

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band:	31 (1940)
Heft:	16
Artikel:	Installation de chauffage avec chaudière électrique
Autor:	Rollard, Pierre
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1061374

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: 17.02.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXI. Jahrgang

Nº 16

Mittwoch, 7. August 1940

Installation de chauffage avec chaudière électrique.

Par Pierre Rollard, Genève.

621.181.646

Le Service de l'Electricité de Genève a procédé dans son réseau à l'électrification d'une chaufferie de serres pour la culture des roses, qui marchait auparavant au charbon. Dans ce but, une chaudière à électrodes de 1000 kW fut installée. La consommation d'énergie s'élève à environ 2 millions de kWh par période de chauffage. L'auteur décrit la partie électrique et la partie thermique de l'installation.

Im Netz des Elektrizitätswerkes Genf wurde eine mit Kohle betriebene Dampfheizung von Treibhäusern für Rosenkulturen auf elektrische Heizung umgestellt. Es wurde ein Elektrodampfkessel von 1000 kW Anschlusswert verwendet. Der Energiekonsum pro Heizperiode beträgt rund 2 Millionen kWh. Die Anlage wird beschrieben, sowohl der elektrische als auch der thermische Teil.

1^o Introduction.

Certaines restrictions étant actuellement apportées dans l'approvisionnement en combustibles solides et liquides, la question du chauffage par l'électricité est à l'ordre du jour.

On ne répétera cependant jamais assez que, quoique disposant de force hydraulique en abondance, notre pays ne sera à aucun moment à même de remplacer tout le charbon et le mazout qu'il importe, par de l'énergie électrique provenant de nos cours d'eau. Disons, du reste, qu'actuellement déjà beaucoup de nos centrales fonctionnent à plein rendement et qu'il ne leur est pas possible de fournir, surtout à des prix d'équivalence du charbon, les grosses quantités d'énergie que demande une chaufferie électrique, tant soit peu importante.

Dans certaines conditions pourtant, l'électricité a pu être utilisée comme moyen de chauffage d'une façon avantageuse tant pour le distributeur que pour l'abonné. C'est ainsi que le Service de l'Électricité de Genève a accepté, au début de 1939, de procéder à l'électrification d'une chaufferie à charbon destinée au chauffage de serres pour la culture forcée de roses (Etablissements Pougny à Pinchat-Genève).

Cette installation présente un certain intérêt par le fait, entre autres, qu'elle n'est pas appelée à fonctionner seulement en hiver, mais encore en dehors de la période normale de chauffage, les serres devant être tempérées même pendant certaines nuits d'été.

Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, quelques indications sur cette chaufferie.

2^o Puissance de la chaudière, capacité de l'accumulateur.

Pour les calculer, nous nous sommes basés sur les caractéristiques de l'installation existante exploitée au charbon, soit:

1^o Nombre de chaudières:

2 de 25 m²
1 de 12 m²
1 de 9 m²
1 de 6 m² = 77 m² de surface totale.

2^o Surface des serres et volume à chauffer: 3000 m², 7500 m³.

3^o Consommation horaire (moitié anthracite, moitié coke): 100 kg.

4^o Consommation annuelle (moitié anthracite, moitié coke): 250 t.

5^o Rendement moyen des chaudières: 65 %.

En admettant 10 000 kcal/h par m² de surface de chauffe des chaudières, nous aurons: 77 · 10 000 = 770 000 kcal/h.

Supposant un rendement de 95 % pour la chaudière électrique à installer, la puissance de celle-ci devra être de:

$$\frac{770\,000 \cdot 0,65}{860 \cdot 0,95} = 610 \text{ kW env.}$$

Quant à la consommation annuelle en kWh elle atteindrait, en prenant pour le mélange anthracite-coke 7500 kcal/kg:

$$\frac{250\,000 \cdot 7500 \cdot 0,65}{860 \cdot 0,95} = 1\,500\,000 \text{ kWh/an env.}$$

En calculant la puissance d'après la consommation horaire, nous aurons:

$$\frac{100 \cdot 7500 \cdot 0,65}{860 \cdot 0,95} = 600 \text{ kW env.}$$

ce qui correspond au chiffre trouvé plus haut.

