Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 20 (1929)

Heft: 2

Artikel: Les installations pour l'interconnexion des usines de la Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe et leur jonction avec le réseau de la Société "L'Energie de l'Ouest Suisse" (E. O. S.)

Autor: Abrezol, V.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056805

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: 22.08.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke | REDAKTION Zürich 8, Seefeldstr. 301 | Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration | Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. Zürich 4, Stauffacherquai 36/38 | Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XX. Jahrgang XXe Année | Bulletin No. 2 | Januar II Janvier II 1929

Les installations pour l'interconnexion des usines de la Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe et leur jonction avec le réseau de la Société „L'Energie de l'Ouest Suisse" (E. O. S.).

Par *V. Abrezol,* ingenieur, Lausanne.

621.302.134 (494) + 621.312 (006)

La centrale de la Peuffeyre est reliée d'une part aux deux autres usines de la „Compagnie vaudoise", Montcherand et La Dernier, d'autre part au réseau de la société „l'Energie de L'Ouest-Suisse" (E. O. S.). L'auteur décrit les installations techniques nécessitées par l'interconnexion de ces usines et de ces réseaux, en particulier les dispositifs adoptés pour réaliser un échange d'énergie économique et répondant aux clauses des contrats, en ce qui concerne le réglage de la tension et du cos φ. L'article présente en outre une description détaillée des sous-centrales, des postes de couplage et des lignes.

Das Kraftwerk „La Peuffeyre" ist einerseits mit den beiden andern Kraftwerken der „Compagnie Vaudoise", Montcherand und La Dernier, anderseits mit dem Netz der „Energie de l'Ouest-Suisse" (E. O. S.) gekuppelt. Der Autor geht auf die technischen Einrichtungen ein, welche der Zusammenschluss dieser Werke und Netze erforderte, namentlich die zur vertragsgemässen und wirtschaftlichen Durchführung des Energieaustausches nötig gewesenen Einrichtungen für die Spannungs- und cos φ - Regulierung, und beschreibt anschliessend im Detail die Unterwerke, Schaltstationen und Leitungen.

A l'occasion de l'établissement de sa nouvelle usine de la Peuffeyre [1]), la „Compagnie vaudoise" a procédé à l'étude des installations de liaison entre cette usine et ses autres centrales de *Montcherand* et de *La Dernier*, de façon à assurer dans les meilleures conditions les échanges éventuels d'énergie entre ces usines.

En particulier elle envisagea la construction d'une ligne à forte capacité de transport Peuffeyre - Malapalud - Montcherand, pouvant suffire à l'amenée dans son réseau, non seulement de l'énergie produite par la nouvelle usine, mais également d'énergie plus considérable, ceci en prévision du développement ultérieur de ce réseau.

En même temps, la „Compagnie vaudoise" passait un contrat avec des industriels de Bellegarde (Ain), par lequel, sous réserve de l'autorisation d'exportation nécessaire, elle leur assurait la fourniture, pendant une première période de dix ans, d'excédents d'énergie pouvant atteindre 25 millions de kilowattheures par année, sous une puissance maximum d'environ 3500 kW. En ce qui concerne le transport de cette énergie à la frontière franco-genevoise, où les clients de la „Compagnie vaudoise" devaient en prendre livraison, une entente intervint avec la Société „l'Energie de l'Ouest Suisse" (E. O. S.), selon laquelle cette dernière se

[1]) Voir la description de cette usine dans le Bulletin A. S. E. 1928, No. 20, page 645.

charge de ce transport par sa ligne Romanel-Genève, la livraison de l'énergie de la „Compagnie vaudoise“ devant avoir lieu à Romanel au moyen d'une ligne transversale Malapalud-Romanel, branchée sur la ligne de transport principale Peuffeyre-Malapalud-Montcherand.

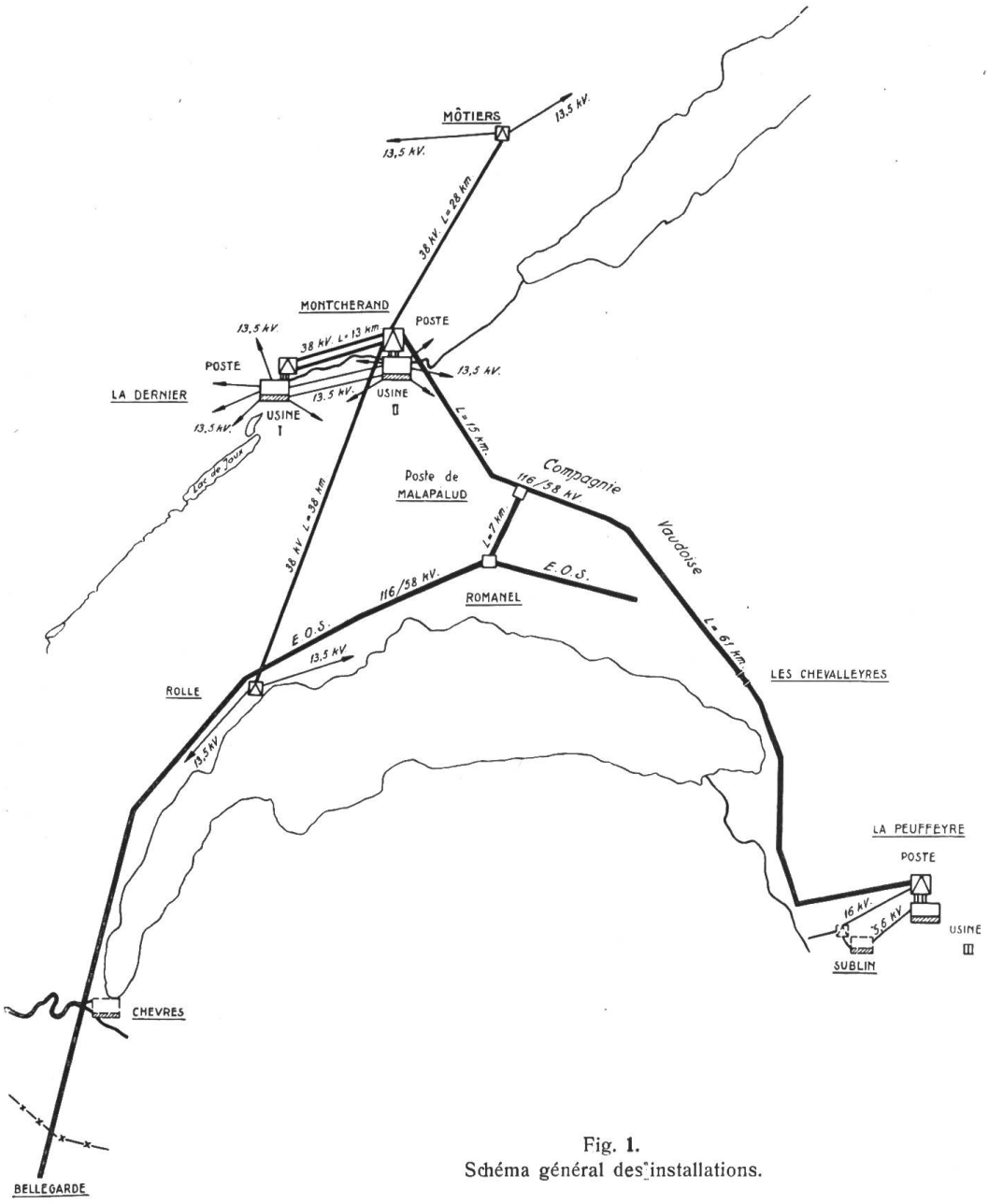

Fig. 1.
Schéma général des installations.

Le contrat passé à cet effet entre la „Compagnie vaudoise“ et „E. O. S.“ spécifie entre autres que la „Compagnie vaudoise“ livrera à Romanel sous la tension d'environ 58 kilovolts plus ou moins 3 %, l'énergie qu'elle y fournira à destination de Bellegarde, „E. O. S.“ se réservant d'ailleurs de porter ultérieurement cette tension à environ 110 à 120 kilovolts. En outre, il est entendu que la „Compagnie vaudoise“ organisera ses dispositifs de réglage de telle façon que le facteur de puissance, sous lequel l'énergie est livrée à Romanel, corresponde à celui de la consommation de ses clients, ramené à Romanel, et qui, dans la règle, est garanti par ceux-ci comme devant être d'au moins 0,85 à la frontière franco-genevoise.

Tenant compte des conditions ci-dessus, de même que des autres facteurs à considérer actuellement pour l'interconnexion de ses usines dont les régimes hydrau-

liques sont différents et peuvent se compenser dans une notable mesure, la „Compagnie vaudoise“ se donna comme tâche de résoudre le problème suivant:

Combiner un systéme de réglage tel que l'on puisse réaliser le transport de puissances variables suivant les disponibilités:

a) de la Peuffeyre vers Malapalud-La Dernier, avec marche en parallèle avec le réseau de distribution de la „Compagnie vaudoise“;

b) ou inversement de La Da Dernier-Montcherand vers Malapalud-La Peuffeyre, avec marche en parallèle éventuelle avec l'usine de Sublin de la „Société des Forces motrices de l'Avançon“;

tout en assurant dans chacun des cas *a)* et *b)* ci-dessus la fourniture à „E.O.S.“, par la jonction Malapalud-Romanel, d'une puissance variable sous $\cos \varphi = 0{,}8$ à 0,85.

