

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 43 (1952)
Heft: 18

Artikel: Essais sur un nouveau disjoncteur-orthojecteur pour 220 kV : dans le poste de couplage de Fontenay de l'Electricité de France
Autor: Ehrensperger, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057892>

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: 25.12.2024

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

zum *Stromrichter* in seiner allgemeinsten Bedeutung und zu den speziellen Formen: *Gleichrichter*, *Wechselrichter*, *Umrichter*, *Regulierstromrichter*. Der letzte dient zum Regulieren von Einphasen- und Mehrphasenströmen und arbeitet grundsätzlich nach Fig. 1, indem die Dauer des Stromdurchganges während der beiden Halbwellen und damit die Stromintensität verändert wird (z. B. bei Punktschweissapparaten).

Zum Stromrichter gehören also *nur* die Ventile; sowohl die Stromquelle, also der Generator, als auch der Transformator gehören nicht dazu. Die feinere Einteilung führt dann zu den Begriffen:

fremd- oder netzgeführter Wechselrichter,
selbstgeführter Wechselrichter,
starrer Umrichter,
elastischer Umrichter,
Dreiphasen-Einphasen-Umrichter,
Drehstrom-Drehstrom-Umrichter,
Gleichstrom-Umrichter usw.

4. Stromrichtergruppe

Sie ist die Kombination des Stromrichters mit der Stromquelle (Generator) oder mit dem Transformator, der den Namen «Stromrichtertransformator» führt. Reguliertransformatoren mit ihrer Steuerapparat gehören ebenfalls zur Stromrichtergruppe.

5. Stromrichteranlage (Stromrichterunterwerk)

Darunter soll die vollständige elektrische Anlage verstanden werden, die sich zusammensetzt aus einer oder mehreren Stromrichtergruppen und den zugehörigen Schalt-, Mess-, Regulier-, Steuer- und Meldeapparaturen.

6. Elektrischer Ventilapparat

Es besteht weiter das Bedürfnis, die Begriffe: «elektrisches Ventil», «Stromrichter» und «Stromrichtergruppe» zusammenzufassen, wofür der Ausdruck «*Elektrischer Ventilapparat*» vorgeschlagen wird. Er soll also der umfassendste Begriff sein.

7. Schlussbemerkung

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist die Aufstellung einer Systematik der elektrischen Ventile. Dazu mussten neue Wörter gebildet oder der Inhalt geläufiger Wörter erweitert werden. Es steht natürlich zur Diskussion, ob statt der vorgeschlagenen Wörter treffendere gefunden werden.

Der Autor hat diese Systematik seit einigen Jahren seiner Vorlesung über «Stromrichter» an der ETH zugrunde gelegt. Ingenieur W. Brandenberger, Zürich-Örlikon, Ingenieur F. Bugnion, Genf, und Oberingenieur Ch. Ehrensperger, Baden, ist er für ihre kürzlich gemachten Anregungen zu Dank verpflichtet.

Adresse des Autors:

Prof. Ed. Gerecke, Vorstand des Institutes für Allgemeine Elektrotechnik der ETH, Sternwartstrasse 7, Zürich 6.

Essais sur un nouveau disjoncteur-orthojecteur pour 220 kV, dans le poste de couplage de Fontenay de l'Electricité de France

Par H. Ehrensperger, Aarau

L'augmentation ininterrompue de la consommation de l'énergie électrique implique l'installation dans les réseaux d'interconnexion de 220 kV, en Europe, de disjoncteurs d'un pouvoir de coupure de 5000 MVA. Un nouveau disjoncteur-orthojecteur, qui répond aux données citées, est décrit et les essais effectués sur ce nouvel appareil à Fontenay, point très important du réseau français de 220 kV, sont indiqués et discutés.

Die Zunahme des Verbrauches an elektrischer Energie ist derart, dass man in Europa, in 220-kV-Netzen, mit dem Einbau von Schaltern, deren Abschaltvermögen 5000 MVA beträgt, beginnen muss. Es wird ein neuentwickelter, diesen Anforderungen entsprechender Ölstrahlschalter beschrieben und über Versuche berichtet, denen diese Neukonstruktion in Fontenay, einer Schaltstation des französischen 220-kV-Netzes, unterzogen wurde.

I. Introduction

L'emploi généralisé de l'énergie électrique implique une augmentation ininterrompue de la puissance des réseaux et l'usage de tensions de service de plus en plus élevées, de 150 à 220 kV, par exemple, pour les lignes de transmission d'énergie à grande distance. Pour cette tension de 220 kV, le pouvoir de coupure, demandé aux disjoncteurs, était, depuis longtemps, limité à 3000 MVA. Ce pouvoir de coupure n'est plus suffisant et l'on demande aujourd'hui 5000 MVA, en court-circuit symétrique, sous 220 kV de tension de service.

Les essais décrits dans ce rapport eurent pour but de contrôler le pouvoir de coupure nominal de 5000 MVA à 220 kV d'un nouveau type de disjoncteur de Sprecher & Schuh à Aarau; ils eurent lieu dans le poste de couplage de Fontenay, un des points de jonction des plus puissants d'Europe.

II. Construction du disjoncteur soumis aux essais

L'appareil qui a servi aux essais de coupure représente un perfectionnement du disjoncteur-orthojecteur bien connu de Sprecher & Schuh. Dans la réalisation de ce nouvel appareil, on s'inspira des expériences pratiques de longues années obtenues avec les modèles actuels et s'en tint à l'utilisation exclusive d'éléments simples et robustes.

Le groupe triphasé est constitué par trois disjoncteurs unipolaires identiques pouvant être, à volonté, accouplés mécaniquement ou attaqués par trois commandes individuelles accouplées électriquement.

L'accouplement électrique a l'avantage de pouvoir être bloqué dans certains cas et de permettre alors le fonctionnement d'un seul pôle, qui, par une interruption rapide, suivie d'un réenclenchement immédiat, peut ainsi éliminer rapidement certaines

mises à la terre monophasées, sans interrompre le synchronisme; ceci n'est possible toutefois que lorsque la ligne accidentée n'est pas trop longue. Sinon, le courant capacitif induit dans la phase accidentée par les phases restées sous tension empêche l'extinction de l'arc et l'interruption tripolaire devient inévitable.

Le disjoncteur est enclenché au moyen de commandes par ressorts; toutefois la commande par air comprimé peut aussi être employée. A peine enclenché, le disjoncteur est prêt au déclenchement instantané, car les ressorts de déclenchement sont tendus par le mouvement d'enclenchement. Il faut 15 s pour retendre à nouveau les ressorts d'enclenchement, de sorte que si l'on ne considère que le temps nécessaire à la préparation de l'enclenchement, cette manœuvre pourrait se répéter toutes les 15 s. Les manœuvres de fermeture ou d'ouverture du disjoncteur sont provoquées soit directement à la main, soit par commande à distance électro-magnétique, dont les bobines sollicitant les contacts de commande ne consomment, pendant un temps très court, que 250...500 W.