Pour tenir compte de la construction d'une nouvelle serre de 840 m², 2100 m³ en 1938/39, cette valeur de 600 kW doit être augmentée dans la proportion de

$$\frac{7500 + 2100}{7500}$$

et on arrive ainsi à une puissance de:

$$\frac{9600 \cdot 600}{7500} = \text{env. } 780 \text{ kW.}$$

En définitive et pour tenir compte de la charge d'un accumulateur et d'extensions toujours possibles, la puissance de la chaudière fut choisie égale à 1000 kW, avec une consommation présumée de:

$$\frac{1500000 \cdot 9600}{7500} = 1920000$$

soit env. 2 000 000 kWh/an.

Un accumulateur de chaleur a dû être prévu pour fournir l'énergie nécessaire pendant les heures de pointes où l'alimentation de la chaudière est coupée, soit pendant 2 h 1/2 par jour. Travailant entre 110 et 50° C son volume sera:

$$V \text{ accumulateur} = \frac{780 \cdot 860 \cdot 2,5}{60 \cdot 0,95} = 29500 \text{ litres.}$$

Ce volume a été ramené à 25 000 litres soit 25 m³ lors de la construction de la chaufferie en prévoyant cependant l'installation ultérieure d'un se-

3^e Description de l'installation.

La chaufferie se trouvant à environ 2 km d'une ligne aérienne HT il a fallu construire une ligne de raccordement qui aboutit à un poste de transformation créé spécialement à proximité des serres.

A. Station transformatrice.

Quoique les constructeurs de chaudières électriques soient actuellement à même d'exécuter des générateurs de chaleur de 1000 kW que l'on peut brancher directement sur la haute tension, nous avons préféré pour différentes raisons, dont celle de la sécurité d'exploitation n'est pas la moindre, alimenter l'appareil par l'intermédiaire d'un transformateur.

Le poste comprend d'abord une arrivée de ligne avec 3 parafoudres à résorbite protégés par 3 coupe-circuit haute tension et un sectionneur permettant d'isoler complètement l'installation, sauf les parafoudres qui restent branchés sur la ligne aérienne.

On rencontre ensuite, comme le montre le schéma (fig. 1), les transformateurs de tension 17 500/380 V couplés en V, protégés par des coupe-circuit HT et BT, alimentant les circuits voltmétriques de 2 compteurs triphasés dont l'un possède

