

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 59 (1968)
Heft: 15

Artikel: Mesure d'impulsions de haute tension à l'aide de cellules Kerr
Autor: Schmied, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057413>

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: 18.01.2025

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

Um einen Vergleich über den relativen Aufwand zu ziehen, sei der von Thailand für das Hochspannungslaboratorium aufgebrauchte Betrag mit der Summe verglichen, welche vom Bundesrat für den Neubau des Hochspannungslaboratoriums an der ETH beantragt wurde [10] ⁸⁾. Bezieht man beide Beträge auf das reale Bruttosozialprodukt pro Kopf der ganzen Bevölkerung des betreffenden Landes ⁹⁾, so stellt man fest, dass Thailand für sein neues Hochspannungslaboratorium dasselbe Vielfache des Bruttosozialproduktes pro Einwohner ausgab, wie die Schweiz für das neue Laboratorium an der ETH auszugeben bereit ist.

4. Ausblick

Nach der Schaffung und Einführung der Experimentalvorlesung in den Lehrplan der Ingenieurabteilung wird als nächste, vordringlichste Aufgabe ein Praktikum zusammengestellt, in welchem die Studenten ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse durch gezielte praktische und theoretische Betätigung vertiefen und erweitern können. Parallel zur Vorbereitung des Praktikums ist vorgesehen, die Laboreinrichtung durch einen Ölprüfraum zu ergänzen. Erst nach Abschluss dieser Arbeiten kann daran gedacht werden, in grösserem Maßstab Aufträge von Personen, welche ausserhalb der Universität stehen, anzunehmen. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass die Halle während mindestens zwei Tagen pro Woche durch die Experimentalvorlesung belegt sein wird.

Das Laboratorium wird bereits jetzt von seiten der Elektrizitäts- und Kraftwerkgesellschaften in regelmässigem Abstand für Prüfungen angefragt. Prüfungen, die in der kurzen Zeit ausgeführt wurden seit das Laboratorium dem Betrieb übergeben wurde, betrafen hauptsächlich Kappen-Bolzen-Isolatoren und Stützisolatoren. Gelegentlich werden die Dienste des Laboratoriums bei der Abklärung von Betriebsstörungen wie Kurz- und Erdschlüssen oder auch für die Durchführung ergänzender Prüfungen bei Neuanschaffungen beigezogen.

Es darf mit Befriedigung festgestellt werden, dass das Laboratorium einem wirklichen Bedürfnis entspricht. Erfreulich sind auch die Studentenzahlen. Ungefähr die Hälfte aller Studierenden der Richtung Starkstromtechnik besuchen den als Freifachvorlesung angezeigten Kurs über Hochspannungstechnik.

⁸⁾ Ca. 8 Millionen sFr.

⁹⁾ Thailand: 570 sFr./Einwohner, Schweiz: 8000 sFr./Einwohner.

Um im Sinne des Mekong-Projektes nicht nur Ingenieuren aus Thailand als Ausbildungsstätte zu dienen, ist geplant, auch Studenten aus den drei anderen Mekong-Staaten, Laos, Kambodscha und (Süd)-Vietnam als Freifachhörer am Hochspannungslaboratorium aufzunehmen. Einer solchen Lösung stehen jedoch vorläufig noch Probleme sprachlicher Art entgegen, indem in Thailand Englisch, in den drei anderen Staaten jedoch Französisch als erste Fremdsprache gesprochen wird.

5. Dank

Der Schreibende möchte an dieser Stelle den schweizerischen Firmen und Kraftwerkgesellschaften danken, welche dem Laboratorium Demonstrationsmaterial in Form von Porzellanisolatoren und Leistungsarmaturen, Kabel- und Isolierstoffmustern, Schnittmodellen und Lichtbildern, welche die Funktionsweise ihrer Produkte erläutern, sowie Vorschriften zur Verfügung stellten.

Besonderer Dank gebührt auch der Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH), aus deren reichhaltigem Material über das Phänomen des Blitzes eine gut dokumentierte Vorlesung über Blitz und Blitzschutz zusammengestellt werden durfte.

Letztlich, aber gerade deshalb besonders herzlich, sei Prof. Dr. K. Berger gedankt, dem wir dieses Jahr zu seinem 70. Geburtstag gratulieren dürfen. Trotz seiner grossen Arbeitslast an ETH, FKH, SEV und in internationalen Gremien hat er immer wieder Zeit gefunden, um uns bei der Lösung von Problemen zu helfen.