En plus de la commande déjà citée, mise au potentiel de terre, le disjoncteur unipolaire comporte un

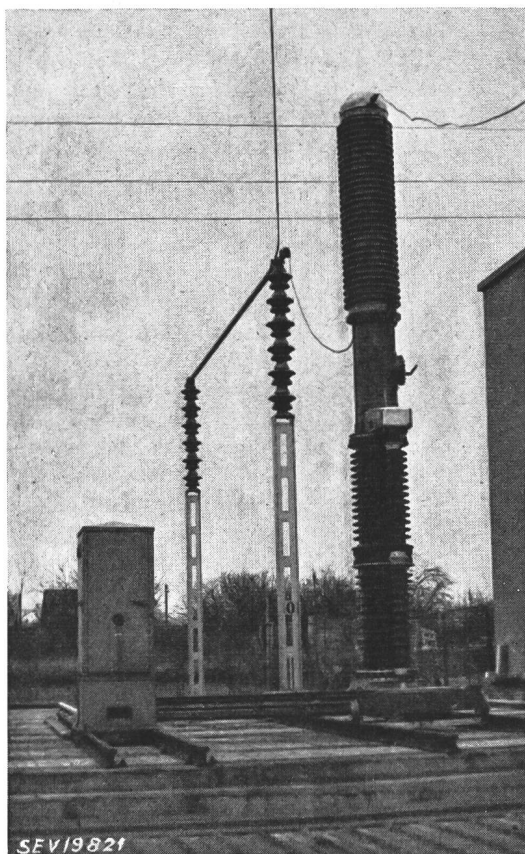


Fig. 1
Disjoncteur unipolaire pour 220 kV
avec commande sur la plate-forme de Fontenay

isolateur-support extrêmement solide, la partie médiane contenant le mécanisme de commande du tube de contact et l'élément disjoncteur proprement

dit. La fig. 1 montre, sur la plate-forme d'essais de Fontenay, un pôle 220 kV, avec la commande, qui fonctionne comme ses prédécesseurs depuis 16 ans,

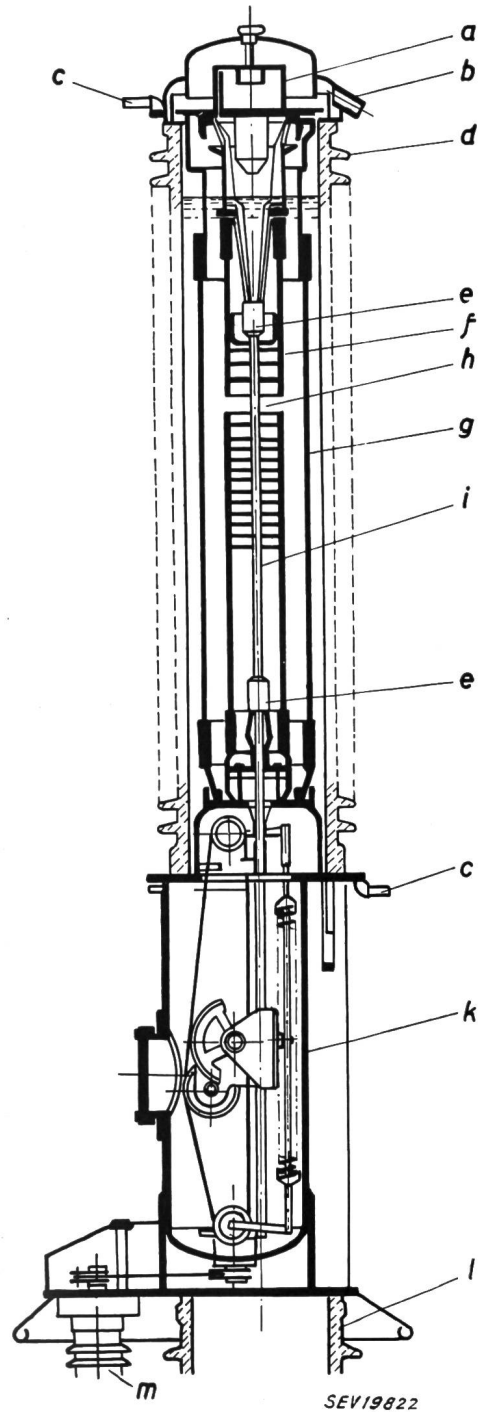


Fig. 2
Coupe du disjoncteur pour 220 kV

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| a Séparateur d'huile et sou- | g Chambre de coupure |
| pape de sûreté | h Solution de continuité des |
| b Couvercle avec canal | pots de coupure (inter- |
| d'échappement des gaz | valle libre) |
| c Amenée de courant | i Tube de contact |
| d Isolateur de la chambre de | k Partie médiane avec com- |
| coupure | mande par câble et hublot |
| e Contacts supérieur et in- | de contrôle |
| férieur | l Isolateur-support |
| f Pots de coupure supérieur | m Colonne tournante |
| et inférieur | |

sans sectionneur en série. Le plus grand avantage de cette simplification est la réduction considérable des temps de fonctionnement qui ramène en parti-

culier à 0,25 s l'intervalle (temps de pause) correspondant à l'interruption de courant entre la position «ouvert» et la position «fermé» dans le cycle de rupture passagère.

L'*isolateur-support* est solidement construit; il ne comporte pas d'huile mais un cloisonnement horizontal multiple et constitue un isolement parfait, par rapport à la terre, de la partie médiane, qui est forcément, sous tension. Une colonne tournante, constituée également par des isolateurs cloisonnés, montée en parallèle avec l'isolateur-support, sert de liaison mécanique entre la commande et la partie médiane et transmet les mouvements nécessaires au fonctionnement du disjoncteur.

La *partie médiane*, de forme cylindrique, est métallique et porte les chambres de coupure et d'extinction. Elle contient le mécanisme qui actionne le tube faisant tige de contact. Pour tous les disjoncteurs jusqu'à 150 kV, le levier principal constitue le dernier chaînon dans le dispositif de commande du contact. Pour 220 kV, on a remplacé ce levier, dont la projection extérieure deviendrait trop encombrante, par un câble métallique constamment tendu par un dispositif très simple de leviers et de ressorts. Ce n'est qu'au moyen de cette solution, souvent employée avec un parfait succès, qu'on a pu obtenir la forme ramassée et cylindrique de la partie médiane. La fig. 2 montre ce dispositif de commande ainsi que d'autres détails de la construction du disjoncteur.