Les chiffres correspondant à ces échanges sont fixés comme suit:

a) Service d'été. Fourniture par la Peuffeyre de 0 à 11000 kW dans la ligne Peuffeyre-Malapalud-Montcherand, répartis de la façon suivante:

0 à 4000 kW sur Malapalud-Romanel („E. O. S.“) et
0 à 11000 kW sur Malapalud-Montcherand-La Dernier.

b) Service d'hiver. Fourniture par les usines de La Dernier-Montcherand de 0 à 5000 kW dans la ligne Montcherand-Malapalud-Peuffeyre, répartis de la façon suivante:

0 à 3000 kW sur Malapalud-Romanel et
0 à 2000 kW sur Malapalud-Peuffeyre-Sublin.

En outre, il y a lieu de prévoir que la jonction Malapalud-Romanel devra permettre l'échange d'énergie dans les deux sens, c'est-à-dire que la „Compagnie vaudoise“ pourra, cas échéant, non pas livrer à E.O.S., mais recevoir de cette Société une puissance variable de 0 à 4000 kW sous $\cos \varphi = 0{,}8$ à 0,85.

Enfin le transport de l'énergie dans la ligne Peuffeyre-Malapalud-Montcherand doit être effectué d'une manière générale sous un facteur de puissance élevé.

Ce problème avec toutes les données complémentaires utiles, notamment avec les caractéristiques de la ligne de transport Peuffeyre-Malapalud-Montcherand et Malapalud-Romanel, fut soumis d'une part aux Ateliers de Construction Oerlikon, d'autre part à la Société Brown, Boveri & Cie., avec mission de présenter des propositions pour les deux solutions suivantes:

1^0 avec poste spécial de réglage du facteur de puissance sur la jonction Malapalud-Romanel,

2^0 sans ce poste de réglage spécial, tous dispositifs étant concentrés dans les usines.

Les études faites par les deux maisons, en collaboration avec le service technique de la „Compagnie vaudoise“, aboutirent à la présentation de projets et devis approximatifs pour les deux solutions. Après mûr examen et conformément d'ailleurs aux préavis des deux maisons de construction, la „Compagnie vaudoise“ adopta la première solution, laquelle comporte l'installation à Malapalud, sur la ligne transversale Malapalud-Romanel, d'un poste de réglage du facteur de puissance avec régulateur d'induction possédant un champ de réglage capable de compenser les variations de tension de la ligne d'„E.O.S.“ et de celle de la „Compagnie vaudoise“ à Malapalud. En effet, cette solution, bien que plus coûteuse que la deuxième, présente sur cette dernière certains avantages, notamment celui d'opérer la jonction entre la ligne de la „Compagnie vaudoise“ et celle de la Société „E.O.S.“ sous forme d'un joint élastique au point de vue de la tension, permettant de conserver aux deux réseaux une certaine indépendance tout en satisfaisant aux conditions fixées dans les contrats de la „Compagnie“ avec „E.O.S.“ pour la fourniture de l'énergie destinée à ses clients de Bellegarde.

Le projet mis à exécution consiste, en principe, dans un réglage à tension constante et égale aux deux extrémités de la ligne Peuffeyre-Montcherand. Cette ligne tra-

vaille donc à chute de tension nulle entre ses deux extrémités, ce qui est favorable pour la marche dans les deux sens. En outre, les fluctuations de tension à Malapalud étant réduites au minimum, il en résulte une diminution sensible de la puissance et en conséquence du coût de l'installation de réglage du facteur de puissance de Malapalud.

Enfin, le calcul démontre que dans la plupart des éventualités de transport envisagées, ce dernier s'effectue sur la plus grande partie de la ligne, soit de la Peuffeyre à Malapalud, avec un $\cos\varphi$ voisin de 1, tandis que le plus petit tronçon, soit celui de Malapalud à Montcherand, est affecté d'un facteur de puissance moins favorable, le courant étant plus ou moins décalé en avant suivant la charge de la ligne entre Malapalud et Montcherand, bien que d'une manière générale ce facteur de puissance demeure encore satisfaisant.

Le réglage à une valeur fixe de la tension aux extrémités de la ligne Peuffeyre-Montcherand a lieu à l'usine de la Peuffeyre au moyen de régulateurs de tension automatiques agissant sur l'excitation des alternateurs, et à Montcherand, à l'aide d'un compensateur synchrone de la puissance de 5000 kVA, installé dans une sous-station importante établie à proximité immédiate de l'usine de Montcherand et organisée simultanément comme poste de transformation, de réglage et de distribution.

Fig. 2.
Usine et poste de transformation de la Peuffeyre.

La puissance relativement réduite du compensateur synchrone a été fixée en tenant compte de ce qu'en régime dit „d'été", alors que la ligne Peuffeyre-Montcherand est appelée à transporter dans le réseau de la „Compagnie vaudoise", la plus grande quantité d'énergie, les alternateurs de l'usine de La Dernier étant disponibles peuvent être utilisés pour la production du courant déwatté nécessaire, concurremment avec ce compensateur synchrone.

L'ensemble des installations de la Peuffeyre, de Malapalud et de Montcherand, permet en résumé de réaliser la marche en parallèle des usines de la „Compagnie vaudoise" entre elles, de même qu'avec celles du complexe d'„E.O.S.", tout en assurant à chaque entreprise toute liberté de régler la tension de son propre réseau dans les limites prévues, et cela en satisfaisant en outre aux conditions relatives au facteur de puissance fixées pour l'échange de l'énergie entre les deux entreprises.

Description des installations.

1^{0} *Poste de transformation de la Peuffeyre.*

Nous renvoyons à la description de ce poste figurant dans la monographie de l'usine de la Peuffeyre [2]) et rappelons qu'il est disposé pour recevoir trois transformateurs triphasés de 5000 kVA élevant la tension de 5600 V des alternateurs à 58000 V (ou ultérieurement 116000 V) sous fréquence de 50 périodes par seconde, pour le transport de l'énergie par la ligne Peuffeyre-Montcherand.

2^{0} *Ligne Peuffeyre-Malapalud-Montcherand.*

Le projet d'établissement de cette ligne donna lieu à certaines protestations de la part de plusieurs communes de la Vallée du Rhône, en raison de la multiplicité des lignes existant déjà dans cette contrée.

Afin de donner satisfaction aux populations intéressées, la „Compagnie vaudoise" proposa à la Commune de Lausanne, dont la ligne triphasée à 50000 V était devenue insuffisante pour assurer à elle seule le transport de l'énergie nécessaire à la Ville, de transférer cette ligne dans la région considérée, sur les pylônes de la nouvelle artère, en profitant de cette circonstance pour en doubler la section, tout en s'assurant la possibilité d'augmenter ultérieurement la tension de service.

Cette proposition fut agréée par la Commune de Lausanne, en sorte que la ligne fut établie de Bex à Glion, soit sur une longueur d'environ 20 km, à 2 circuits à 3 conducteurs de cuivre de 100 mm^{2} et corde de protection en acier de 45 mm^{2}. Le contrat passé entre les deux entreprises indique que les pylônes et la corde de protection sont la propriété commune des deux parties et que chacune d'elles est propriétaire exclusive d'un circuit de 3 conducteurs y compris les isolateurs.

A Glion, la ligne de la Ville de Lausanne se sépare de la ligne commune et continue sur ses propres supports dans la direction de Lausanne, tandis que la ligne de la „Compagnie vaudoise" se dirige vers Malapalud-Montcherand, avec embranchement Malapalud-Romanel. Toutefois, les pylônes de la ligne de la „Compagnie vaudoise" ont été maintenus pour un équipement à 6 conducteurs de Glion jusqu'aux Chevalleyres, soit sur un tronçon de 6 km, en prévision de leur utilisation possible par la Ville de Lausanne, à l'occasion d'une modification de sa ligne dans cette région. Enfin, les tronçons Malapalud-Romanel et Malapalud-Montcherand ont été également construits avec pylônes à 6 conducteurs, en vue de l'adjonction éventuelle d'un deuxième circuit sur cette partie de la ligne.

La longueur de la ligne Peuffeyre-Montcherand est de 76 km, soit 61 km de la Peuffeyre à Malapalud et 15 km

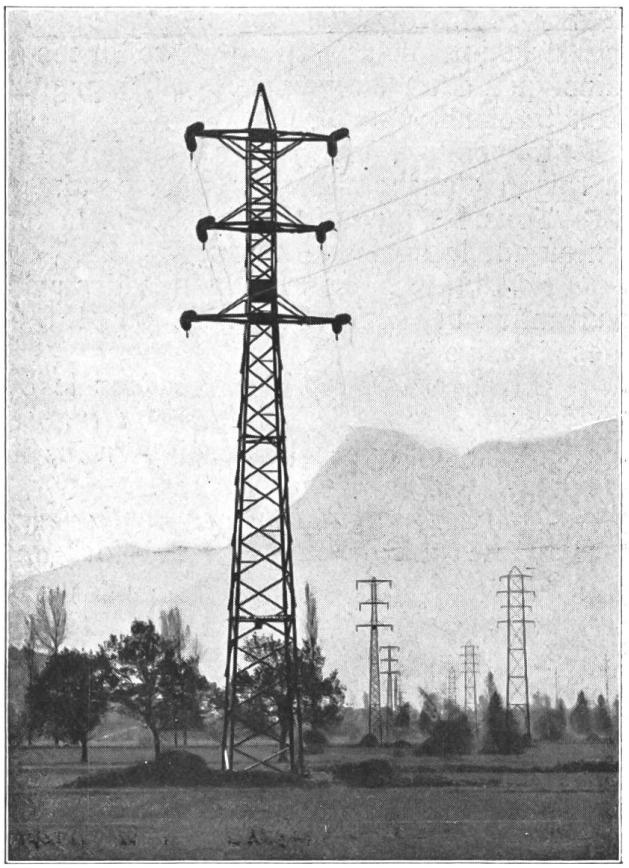

Fig. 3.
Ligne Peuffeyre-Malapalud-Montcherand.
Tronçon commun avec la Ville de Lausanne. On voit à droite la ligne des Chemins de fer fédéraux, puis la ligne de la Ville de Lausanne, remplacée dès lors par un circuit de la nouvelle artère.

