *J. Rizk:* Instabilité de l'arc et constante de temps des disjoncteurs à air comprimé, CIGRE 1964, Rapport 107.

Stabilitätsuntersuchungen des finnischen Übertragungsnetzes unter Berücksichtigung des ersten Atomkraftwerkes

621.316.1.016.35

[Nach *L. Mäkelä:* First Finnish Nuclear Power Plant and Stability of Power Transmission System, including the interconnection between Finland and Sweden. Electricity in Finland, 41(1968)4, S. 114...117]

Wegen der grossen Entfernungen zwischen den Produktionsanlagen im Norden und den Konsumzentren im Süden ist das finnische Übertragungsnetz immer anfällig auf Stabilitätsstörungen gewesen. Da die Leistung des ersten Atomkraftwerkes mehr als 10 % der Produktionskapazität des ganzen Landes betragen wird, war es unbedingt notwendig, die neue Lage in dieser Hinsicht abzuklären. Mittels eines Computerprogrammes des schwedischen staatlichen Energieamtes wurden Untersuchungen angestellt, welche sich auf die Stabilität im stationären und instationären Betrieb bezogen und plötzliche Abschaltung oder auch nur kurzzeitige Unterbrechungen des Atomkraftwerkes vorsahen. Die Netzkupplung zwischen Finnland und Schweden sollte dabei immer gewährleistet bleiben.

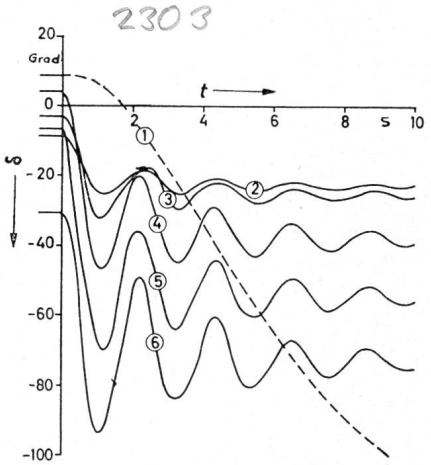


Fig. 1
Polradwinkelschwankungen verschiedener Generatoren nach Abschalten des 500-MW-Atomkraftwerkes
1 Kraftwerk in Südschweden (Bezugspunkt); *2, 3* zwei Kraftwerke in Nordfinnland; *4, 5, 6* drei Kraftwerke in Südfinnland
δ Polradwinkel; t Zeit

Die kritischste Belastung eines Netzes ist die plötzliche Abschaltung einer grossen Generatorleistung. Sofort nach der Abschaltung wird die weggefallene Leistung zwischen den restlichen Generatoren im Verhältnis ihrer Schwungmomente und Reaktanzen verteilt. Die fehlende Leistung verursacht einen Abfall der Frequenz, und in den folgenden Minuten versuchen die Turbinenregler eine Leistungszunahme der rotierenden Reservegeneratoren zu erzielen. Gelingt ihnen das rasch genug, so kann die Stabilität wieder hergestellt werden; in der Zwischenzeit treten aber Leistungsschwankungen und Schwingungen des Polradwinkels auf (Fig. 1), welche für die einzelnen Generatoren vorausberechnet werden können. Das Resultat der Untersuchungen in Finnland war, dass bei reduziertem Leistungsbedarf, z. B. zur Nachtzeit, der Parallelbetrieb des neuen 400-kV-Netzes mit dem bestehenden 220-kV-Netz notwendig ist, um gelegentliche Störungen zu vermeiden. Die Netzkupplung der nordfinnischen Kraftwerke mit Schweden erwies sich bei auftretenden Störungen für die Stabilität von grossem Wert. Von entscheidender Wichtigkeit ist es aber auch, über eine genügende Reserve an bereits rotierenden Maschinen zu verfügen.