L'*élément disjoncteur* surmonte directement la pièce médiane et ne comporte qu'une seule coupure. Il contient les pots supérieur et inférieur d'extinction, traversés par le tube de contact. Cette disposition des chambres d'extinction assure en même temps une évacuation rapide des gaz et leur remplacement immédiat par de l'huile fraîche, dès la fin

ture passagère. Le disjoncteur peut, sans dispositif auxiliaire, ouvrir et fermer sur toutes les intensités ne dépassant pas les limites prévues.

On demande assez souvent que les transformateurs à très grande puissance soient protégés contre les surtensions pouvant se produire à la coupure, notamment quand les transformateurs dépassent rapidement leur saturation normale en cas d'élévation de la tension au-dessus de sa valeur nominale. On peut se servir alors de résistances insérées à la coupure. Le disjoncteur essayé à Fontenay n'utilisait aucun dispositif auxiliaire de ce genre.

On aperçoit, au-dessus et au-dessous des chambres d'extinction, les contacts principaux en forme usuelle de tulipe et dont la construction robuste permet le passage permanent de 1000 A. Les parties des contacts sujettes à l'usure, soit l'embout et le pare-étincelles, sont protégées par un alliage spécial et durable. Les chambres d'extinction et les contacts sont placés à l'intérieur de la chambre de coupure, elle-même protégée contre les intempéries par un isolateur qui l'enveloppe complètement. Cet isolateur ne comporte pas de flasques ni d'autre armature métallique. Il est maintenu en place par serrage au moyen de la chambre de coupure. L'élément de coupure et la partie médiane sont pleins d'huile. Le besoin d'un remplacement ou d'un filtrage de l'huile ne commence à se faire sentir qu'après la coupure de 20...25 courts-circuits à pleine intensité nominale de coupure. Aux intensités moins élevées, le nombre de coupures admissibles est encore plus considérable et en atteint facilement un multiple.

Le tube de contact se déplace de haut en bas au moment de la coupure et entraîne l'arc à travers les chambres d'extinction où cet arc est maintenu rectiligne et soufflé axialement par les gaz qu'il produit lui-même. Les phénomènes physiques qui se

manifestent à ce moment sont complexes et continuellement changeants, de sorte qu'ils échappent encore partiellement à une analyse quantitative complète. C'est ce qui justifie encore actuellement les travaux considérables que comportent les essais systématiques en plate-forme d'essai à grande puissance de court-circuit. Il est toutefois incontestable que des essais sur réseaux d'exploitation permettent un contrôle pré-

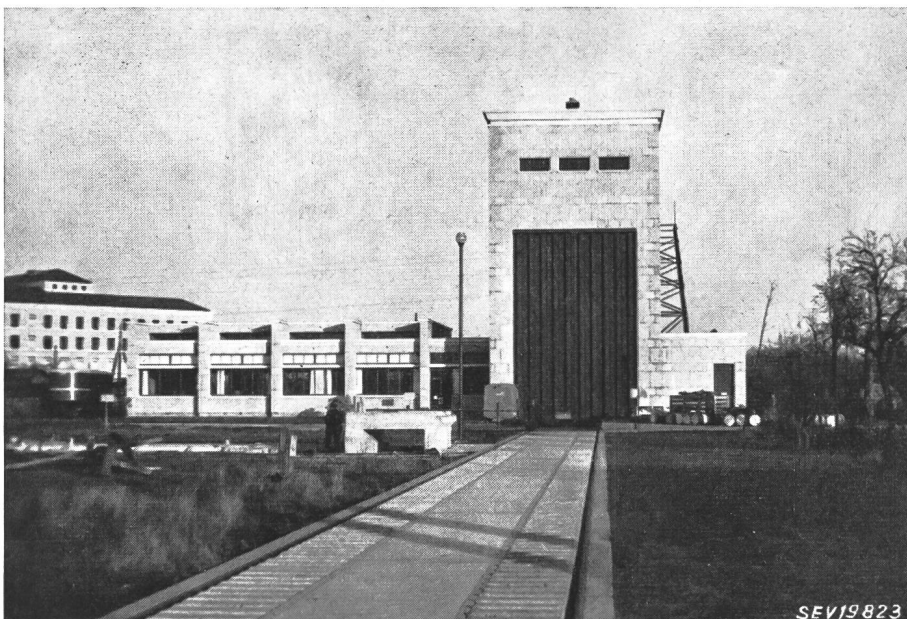


Fig. 3

Tour de montage des disjoncteurs avec atelier, sur le terrain d'essais de Fontenay

de la coupure. L'intervalle libre entre les deux chambres d'extinction augmente efficacement la tension d'éclatement, en particulier lors de la rup-

ture des essais de plate-forme, car ils sont non seulement plus conformes aux conditions pratiques d'exploitation, mais souvent d'une puis-

sance de court-circuit encore plus élevée qu'en plate-forme.

III. Station d'essais de Fontenay

Cette station d'essais [1]¹⁾, construite par l'Electricité de France (EdF) se trouve dans la banlieue de Paris, au sud de la Seine. Elle comprend un grand laboratoire à haute tension, une station d'essais pour câbles électriques et la station bien connue d'essais pour disjoncteurs qui ont attiré l'attention des spécialistes du monde entier. Sur le terrain, largement dimensionné, on voit également une tour de montage avec son atelier (voir fig. 3) pour la préparation aux essais des disjoncteurs, un poste de commande contenant l'appareillage de mesure et de commande pour les essais, trois plates-formes d'essais pour les disjoncteurs ainsi qu'un poste de couplage reliant la station au réseau 220 kV. La



Fig. 4

Vue partielle de l'installation d'essais des disjoncteurs à Fontenay

A gauche: Bâtiment de commandement
A droite: Plates-formes d'essais, séparées par des murailles

fig. 4 montre une vue partielle de l'installation d'essais des disjoncteurs à Fontenay.

Fontenay se trouve directement sur la double boucle à 220 kV qui entoure Paris mais n'est pas encore complètement fermée à l'ouest de la capitale. Toutes les lignes d'amenée de l'énergie électrique aboutissent à cette boucle qui est reliée par des transformateurs aux centrales thermiques de Paris et des environs. La fig. 5 donne le schéma de principe du réseau 220 kV mis en action. La puissance totale de court-circuit atteint de ce fait un des chiffres les plus élevés parmi ceux que l'on peut rencontrer en Europe. L'intensité du courant de court-circuit peut être poussée de 600 à 7000 A en rajoutant progressivement des lignes d'amenée et des stations centrales de la région parisienne. Pour des raisons d'exploitation, on ne procède qu'à des courts-circuits unipolaires entre une phase et la terre ou entre deux phases seulement, sous une tension de 130 kV ou de 240 kV respectivement.