[2]) Voir Bulletin A.S.E. 1928, No. 20, page 667.

de Malapalud à Montcherand, et celle de l'embranchement Malapalud-Romanel de 7 km, la longueur totale étant ainsi de 83 kilomètres.

Des sectionneurs sont intercalés dans la ligne aux Chevalleyres et à Malapalud, pour permettre d'accélérer la localisation des avaries en cas de perturbations dans le service. En outre, un disjoncteur automatique est installé sur l'embranchement Malapalud-Romanel.

Pylônes: Il y a 8 types normaux de pylônes métalliques, à savoir:
Pour les tronçons à 6 conducteurs:

Pylône tenseur, utilisable pour angles supérieurs à 158°;
Pylône d'angle, pour les angles compris entre 144° et 158°;
Pylône porteur normal calculé pour portées moyennes de 250 m;
Pylône porteur renforcé, pour les portées supérieures à 250 m;
et utilisable aussi pour les traversées de chemins de fer.

Pour les tronçons à 3 conducteurs:

Pylône tenseur, utilisable pour les angles supérieurs à 147°;
Pylône d'angle, pour les angles compris entre 138° et 147°;
Pylône porteur normal, calculé pour portées moyennes de 250 m;
Pylône porteur renforcé, pour les portées supérieures à 250 m;
et utilisable aussi pour les traversées de chemins de fer.

Il a été construit en outre, pour des cas particuliers de croisements avec d'autres lignes, quelques types spéciaux, dérivés d'ailleurs des types normaux, mais de hauteur réduite ou légèrement augmentée.

Les pylônes ont été livrés par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A., lesquels, sur demande de la „Compagnie vaudoise", ont confié la construction d'un certain nombre de ces supports aux Ateliers Zwahlen, à Lausanne, ainsi qu'à deux abonnés de la „Compagnie vaudoise", MM. Ernst & Fils et M. Stadlin, constructeurs à Morges.

La peinture des pylônes a été faite à la „Damboline" couleur vert-olive, appliquée à raison d'une couche sur deux couches de minium.

Tous les pylônes sont reliés à la terre au moyen de rubans de tôle galvanisée, entourant le socle de béton.

Fondations. Les fondations des pylônes sont toutes en béton massif, calculées suivant la méthode préconisée par M. Sulzberger, ingénieur au Département fédéral des chemins de fer[3]).

Un ancrage spécial, noyé dans le béton, sert à l'assujettissement de chaque pylône au moyen de pièces de serrage et de boulons. Dans la région d'Yvorne, vu la très mauvaise qualité du terrain, il a été nécessaire d'asseoir les fondations de 4 pylônes sur des pilotages.

Isolateurs et fixation des conducteurs. L'isolation de la ligne est assurée par des chaînes d'isolateurs type „Motor" de 290 mm de hauteur, avec cape métallique. Les isolateurs ont été livrés avec les garanties suivantes:

Résistance mécanique à la traction: 4500 kg.
Résistance électrique: la tension d'éclatement pour une chaîne de 3 isolateurs est de 325 kV à sec et de 220 kV sous une pluie de 2,5 mm par minute, à 45° C d'inclinaison.

Le lacet appartenant à la Compagnie vaudoise a été équipé d'emblée pour la tension de 120 kV, avec chaînes de suspension de 3 éléments et chaînes d'amarrage de 4 éléments.

Sur le tronçon Bex-Glion, le lacet de la Commune de Lausanne, à 50 kV, a été équipé, pour le moment, avec chaînes de suspension de 2 éléments et chaînes d'amarrage de 3 éléments.

Sur les pylônes porteurs renforcés utilisés aux traversées des chemins de fer, les câbles sont suspendus par des chaînes doubles disposées en „semi-amarrage".

[3]) Voir Bulletin A. S. E. 1927, No. 6, page 337 et suiv. (Réd.)

Les isolateurs ont été livrés par la Fabrique de porcelaine de Rosenthal et par la Fabrique de porcelaine „Norden S. A.“, à Copenhague.

Les pièces de fixation des conducteurs aux isolateurs ont été livrées par la Société Anonyme des Aciéries ci-devant Georges Fischer, à Schaffhouse.

Conducteurs. Les conducteurs de cuivre, de 100 mm² de section, sont composés de 19 brins de 2,59 mm de diamètre, avec résistance à la rupture par traction de 44 à 46 kg par mm².

La corde de protection en acier galvanisé, de 45 mm de section, est composée de 7 brins de 2,87 mm de diamètre, avec charge de rupture à la traction de 120 kg par mm².

Les flèches de pose des conducteurs de cuivre ont été calculées de façon qu'à 0° C, avec surcharge de neige de 2 kg par mètre courant, la traction des câbles ne dépasse pas la limite d'étirage, soit 2800 kg.

Pour le câble d'acier, il a été admis à 0° C, avec surcharge de neige de 2 kg par mètre courant, la même flèche que celle des câbles de cuivre, les conditions de sécurité étant d'ailleurs remplies.

Les jonctions des câbles de cuivre en pleine portée sont assurées par des manchons de raccordement „Von Tobel“, tandis que pour le câble d'acier il a été utilisé des raccords du type employé par les C. F. F.

Tous les câbles ont été livrés par la S. A. des Câbleries et Tréfileries, à Cossonay-Gare.

Divers. Sur trois tronçons particulièrement accidentés, les câbles ont été posés avec des flèches supérieures à celles calculées suivant les indications ci-dessus, de façon à permettre une répartition des supports évitant de trop grandes portées.

La portée la plus grande de la ligne est celle de 580 m, au travers du ravin de la Veveyse. Cette portée est comprise entre deux pylônes tenseurs auxquels les conducteurs ont été amarrés au moyen de doubles chaînes d'isolateurs.

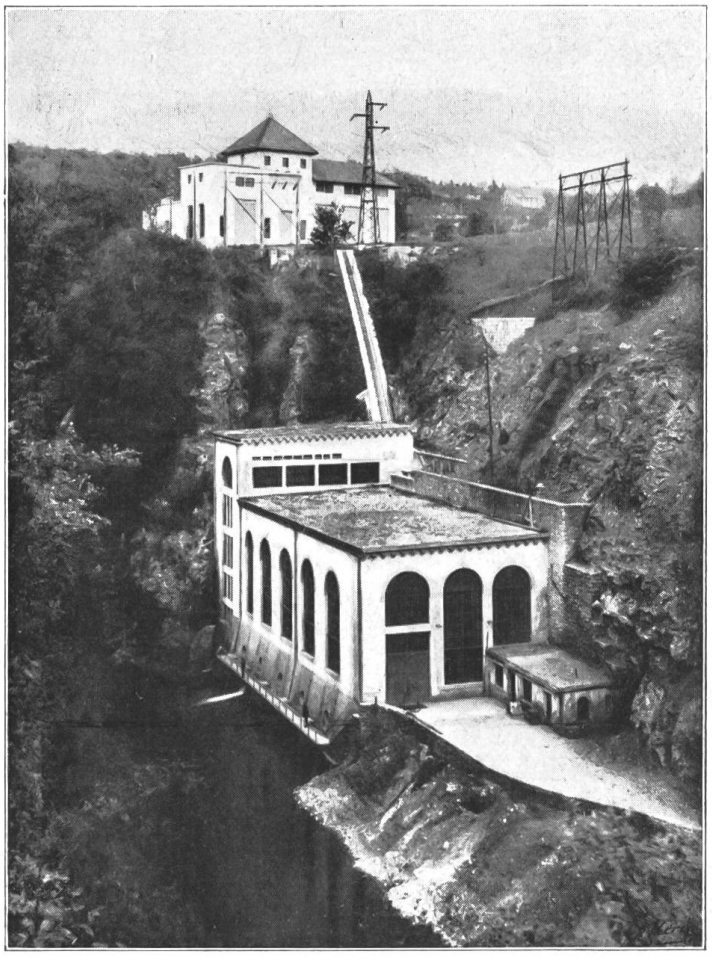

Fig. 4.
Usine et poste de Montcherand. Côté arrivée de la ligne à 120 kV.

3° *Poste de Montcherand.*

Cette station est constituée par un bâtiment en maçonnerie, de forme quasi rectangulaire, d'environ 39 m de longueur, sur 19 m de largeur, établi sur un terrain dominant l'usine de Montcherand et à proximité immédiate de celle-ci. Elle est le point de jonction des usines de La Dernier, de Montcherand et de la Peuffeyre appartenant à la „Compagnie Vaudoise“. La liaison avec l'usine de La Dernier, distante d'environ 13 km, a lieu au moyen de deux lignes triphasées aériennes à la tension

de 40 000 V, celle avec l'usine voisine de Montcherand se fait par deux lignes triphasées en câbles souterrains à 13 500 V, enfin celle avec l'usine de la Peuffeyre a lieu au moyen de la ligne triphasée aérienne à 60 000/120 000 V décrite dans la présente notice.

Le poste de Montcherand sert également de centre de distribution pour les feeders à 40 000 V alimentant certaines régions du réseau de la „Compagnie vaudoise". Le circuit à 13 500 V est en outre aménagé pour recevoir l'équipement de quelques nouveaux départs de lignes à cette tension, tous les départs disponibles à l'usine de Montcherand étant déjà occupés. (Fig. 4 et 5.)