Literatur

- [1] *Etude du Marché de l'Energie pour les Usages Domestiques: Commerciaux et Industriels dans le Bassin Inférieur du Mékong*, 6 bols. Sofrelec, Paris, 1965.
- [2] *Committee for the Coordination of Investigations of the lower Mekong Basin: Annual Report 1966*, United Nations.
- [3] *Thailand Electric Power Study: U. S. Agency for International Development, United States Operations Mission 1967*.
- [4] *Annual Reports of Yanhee Electricity Authority (YEA); Metropolitan Electricity Authority (MEA); Lignite Authority (LA); Provincial Electricity Authority (PEA); Northeast Electricity Authority (NEEA)*.
- [5] *Eidg. Amt für Energiewirtschaft: Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz*, Bull. SEV 58(1967)20.
- [6] *Mean annual and monthly temperatures over Thailand*, Meteorological Department, Office of the Prime Minister, Bangkok 1966.
- [7] *M. Schüepp: Die Temperaturverhältnisse der Schweiz*, Bull. SEV 54(1963)13.
- [8] *Einweihungsschrift: High Voltage Laboratory, Chulalongkorn University 1967*.
- [9] *H. Prinz: Feuer, Blitz und Funke, Zur Eröffnung des Institutes für Hochspannungs- und Anlagentechnik der TH München*, F. Brückmann KG, München 1965.
- [10] *Botschaft des Bundesrates an die eidgenössischen Räte vom 5. Juni 1967*.

Adresse des Autors:

B. Staub, High-Voltage Laboratory, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Mesure d'impulsions de haute tension à l'aide de cellules de Kerr

Par H. Schmied, Hambourg

621.317.326.027.3:621.383.6

(Traduction)

Après une discussion sur les difficultés soulevées par les mesures des impulsions de haute tension à l'aide de potentiomètres, on propose pour la mesure de la tension l'application de cellules de Kerr. L'effet électrooptique de Kerr demeure linéaire à la fréquence jusqu'à 500 MHz environ. On peut exécuter des cellules de Kerr d'excellentes rigidités diélectriques jusqu'à des tensions de plusieurs centaines de kV et la précision de mesure dépasse sensiblement 1 %. Le signal de mesure est transmis par lumière. La cellule de Kerr fournit de ce fait la possibilité de mesurer avec une grande précision, sans perturbations et surtout sans mise à la terre, des impulsions de haute tension d'un temps de montée de quelques nanosecondes seulement. Un aperçu sommaire des principes théoriques de l'effet de Kerr est suivi d'une description de l'étalonnage du système de mesure et d'un exemple de mesure.

Nach einer Diskussion der Schwierigkeiten bei der Messung von Hochspannungsimpulsen mit Spannungsteilern wird die Verwendung von Kerrzellen zur Spannungsmessung vorgeschlagen. Der elektrooptische Kerreffekt ist bis etwa 500 MHz frequenzlinear, Kerrzellen sind bis in die Gegend von mehreren 100 kV ausgezeichnet spannungsfest herzustellen, und die erreichbare Messgenauigkeit ist wesentlich besser als 1 %. Das Meßsignal wird mit Hilfe von Licht übertragen. Die Kerrzelle gibt daher die Möglichkeit, Hochspannungsimpulse mit wenigen Nanosekunden Anstiegszeit sehr genau, ohne Störungen und vor allem erdfrei zu messen. Einer kurzen Übersicht über die theoretischen Grundlagen des Kerreffektes folgt eine Beschreibung der Eichung des Meßsystems und ein Messbeispiel.

1. Introduction

Lorsqu'il s'agit d'examiner la variation et l'amplitude d'une impulsion de haute tension de plusieurs 10 kV, on se sert habituellement d'un diviseur de tension et d'un oscillographe. Cette méthode présente toutefois trois inconvénients, qui peuvent parfois rendre l'investigation impossible.

a) Le résultat de la mesure est affecté d'une erreur d'au moins 3 %, due à la limite de précision de l'oscillographe.

b) Lorsqu'il s'agit de mesurer la variation de tension à un récepteur d'énergie ou autre élément du circuit qui n'est pas au potentiel de la terre, cette mesure est impossible. Même si l'on rend l'ensemble du circuit de mesure galvaniquement indépendant de la terre (ce qui nécessite, par exemple, un oscillographe alimenté par une batterie), des capacités de dispersion à la terre sont inévitables, ce qui fausse le résultat de la mesure.

c) S'il ne s'agit pas du cas ci-dessus, c'est-à-dire si l'on peut mettre à la terre le diviseur de tension, la mesure demeure néanmoins difficile, parce que l'appareillage de mesure doit être protégé contre la haute fréquence rayonnée par un générateur d'impulsions et il faut résoudre les problèmes de mise à la terre du circuit de mesure, qui interviennent toujours pour une telle mesure.