Des essais sur lignes à vide peuvent avoir lieu en unipolaire ou en tripolaire. On peut additionner des longueurs de lignes variant progressivement de 18 à 830 km. L'intensité du courant capacitif varie alors de 10 à 430 A et la tension entre phase et terre de 130 à 136 kV, ce qui correspond à une tension entre phases de 225 à 236 kV. Il est prévu de com-

pléter la station actuelle au moyen de transformateurs et d'alternateurs, ce qui la rendra un des champs de manœuvres pour disjoncteurs les mieux équipés qui soient.

IV. Essais effectués

En principe, on procéda à tous les essais permis par les exploitants du réseau. Pour des raisons de service, ces essais ne purent être exécutés que de nuit.

A. Courts-circuits entre phase et terre

Le pôle de disjoncteur essayé travailla dans des conditions qui correspondaient à celles d'un réseau de 220 kV dont le neutre serait mis directement à la terre. On procéda à 16 coupures de courts-circuits dont la tension varia de 151 à 134 kV et l'intensité de 600 à 6750 A.

B. Courts-circuits entre phases

Dans ce cas, le disjoncteur unipolaire se trouvait directement entre deux phases du réseau 220 kV et travaillait sous la tension composée du système triphasé. Dans cette situation anormale, les conditions d'essai correspondaient sensiblement à celles qui auraient eu lieu en cas d'opposition de phases dans un réseau 220 kV mis directement à la terre ou à celles d'une mise à la terre accidentelle de phase dans un réseau 400 kV dont le neutre serait mis à la terre directement. Au cours des 13 essais qui eurent lieu de cette façon, le disjoncteur unipolaire dut couper des intensités variant de 800 à 6700 A sous des tensions variant de 255 à 240 kV.

Ces essais, cités sous IV A et IV B, représentent:

19 cycles complets «décl.-encl. décl.» avec intervalles de 0,22 à 0,40 s entre l'extinction de l'arc à la première coupure et la refermeture des contacts. 9 cycles «encl. décl.» et 1 simple déclenchement.

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

C. Fermetures et coupures sur lignes à vide

Ces essais, effectués également en unipolaire, représentèrent la fermeture et l'ouverture sur lignes à vide de 18, 112, 214, 420 et 828 km de longueur totale sous tension de phase variant de 130 à 136 kV et correspondant à des tensions entre phases de 225 à 236 kV.

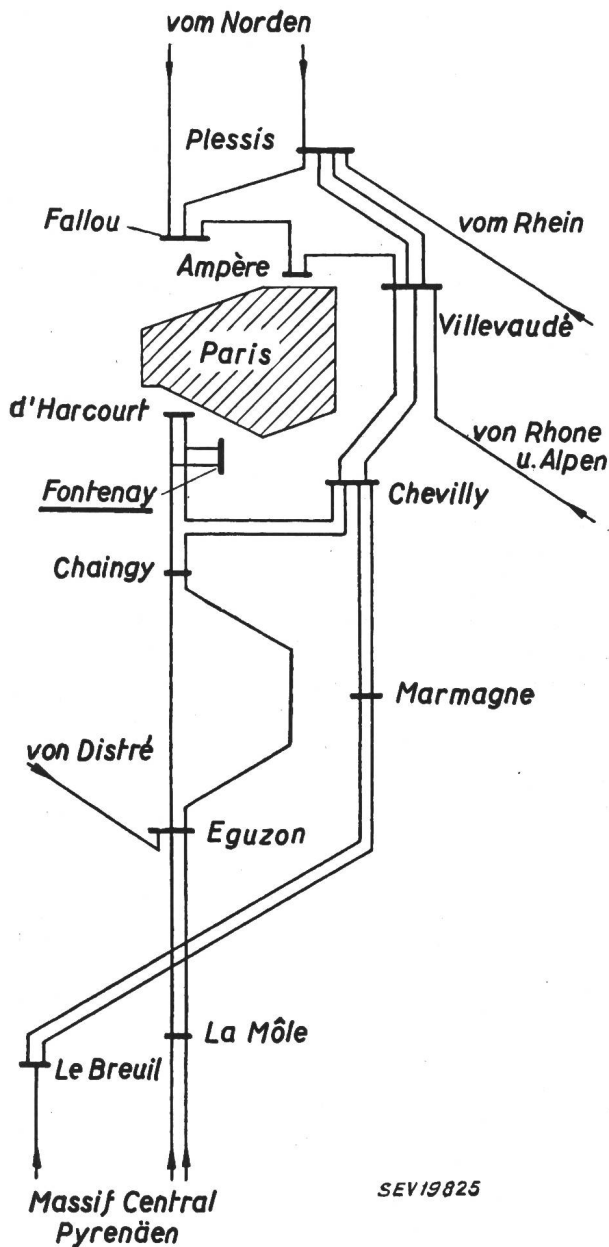


Fig. 5

Plan schématique des réseaux à 220 kV intéressés aux essais de Fontenay

D. Remarques au sujet des mesures et des enregistrements

Juste avant chaque essai, on mesurait la tension en volts entre la phase et la terre, au moyen de transformateurs de tension. Cette lecture servait à l'étalonnage des tensions relevées par l'oscillographe. L'enregistrement des valeurs intéressantes telles que: tension de rétablissement au disjoncteur, tension en amont du disjoncteur, tension en aval du

disjoncteur, courants de court-circuit, courants de charge, courants des bobines de commande, position du tube de contact, eut lieu au moyen de deux oscillographes réalisés par l'EdF elle-même et munis de tubes à rayon cathodique [2]. Les tensions furent prises au moyen de diviseurs capacitifs et les intensités au moyen de transformateurs de mesure. La fig. 6 représente approximativement les schémas de couplage et de mesure employés à Fontenay.

V. Résultats des essais

A. Essais de court-circuit

La Station de Fontenay est particulièrement bien placée dans le réseau de 220 kV entourant Paris. Une sélection appropriée des centrales d'alimentation permet de varier à volonté l'importance des courants de court-circuit pouvant être coupés. Les stations d'alimentation choisies restant les mêmes, les courants entre phases sont pratiquement égaux aux courants de courts-circuits à la terre. La simple manœuvre d'un sectionneur de jonction *K* se trouvant à proximité du disjoncteur à essayer permet de passer rapidement d'un court-circuit à la terre à un court-circuit entre phases (voir fig. 6).

Les courants indiqués dans les tableaux sous les séries A...F sont obtenus par les combinaisons suivantes (voir aussi fig. 5).

Série A

L'alimentation du court-circuit se faisait par des stations centrales des Pyrénées et du Massif Central au moyen d'une ligne directe Eguzon-Fontenay.