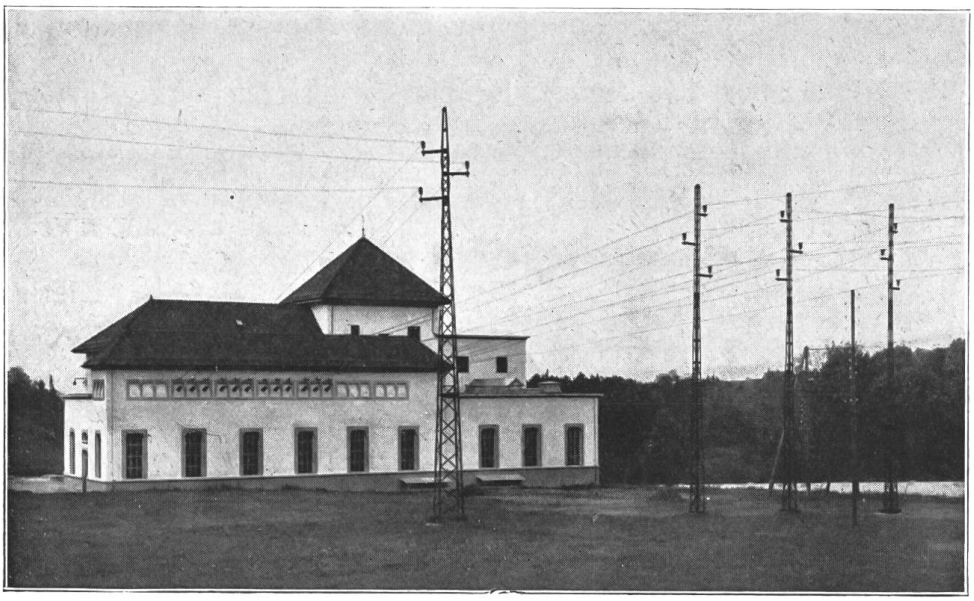

Fig. 5.
Poste de Montcherand. Côté des départs à 40 kV.

Cette installation comprend principalement les organes suivants:

1. *Les transformateurs* nécessaires pour abaisser, d'une part, la tension de 58 000 V (ou ultérieurement 116 000 V) de la ligne de transport Peuffeyre-Montcherand à celle d'environ 13 500 V des alternateurs de l'usine de Montcherand et du réseau de la „Compagnie vaudoise"; d'autre part, pour produire la tension d'environ 40 000 V, des lignes de jonction entre les usines de Montcherand et de La Dernier, de même que des feeders de distribution importants. (Fig. 6.)

Cette double transformation a été réalisée au moyen de transformateurs à triple enroulement $13\,500/40\,000/\frac{58\,000}{116\,000}$ V, dans lesquels l'enroulement à la plus haute tension est composé de deux parties pouvant être mises en parallèle ou en série, selon que la tension de 58 000 ou 116 000 V sera appliquée à la ligne de transport Peuffeyre-Montcherand. (Fig. 7.)

Bien que le bâtiment ait été établi d'emblée pour recevoir trois transformateurs, il a été installé pour le début seulement deux de ces appareils de 5000 kVA chacun. Il s'agit de transformateurs à bain d'huile et à ventilation naturelle par circulation automatique de l'huile dans des radiateurs fixés tout autour de la cuve. Les enroulements sont constitués par des bobines circulaires avec spires d'entrée à isolation renforcée. Afin de parer aux effets mécaniques des courts-circuits sur ces enroulements, ces derniers sont maintenus par un dispositif à ressort, empêchant toute dislocation éventuelle des bobines.

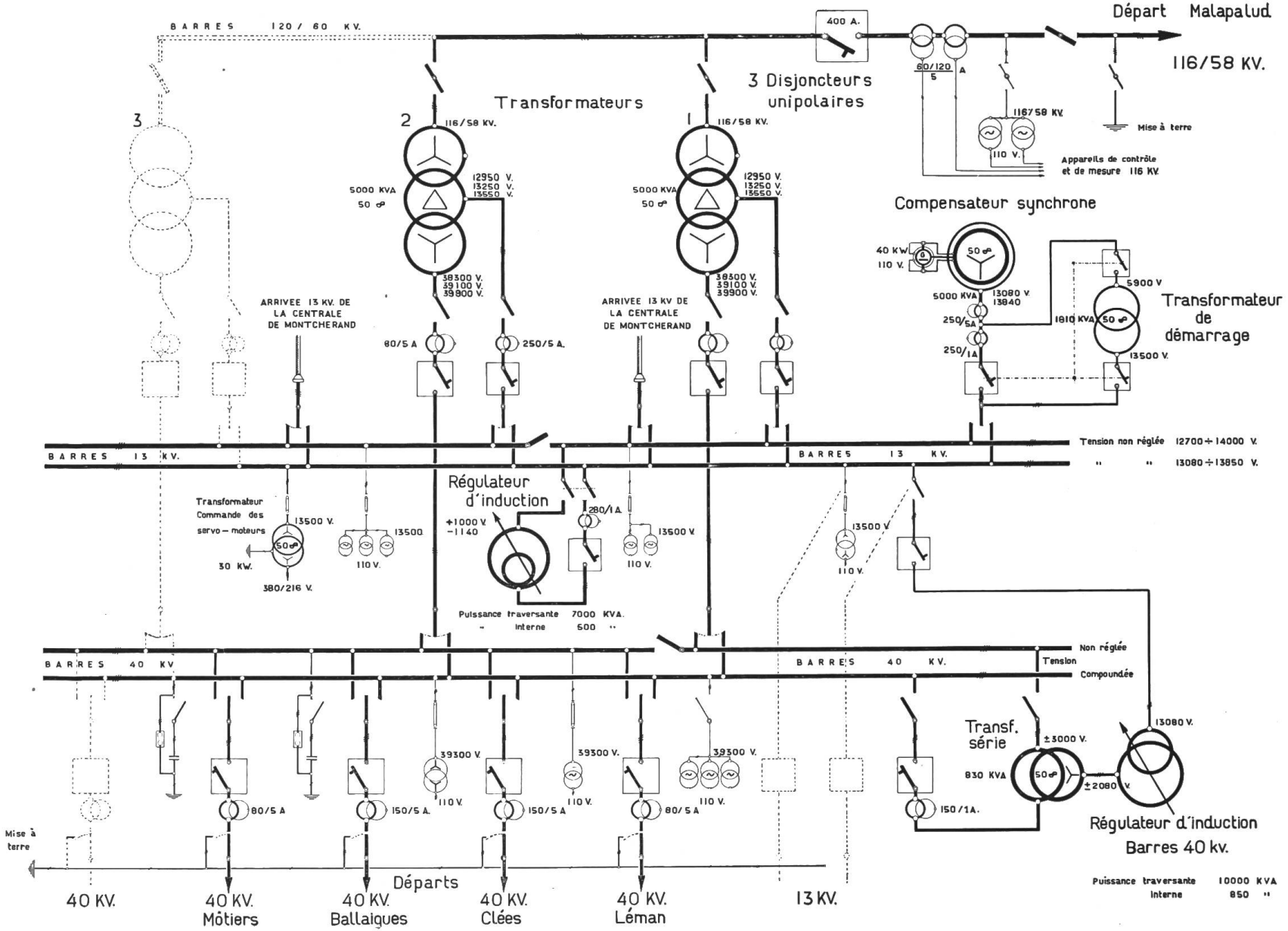

Fig. 6. — Poste de Montcherand. Schéma général.

Les caractéristiques essentielles de ces transformateurs sont les suivantes:

Puissance de chaque enroulement 5000 kVA
Fréquence 50 pér/sec.
Rapports de transformation à vide: primaire 116/58 kV;
secondaire 38300/39500/39900 V; tertiaire 12950/13250/13550 V.

Couplage primaire en étoile avec point neutre sorti. Couplage secondaire en étoile. Couplage tertiaire en triangle.

Perte dans le cuivre	*à pleine charge*
primaire	30 kW
secondaire	19 kW
tertiaire	21 kW
Pertes dans le fer	40 kW

L'essai d'isolement a été effectué suivant les normes de l'„Association Suisse des Electriciens".

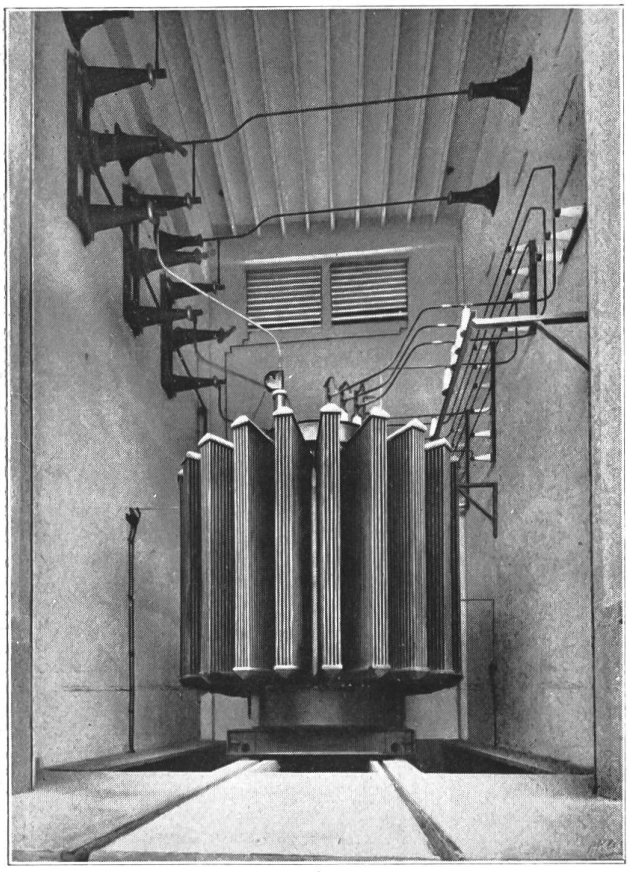

Fig. 7.
Poste de Montcherand.
Transformateur triphasé de 5000 kVA à triple enroulement.