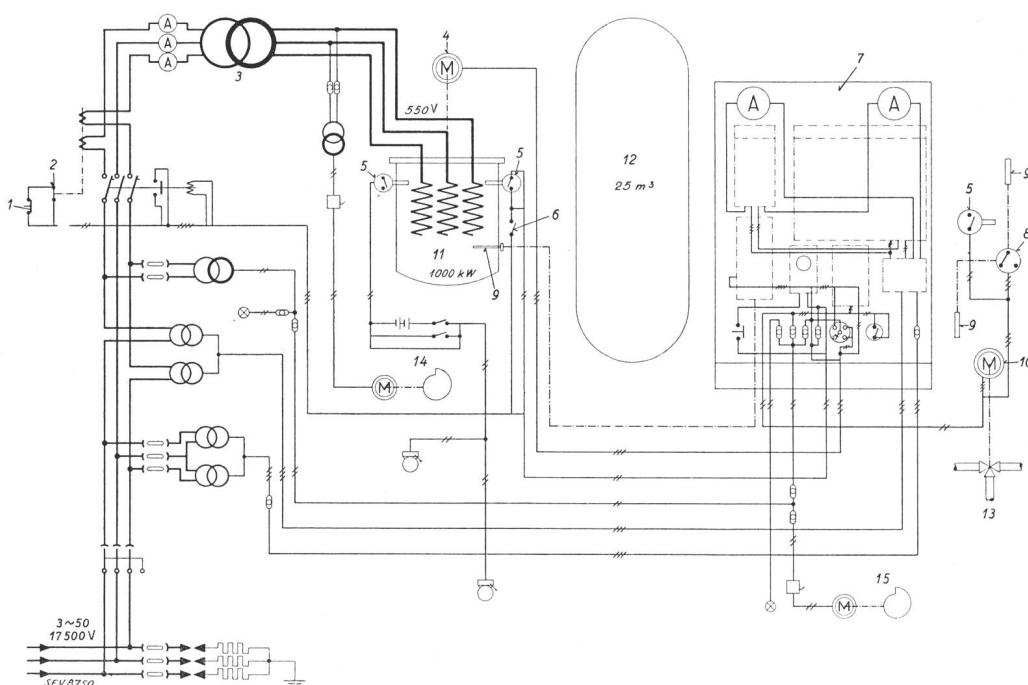


Fig. 1.
Schéma de la partie électrique de l'installation.

1 Bouton-poussoir pour déclencher l'interrupteur principal. 2 Contact auxiliaire empêchant l'enclenchement du disjoncteur principal par l'abonné après un court-circuit. 3 Transformateur principal 1000 kVA, 17 500/550 V. 4 Moteur de commande des contre-électrodes de la chaudière. 5

Thermostat. 6 Interrupteur fin de course monté sur la chaudière. 7 Tableau général. 8 Thermostat différentiel. 9 Sonde. 10 Moteur de commande de la vanne de mélange. 11 Chaudière 1000 kW. 12 Accumulateur 25 m³. 13 Vanne mélangeuse. 14 Pompe circuit primaire. 15 Pompe circuit secondaire.

cond accumulateur de 25 m³ également, pour le cas où le nombre de serres viendrait à augmenter. Ce volume de 25 m³ correspond à une puissance d'env. 660 kW à fournir pendant les 2 h 1/2 pour l'écart de température indiqué. Si besoin est, cas exceptionnel, on allumera une des chaudières à charbon.

un maxigraph, puis les transformateurs d'intensité 30/5 A également couplés en V, reliés aux circuits ampèremétriques des mêmes appareils et à 2 ampèremètres placés sur le tableau de contrôle situé dans la chaufferie. Ces derniers instruments permettent de contrôler à chaque instant la charge prise par toute l'installation.

Ces transformateurs sont logés dans des cellules en béton au 1^{er} étage du poste, vis-à-vis de l'arrivée de ligne et des parafoudres.

Le reste de l'appareillage haute tension est monté au rez-de-chaussée dans des cellules en béton également. Il comprend:

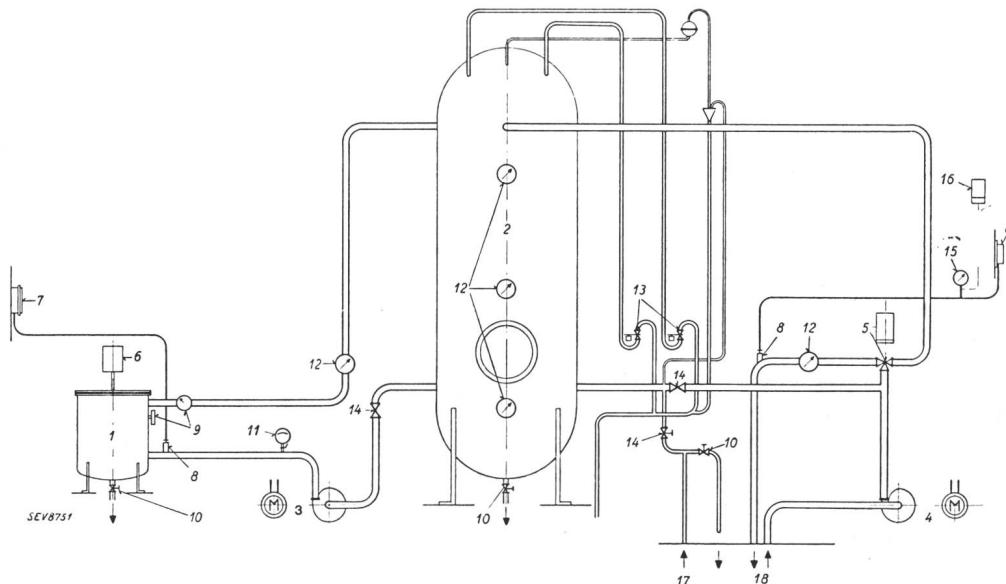


Fig. 2.
Schéma de la partie thermique de l'installation.