A. Baumgartner

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Radioastronomische Interferometrie

523.164:531.715

[Nach *G. Feiz:* Radioastronomische Interferometrie mit extrem langer Basislänge, NTZ 21(1968)5, S. 263...266]

Zur Erhöhung des Winkelauflösungsvermögens radioastronomischer Anlagen werden die simultan an zwei räumlich getrennten Orten empfangenen Signale zur Interferenz gebracht. Durch die Korrelation der zeitabhängigen Intensitätswerte, welche aus voneinander unabhängig arbeitenden Stationen stammen und deren Empfängerrauschen daher nicht korreliert ist, gelingt es, die Leistungsfähigkeit bestehender Radioteleskope beträchtlich zu steigern.

Die Signale der beiden Stationen werden mit einer Bandbreite von etwa 2 MHz mit den in der Fernsehtechnik gebräuchlichen Bildaufzeichnungsgeräten gespeichert und mit Synchronisationsimpulsen aus Rubidium-Atomuhren versehen. Dann werden die beiden Spuren auf ein drittes Band überspielt, wobei die Toleranz der zeitlichen Differenz der beiden Spuren nur etwa 0,2 µs beträgt.

Die Interferometrie ist auf grosse Basislängen, d. h. grossen örtlichen Abstand der beiden Empfangsstationen angewiesen, um eine hohe Winkelauflösung zu erreichen. Der Erddurchmesser setzt dem Abstand irdischer Empfänger Grenzen; die grösste Basislänge von mehr als 6000 km weisen die beiden Stationen in Green Bank (USA) und Roö (Schweden) auf. Das geometrische Auflösungsvermögen dieses Empfängerpaares für eine Wellenlänge von 6 cm beträgt ca. $2 \cdot 10^{-3}$ Bogensekunden, also weit mehr als das Auflösungsvermögen der Hauptkeule einer einfachen Antenne. Durch den Einsatz nicht nur zweier, sondern gleichzeitig mehrerer Empfangsstationen wird es in Zukunft gelingen, das Auflösungsvermögen noch weiter zu steigern. *H. Schlaepfer*

Flachkabel

621.315.213

[Nach *Elmer F. Godwin:* Materials for Flat Cable, The Interconnecting System of Tomorrow. IEEE Transactions PMP–3(1967)4, S. 170...183]

Kabel mit einer Reihe flacher, eng nebeneinander liegender Leiter weisen für die Verbindungen elektronischer Geräte und für deren Verdrahtung eine Anzahl von Vorteilen auf. Sie bringen gegenüber runden Kabeln Ersparnisse in Bezug auf Gewicht und Montagezeit mit sich. Die Flachkabel sind wohl teurer als entsprechende runde Kabel; hingegen ist das Stecker- und Montagematerial für Flachkabel billiger, so dass sich gesamthaft, auch was den Preis betrifft, ein Vorteil durch die Verwendung von Flachkabeln ergibt.

Die Verdrahtung eines Gerätes mit Flachkabeln verringert die Möglichkeiten von Fehlern. Die Verdrahtung ist übersichtlich und beansprucht weniger Platz als bei Verwendung von Rundkabeln. Dies wirkt sich besonders dann vorteilhaft aus, wenn schon in einem frühen Stadium der Entwicklung eines Gerätes auf die Verdrahtung durch Flachkabel Rücksicht genommen wird. Die Leiter eines Flachkabels bestehen aus flachen Kupferbändern. Die Kupferbänder werden entweder mit dem Isoliermaterial umpresst oder zwischen zwei Schichten von Isoliermaterial gelegt, die entweder durch Wärmeeinwirkung verschweisst oder durch einen Klebstoff miteinander verbunden werden. Als Isoliermaterial kommen verschiedene Stoffe in Frage. Die Flachkabel können auch mit einer Abschirmung versehen sein.