Série B

Alimentation par des stations centrales des Pyrénées et du Massif Central par une ligne directe Chaingy-Fontenay.

Série C

Alimentation par les stations centrales du Rhin, du Rhône et des Alpes, des centrales thermiques du Nord de la France et de quelques-unes de la région parisienne au moyen d'une ligne directe Villevaudé-Fontenay.

Série D

Alimentation par les mêmes centrales qu'en C avec, en plus, quelques usines du Massif Central. Alimentation de Fontenay à partir de Chevilley, au moyen d'une ligne directe.

Série E

Dans ce cas, de nouveau, ce sont les mêmes stations centrales qu'en C. Mais à celles-là s'ajoutent, par le moyen d'une ligne directe d'Harcourt-Fontenay, quelques usines thermiques de la région parisienne, reliées à Harcourt ainsi que des stations centrales des Pyrénées et du Massif Central.

Série F

Pendant ces essais, toutes les usines du Massif Central, des Pyrénées, des Alpes, des barrages du Rhin et du Rhône, des usines thermiques du Nord de la France et de la région parisienne, c'est-à-dire pratiquement toutes les centrales de France, alimentaient la station d'essais au moyen du réseau 220 kV.

«décl.-encl. décl.», le temps de pause fut de 0,23 à 0,40 s.

La valeur de crête du courant de fermeture atteignit au maximum 13,2 A. L'étude des chiffres du tableau montre que les durées de l'arc et les temps de coupure diminuèrent avec l'augmentation du courant.

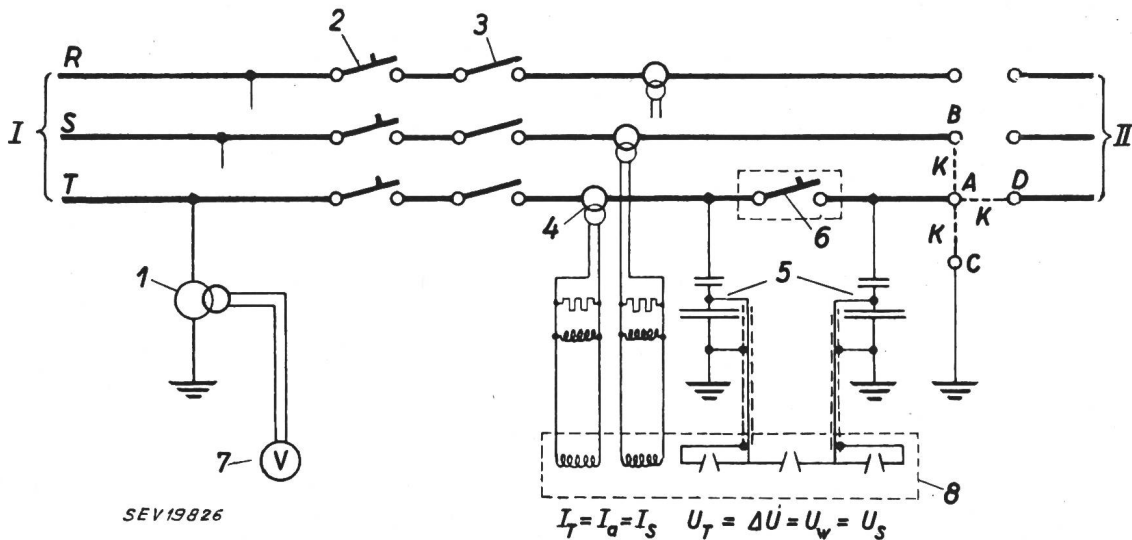


Fig. 6

Schémas de couplage et de mesures utilisés pendant les essais à Fontenay

I Réseau en amont du disjoncteur en essai; II Réseau en aval du disjoncteur en essai; 1 Transformateur de potentiel; 2 Disjoncteur de protection; 3 Sectionneur; 4 Transformateur d'intensité; 5 Diviseur de tension; 6 Disjoncteur en essai; 7 Voltmètre; 8 Oscillographe cathodique

Pour les courts-circuits entre phase T et la terre, la connexion K est entre les points A et C. Pour les courts-circuits entre les phases T et S, la connexion K est entre les points A et B. Pour les essais sur lignes à vide, la connexion K va du point A de la phase T au point D de la ligne à vide

Pour chaque échelon d'intensité, l'appareil essayé devait généralement exécuter un cycle «encl. décl.» et deux ou trois cycles complets «décl.-encl. décl.». Les résultats principaux, se rapportant à ces essais, figurent aux tableaux I et II.

Résultats des essais de court-circuit entre phase et terre

Tableau I

Nombre des essais	Tension rétablie aux bornes du pôle kV	Intensité symétrique coupée par le pôle A	Puissance coupée par le pôle MVA	Durée de l'arc cs	Temps total de coupure cs	Alimentation du court-circuit Série ¹⁾
4	143...151	600...620	86...94	2,6...5,0	7,2...9,6	A
3	135...139	1360...1440	180...200	2,2...4,5	6,7...9,1	B
1	139	2600	360	2,1...2,5	6,6...8,5	C
3	132...134	4050	520...540	2,4...3,6	6,6...7,2	D
1	136	5900	805	2,4...4,5	6,7...9,5	E
4	134	6500...6750	870...905	1,5...2,5	6,4...7,2	F

¹⁾ Pour de plus amples détails, voir chapitre V A.

Remarques sur les essais de court-circuit entre phase et terre du tableau I:

Le maximum de la tension de rétablissement mesurée aux bornes du disjoncteur fut de 151 kV. La plus grande puissance, soit 905 MVA, coupée par le pôle, correspondit à 6750 A à une tension de rétablissement de 134 kV. Les durées de l'arc en résultant varièrent entre 0,015 et 0,025 s et les temps de coupure de 0,064 à 0,072 s. Pour le cycle complet

Résultats des essais de court-circuit entre phases

Tableau II

Nombre des essais	Tension rétablie aux bornes du pôle kV	Intensité symétrique coupée par le pôle A	Puissance coupée par le pôle MVA	Durée de l'arc cs	Temps total de coupure cs	Alimentation du court-circuit Série ¹⁾
3	253...255	780...800	195...205	5,0...7,0	9,5...11,0	A
3	239...242	1460...1495	350...360	4,5...5,6	9,1...10,0	B
1	240	2750	660	4,7...5,7	8,8...9,7	C
2	238	4180	1000	4,5...4,7	8,7...10,2	D
3	236...238	4740...5500	1120...1380	3,5...4,5	8,0...8,9	E
1	240	6700	1610	2,9...4,7	7,8...8,8	F

¹⁾ Pour de plus amples détails, voir chapitre V A.