1 Chaudière électrique. 2 Accumulateur de chaleur. 3 Pompe de circulation primaire. 4 Pompe de circulation secondaire. 5 Vanne de mélange. 6 Moteur de commande des électrodes de la chaudière. 7 Régulateur du moteur pos. 6 monté sur

le tableau général de contrôle. 8 Sonde. 9 Thermomètre stat limiteur. 10 Vanne de vidange. 11 Manomètre. 12 Thermomètre. 13 Soupe de sûreté. 14 Vanne. 15 Contacteur du thermostat différentiel. 16 Thermostat en serre. 17 Alimentation. 18 Serres.

a) un transformateur monophasé 3 kVA, 17 500/220 V, destiné à alimenter les circuits d'éclairage du poste et de la chaufferie, le groupe moto-pompe du circuit secondaire de chauffage, les circuits de commande, réglage, sécurité de la chaudière et des autres appareils thermiques;

b) le disjoncteur de commande de la chaudière. Cet appareil est actionné au moyen d'un volant situé dans le local de la chaufferie; il peut cependant être déclenché en cas d'urgence, du local du poste de transformation, à l'aide d'un bouton-poussoir inséré dans le circuit de la bobine à tension nulle du disjoncteur. Sur ce dernier sont montés 2 relais directs à maximum d'intensité à réglage indépendant pour la protection du transformateur principal;

c) 3 ampèremètres directs montés sur les bornes du transformateur principal;

d) un transformateur triphasé 1000 kVA 17 500/550 V, avec cuve à huile à refroidissement naturel. De ce transformateur partent des barres basse tension traversant la paroi séparant le local de la chaufferie et aboutissant aux bornes de la chaudière électrique.

On remarquera que toute l'installation électrique ne comporte qu'un seul disjoncteur placé sur le côté haute tension mais manœuvrable comme il est dit plus haut du local de la chaufferie.

B. Chaufferie électrique.

Celle-ci se trouve dans un local attenant au poste décrit sous A. Elle comprend tout d'abord la chaudière triphasée à électrodes, type Escher Wyss, 1000 kVA, 550 V, 50 pér./s, calculée pour fournir de l'eau à 115° C et essayée sous une pression de

3 kg/cm². Son corps est constitué par une cuve en tôle, montée sur 3 pieds et fermée par un couvercle auquel sont fixés des isolateurs de traversée supportant les électrodes; celles-ci ont la forme de tiers de cylindre. Les contre-électrodes sont mobiles et peuvent pénétrer par rotation entre les électrodes à la manière des plaques d'un condensateur électrique réglable. Le réglage de la charge s'effectue en faisant tourner l'axe supportant les contre-électrodes de façon à engager plus ou moins celles-ci entre les électrodes. Ce mouvement de rotation est obtenu soit en agissant à la main sur un levier solidaire de cet axe soit par un petit moteur électrique (réglage automatique) monté sur la chaudière même (fig. 3).

Tout près de la chaudière se trouve l'accumulateur de chaleur de 25 m³ dont il a été question plus haut. Le schéma fig. 2 montre la façon dont il est relié à la chaudière et à l'installation existante. Il est du type vertical; ses dimensions sont: diamètre 2300 mm, hauteur 6850 mm, non compris l'isolation dont l'épaisseur est de 100 mm; des thermomètres à cadran placés à différentes hauteurs permettent de vérifier en tout temps son état de charge.

Entre la chaudière et l'accumulateur est placé un petit groupe moto-pompe de 0,37 kW destiné à accélérer la circulation d'eau chaude entre ces appareils (circuit primaire).

Son alimentation a été prévue par un transformateur séparé, monophasé 1 kVA, 550/220 V, branché entre le transformateur 1000 kVA et la chaudière, en aval du disjoncteur, de façon que le groupe s'arrête automatiquement en même temps que la chaudière, pour éviter un brassage de l'eau et les pertes de chaleur qui se produiraient fatallement si la circulation d'eau chaude continuait à se faire entre l'accumulateur et la chaudière lors de l'arrêt de cette dernière.