Toutes ces difficultés peuvent être éliminées en employant une cellule de Kerr pour suivre la variation de la tension [1]¹⁾. Cette cellule permet une séparation galvanique totale du circuit de mesure et du circuit de choc, parce que l'information est transmise au moyen de la lumière. La caractéristique spéciale \sin^2 de l'effet de Kerr permet de mesurer l'amplitude de l'impulsion avec une précision telle, que l'erreur est inférieure à 1 %.

2. Théorie de l'effet de Kerr

Les molécules d'un liquide, qui sont par nature des dipôles électriques (telles que celles du nitrobenzène, du sulfure de carbone ou de l'eau), sont disposées statistiquement dans tous les sens possibles de l'espace, lorsqu'elles ne subissent pas d'influence extérieure, de sorte que le liquide se comporte d'une façon isotrope. Sous l'influence d'un champ électrique, les molécules sont dirigées; le liquide devient optiquement actif et se comporte comme un cristal dont l'axe optique serait parallèle à la direction du champ. Cet effet a été découvert par *J. Kerr* en 1875, et nommé par la suite d'après lui.

Lorsqu'une lumière polarisée, dont le vecteur électrique fait avec le champ électrique un angle de 45° , atteint le liquide électriquement biréfringent, les deux composantes du vecteur de la lumière se propagent parallèlement et perpendiculairement au champ électrique, à des vitesses différentes. A la sortie du liquide, la lumière est ainsi généralement polarisée elliptiquement [3...5].

Pour utiliser ce phénomène dans le but de moduler la lumière, on a recours à une cellule de Kerr, constituée par un

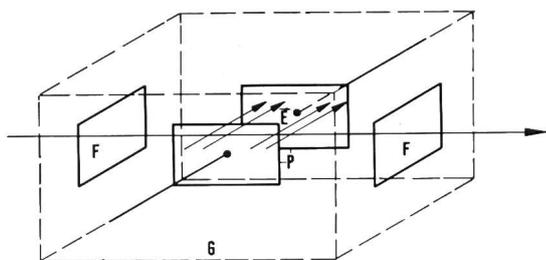


Fig. 1
Croquis d'une cellule de Kerr

F fenêtres de la cellule; P plaques du condensateur; \vec{E} vecteur du champ électrique; G boîtier

¹⁾ Voir bibliographie à la fin de l'article.

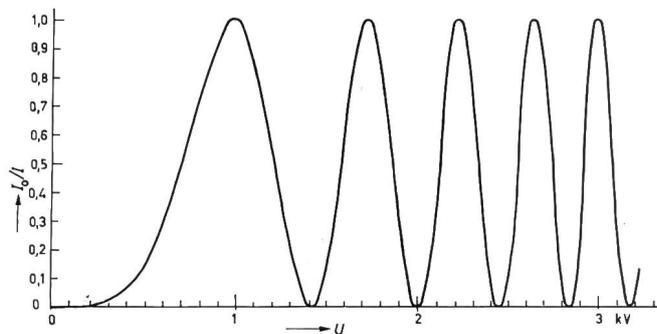


Fig. 2
Intensité relative de la lumière I_0/I , en fonction de la tension U appliquée à la cellule de Kerr et normalisée à la première tension d'allumage

condensateur à plaques disposé dans un boîtier muni de fenêtres et dont le diélectrique est un liquide de Kerr (fig. 1). Le plus souvent, cette cellule est placée entre deux polariseurs croisés, de manière que leurs plans de polarisation font un angle de 45° avec le vecteur du champ électrique. Au repos, aucune lumière ne traverse ce dispositif. Mais dès qu'on applique une tension à la cellule de Kerr, de la lumière polarisée elliptiquement atteint l'analyseur, qui laisse passer la composante se trouvant dans son plan de polarisation, et l'on observe un éclaircissement du système. L'intensité I du rayon lumineux sortant du dispositif est donnée, en négligeant les pertes par réflexion et absorption, par:

$$I = \frac{1}{2} I_0 \sin^2 \left(\frac{1}{2} \Phi \right) \quad (1)$$

où I_0 est l'intensité du rayon lumineux non polarisé, qui atteint le polariseur, et Φ le déphasage entre les deux vecteurs de la lumière, l'un parallèle et l'autre perpendiculaire au champ électrique.

$$\Phi = 2 \pi k l \vec{E}^2 \quad (2)$$

où k est la constante de Kerr, l la longueur du trajet de la lumière dans la cellule de Kerr et \vec{E} le vecteur du champ électrique.