Remarques au sujet des essais de court-circuit entre phases du tableau II:

La tension de rétablissement la plus élevée (255 kV) est apparue après la coupure de 800 A. La plus grande puissance (1610 MVA) a été constatée à la coupure de 6700 A sous 240 kV avec des durées de l'arc de 0,029 à 0,047 s et des temps de coupure de 0,078 à 0,088 s. Les temps de pause varièrent de 0,22 à 0,35 s. La valeur de crête du courant à la fermeture atteignit au maximum 15,8 kA.

Là aussi, on put constater la diminution des durées de l'arc et des temps de coupure en raison de l'augmentation de l'intensité du courant de court-

circuit. Les fig. 7 et 8 montrent les oscillogrammes des cycles complets «décl.-encl. décl.».

La fig. 9 montre les variations du facteur de surtension en fonction de la longueur totale de la ligne.

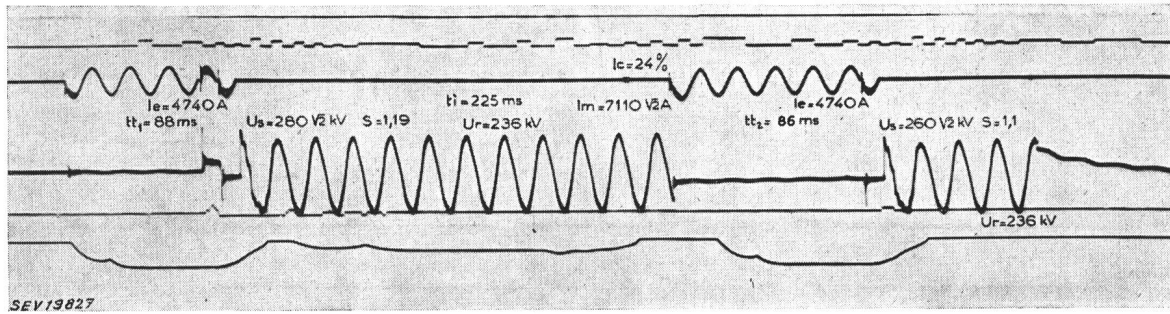


Fig. 7

Oscillogramme d'un essai «décl.-encl. décl.» avec court-circuit entre deux phases du réseau, effectué par le disjoncteur unipolaire décrit
 Tension de rétablissement au disjoncteur $U_r = 236 \text{ kV}$
 Intensité coupée $I_o = 4740 \text{ A}$
 Puissance coupée par le disjoncteur $= 1120 \text{ MVA}$
 Intervalle (temps de pause) $(t_i) = 0,255$
 Temps de coupure $0,088 \text{ et } 0,086 \text{ s}$

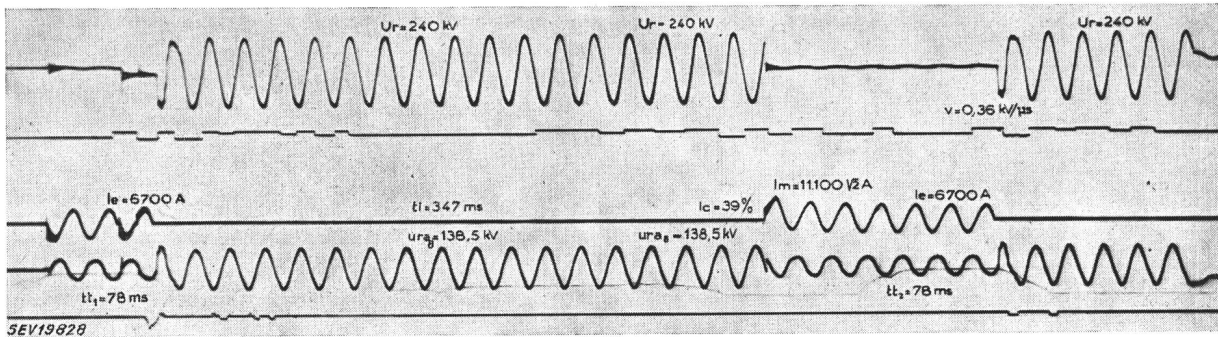


Fig. 8

Oscillogramme d'un essai «décl.-encl. décl.» avec court-circuit entre deux phases du réseau, effectué par le disjoncteur unipolaire décrit
 Tension de rétablissement au disjoncteur $U_r = 240 \text{ kV}$
 Intensité coupée $I_o = 6700 \text{ A}$
 Puissance coupée par le disjoncteur $= 1610$
 Intervalle (temps de pause) $t_i = 0,34 \text{ s}$
 Temps de coupure $0,078 \text{ et } 0,088 \text{ s}$
 Cet essai correspond à la coupure d'un court-circuit triphasé, isolé par rapport à la terre, de 3220 MVA à une tension composée de 278 kV, ou bien à la coupure d'un court-circuit triphasé, mis à la terre, de 4830 MVA à 416 kV

B. Fermeture et coupure sur lignes à vide

En plus des essais sur court-circuit, le disjoncteur sert à mettre sous tension et à couper des lignes à vide. Le tableau III donne les détails de ces essais.

Résultats des manœuvres de coupure sur lignes à vide
 Tableau III

Ligne coupée comportant les sections	Ligne alimentée par les stations	Longueur totale de la ligne coupée km	Courant de charge ¹⁾ A	Tension sur la ligne coupée ¹⁾ kV	Facteur de surtension ²⁾
Fontenay-Chevilly	Chaingy + d'Harcourt	18	10	132	0,58...0,71
Fontenay-Chevilly	Chevilly	112	43	133	0,58...0,87
Fontenay-Marmagne	Chaingy + d'Harcourt	214	90	136	0,58...1,06
Fontenay-Le Breuil	Chaingy + d'Harcourt	420	192	136	0,98...1,20
Fontenay-Le Breuil-Chevilly	Chaingy + d'Harcourt	828	429	134	0,80...1,10

¹⁾ Valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$.
²⁾ Facteur de surtension = rapport entre la valeur de crête de la surtension mesurée entre la ligne et la terre après la coupure et la valeur de crête de la tension composée (entre phases) à 50 Hz avant la coupure. La variation des temps de coupure correspond aux deux valeurs extrêmes de 0,06 à 0,10 s.

Les surtensions produites à la coupure de lignes à vide restèrent bien en dessous des valeurs de tensions prescrites pour l'essai d'isolement pendant une minute pour le matériel de 220 kV.

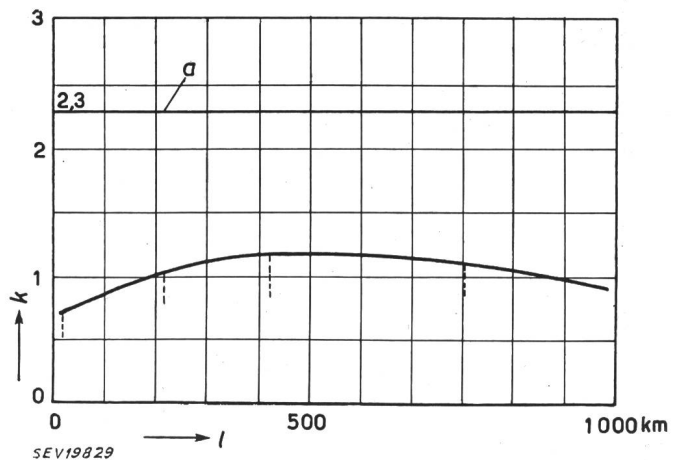


Fig. 9

Facteur k de surtension en fonction de la longueur de la ligne coupée

Valeur de la tension prescrite pour l'essai d'une minute du matériel 220 kV

$$k = \frac{\text{Valeur de crête de la surtension ligne-terre}}{\text{Valeur de crête de la tension composée à 50 Hz}}$$

C. Comportement général du disjoncteur pendant les essais

Le disjoncteur tint les essais sans difficulté et ne donna lieu à aucune défaillance. On ne constata ni projection de flammes ni perte d'huile. Seules les coupures de courants de court-circuit de forte intensité provoquèrent le dégagement d'un petit nuage de fumée. Les mêmes contacts et la même huile servirent d'un bout à l'autre des essais, sans remplacement. Au cours des essais, on procéda au démontage de la pompe de renouvellement de l'huile qui avait été placée dans la partie médiane du disjoncteur, mais se révéla absolument inutile.

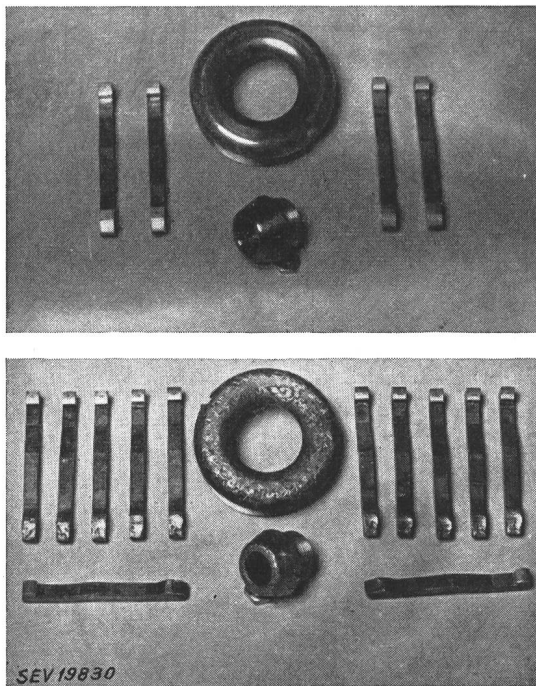


Fig. 10
Contacts à l'état de neuf et après les essais

Toutes les pièces constituant le disjoncteur étaient encore en très bon état après les essais; le jeu de contacts employé aurait encore pu être utilisé pour plusieurs séries d'essais du même genre. Fig. 10 montre les contacts à l'état de neuf et après les essais.

VI. Examen critique des résultats comparés à ceux d'un groupe tripolaire

Les sollicitations du disjoncteur unipolaire, au cours des essais, peuvent être ramenées aux conditions de fonctionnement d'un groupe tripolaire, et ceci en partant de deux positions de principe différentes.

Cas a

Le neutre du réseau est mis directement à la terre, comme c'est le cas pour la plupart des réseaux à haute tension. Il ne s'agit que des courts-circuits triphasés, non isolés de la terre. On admet que des courts-circuits isolés ne se produisent pas dans les réseaux à très haute tension du genre considéré.

La tension se rétablissant aux bornes du disjoncteur est pratiquement la tension de phase. La puissance triphasée de court-circuit est égale à trois fois la puissance d'un seul disjoncteur unipolaire et la tension entre phases est égale à $\sqrt{3}$ fois la tension de rétablissement unipolaire.

Le tableau IV représente quelques résultats unipolaires transposés au cas de disjoncteurs tripolaires.

Cas b

Le neutre du réseau n'est pas mis directement à la terre.

Il ne s'agit que des courts-circuits tripolaires. Dans ce cas, on sait que le disjoncteur unipolaire, coupant le premier, interrompt sous une tension égale à 1,5 fois la tension de phase, tandis que les deux autres pôles ensemble doivent couper sous la tension composée seulement. Les résultats obtenus au cours des essais sont donc à considérer comme ceux qui correspondraient aux sollicitations du pôle coupant le premier dans le cas de coupures tripolaires.

Il faudrait calculer de la même façon en cas d'un réseau avec neutre relié directement à la terre, si l'on admettait des courts-circuits tripolaires isolés de la terre. Pour les courts-circuits bipolaires sans terre les contraintes sont moins sévères qu'au cas a.

Les résultats unipolaires indiqués au tableau IV sont également sur ce même tableau, ramenés aux conditions de fonctionnement du disjoncteur tripolaire, dans ce second cas envisagé.

Résultats unipolaires principaux transposés en valeurs tripolaires correspondantes

Tableau IV

N° de l'essai	Résultats unipolaires			Transposés pour des disjoncteurs tripolaires			
	Tension de rétablissement kV	Courant de coupure symétrique A	Puissance à la coupure symétrique MVA	Cas a		Cas b	
				Tension composée kV	Puissance à la coupure symétrique, tripolaire MVA	Tension composée kV	Puissance à la coupure symétrique, tripolaire MVA
1	151	620	94	262	282	174	188
2	251	800	205	442	615	295	410
3	134	6750	905	232	2715	155	1810
4	240	6700	1610	416	4830	278	3220
Essais n° 1 et 3: Courts-circuits entre phase et terre				Essais n° 2 et 4: Courts-circuits entre phases			

Au cours de ces essais, comportant toute une quantité de cycles «encl.-décl.» et «décl.-encl. décl.», on a pu constater le fonctionnement irréprochable du nouveau disjoncteur-orthojecteur pour 220 kV et ceci, pour des intensités entre 600 et 7000 A, correspondant:

dans le cas a :

à des tensions composées jusqu'à 442 kV et des puissances de court-circuit jusqu'à 4830 MVA;

dans le cas b :

à des tensions composées jusqu'à 295 kV et des puissances de court-circuit jusqu'à 3220 MVA.

VII. Conclusions

Le nouveau disjoncteur-orthojecteur pour 220 kV a coupé plusieurs fois et de façon parfaite la puissance de court-circuit maximum de la station de Fontenay qui compte parmi les plus puissantes d'Europe. Ni les deux coupures, appartenant au cycle «décl.-encl. décl.», se suivant à un intervalle de 0,3...0,45 s, ni la fermeture sur court-circuit, qui se situe entre les deux coupures, ne créèrent de difficultés. On procéda en tout à 29 essais en court-circuit sans changer l'huile ni les contacts. Le comportement général de l'appareil pendant les essais permet de conclure qu'il aurait pu, sans danger, être soumis à des essais encore plus rigoureux. Il fut possible de constater également le fonctionnement parfait de l'appareil sous des tensions fortement sur-élevées. Ainsi, le disjoncteur coupa une puissance de court-circuit qui, rapportée à un réseau de 220 kV dont le neutre aurait été mis directement à la terre, représente 4830 MVA sous 416 kV, ce qui correspond presque à un court-circuit en opposition de phases. La coupure de lignes à vide jusqu'à une longueur totale de 830 km ne présenta pas non plus de difficultés. Les valeurs des surtensions relevées au cours de ces essais sont beaucoup moins élevées que les valeurs exigées pour l'essai d'isolement d'une minute.

L'état des pièces de l'appareil après les essais correspondait pratiquement à l'état de neuf. Même les contacts auraient pu continuer à servir pour plusieurs séries d'essais du même genre.

VIII. Remerciements à l'Electricité de France

Nous voudrions profiter de cette occasion pour exprimer nos sincères remerciements à l'Electricité de France qui a permis et facilité des essais aussi intéressants. Nous apprécions particulièrement le fait que l'autorisation nous fut accordée en tant que maison étrangère. Nos remerciements vont aussi au personnel de l'Electricité de France qui nous a grandement aidé et en si parfaite camaraderie pour que les essais fussent un succès.

Bibliographie

- [1] Maurice Laborde: Le rôle des essais directs sur les réseaux électriques dans le développement du matériel à haute tension. Bulletin de la Société Française des Electriciens, avril 1951, page 156 à 176.)
- [2] Yves Baron: Un nouvel oscillographe pour l'étude du fonctionnement des disjoncteurs. (Revue Générale de l'Electricité, février 1950, page 91 à 96.)

Adresse de l'auteur:

H. Ehrensperger, dipl. Ing. ETH, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau, Kyburgerstrasse 35, Aarau.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Neuordnung des Unterrichtes an der Abteilung für Elektrotechnik der ETH

Mit dem 1. Oktober 1951 ist durch die Einführung des neuen Studienplanes eine teilweise Neuordnung des Unter-

Veranlassung. Der Unterricht muss sich als organisches Gebilde ähnlich wie ein Lebewesen dauernd den äusseren Um-

621.3 : 378.962(494)

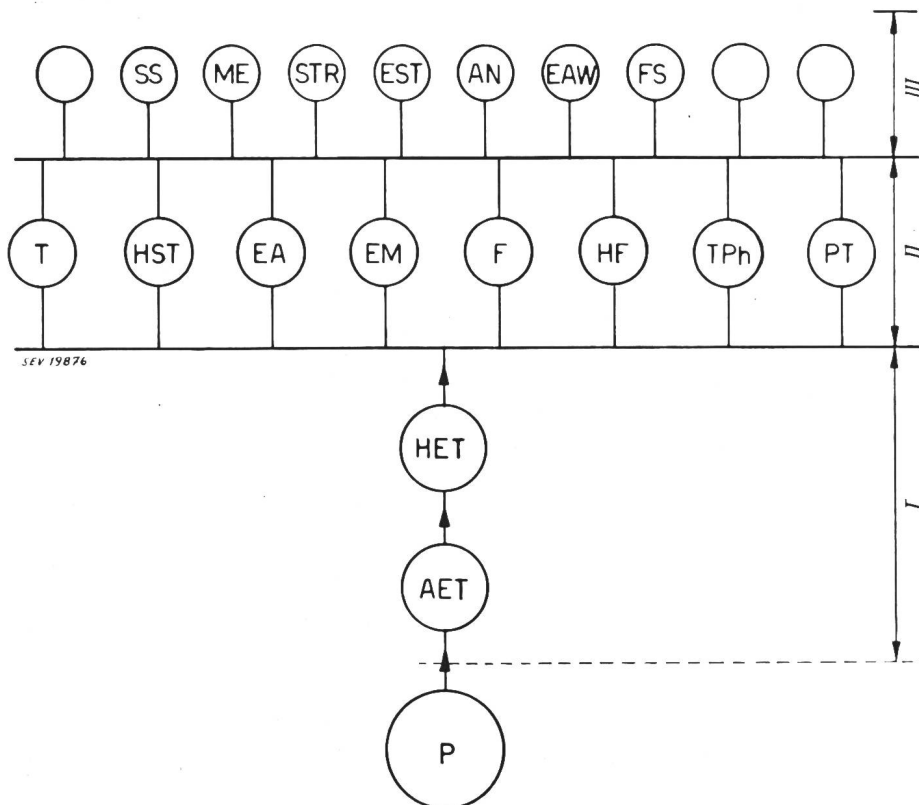


Fig. 1
Schematische Darstellung des Unterrichtes an der Abteilung für Elektrotechnik der ETH

P	Propädeutische Fächer
AET	Allgemeine Elektrotechnik (Prof. Gerecke)
HET	Höhere Elektrotechnik (Prof. Strutt)
EM	Elektrische Maschinen (Prof. Dünner)
EA	Elektrische Anlagen (Prof. Bauer)
HST	Hochspannungstechnik (Prof. Berger)
T	Elektrische Traktion (Prof. Sachs)
F	Fernmeldetechnik (Prof. H. Weber)
HF	Hochfrequenztechnik (Prof. Tank)
TPh	Technische Physik (Prof. Baumann)
PT	Produktionstechnik (Prof. Schmidt, Bickel, Gerwig, Grandjean)
EST	Elektro-Servo-Technik (Prof. Gerecke)
STR	Stromrichter und Starkstromelektronik (Prof. Gerecke)
ME	Moderne Elektronenröhren (Prof. Strutt)
SS	Schaltvorgänge, Schalter (Prof. Berger)
AN	Ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik, Elektrische Filtertheorie (Prof. H. Weber)
EAW	Elektro-akustische Wandler (Prof. Furrer)
FS	Probleme des Fernsehens (Prof. Baumann)
I	Grundlagen
II	Engere Fachausbildung
III	Wahlfächer

richtes an der Abteilung für Elektrotechnik der Eidg. Techn. Hochschule eingetreten. Verschiedene Gründe gaben hiezu

ständen anpassen. Angesichts der fortwährenden und sehr beträchtlichen Vergrößerung des Gesamtgebietes der Elek-