Die Flachkabel werden zur Kontrolle ihrer Qualität einer Reihe von Prüfungen unterzogen. Ein Flexibilitätstest beansprucht die Kabel durch Rollen oder durch Abknicken über Kanten mechanisch. Es folgt ein Schütteltest. Bei Temperaturen von —65...+200 °C wird das Kabel in zwei senkrecht aufeinander stehenden Achsrichtungen mit Frequenzen von 5...2000 Hz während längerer Zeit geschüttelt. Beim Schütteltest werden die Resonanzfrequenzen des Kabels eruiert, bei denen das Verhalten des Kabels während einer längeren Schüttelprobe kontrolliert wird. Weitere Qualitätskontrollen sind Faltungs-, Feuchtigkeits-, Hochspannungs- und thermische Kontrollen, Messung des Isolationswiderstandes, Messung von Geräuschspannungen, die bei Bewegungen der Leiter auftreten, und schliesslich Kontrolle des Übersprechens. *H. Gibas*

Fortsetzung auf Seite 767

Unterwasser-Photographie mit Laserstrahlen

77.058.2:621.375.826

[Nach *P. Heckmann* und *R. T. Hodgson:* Underwater Optical Range Gating. IEEE J. Quantum Electronics QE-3(1967)11, S. 445...448]

Es ist bekannt, dass photographische Unterwasser-Aufnahmen durch die verhältnismässig starke Streuung des Lichtes im Wasser erheblich erschwert sind, die gewissermassen einen störenden, leuchtenden Vorhang vor dem aufzunehmenden Gegenstand verursacht.

Der Einfluss dieses Effektes auf Unterwasser-Aufnahmen lässt sich durch eine neuartige Aufnahmetechnik vermeiden, bei der als Lichtquelle zur Beleuchtung des aufzunehmenden Gegenstandes ein Blau-Grün-Laser verwendet wird. Aus den von dem Laser ausgesendeten, kurzen Lichtimpulsen hoher Intensität werden mittels eines Strahlungsteilers schwache Lichtimpulse abgeleitet und über eine Licht leitende Faseroptik einer Photodiode zugeführt, die einen Verzögerungsgenerator ansteuert. Der Verzögerungsgenerator ist mit dem Drahtgitter einer in der Aufnahmekamera angeordneten Bildwandlerröhre verbunden und sorgt dafür, dass eine Aufnahme erst nach Ablauf einer bestimmten Verzögerungszeit, gerechnet vom Zeitpunkt der Aussendung der Lichtimpulse durch den Laser ab, entsteht. Bei geeigneter Wahl der Verzögerungszeit in Abhängigkeit von der Entfernung des aufzunehmenden Gegenstandes zum Laser bzw. zur Aufnahmekamera lässt sich erreichen, dass diese in dem Augenblick eine Aufnahme macht, in dem das vom aufzunehmenden Gegenstand reflektierte Licht die Kamera erreicht.

Es ist verständlich, dass der geringste, noch brauchbare Aufnahmen zulassende Abstand des aufzunehmenden Gegenstandes von der Aufnahmeeinrichtung durch die kleinste zu erreichende Zeitverzögerung auf dem Wege vom Laser über die Faseroptik zum Gitter der Bildwandlerröhre gegeben ist. Bei einer erzielbaren minimalen Verzögerungszeit von 100 ns ergibt sich ein kleinster Abstand von etwa 11,5 m. *D. Krause*

Die Trenntechnik, eine Methode zur Nachbildung von Transistoren beim Entwurf integrierter Schaltungen

621.382.3.062:621.38–181.4

[Nach *E. J. Angelo* u. a.: The Separation Technique: A Method for Simulating Transistors to Aid Integrated Circuit Design. IEEE Trans. Computers, C–17(1968)2, S. 113...116]