L'intensité de la lumière résulte des relations (1) et (2):

$$I = \frac{1}{2} I_0 \sin^2 (\pi k l \vec{E}^2) \quad (3)$$

La figure 2 montre la variation de l'intensité de la lumière en fonction de la tension appliquée à la cellule de Kerr. L'abscisse est normalisée à la première tension qui provoque l'allumage.

Par tension d'allumage de la cellule de Kerr on peut admettre celle qui doit être appliquée à la cellule pour obtenir $I = I_0/2$ et la clarté maximale du rayon lumineux sortant. Cela est alors le cas lorsque:

$$\sin^2 (\pi k l \vec{E}^2) = 1 \quad (4)$$

ou

$$\pi k l \vec{E}^2 = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2} \dots \quad (5)$$

La rotation globale des plans de polarisation après sortie du liquide doit donc être de 90° , 270° , 450° , etc. dans ce dispositif (c'est-à-dire à polariseurs croisés).

La première tension d'allumage se calcule pour un trajet l de la lumière et une distance d entre plaques:

$$\vec{E}^2 = \frac{1}{2 k l} \quad (6)$$

et

$$u = \frac{d}{\sqrt{2kl}} \quad (7)$$

3. Les liquides de Kerr

Le tableau I indique les propriétés de quelques liquides de Kerr, qui nous intéressent le plus:

Propriétés de quelques liquides de Kerr

Tableau I

Liquide	Constante de Kerr k , pour $\lambda = 538$ nm $V \text{ cm}^{-2}$	Constante diélectrique ϵ	Constante d'absorption pour ondes courtes nm
Nitrobenzène $C_6H_5NO_2$	$4,3 \cdot 10^{-10}$ (546 nm)	36	440
Benzonitrile C_6H_5CN	$1,3 \cdot 10^{-10}$	26,3	330
Eau H_2O	$4,4 \cdot 10^{-12}$	80	180
Sulfure de carbone CS_2	$3,7 \cdot 10^{-12}$	5,1	—
Chloroforme $CHCl_3$	$3,2 \cdot 10^{-12}$	2,6	—

A cause de sa constante de Kerr élevée, on se sert surtout du nitrobenzène comme liquide de Kerr. La figure 3, montre, sous forme de diagramme, les tensions d'allumage et d'extinction d'une cellule de Kerr au nitrobenzène, en fonction de la longueur d'onde λ de la lumière. Au fur et à mesure que la température s'élève, la constante de Kerr de tous les liquides diminue, pour le nitrobenzène d'environ 1,2 % par °C, pour les longueurs d'ondes comprises entre 440 et 546 nm. Le point de congélation du nitrobenzène, d'une résistivité de $10^3 \Omega\text{cm}$, est de +4 °C.

L'effet de Kerr est étroitement lié à la constante diélectrique. D'après la mesure de la dépendance de ϵ vis-à-vis de la fréquence, on a donc une indication directe de la gamme de fréquences utile du liquide de Kerr. Clark [2] a mesuré une variation de fréquence tout à fait plate du nitrobenzène, jusqu'à environ 500 MHz, à 25 °C. Cela signifie qu'une cellule de Kerr permet encore de suivre des impulsions de tension d'un temps de montée de 0,7 ns, lorsque la capacité relativement grande de la cellule ne fausse pas l'impulsion à mesurer. La charge ohmique du générateur d'impulsions par la cellule de mesure est par contre toujours négligeable, étant donné que la résistivité du nitrobenzène très bien nettoyé atteint jusqu'à $10^{10} \Omega\text{cm}$, la rigidité diélectrique pouvant atteindre 150 kV/cm [7].

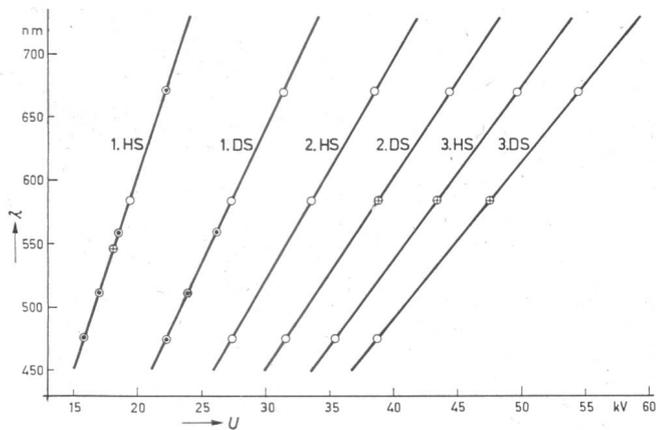


Fig. 3

Tension d'allumage (HS) et tension d'extinction (DS) U de la cellule de Kerr, en fonction de la longueur d'onde λ de la lumière