Le poids d'un de ces transformateurs avec l'huile est de 48 T.

2. *Un compensateur synchrone,* pour courant tryphasé à 50 pér/sec. branché sur le circuit à 13500 V des transformateurs et dont l'excitation est réglée par un dispositif automatique, agissant lui-même selon la tension de la ligne à 58000 V (116000 V), de façon à maintenir constamment cette tension à une valeur fixe. (Fig. 8.)

Cette machine est du type à ventilation forcée. Sa carcasse est fermée par rapport à la salle des machines, l'air frais étant aspiré du dehors par un canal spécial et refoulé à l'extérieur par un autre canal, après passage et échauffement à travers la machine. Sa puissance est de 5000 kVA sous cos $\varphi = 0$. Elle tourne à la vitesse de 750 tours à la minute. La tension appliquée à l'induit est d'environ 13500 V.

L'excitatrice montée en bout d'arbre est dimensionnée pour une puissance de 40 kW et produit le courant continu sous la tension de 110 V. Elle est munie de pôles de réglage, en vue d'éviter l'emploi d'un rhéostat de champ principal. Les pertes du compensateur synchrone sont d'environ 90 kW à vide et 180 kW en charge.

Le démarrage de cette machine s'opère comme moteur asynchrone, en appliquant à l'induit une tension réduite par intercalation momentanée dans le circuit de cette machine d'un transformateur avec rapport de transformation de 13500 à 5900 V. Une fois atteinte la vitesse de régime, le transformateur de démarrage est court-circuité et la pleine tension de 13500 V appliquée à l'induit.

L'excitation de l'excitatrice est réglée au moyen d'un dispositif à action rapide, commandé lui-même selon la tension de la ligne à 58000 V, de façon à maintenir cette dernière à une valeur constante.

3. *Un régulateur d'induction* pour courant triphasé à 50 périodes par seconde, branché entre le circuit réglé à environ 13500 V des transformateurs principaux et le circuit à tension variable de 12700 à 14000 V des alternateurs de l'usine de Montcherand, suivant la charge du réseau de distribution de la „Compagnie vaudoise". Il est dimensionné pour une puissance traversante de 7000 kVA et une puissance interne de 500 kVA. Ses pertes sont approximativement les suivantes:

à 0	à $^1/_2$	à $^3/_4$	à $^4/_4$ de charge
11 kW	14,5 kW	18 kW	22 kW

Ce régulateur est du type à axe vertical, à bain d'huile, avec cuve à parois ondulées pour refroidissement naturel par l'air. Il est actionné par un petit moteur asynchrone triphasé, dont le sens de rotation est commandé automatiquement par un régulateur à action rapide avec résistance d'ajustage.

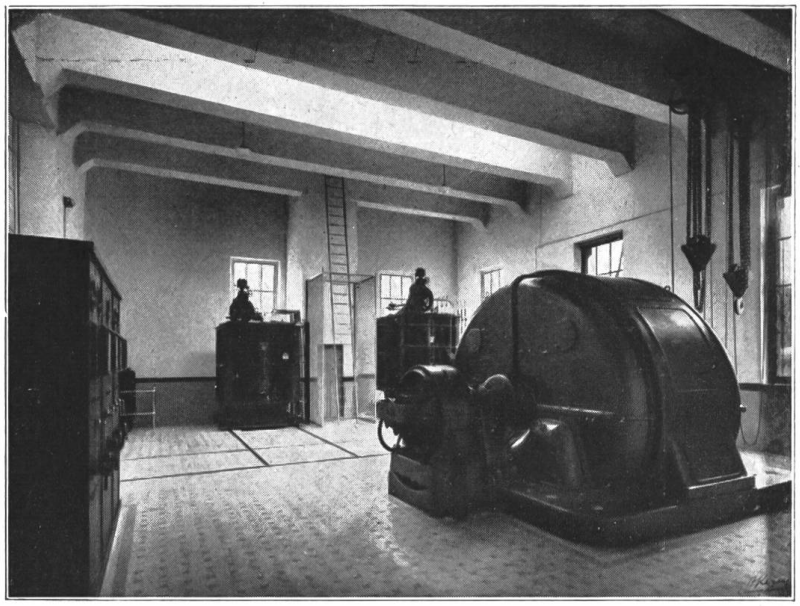

Fig. 8.
Poste de Montcherand. Compensateur synchrone de 5000 kVA, 13,5 kV et régulateurs d'induction à 13,5 kV et 40 kV.

Ce régulateur d'induction a essentiellement pour but de limiter l'action du compensateur synchrone à la fourniture du courant dévatté nécessaire à la ligne Montcherand-Peuffeyre, à l'exclusion de celui absorbé par le réseau de distribution à 13500 V de la „Compagnie vaudoise". En effet, il travaille constamment sous $\cos\varphi = 1$ et empêche que le compensateur synchrone contribue à la livraison du courant dévatté pour le réseau à 13500 V. Cette disposition correspond en effet à l'utilisation la plus rationnelle de l'installation, dans les différentes conditions de marche envisagées.

Toutefois, il est toujours possible de court-circuiter ce régulateur d'induction, soit de relier directement les deux circuits à 13500 V, lorsqu'il peut être utile de soulager les alternateurs des usines de Montcherand d'une partie du courant dévatté nécessaire pour le réseau de distribution, s'il n'en resulte pas une surcharge du compensateur synchrone; mais dans ce cas, le réglage de la tension nécessite naturellement un ajustage à la main, qui est évité lorsque le régulateur d'induction est intercalé.

4. *Un régulateur d'induction* pour courant triphasé à 50 pér/sec, branché entre le circuit réglé à environ 40000 V des transformateurs principaux et le circuit de départ des feeders alimentant le réseau sous une tension du même ordre, mais variable proportionnellement à l'intensité débitée par ces feeders. La tension d'excitation de ce régulateur est celle d'environ 13500 V des transformateurs, tandis que la tension de départ est variable de moins 2080 à plus 2080 V, et vient par l'intermédiaire d'un transformateur-série s'ajouter ou se retrancher de la tension du circuit fixe à environ 40000 V. (Fig. 6.)

Cet appareil est calculé pour une puissance traversante de 10000 kVA et une puissance interne de 850 kVA. Comme le précédent, il est commandé par un petit

moteur triphasé, soumis lui-même à l'action d'un régulateur automatique agissant suivant la quantité débitée sur le circuit des feeders.

Tous les appareils ci-dessus sont munis de thermomètres à cadran avec contact électrique et dispositif avertisseur à l'usine de Montcherand en cas de suréchauffement de l'huile.

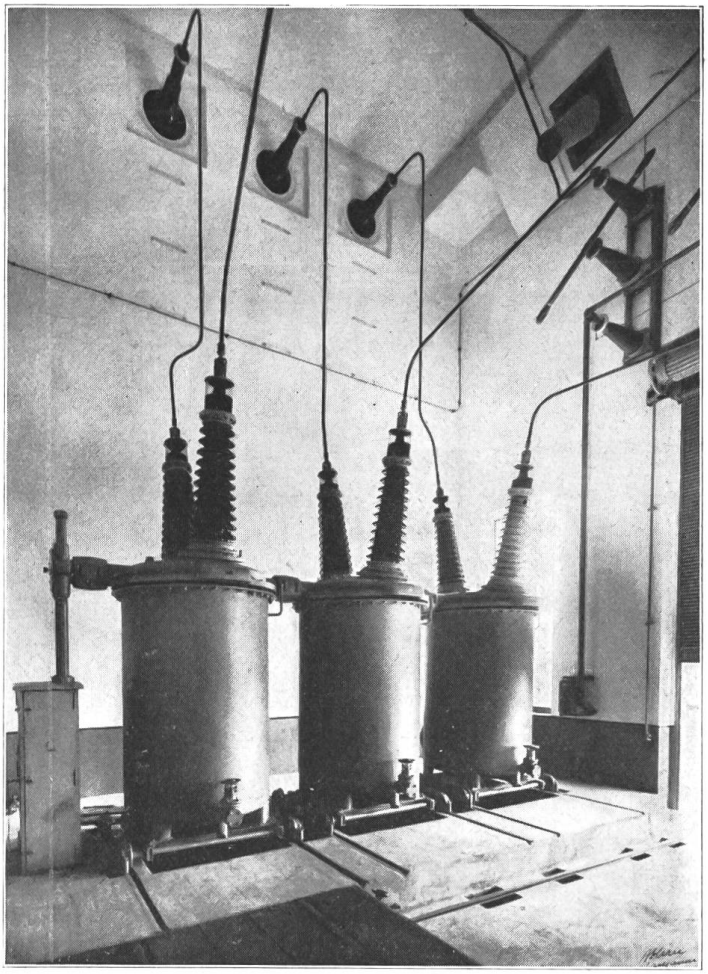

Fig. 9.
Poste de Montcherand. Disjoncteur principal à 120 kV.

5° *L'appareillage* des circuits à 58000/116000 V, 13500 V et 40000 V. L'arrivée de la ligne à 58000/116000 V de la Peuffeyre a lieu dans un local spécial comprenant, outre les transformateurs de tension et d'intensité desservant les appareils de mesure et le dispositif de commande du compensateur synchrone, un disjoncteur principal du type 120000 V et 400 A, composé de trois interrupteurs, unipolaires en bain d'huile, avec résistances de protection montées à l'intérieur des cuves. Cet appareil est construit pour une puissance de rupture de 1000000 kVA. Son enclenchement a lieu par moteur à courant continu actionné depuis le tableau de commande de l'usine de Montcherand. En ce qui concerne son déclenchement, il est provoqué par envoi de courant continu dans un électro-aimant. L'envoi de ce courant auxiliaire a lieu soit à la main dès l'usine de Montcherand, soit automatiquement par l'intermédiaire de relais à action directe montés sur les bornes de chacun des transformateurs de 5000 kVA du poste. Cette disposition des relais a l'avantage de protéger chaque transformateur séparément contre les surintensités, au moyen du seul disjoncteur principal et d'éviter ainsi l'installation de disjoncteurs coûteux dans le circuit primaire de chacun de ces transformateurs. Des sectionneurs disposés à l'entrée de la ligne dans le poste permettent de la mettre à la terre lors des réparations. D'autres sectionneurs sont intercalés dans les circuits des transformateurs de mesure, de même que dans ceux des transformateurs à 5000 kVA. Ces sectionneurs sont tripolaires et à commande par tringle. (Fig. 9 et 10.)

Les circuits à 13500 V et 40000 V sont constitués principalement par deux doubles jeux de barres collectrices occupant deux à deux les deux côtés du couloir central de la salle de l'appareillage. Chacun de ces jeux de barres peut être relié par l'intermédiaire de disjoncteurs et de commutateurs aux circuits de tension correspondante des transformateurs. (Fig 11.)

De même on peut brancher à volonté sur l'un ou l'autre des jeux de barres à 13500 V les lignes de jonction du poste avec l'usine de Montcherand ainsi que

le compensateur synchrone. Enfin les feeders à 40 kV peuvent être également connectés sur l'un ou l'autre des jeux de barres à voltage équivalent. (Fig. 6.)

Quant aux régulateurs d'induction, ils sont intercalés comme cela est indiqué plus haut, l'un entre les deux jeux de barres à 13500 V et l'autre entre les deux jeux de barres à 40000 V. Enfin, des sectionneurs sont disposés dans les deux jeux de barres, de part et d'autre des arrivées des transformateurs, de même que des deux lignes à 40000 V reliant les usines de Montcherand et de La Dernier, dans le but de permettre de séparer complètement, si on le désire, le service du réseau de distribution proprement dit de la „Compagnie vaudoise" de celui fonctionnant en parallèle avec le réseau de la Société „E. O. S.", par l'intermédiaire de la ligne Montcherand-Malapalud-Peuffeyre.

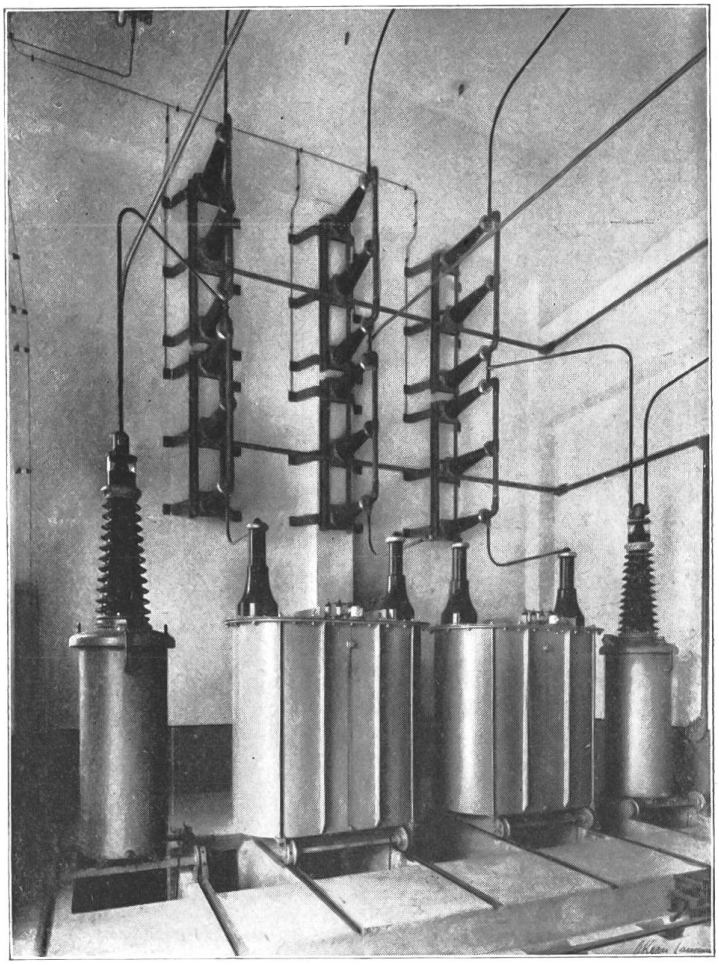

Fig. 10.
Poste de Montcherand. Transformateurs de mesure sur arrivée à 120 kV.

Tout l'appareillage à 13500 et à 40000 V est installé dans des cellules aménagées de part et d'autre du couloir central du poste. La commande des interrupteurs peut avoir lieu soit à la main, au moyen des volants disposés dans les parois latérales de ce couloir, soit électromagnétiquement et à distance, au moyen du courant produit par les excitatrices de l'usine de Montcherand.

Enfin, ces interrupteurs sont munis de relais à action directe provoquant leur déclenchement automatique en cas de surintensité. Les appareils de commande à distance et de signalisation, ainsi que tous les instruments de mesure pour le poste de Montcherand, sont concentrés sur une série de panneaux disposés en pupitres et montés sur le podium de commande de l'usine génératrice de Montcherand. Seuls les appareils de commande à distance et de mesure pour le compensateur synchrone, ainsi que pour les deux régulateurs d'induction de poste, ont été montés sur un tableau spécial établi à proximité de ces machines dans le poste même.

Les panneaux installés dans l'usine sont au nombre de neuf, comportant l'appareillage suivant:

Panneaux 1, 2 et 3 pour les trois transformateurs principaux de 5000 kVA (dont un reste inoccupé pour le moment):

a) la manette de commande du disjoncteur à 13500 V,
b) la manette de commande du disjoncteur à 40000 V,
c) un voltmètre pour le circuit . . . . à 40000 V,

d) un ampèremètre pour le circuit . . . à 40000 V,
e) un ampèremètre pour le circuit . . . à 13500 V.

Panneau 4, pour les deux départs souterrains à 13500 V reliant l'usine de Montcherand avec le poste:

a) la manette de commande du disjoncteur du 1er dép.,
b) la manette de commande du disjoncteur du 2e dép.,
c) l'ampèremètre correspondant au 1er départ,
d) l'ampèremètre correspondant au 2e départ.

Fig. 11.
Poste de Montcherand. Vue du couloir central.

Panneau 5, pour l'arrivée de la ligne à 58000/116000 V de la Peuffeyre, ainsi que pour le synchroniseur automatique:

a) la manette de commande du disjoncteur principal à 120 kV,
b) un wattmètre indiquant la puissance fournie sur la ligne,
c) un voltmètre avec les fiches permettant son branchement sur les phases 1, 2 ou 3 de la ligne,
d) un synchroniseur automatique avec un tableau complet des fiches nécessaires pour pouvoir effectuer la mise en parallèle automatique des diverses usines entre elles suivant toutes les combinaisons possibles et à travers l'un ou l'autre des transformateurs principaux de l'usine de Montcherand.

Panneaux 6 et 7, pour les départs de quatre feeders à 40 kV partant actuellement du poste de Montcherand:

a) les manettes de commande des disjoncteurs de deux feeders,
b) un jeu de trois ampèremètres pour chacun de ces feeders.

Panneaux 8 et 9, en réserve pour les extensions éventuelles.

Enfin, un tableau spécial porte un ampèremètre et un phasemètre pour le compensateur synchrone, un poussoir déterminant l'arrêt du compensateur, ainsi que tous les appareils de signalisation pour le poste. Ces derniers agissent sur onze clapets actionnant une sirène et fonctionnent notamment en cas de suréchauffement de l'huile dans les transformateurs principaux, dans les régulateurs d'induction et dans les paliers du compensateur synchrone.

La fourniture et l'installation de toute la partie électrique du poste de Montcherand ont été effectuées par la Société Brown, Boveri & Cie., à Baden.

4^0 *Poste de Malapalud.*

Ce poste, du type dit „Plein Air", est situé au point de branchement, sur la ligne à 58/116 kV Peuffeyre-Montcherand, de la dérivation Malapalud-Romanel, formant la jonction entre la ligne de la „Compagnie vaudoise" et l'artère de même voltage Fully-Romanel-Genève, de la Société „Energie de l'Ouest Suisse" (E.O.S.).

Ce poste comprend l'installation nécessaire pour régler automatiquement le facteur de puissance sous lequel l'énergie est échangée entre la „Compagnie vaudoise" et la Société „E.O.S.". En outre, il comporte un disjoncteur général de 120 kV à forte capacité de rupture, ainsi que les appareils de mise en parallèle nécessaires, pour opérer la jonction entre les réseaux des deux entreprises.