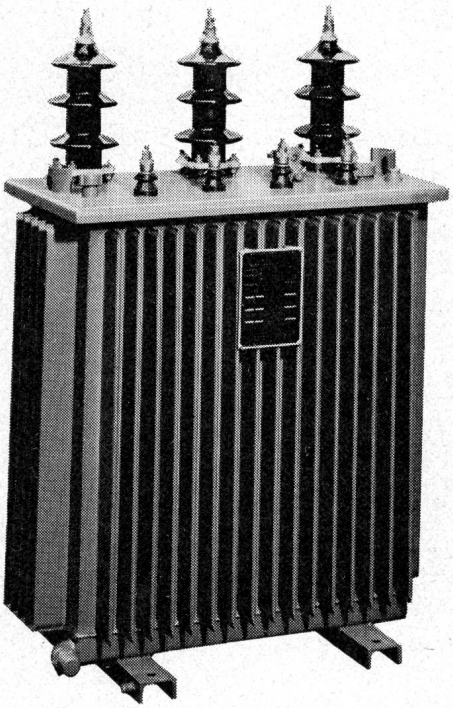
Die neue Methode, die Trenntechnik, erlaubt eine rasche und wenig aufwendige Analyse und Synthese von integrierten Transistorschaltungen. Sie wird als Trenntechnik bezeichnet, weil hoch- und niederfreqentes Verhalten getrennt voneinander betrachtet werden.

Dabei verwendet man für die Untersuchung des niederfrequenten, statischen Falles keine eigentliche Nachbildung, sondern einen realen Transistor. Für das hochfrequente Verhalten geht man vom gemessenen statischen Basisstrom aus, und verlangsamt durch eine Analogrechenschaltung die Reaktionen des Transistors. Diese Zeittransformation geschieht einerseits mit Hilfe der Überlegung, dass die gespeicherte Ladung im Transistor dessen Verhalten bei raschen Vorgängen bestimmt; anderseits benützt man die Erkenntnis, dass der Basisstrom ein Mass für diese Ladung darstellt. Aus dem am realen Transistor gemessenen Basisstrom lässt sich so auf einfache Weise die Ladung errechnen und externen Kondensatoren zuführen. Dadurch entsteht die für die Untersuchung der dynamischen Vorgänge erwünschte Zeitdehnung. Die verschiedenen Sperrschichtkapazitäten werden dabei durch einzelne, um den Zeitdehnungsmaßstab vergrösserte, externe Kapazitäten nachgebildet.

Zur Überprüfung oder zum Entwurf ganzer Schaltungen genügt es, jeden Transistor durch eine in der beschriebenen Art und Weise verlangsamte, zusammengesetzte Schaltung zu ersetzen. Damit gelingt es, in Nanosekunden ablaufende Schaltvorgänge im Millisekundenbereich zu studieren. Der Aufwand für die Programmierung ist sehr klein, vor allem im Vergleich zu digitalen Methoden. Die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung ist gut. *P. H. Merz*

Suite à la page 767

Wirtschaftlich und geräuscharm...



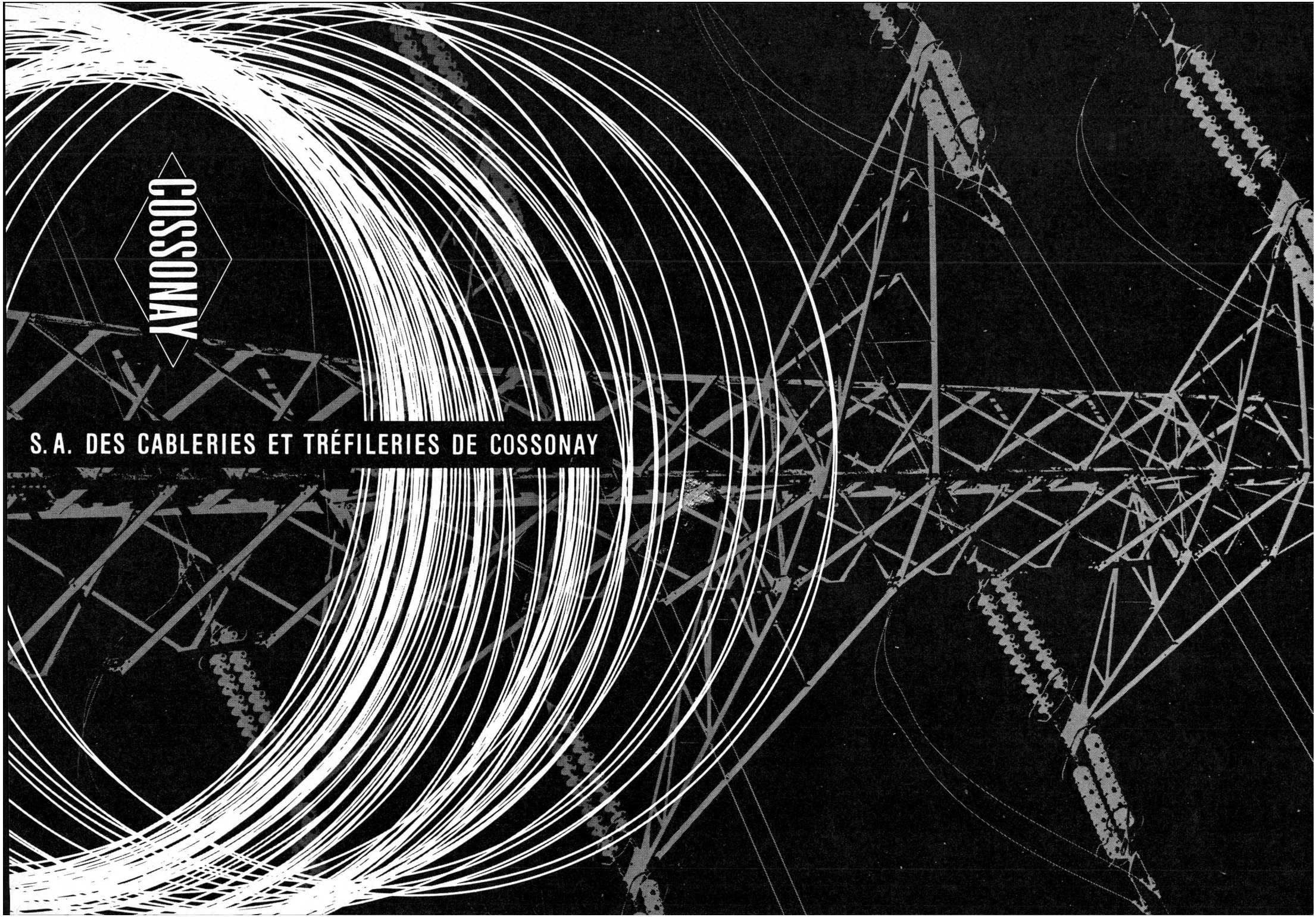
sind die hauptsächlichsten Merkmale der neuen Reihen von Netztransformatoren 63 - 1000 kVA, welche die Maschinenfabrik Oerlikon in Anlehnung an die neuesten SEV-Empfehlungen für 17 KV-Verteiltransformatoren entwickelt hat.

Wirtschaftlich, weil die Eisen- und Kupferverluste sehr tief sind dank zweckmässiger Konstruktion des Eisenkörpers und der Verwendung von sehr gutem Blech (nur 1,4 W pro kg bei 16500 Gauss). Hoher Füllfaktor des Kernschnittes, absolut runde Kernform und 45° Verschachtelung sind weitere Vorteile.

Geräuscharm, weil unsere Messwerte weit unter den Vorschriften der NEMA-Norm liegen. Das heisst, dass wir zum Beispiel bei einem 63 kVA Transformator 42 Decibel garantieren können, während die NEMA-Norm 51 Decibel vorschreibt.

Maschinenfabrik Oerlikon 8050 Zürich

80 216


COSSONAY
S.A. DES CABLERIES ET TRÉFILERIES DE COSSONAY