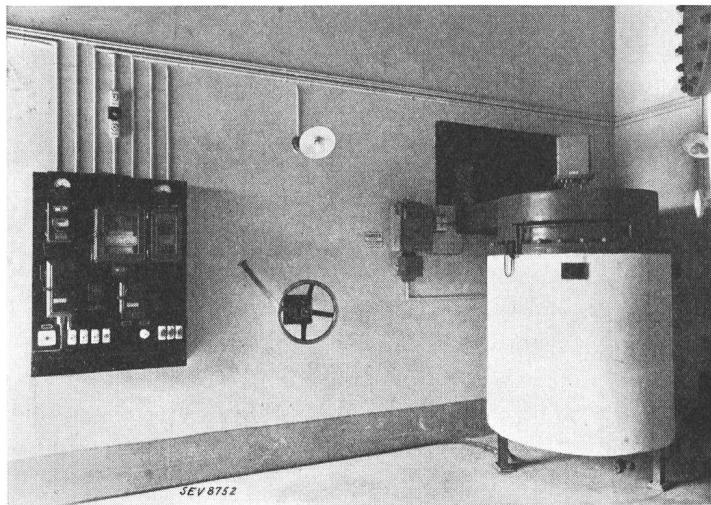


Fig. 3.
Intérieur de la chaufferie.

On distingue à gauche le tableau général, au centre le volant de commande du disjoncteur principal haute tension, à droite la chaudière.

Un autre groupe analogue, mais d'une puissance de 0,75 kW a été également installé dans la chaufferie pour assurer la circulation d'eau entre l'accumulateur et les radiateurs des serres (circuit secondaire). Il doit pouvoir fonctionner en tout temps et cela même si l'on n'utilise que la chaufferie à charbon. C'est pourquoi il est alimenté par le transformateur de 3 kVA mentionné au paragraphe précédent, qui n'est pas coupé par le disjoncteur principal.

Enfin, une vanne mélangeuse à moteur électrique dont il sera question plus loin, et le tableau général, sont encore montés dans la chaufferie.

C. Organes de contrôle, commande, réglage et sécurité.

Contrôle. La marche de l'installation est contrôlée par les ampèremètres montés sur le transformateur de puissance, les ampèremètres et compteurs placés sur le tableau général de la chaufferie, les thermomètres fixés sur la canalisation de départ d'eau chaude de la chaudière et sur l'accumulateur, un manomètre mesurant la pression dans le circuit primaire de chauffage.

La température de l'eau de départ aux serres est indiquée par un thermomètre placé près de la vanne mélangeuse.

Commande. L'enclenchement et le déclenchement de la chaudière se font à la main par le disjoncteur HT.

Réglage. La température de l'eau dans la chaudière est réglée au moyen d'un appareil spécial monté sur le tableau général de la chaufferie (fig. 3) et pourvu d'une sonde placée dans la conduite de retour à la chaudière. Il est muni de deux petits contacteurs qui enclenchent dans un sens ou dans l'autre le moteur de commande des contre-electrodes de la chaudière, faisant ainsi varier la charge suivant la température de l'eau de retour. Le moteur peut être également commandé à la main au moyen d'un commutateur sur le tableau général.

La température convenable de l'eau de départ aux serres est obtenue par mélange de l'eau de retour avec l'eau chaude de l'accumulateur. Ce mélange est effectué par une vanne à 3 voies commandée par un petit moteur électrique qui agit sous l'influence d'un émetteur d'impulsions. Ce dernier obéit à un thermostat différentiel dont l'une des sondes est placée dans la conduite de départ aux serres, l'autre à l'air libre.

Un autre thermostat a dû être placé après la mise en service de l'installation pour corriger l'action de l'appareil différentiel qui ne faisait pas assez baisser la température de l'eau de départ lorsque le soleil donnait sur les serres.

Sécurité. Les relais à maximum d'intensité et à retard indépendant montés sur le disjoncteur HT protègent le transformateur 1000 kVA et la chaudière contre les courts-circuits qui pourraient se produire dans ces appareils. Tous les circuits basse tension sont protégés par des fusibles.