⊙ valeur calculée; ⊙ point de mesure déterminé statiquement;
○ point de mesure déterminé dynamiquement

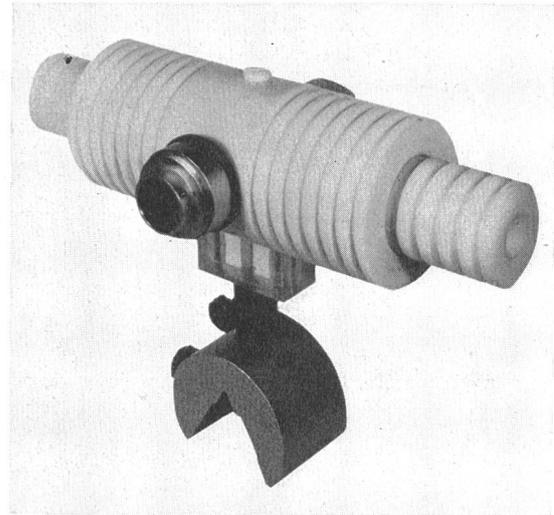


Fig. 4

Cellule de Kerr avec prismes Glan-Thomson vissés

4. La cellule de Kerr

La cellule de Kerr utilisée pour ce travail comprend un corps constitué par une matière synthétique qui résiste à l'action chimique du nitrobenzène. Comme le montre la figure 4, il est pourvu d'un certain nombre de rainures, afin d'augmenter le chemin des étincelles glissantes entre les deux raccords des électrodes et, par conséquent, la rigidité diélectrique. Les plaques du condensateur, interchangeable, sont de section circulaire et leur écartement peut être réglé entre 0,6 et 14 cm. L'étendue de mesure de cette cellule est donc de 10 à 500 kV.

Hilke [5] a examiné quelle est la matière d'électrodes qui résiste le mieux à la décomposition par le nitrobenzène. Outre le laiton, l'argent et l'or, c'est le nickel qui convient le mieux. Les électrodes de la cellule de Kerr ont par conséquent été nickelées.

Pour permettre un calcul précis du trajet de la lumière, un diaphragme de 5 mm de diamètre a été appliqué au centre de la fenêtre de la cellule, afin de masquer la lumière aux bords supérieur et inférieur des plaques et d'empêcher qu'elle ne traverse le champ électrique déformé à ces endroits.

Pour l'exemple de mesure décrit ici, les électrodes de la cellule étaient distantes de 1 cm. La première tension d'allumage peut donc être calculée d'après la relation (7), si l'on corrige la longueur du trajet de la lumière [8], parce qu'il faut tenir compte des inhomogénéités marginales. Celles-ci donnent, y compris la longueur des plaques du condensateur, une indication du trajet de la lumière:

$$l = L + \frac{d}{\pi} \left[1 + \frac{D}{d} \ln \left(1 + \frac{d}{D} \right) \right] \quad (8)$$

où l est le trajet corrigé de la lumière, L la longueur des plaques du condensateur, d l'écartement des électrodes et D l'épaisseur des plaques du condensateur.

l est de 3,425 cm et U , selon la relation (7), de 18,3 kV. λ est de 546 nm et la constante de Kerr correspondante de $4,30 \cdot 10^{-10} (\text{cm V}^{-2})$, à 20 °C. Cette valeur (18,3 kV de tension d'allumage, pour 546 nm) a été reportée sur la droite de gauche la plus extérieure de la figure 3, où elle concorde remarquablement bien. Les autres points de mesure de la figure 3 ont été déterminés par des étalonnages statique et dynamique de la cellule de Kerr.

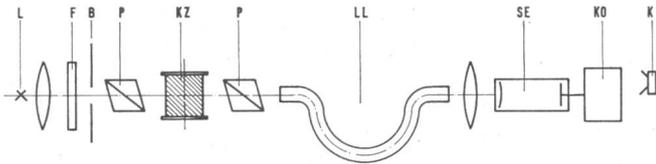


Fig. 5

Représentation schématique d'une disposition de mesure de la tension à l'aide d'une cellule de Kerr

L source de lumière; *F* filtre monochromatique; *B* diaphragme; *P* polariseur; *KZ* cellule de Kerr; *LL* conducteur de lumière; *SE* capteur photosensible; *KO* oscillographe; *K* caméra de l'oscillographe

La capacité de cette cellule a également été mesurée; elle est de 42 pF.