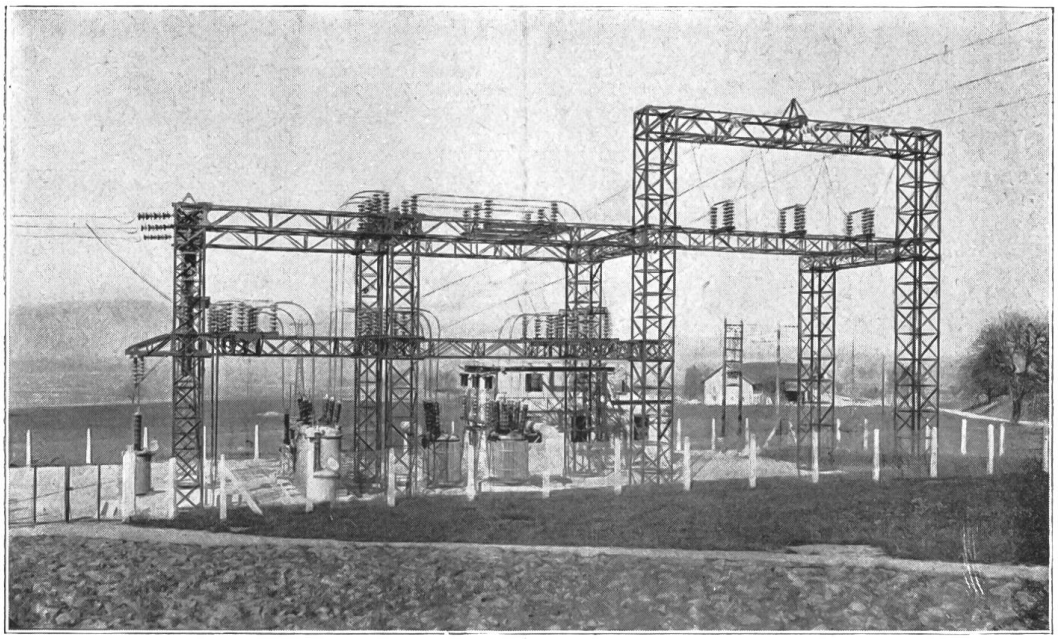

Fig. 12.
Poste de Malapalud. Vue générale.

Le réglage du facteur de puissance a lieu au moyen d'un régulateur d'induction triphasé simple, en bain d'huile, à refroidissement naturel, construit pour une puissance apparante des 4700 kVA et une puissance interne de 325 kVA. Le servomoteur de cet appareil est commandé lui-même par un régulateur de $\cos\varphi$ du système Oerlikon, de façon à maintenir constamment le facteur de puissance dans la ligne Malapalud-Romanel à une valeur déterminée et ajustable à volonté.

Ce régulateur d'induction, y compris le régulateur de $\cos\varphi$ et l'appareillage correspondant, de même qu'une petite batterie d'accumulateurs avec un redresseur de courant et le tableau de commande et des instruments de mesure, sont seuls placés dans un petit bâtiment en maçonnerie, tandis que tout l'appareillage à 120 kV est monté en plein air.

Le régulateur d'induction est branché sur la ligne à 58/116 kV Malapalud-Romanel, par l'intermédiaire de deux transformateurs, soit:

a) Un transformateur d'excitation triphasé en bain d'huile, à refroidissement naturel, d'une puissance de 360 kVA, avec rapport de transformation de 116000 à 500 V ou 50000 à 500 V, pour l'alimentation du rotor du régulateur. Ce transformateur comprend également un enroulement fournissant, sous une tension de 100 V, le courant nécessaire pour l'alimentation du régulateur de $\cos\varphi$ et des instruments de synchronisation.

b) Un transformateur série triphasé en bain d'huile à refroidissement naturel, d'une puissance de 410 kVA, avec rapport de transformation de 2870 V à 335 V, pour l'alimentation du stator du régulateur.

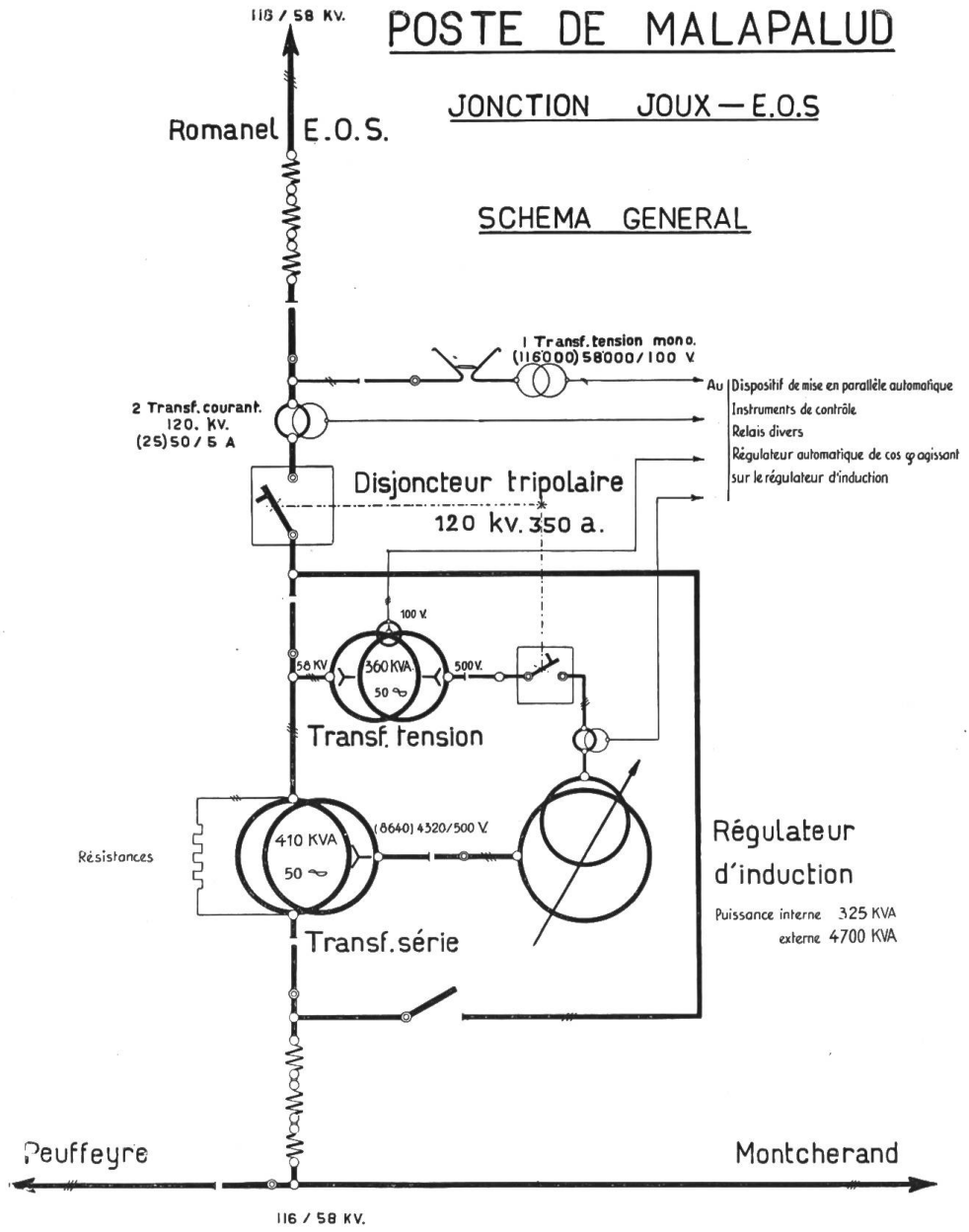

Fig. 13.
Schéma du poste de Malapalud.

L'installation extérieure comprend en outre:

c) Un disjoncteur principal tripolaire, en bain d'huile, du type de 350 A, avec capacité de rupture en court-circuit de 3200 A, constitué par trois interrupteurs unipolaires reliés mécaniquement entre eux. Cet appareil est muni d'une résistance de choc et est commandé à distance par un servo-moteur à courant alternatif monophasé à 380 V, 50 périodes. Le déclenchement a lieu sous courant maximum par trois relais série directs, à réglage d'intensité, montés à l'intérieur des cuves et agissant sur trois relais à réglage à temps placés dans la boîte de commande. La bobine de déclenchement est alimentée par du courant continu à environ 40 V fourni par une batterie d'accumulateurs.

Ce disjoncteur est verrouillé électriquement avec celui du rotor du régulateur d'induction, de façon que ce soit le disjoncteur principal qui déclenche le premier, faisant ensuite déclencher le disjoncteur du rotor. Les pertes totales dans le régulateur et ses deux transformateurs sont, à vide, de 17 kW et en pleine charge d'environ 37 kW.

d) Un transformateur de tension monophasé en bain d'huile, construit pour un rapport de 116000 à 100 V ou 58000 à 100 V, pour l'alimentation des appareils de synchronisation (fréquencemètre, voltmètre à zéro, voltmètre à deux échelles, relais de mise en parallèle automatique).

e) Deux transformateurs d'intensité en bain d'huile avec rapport de 25/5 A et 50/5 A, suivant que l'exploitation a lieu à 116 ou 58 kV, pour l'alimentation du régulateur de $\cos\varphi$, ainsi que d'un ampèremètre, d'un wattmètre, et d'un phasemètre.

Ainsi que l'indique le schéma de ce poste, un système de barres en by-pass et de sectionneurs tripolaires, permet de mettre hors circuit l'installation complète de réglage du facteur de puissance et d'effectuer, en cas d'avarie de celle-ci, la jonction directe entre la ligne de la „Compagnie vaudoise" et celle d'„E. O. S." à travers le disjoncteur principal.

Conformément aux normes de „l'Association Suisse des Electriciens", tous les appareils à 120 kV ont subi en fabrique un essai d'isolement sous la tension de 241 kV appliquée pendant une minute.

Les dispositifs de commande des disjoncteurs, les appareils de mise en parallèle, ceux de réglage du facteur de puissance et les instruments de mesure et de contrôle sont montés sur un tableau à l'intérieur du petit bâtiment.

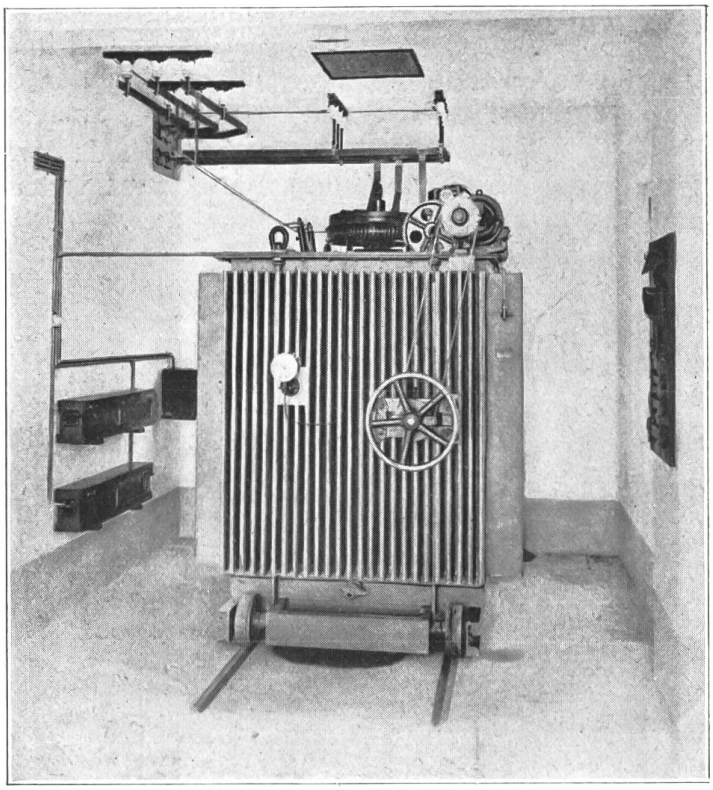

Fig. 14.
Poste de Malapalud. Régulateur d'induction de 4700 kVA.

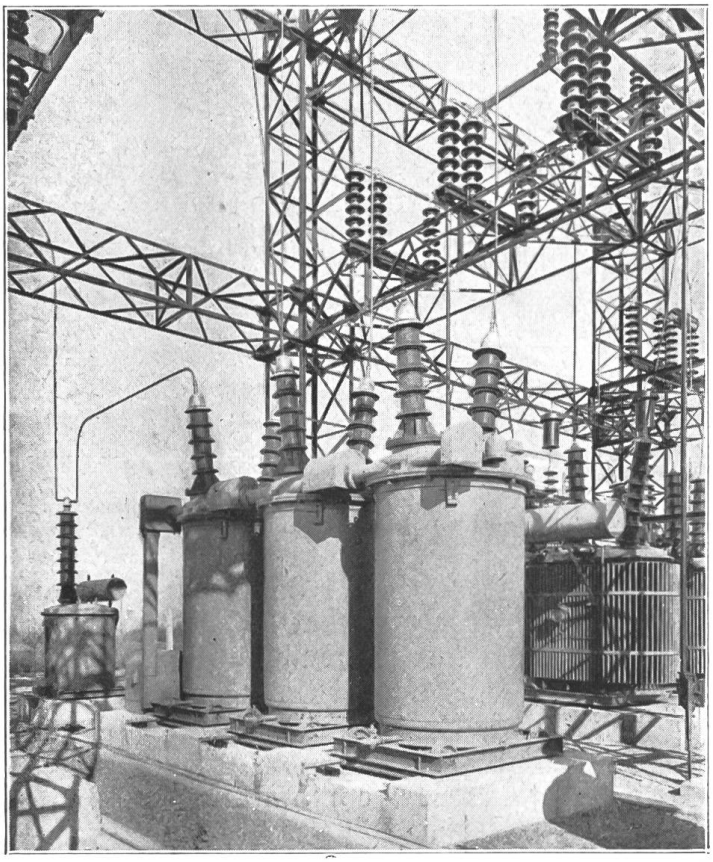

Fig. 15.
Poste de Malapalud. Disjoncteur principal à 120 kV.

Enfin, un petit transformateur sur poteaux alimenté par le réseau de distribution à 13500 V de la „Compagnie vaudoise“ et installé à proximité immédiate du poste, fournit le courant auxiliaire nécessaire à la tension de 220 ou 380 V, mono- ou triphasé, pour les divers servo-moteurs ainsi que pour l'éclairage du poste.

Toute la partie électrique du poste de Malapalud a été fournie et installée par les Ateliers de Construction Oerlikon. La charpente métallique a été livré par les Ateliers Zwahlen & Mayr, à Lausanne.

Mise en service des installations.

Les installations de transport d'énergie et de réglage de la „Compagnie vaudoise“, faisant l'objet de la présente notice, ont été mises définitivement en service à fin janvier 1928, après un certain nombre d'essais préliminaires effectués suivant le régime dit „d'hiver“, correspondant à la fourniture d'énergie sous un facteur de puissance déterminé (0,8 à 0,85) à „E. O. S.“ par les usines de La Dernier et de Montcherand, débitant en même temps, sur le réseau de distribution de la „Compagnie vaudoise“ et livrant en outre un complément de force à l'usine de la Peuffeyre marchant elle-même également en parallèle avec l'usine de Sublin de la „Société des Forces Motrices de l'Avançon“. Inversement, la Société „E. O. S.“ a fourni à la „Compagnie vaudoise“ une puissance de plus de 4000 kW, à travers le poste de Malapalud, réglant cette fourniture au facteur de puissance de 0,85, et en parallèle avec les machines de La Dernier, de Montcherand et de la Peuffeyre, travaillant simultanément sur le réseau de distribution de la „Compagnie vaudoise“.

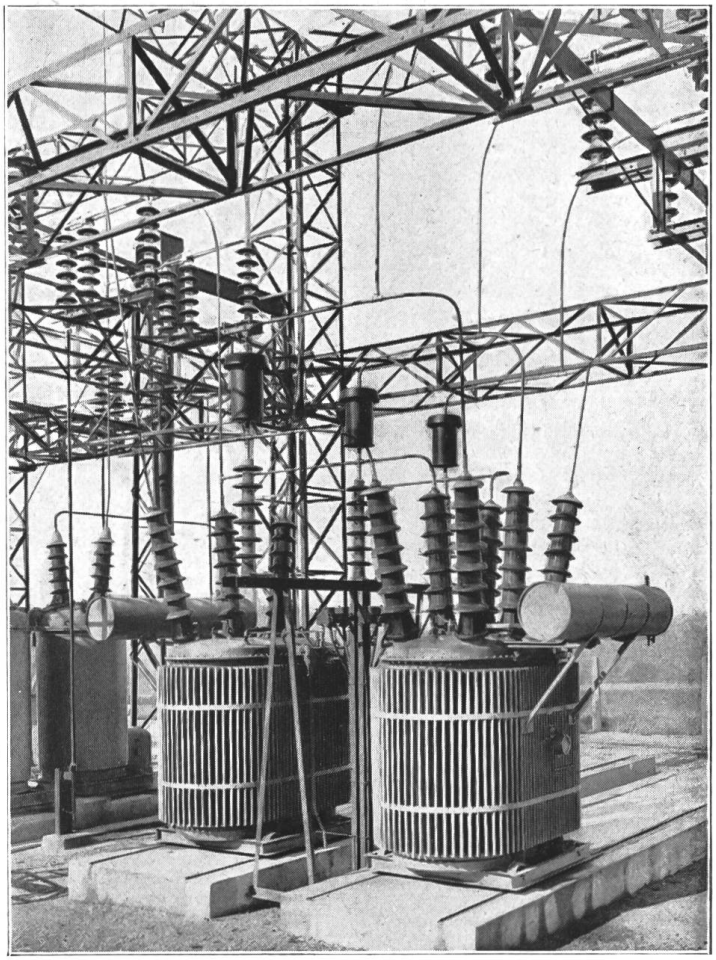

Fig. 10.
Poste de Malapalud. Transformateur d'excitation et transformateur série, alimentant le régulateur d'induction.

Enfin, au printemps 1928, la fourniture d'énergie a été effectuée suivant régime dit „d'été“, soit par livraison, par l'usine de la Peuffeyre, d'environ 8000 à 10000 kW vers Malapalud-La Dernier-Montcherand, dont environ 3500 kW étaient débités sur le réseau d'„E. O. S.“ sous $\cos\varphi$ réglé à environ 0,85 et le reste utilisé dans le réseau de distribution de la „Compagnie vaudoise“, en parallèle avec l'énergie fournie par les usines de La Dernier et de Montcherand.

Ces essais, ainsi que l'exploitation régulière subséquente, ont démontré le bon fonctionnement de l'ensemble de ces nouvelles installations de la „Compagnie vaudoise“, lesquelles, conformément au but poursuivi, permettent de conserver à ses usines leur pleine liberté de réglage de la tension, dans les limites prévues, tout en satisfaisant aux conditions inhérentes à la liaison de son réseau avec celui d'une autre entreprise.