Deux thermostats limiteurs ont été prévus, l'un sur la chaudière, l'autre sur la conduite de départ d'eau chaude vers l'accumulateur. Le premier actionne 2 sonnettes fonctionnant sur piles, placées contre le bâtiment de la chaufferie et dans la maison d'habitation, lorsque la température de l'eau dans la chaudière dépasse une certaine valeur; le second thermostat inséré dans le circuit de la bobine à tension nulle du disjoncteur principal fait déclencher ce dernier dans le cas où, malgré l'avertissement donné par les sonnettes, la chaudière n'aurait pas été coupée à la main et que la température de l'eau dans celle-ci ait continué d'augmenter.

Des soupapes de sûreté et un déversoir protègent l'installation contre les surpressions possibles.

L'installation étant exploitée par du personnel non électricien, il a fallu prendre des dispositions spéciales. C'est ainsi que lorsqu'une surintensité se produit dans le circuit principal, un contact actionné par les relais à maximum d'intensité ouvre le circuit de la bobine à tension nulle du disjoncteur principal, empêchant tout réenclenchement de ce dernier. Le contact en question, étant installé dans le poste de transformation, ne peut être fermé que par un agent du Service de l'Électricité.

L'enclenchement sur pleine puissance de la chaudière provoquerait un à-coup sérieux sur le

réseau. Pour éviter cet inconvénient, un contact de fin de course a été monté sur la chaudière. Ce contact, fermé par le levier de commande des contre électrodes lorsque celles-ci sont dans la position de charge minimum est monté dans le circuit de la bobine à tension nulle. On ne peut ainsi enclencher la chaudière que lorsque sa charge est minimum, env. 200 kW à 90° C. Dès que le disjoncteur principal est enclenché, un contact auxiliaire monté sur son arbre shunte le contact fin de course qui peut alors être ouvert sans risque de déclenchement, par la mise en marche du levier des contre électrodes.

D. Fonctionnement, consommation.

La chaudière ne travaille pas directement sur les serres mais sur l'accumulateur qu'elle tient constamment à pleine charge, sauf pendant les heures de pointe naturellement.

En période de démarrage de l'installation, elle doit fournir en même temps l'énergie nécessaire

à la charge de l'accumulateur et au chauffage des serres, ce qui lui demande une puissance maximum.

Ce n'est qu'après un certain temps de fonctionnement et pour éviter des variations de charge très désagréables pour le réseau que la sonde du régulateur de température, installée primitivement sur le départ d'eau chaude de la chaudière a été placée sur le retour. Dès ce moment ces variations ont disparu.

La consommation de toute l'installation enregistrée du 2 octobre 1939 au 1^{er} juin 1940, a été de 1 905 000 kWh. On arrive ainsi très près des 2 millions de kWh calculés pour la période de chauffage annuelle en négligeant les services auxiliaires dont la consommation est minime.

Toute l'installation électrique a été faite par le Service de l'Electricité de Genève, celle de la partie thermique a été confiée à Calorie S. A. chauffage et ventilation, à Genève.

Eine neue Ersatzprüfschaltung für Hochleistungsschalter.

Von M. Trautweiler, Rorschach.

621.316.313 : 621.316.57

Nachdem die bekannten Erscheinungen, welche sich im Hochleistungsschalter abspielen, kurz in Erinnerung gerufen wurden, wird ein Vorschlag zum eindeutigen zahlenmässigen Erfassen des Abschaltvermögens des geprüften Schalters gemacht. Eine Prüfschaltung ist dann einwandfrei, wenn sie diese Zahlenwerte eindeutig zu ermitteln vermag. Daraus werden die Anforderungen an eine brauchbare Prüfschaltung abgeleitet.

Es werden weiter die Hochleistungsprüfung und die Marx-Schaltung untersucht. Es zeigt sich, dass die erste insfern nicht befriedigt, als sie Steilheit und Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung nicht beliebig zu ändern gestattet, die zweite, weil bei ihr der Kurzschlußstrom durch den Lichtbogenstrom zu stark verzerrt wird.