5. La disposition de mesure

La figure 5 montre la disposition de la cellule de Kerr et des autres équipements nécessaires pour la mesure de la haute tension. La source de lumière *L* doit fournir, pendant la durée de la mesure, une intensité lumineuse constante, de sorte que la tension continue d'alimentation doit être bien filtrée. La constante de Kerr étant une fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente, cette lumière doit être monochromatique. Afin de pouvoir modifier l'étendue de mesure du système, on se servira d'un arc et de différents filtres monochromatiques. Si le problème de mesure est d'emblée délimité, une lampe à vapeur de mercure ou de cadmium peut également suffire, sa ligne spectrale étant sélectionnée à l'aide d'un filtre. Il y a toutefois lieu de noter que le nitrobenzène présente, à 440 nm, une pointe d'absorption très marquée, de sorte que les lignes d'ultraviolet d'une lampe à vapeur de mercure ne peuvent pas être utilisées [3].

Comme le montre la figure 4, les polariseurs étaient directement vissés à la cellule de Kerr. A l'analyseur, un raccord pour conducteur de lumière pouvait en outre y être fixé. L'oscillographe KO et le capteur photosensible SE sont généralement logés dans une cabine de mesure, à l'abri de perturbations électromagnétiques, qui risqueraient de fausser les résultats des mesures. Dans ce cas, il est souvent impossible de reproduire directement la source de lumière sur le capteur photosensible; on a donc recours à un conducteur de lumière LL. Le capteur est une photodiode, une cellule photoélectrique, un multiplicateur ou une cellule biplanaire, ce qui dépend du temps de montée d'amorçage et de l'intensité lumineuse disponible.

6. Etalonnage du dispositif de mesure

L'étalonnage de la cellule de Kerr consiste à déterminer les tensions d'allumage et d'extinction. Selon l'appareillage disponible et la précision requise pour la mesure, on appliquera l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

a) Le capteur photosensible ne possède pas de sortie couplée à de la tension continue ou ne doit pas être chargé par une lumière continue.

On utilisera alors une source de lumière clignotante et observera l'amplitude de la lumière à la sortie du système, au moyen du capteur et de l'oscillographe, tandis que l'on fait varier et l'on mesure la tension appliquée à la cellule de Kerr. On recherche de cette façon les maximums et minimums d'intensité.

Une autre possibilité consiste à employer une source de lumière continue et à étalonner la cellule avec des impulsions de tension, dont on suit la variation avec le même oscillographe à deux faisceaux ou bien on en mesure l'amplitude avec un voltmètre de crête ou un éclateur à sphères.

Si la largeur de bande du capteur l'admet, on peut également calibrer la cellule de Kerr avec des tensions alternatives industrielles. Lorsqu'on dispose d'une fréquence supérieure à 50 Hz, la cellule peut être chargée avec des tensions qui atteignent la valeur de rupture du champ, car le nitrobenzène nécessite environ 10 ms jusqu'au claquage [7].

b) La sortie du capteur photosensible est couplée à de la tension continue.

Dans ce cas, le dispositif de mesure peut être étalonné avec une source de lumière continue et une tension continue.

c) Une tension continue quelconque est appliquée à la cellule de Kerr et on détermine la rotation du plan de polarisation à l'aide d'un polarimètre. Ce dispositif d'étalonnage se compose d'une source de lumière, de filtres monochromatiques, de la cellule de Kerr et d'un polarimètre. D'après l'angle de rotation mesuré, on calcule les tensions d'allumage et d'extinction et on établit un diagramme comme celui de la figure 2.

7. Un exemple de mesure

La cellule de Kerr en question a été étalonnée sous tension continue et avec de la lumière continue. Les capteurs photosensibles sont des cellules photoélectriques, dont le courant cathodique a été mesuré avec un galvanomètre. Les figures 2 et 3 indiquent les résultats de ces mesures. Alors que

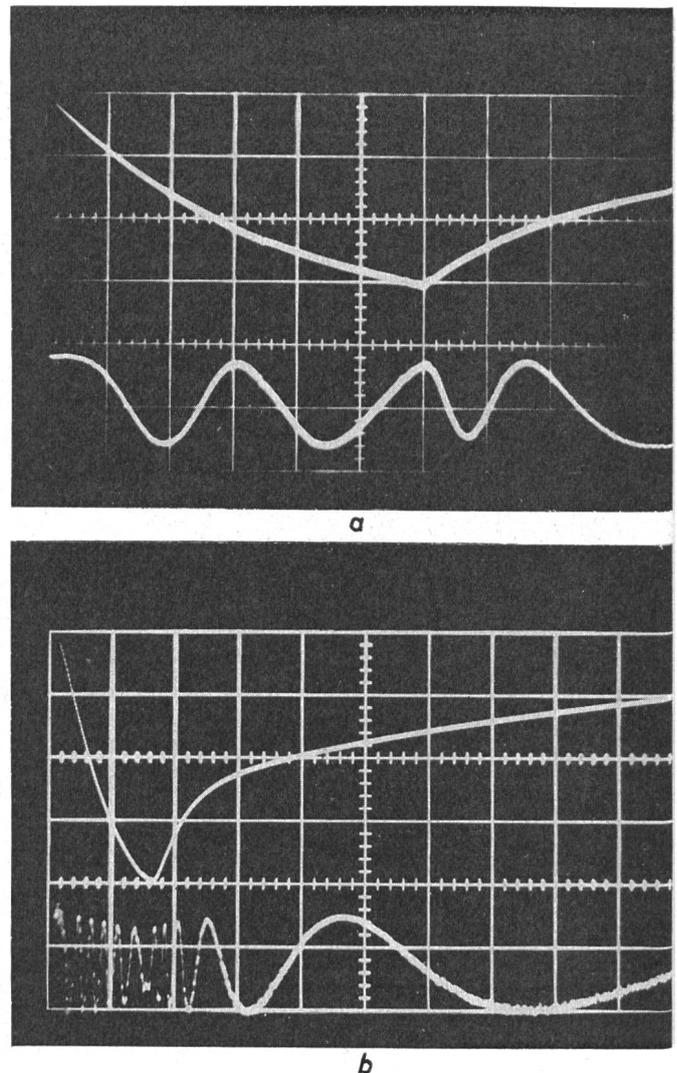


Fig. 6

Oscillogramme d'une impulsion de tension

a Abscisse 1 μs/E, trace de haut: signal du diviseur de tension de choc; Ordonnée 10 kV/E, trace du bas: variation de la tension à l'aide de la cellule de Kerr, pour longueur d'onde de la lumière de 475 nm;
b Abscisse 5 μs/E, trace du haut: signal du diviseur de tension de choc; Ordonnée 13 kV/E, trace du bas: variation de la tension à l'aide de la cellule de Kerr, pour longueur d'onde de la lumière de 475 nm

la figure 3 ne représente que les tensions d'allumage et d'extinction, on peut suivre à la figure 2 la variation de l'intensité de la lumière, en fonction de la tension appliquée à la cellule de Kerr. λ est maintenue constante, à 475 nm.

Pour le contrôle dynamique des résultats d'étalonnage, des impulsions de haute tension ont été appliquées à la cellule de Kerr. La variation de ces impulsions a été enregistrée avec un diviseur de tension ohmique et capacitif. Le signal du diviseur et la variation de l'intensité de la lumière ont été simultanément observés à un oscillographe à deux faisceaux. La figure 6 montre deux exemples typiques de ces oscillogrammes.

La trace du haut représente la variation de la tension, mesurée avec le diviseur. L'impulsion de tension a une polarité négative. De même, le signal du multiplieur (trace du bas) est négatif. On reconnaît la variation caractéristique de $\sin^2 E^2$, qui est toutefois un peu déformée, parce que l'impulsion de tension suit plus ou moins une fonction exponentielle. De plus, on peut constater deux faits: Premièrement, il faut interpréter un oscillogramme de la cellule de Kerr, pour obtenir la variation de la tension, soit en établissant un tableau des tensions d'allumage et d'extinction, soit en dessinant un nomogramme. Deuxièmement, la hauteur des impulsions et leur variation peuvent être déterminées avec une plus grande précision que ne le permettrait la précision de mesure de l'oscillographe avec une tête d'exploration. Dans le domaine de la cinquième tension d'allumage de oscillogramme, une modification de la tension de 1,5 % donne déjà lieu à une modification de l'intensité de la lumière de 25 %. Une modification de 5 % de l'amplitude d'un oscillogramme dessiné en hauteur est encore parfaitement reconnaissable. Dans ce domaine, on peut donc encore enregistrer une modification de la tension de 0,3 %. De plus, la sensibilité augmente avec le nombre des maximums et minimums d'intensité obtenus. La précision absolue de mesure n'est donc limitée que par les défauts d'étalonnage, lors de la détermination de la tension d'allumage. Pour une mesure de précision, il faut bien entendu mesurer également la température du liquide de Kerr et

corriger le résultat de la mesure, au cas où la température aurait varié.

Une mesure de basses tensions, dans le domaine entre 0 et la première tension d'allumage, présente toutefois quelques difficultés. Dans notre cas, il s'agit des tensions comprises entre 0 et 15,8 kV, à 475 nm (voir fig. 2). Pour cela il aurait fallu une source de lumière étalon, parce qu'une irrégularité de l'intensité lumineuse fausse le résultat de la mesure. Pour chaque modification du dispositif, qui influence I_0 (par exemple remplacement du conducteur de lumière LL, à la figure 5), tout le système devrait être réétalonné. Il importe par conséquent que la tension d'allumage de la cellule de Kerr soit choisie de telle sorte, que l'oscillogramme de mesure présente au moins un maximum d'intensité lumineuse, ce qui permet alors de normaliser l'ensemble de la mesure. La tension à mesurer doit donc être supérieure à la tension d'allumage de la cellule de Kerr. Il faut alors noter la I_0 de chacune des mesures et il suffit que la source de lumière demeure raisonnablement constante pendant la durée de la mesure.

Bibliographie

- [1] F. B. A. Früngel: High speed pulse technology. New York/London, Academic Press, 1965, Vol. 2, p. 331.
- [2] G. L. Clark: Dielectric properties of nitrobenzene in the region of anomalous dispersion. Journal of chemical physics 25(1956), p. 125...129.
- [3] E. F. Kingsbury: The Kerr electrostatic effect. Rev. scient. instrum. 1(1930), p. 22...32.
- [4] F. G. Dunnington: The electrooptical shutter; its theory and technique. Physical rev. 38(1931), p. 1506...1534.
- [5] O. Hilke: Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Substituenten und ihrer Stellung auf den Kerreffekt. Zeitschrift für Physik 103(1936), p. 350...394.
- [6] F. Kohlrusch: Praktische Physik. 21e édition. Stuttgart, Teubner, 1960, t. 1, p. 642.
- [7] E. J. White: The technique of Kerr cells. Rev. scient. instrum. 6(1935), p. 22...26.
- [8] L. Chaumont: Recherches expérimentales sur le phénomène électrooptique de Kerr et sur les méthodes servant à l'étude de la lumière polarisée elliptiquement. Annales de physique 9/5(1916), p. 17...78.

Adresse de l'auteur:

D^r H. Schmied, Impulsphysik GmbH, 400, Sülldorfer Landstrasse, Postfach, D-2 Hambourg 56-Rissen.

Die Berechnung elektrischer Belastungen von Industriebetrieben mit Hilfe digitaler Rechenautomaten

Von H.-J. Weidner, Leipzig

621.316.176.016.3:681.322

Am Beispiel eines Strahlennetzes wird gezeigt, wie man für grosse in der Projektierung befindliche Industriebetriebe den Leistungs- und Energiebedarf sowie die Netzverluste mit Hilfe des Digitalrechners aus den Verbraucherdaten nach der Methode des geordneten Belastungsdiagramms berechnet. Das Rechenprogramm kann zunächst zur Auswahl der Kabel und Transformatoren nach der Erwärmung herangezogen werden. Sind die anderen technischen Forderungen erfüllt und damit die elektrischen Betriebsmittel endgültig dimensioniert, so bestimmt man die tatsächlichen Werte, auch die des Energiebedarfs und der Netzverluste. Durch eine Variantenrechnung können sowohl die jahreszeitlichen als auch die durch den Schichtbetrieb auftretenden Veränderungen erfasst werden. Das Programm ermöglicht die Berücksichtigung der verschiedenen Verbraucherarten sowie der Blindstrom-Kompensationseinrichtungen. Alle benötigten Verbraucher- und Netzdaten werden mittels einer Kartei erfasst.

A l'exemple d'un réseau en antenne on démontre pour les grandes entreprises industrielles projetées la manière de calculer sur la base du diagramme de charge ordonné et à l'aide d'une calculatrice numérique le besoin d'énergie et de puissance, ainsi que les pertes au réseau. Le programme de calcul peut servir en premier lieu à la sélection des câbles et des transformateurs choisis en fonction de l'échauffement. Lorsque les autres exigences techniques sont remplies et les moyens d'exploitation électriques définitivement dimensionnés, on détermine les valeurs effectives, à l'inclusion du besoin d'énergie et des pertes au réseau. Un calcul de variantes permet de préciser les modifications causées aussi bien par les saisons que par l'exploitation par équipes alternées. Le programme permet de considérer les cartes de consommation les plus diverses, ainsi que les installations de compensation du courant réactif. Toutes les données relatives aux consommateurs et au réseau sont enregistrées dans une cartothèque.

1. Methoden der Ermittlung des elektrischen Leistungsbedarfes

Seit etwa 15 Jahren beschäftigt man sich eingehend mit Methoden zur Berechnung des elektrischen Leistungsbedarfes

von Industriebetrieben. Diese Berechnungsverfahren unterscheiden sich meist von den bekannten Berechnungsverfahren der öffentlichen Energieversorgung. Es wurden in erster Linie Berechnungsverfahren für einen zeitlich unbekanntem Bela-