Ferner wird eine neue Prüfschaltung beschrieben, bei der der Prüfschalter in einen Schwingungskreis eingeschaltet ist. Dadurch wird die Verzerrung des Kurzschlußstromes vollkommen vermieden und zugleich wird die erforderliche Leistung kleiner als bei der entsprechenden Hochleistungsprüf-anlage (ca. 200mal!).

Endlich werden noch einige Versuche erwähnt, welche die Vorteile der neuen Prüfschaltung bestätigen.

Après avoir rappelé brièvement les phénomènes qui se produisent dans l'interrupteur à haute puissance, l'auteur fait une proposition pour fixer exactement par des chiffres la puissance de rupture de l'interrupteur essayé. Un montage d'essai est correct lorsqu'il permet de déterminer sans équivoque ces valeurs numériques. L'auteur en déduit les exigences auxquelles doit satisfaire un montage d'essai pratiquement utilisable.

L'auteur examine ensuite l'essai à haute puissance et le montage de Marx. Il s'avère que le premier n'est pas satisfaisant, principalement parce qu'il ne permet pas de varier à volonté la raideur et l'amplitude de la tension de rétablissement, tandis qu'avec le second le courant de court-circuit est trop fortement perturbé par le courant de l'arc.

À-dessus, l'auteur décrit un nouveau montage d'essai, dans lequel l'interrupteur à essayer est inséré dans un circuit oscillant. Ceci permet d'éviter complètement la distorsion du courant de court-circuit. Simultanément, la puissance à fournir est bien plus faible que celle exigée d'une installation à haute puissance correspondante (environ 200 fois!).

Finalement, l'auteur signale quelques essais qui confirment les avantages du nouveau montage d'essai.

1. Allgemeine Schalterfragen.

1. Hochleistungsschalter und Sicherungen werden heute ausschliesslich in Hochleistungsprüf-anlagen mit einer verfügbaren Leistung in der Grössenordnung von 1000 MVA geprüft. Die Prüfung wird möglichst bei $\cos \varphi = 0$ im Kurzschlusskreis durchgeführt¹⁾, weil dies die grösste Beanspruchung des Prüflings darstellt. Die tatsächlich erforderliche Wirkleistung ist

$$P = P_v + P_B \quad (1)$$

wo P_v die Verlustleistung der ganzen Versuchsanlage und

$$P_B = \frac{1}{T} \int_0^T i_B e_B dt \quad (2)$$

die im Lichtbogen während der Schaltzeit T umgesetzte Leistung darstellen. P ist ein Bruchteil der in der Hochleistungsprüf-anlage verfügbaren Leistung. Deshalb stellt sich die Frage, ob es möglich ist, die Schalterprüfung mit scheinbarer

Leistung durchzuführen, in ähnlicher Weise, wie die Eichung eines Wattmeters mit «Blindeffekt» durch Trennung des Strom- und des Spannungskreises.

2. Bevor sich die Schalterkontakte des Schalters S in Fig. 1 trennen, fliesst durch den Schalter der Betriebsstrom i und bei Kurzschluss der Kurzschlußstrom i_k , der als sinusförmig vorausgesetzt wird. Trennen sich die Schalterkontakte, so entsteht zwischen ihnen im Zeitpunkt A (Fig. 2) ein Lichtbogen.

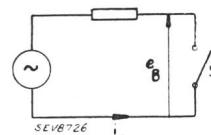


Fig. 1.

Erlöscht der Lichtbogen aus irgendeinem Grunde, so würde an den Schalterklemmen die ebenfalls als sinusförmig vorausgesetzte Klemmenspannung e (in Fig. 2 gestrichelt) auftreten. Der Strom im Lichtbogen i_B weicht nach Eintritt der Schalttrennung von i_k nur unwesentlich ab, wenn e_B klein ist gegen e . Die Lichtbogenspannung e_B selbst, welche zwischen den Schalterkontakten herrscht, während der Lichtbogen brennt, ist die Spannung, welche nötig ist, um den

¹⁾ VDE 0670/1937, § 39, und SEV 1924, Richtlinien für die Wahl der Schalter in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen.