Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 9

Artikel: Essais d'endurance en exploitation d'un disjoncteur à SF6, pour l'extérieur, effectués dans un poste de 125 kV

Autor: Muller, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905374

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: 09.07.2025

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

Essais d'endurance en exploitation d'un disjoncteur à SF_6, pour l'extérieur, effectués dans un poste de 125 kV

Par P. Muller

621.316.542 : : 621.315.618 : 62–192;

Le présent article traite d'un moyen d'évaluation original de disjoncteur à SF_6 pour l'extérieur placé directement en exploitation dans un réseau HT permettant d'en apprécier les qualités d'endurance électrique et mécanique. De tels essais, appliqués à du matériel de présérie et en restant très proches des conditions réelles d'exploitation, présentent un intérêt indéniable pour l'exploitant et le constructeur dans la mise au point d'un matériel.

Es wird eine neuartige Methode zur Beurteilung des elektrischen und mechanischen Dauerverhaltens von SF_6-Schaltern für Freiluftbetrieb beschrieben, bei welcher ein Schalter direkt in einem Hochspannungsnetz eingebaut und betrieben wird. Angewandt auf einen Schalter einer Nullserie sind derartige Versuche zweifellos für Betreiber und Konstrukteur von Interesse, da sie den wirklichen Betriebsbedingungen sehr nahe kommen.

1. Introduction

En 1976, la S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse à Lausanne (EOS) décidait, sur proposition de la S.A. Brown-Boveri et Cie à Baden (BBC) constructeur, de procéder à la mise en service d'un disjoncteur de présérie à SF_6, type ELF, dans le poste de transformation et de couplage 220/125 kV de Romanel, afin d'évaluer diverses caractéristiques de ce nouveau matériel intéressant l'exploitant. Un programme d'essai accéléré et intensif, représentatif de 15 à 20 ans d'exploitation en réseau, était simultanément mis sur pied dans le but de tester l'endurance de ce matériel et la tenue des organes de l'élément de coupure exposés à l'arc.

Le présent article rend compte des essais effectués avec ce disjoncteur placé en tête d'une ligne dans le double dessein de lui faire couper les courants de courts-circuits survenant sur cette ligne et d'évaluer son aptitude mécanique à supporter sans défaillance un grand nombre de manœuvres (cas d'exploitation des disjoncteurs de couplage de groupes dans les centrales à accumulation ou de pompage-turbinage).

Les buts visés par ces essais furent essentiellement:

– l'évaluation de la fiabilité de ce nouveau matériel par sa mise en exploitation réelle dans le réseau, combinée avec un programme de manœuvres intensif;

– l'observation du comportement en exploitation de ce type de disjoncteur, en particulier la vérification de l'étanchéité des pôles remplis de gaz SF_6 à la pression de 600 kPa (6 bar) et la tenue de la commande pneumatique, alimentée en air comprimé sous 1650 kPa (16,5 bar);

– la formation du personnel d'exploitation pour assurer les contrôles et interventions de routine;

– de familiariser le personnel d'exploitation avec la révision du matériel à SF_6;

– la vérification en exploitation des caractéristiques électriques et mécaniques, c'est-à-dire l'observation, lors d'une révision de l'usure mécanique et de l'altération du SF_6 en fonction du grand nombre de manœuvres effectuées et de $\sum$ (kA) coupés sous charge et sous courts-circuits.

2. Dispositif et programme des essais

Pour l'insertion du disjoncteur dans le réseau, on s'est fixé l'objectif suivant: acquérir un maximum de renseignements sur la fiabilité du matériel dans un laps de temps relativement court, sans toutefois que ces essais ne compromettent les aspects suivants de la qualité du service:

– maintien de la tension sans à-coups sur les barres du poste opposé,

– sécurité de service en relation avec les défauts ou coupures susceptibles d'intervenir sur les autres lignes raccordées,

– rétablissement rapide de la continuité de service en cas de panne de l'objet essayé.

Pour tenir compte de ces servitudes d'exploitation sans soustraire le disjoncteur testé aux contraintes réelles du réseau, on a placé cet appareil en série avec le disjoncteur d'un départ de ligne, ce dernier assurant la réserve de sécurité et l'isolement vis-à-vis du jeu de barres en cas de défaut de fonctionnement.

Le départ choisi consiste en un tronçon de câble, subdivisé ensuite en deux ternes de lignes aériennes (fig. 1). Il est relié au poste de Montcherand. La sécurité d'alimentation de ce poste est assurée par trois arrivées supplémentaires de lignes 125 kV, couplées au réseau de la Suisse romande par d'autres postes tels que Lucens, Rolle. La configuration particulière de ce départ permettait de supprimer le sectionneur de tête du câble et d'en utiliser le support pour y installer le disjoncteur à essayer. A l'autre extrêmité du câble les sectionneurs des deux ternes assurent, au besoin, l'isolement de la travée.

La fig. 1 montre la disposition schématique du couplage réalisé ainsi que l'emplacement du disjoncteur essayé. La spécification du disjoncteur en essai est la suivante:

Disjoncteur tripolaire à hexafluorure de soufre
- pour installation à l'extérieur,
- à soufflage autopneumatique de l'arc,
- à commande pneumatique avec vérin individuel par pôle,
- adéquat pour refermeture automatique rapide pôle par pôle ou tripolaire,
- température ambiante admissible de −35 °C à +40 °C.

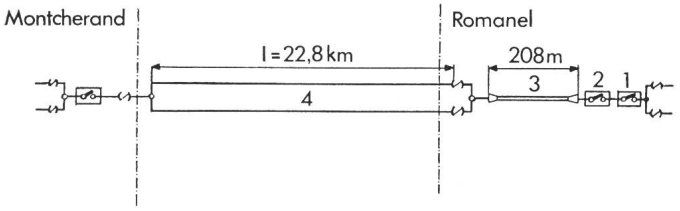

Fig. 1 Schéma unifilaire de la ligne à 2 ternes avec en tête de ligne l'emplacement du disjoncteur SF_6 essayé

1 Disjoncteur fonctionnant comme sectionneur

2 Disjoncteur SF_6 en test

3 Caractéristiques du câble: 3 (1×300 mm²) 150 kV, manteau isolé d'un côté (disjoncteur) par parafoudre, écran Hochstätter, manteau plomb, armature ruban cuivre + gaine PVC, type PPbOf–T
$C = 0{,}26$ (µF/km et phase)

4 2 ternes de ligne aérienne en parallèle
$R_L = 0{,}0835$ Ω/km, $X_L = 0{,}211$ Ω/km, $\omega C/2 = 2{,}6$ µS/km

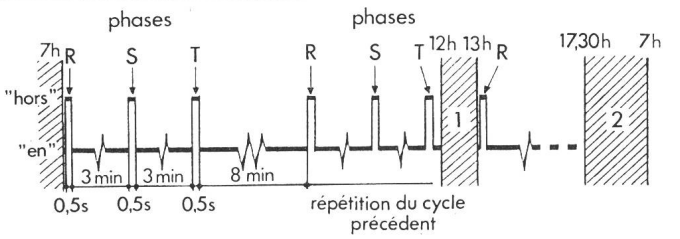

Fig. 2 Séquence d'ordres donnés au disjoncteur
1, 2 interruption des essais

Tension nominale	145 kV
Courant nominal	2000 A
Pouvoir de coupure nominal	25 kA
Fréquence nominale	50 Hz

Tension d'essai suivant ASE et CEI

– 50 Hz, 60 s	275 kV
– onde de choc de 1,2/50 μs	650 kV

Le disjoncteur est équipé de

- 1 bloc de commande *par pôle,* chacun avec une électro-valve de fermeture et deux électro-valves d'ouverture 125 V 1,3 A
  1 compresseur d'air autonome incorporé à l'armoire de commande, comprenant un moteur triphasé 380 V 1100 W, un compresseur sec pour 2000 h de travail sans révision et une pression de service de 1650 kPa à 1200 kPa (16,5 à 12 bar)
- 1 réservoir d'air comprimé de 70 dm³ adéquat au choix pour une séquence tripolaire O–CO [1]) ou deux cycles de manœuvres CO–CO.
- 1 jauge de densité de gaz SF_6, avec signalisation de densité minimale de service et verrouillage d'ouverture en cas d'insuffisance de densité

La tenue diélectrique des pôles en cas de baisse de pression du gaz SF_6 au-dessous de la pression nominale de remplissage de 600 kPa (6 bar) est la suivante: pleines tensions d'essai (au choc et à 50 Hz) sous la pression absolue de 300 kPa (3 bar); pleine tension de service en opposition de phases sous la pression atmosphérique (env. 1 bar).

Afin de limiter les effets des à-coups de tension que des manœuvres «ouverture-fermeture» tripolaires auraient inévitablement causés sur les barres du poste de Montcherand, on a retenu un programme journalier d'ouvertures et refermetures rapides unipolaires, réitéré 5 jours par semaine. Les 1000 premières «ouvertures-fermetures» ont été réalisées comme suit, à raison de 8 séquences tripolaires par jour:

Phase R O–0,5 s–C	Pause 3 min
Pause 3 min	Phase T O–0,5 s–C
Phase S O–0,5 s–C	Pause 54 min

Ce processus ayant fait ses preuves, l'exploitant et le constructeur ont convenu de porter la cadence de manœuvres à plus de 40 «ouverture-fermeture» tripolaires par jour. Le graphique de fonctionnement journalier se présente finalement selon la fig. 2.

A noter qu'à cause du rebouclage du poste de Montcherand par 3 autres lignes, comme précisé plus haut, ce programme n'engendre pas une forte circulation de courants homopolaires dans ces lignes lors des brèves coupures unipolaires. En fait, l'amplitude de ces courants est si faible qu'en aucun point du réseau elle n'excite les relais de terre des protections de distance. D'autre part, ni les oscilloperturbographes ni les oscilloscopes à rémanence n'ont décelé des fluctuations de tension résultant de ces essais.

1) O: Ouverture; C: Fermeture

L'ordinateur de Lausanne du CEG (Centre d'exploitation et de Gestion de l'EOS) réitère toutes les heures par téléphonie HF l'impulsion de commande de l'essai. A Romanel une horloge à programme hebdomadaire ne libère cet ordre qu'aux jours et heures d'occupation du poste. Un bouton-poussoir de commande locale, à signalisation lumineuse, permet à tout instant d'interrompre les manœuvres d'essai suivant l'état du réseau et les perturbations atmosphériques. Les ordres de télécommande du CEG, la prise en commande locale du poste ainsi que les ordres de la commande manuelle ou du relais de protection ont priorité sur le programme d'essai automatique, et le suspendent. L'automatisme d'essai agit sur une électrovalve de commande distincte de celle des autres impulsions de manœuvres d'ouverture.

Le dispositif de surveillance des essais comporte un compteur de manœuvres par pôle, l'enregistrement chronologique d'événement et le graphique continu des puissances active et réactive (fig. 3).

3. Déroulement des essais

Le montage du disjoncteur et sa mise en service sur le départ 125 kV Montcherand ont eu lieu à mi-octobre 1976. Il est à relever que le montage, y compris les essais de mise en service, a été réalisé en un jour et demi. Le tableau I montre le programme des séquences exécutées, le tableau II les événements particuliers qui se sont présentés jusqu'à ce jour.

Il convient de rappeler que le disjoncteur essayé est un appareil de présérie et, en particulier, que le dispositif d'entraînement de l'interrupteur auxiliaire ne correspond pas à l'exécution définitive. De même, la pièce d'accouplement du vérin au tube isolant de l'équipement mobile du pôle consiste en un disque massif muni d'une tige M 16 de part et d'autre, le constructeur ayant ensuite lancé la fabrication avec des tiges M 20.

Après plus de 2600 manœuvres d'ouverture-fermeture de chacun des pôles, sans le moindre incident, et alors que le constructeur venait de renoncer à une inspection des pôles échue,

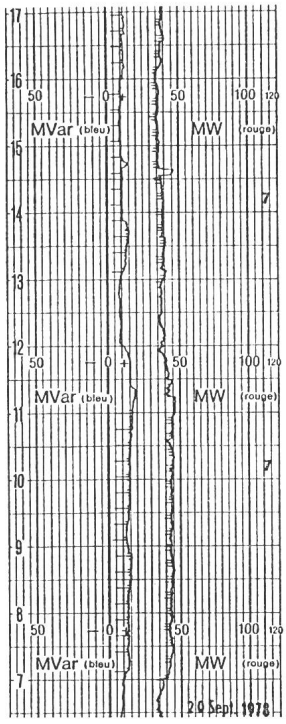

Fig. 3
Extrait de la bande de l'enregistreur des puissances active et réactive montrant les pointes dues aux séquences ouverture-fermeture

Séquences 3× unipolaires d'ouverture-fermeture automatique, avec coupure et rétablissement du courant de service de la ligne Tableau I

19. 10. 77 à 1. 5. 78	Séquences tripolaires de 1 heure (jusqu'à 8 par jour)	soit 1000×CO
10. 5. 78 à 26. 9. 78	Séquences tripolaires de 14 min (jusqu'à 200 par semaine)	soit 2000×CO

Ouvertures automatiques sur courts-circuits Tableau II

Ouvertures automatiques sur courts-circuits		
Dates	Genre de court-circuit	Cause
21. 6. 77	Deux phases et la terre	Conducteur de ligne rompu
25. 6. 77	Deux phases et la terre	Orage
19. 7. 77	Deux phases et la terre	Défaut de jeu de barres MT dans le poste opposé
12. 8. 77	Trois phases et la terre	Défaut de jeu de barres à Romanel
17. 8. 77	Une phase et la terre	Orage
17. 5. 78	Une phase et la terre	Orage
6. 6. 78	Une phase et la terre	Orage
28. 6. 78	Une phase et la terre	Orage
28. 2. 79	Une phase et la terre	Défaut de jeu de barres à Romanel

la conjonction des deux points faibles mentionnés, propres à l'exécution de présérie, a provoqué des anomalies de fonctionnement du pôle médian. Ces anomalies se sont manifestées par deux déclenchements par discordance de position des pôles, à la suite desquels le personnel d'exploitation a dû manœuvrer le disjoncteur en agissant directement sur le bloc d'électrovalves de commande.

Lors de la tentative de dépannage du constructeur, on constate que la tige M16 de la pièce inférieure d'accouplement est rompue: elle a subi une élongation par fatigue d'environ 2 à 3 mm entraînant l'interrupteur auxiliaire au-delà de sa position de fin de course, coupant ainsi les circuits de commande d'ouverture et de fermeture. L'examen du graphique d'enregistrement continu des puissances active et réactive montre que ce pôle ne fonctionnait plus dans la séquence d'essai depuis une semaine.

Il faut alors retirer la tige du vérin, ce qui met hors service le joint radial à glissement. Dès lors, l'étanchéité des trois pôles, reliés entre eux par la tuyauterie de surveillance de densité du SF_6, ne sera plus assurée que par le seul joint de butée d'ouverture du pôle médian. Jusqu'à l'intervention de maintenance on n'observera aucune manifestation d'inétanchéité (pas d'alarme de pression minimum). Pour rétablir la ligne, on a transféré les circuits de protection sur l'ancien disjoncteur, le disjoncteur à SF_6 restant sous tension avec ses deux pôles latéraux fermés et le pôle médian ponté par un câble entre ses bornes.

Peu après l'intervention de maintenance décrite au chapitre suivant et la reprise consécutive des essais d'endurance à cadence élevée, les servitudes d'exploitation dues à l'augmentation saisonnière du transit de puissance active ont imposé l'arrêt du programme jusqu'au printemps 1979.

4. Intervention de maintenance sur le disjoncteur à SF_6

L'EOS et le constructeur ont convenu de procéder sur place au remplacement de la pièce d'accouplement, cassée sur le pôle médian et suspecte sur les deux autres pôles, tout en saisissant cette occasion de confier au personnel d'exploitation, sans autre formation préalable que la démonstration sur un pôle, la révision des deux autres. L'examen du vérin du pôle médian a montré qu'il n'était pas nécessaire de réviser les dispositifs d'entraînement pneumatiques: ainsi, l'essai d'endurance mécanique sans révision pourra valablement se poursuivre jusqu'à 5000×CO et au-delà.

Grâce à la bonne coordination des préparatifs, les travaux ont été conduits dans la halle du poste de Romanel, sans requérir d'aménagements spéciaux.

Un prélèvement de gaz usé, après quelque 3000 × CO représentant approximativement 650 kA coupés, n'avait décelé que 0,3 % de pollution gazeuse du SF_6. Aussi les 5 kg de gaz usé ont-ils été rejetés à l'air libre, à travers un filtre d'alumine activée, et les quantités résiduelles de SF_6 diluées par deux rinçages à l'azote sec. Le dispositif, utilisé pour les trois opérations de mise sous vide alternées avec trois remplissages d'azote, consiste en une pompe à vide très maniable (fig. 4), montée sur le diable porte-bouteille, avec manomètre et raccords.

Du début des travaux, dégazage préalable à la dépose et au transport des pôles dans la halle, jusqu'à la remise en place du disjoncteur sur sa charpente, dans la travée de Montcherand, prêt pour les essais de mise en service, il ne s'est écoulé que deux journées de travail. Il suffit de moins de 2,45 h à deux hommes pour démonter, nettoyer, réviser et réassembler un pôle. La figure 5 montre que les contacts étaient en excellent état.

Le personnel disposait de masques de protection contre les poussières de résidus de décomposition du SF_6, mais il n'a pas eu à les employer. Vu le faible taux de pollution, on a même pu se dispenser du port de gants pendant une partie des travaux.

Il est très important d'obturer tous les orifices libérés par le démontage des circuits de SF_6 et d'air comprimé, afin d'éviter toute intrusion d'humidité ou de corps étrangers. De même, il faut fermer soigneusement et protéger les isolateurs en porcelaine après les avoir nettoyés.

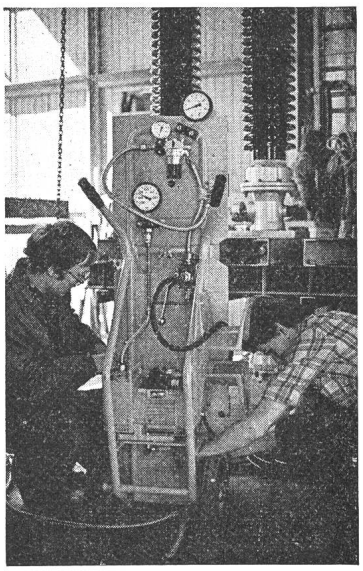

Fig. 4
Dispositif de mise sous vide équipé avec bouteille de gaz et muni de manomètre et raccords, le tout monté sur diable de manutention

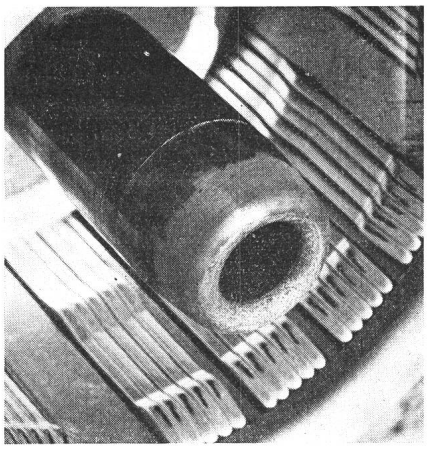

Fig. 5
Aspect des doigts de contact lors du démontage après quelque 3000 × CO
Au centre et au premier plan, on distingue le contact pare-étincelle fixe (contact d'arc) et au second plan, répartis par groupes de cinq, les contacts de passage du courant de service (contacts de sectionnement)

5. Conclusions

Les essais conduits à Romanel ont reproduit une large tranche de vie d'un disjoncteur de ligne. On a pu juger des performances du matériel sans pour autant compromettre la qualité du service.

La méthode d'évaluation des caractéristiques mécaniques et électriques de ce nouveau disjoncteur à SF_6 s'est révélée satisfaisante pour l'exploitant. Elle a également permis, à partir d'un essai conduit sur un disjoncteur de ligne, de tirer des conclusions pour le même appareil installé sur un groupe dans une centrale. L'exploitant base le critère de périodicité de la révision des éléments de coupure d'un disjoncteur de ligne sur la somme des courants coupés (kA cumulés), alors que pour un disjoncteur de groupe c'est le nombre de manœuvres qui est déterminant. En effet, l'optimum de tenue mécanique entre deux révisions d'un disjoncteur de groupe, dans une centrale de pompage-turbinage, est de l'ordre de 5000 cycles CO, soit une durée d'environ huit ans d'exploitation. De cette façon, la même période d'arrêt programmé cumule la révision du disjoncteur avec celle des vannes, de la turbine, de l'alternateur et de l'ensemble de la «tranche». Compte tenu des améliorations apportées par le constructeur pour supprimer les faiblesses d'un appareil de présérie, on est en droit de penser – et la poursuite des essais accélérés de ce même disjoncteur révisé devrait le montrer – que ce matériel convient pour ce mode de service intensif.

Le système de contact du courant de service de l'appareil essayé, fonctionne en sectionneur, complètement séparé du circuit d'arc. C'est un avantage certain, comme le montre la figure 5 représentant l'état des pièces après 3000 coupures qui correspondent à quelque 650 kA de contrainte cumulée. Avec 0,3 %, le taux de pollution du SF_6 est fort éloigné des limites admissibles et, d'autre part, les conditions exceptionnelles de l'avarie du pôle ont confirmé la bonne tenue de l'étanchéité. Muni d'une jauge de densité de gaz à plusieurs seuils de fonctionnement dont le premier implique de compléter le remplissage, le disjoncteur ne requiert pas d'autre surveillance du gaz diélectrique et extincteur.

Ces résultats permettent de bien augurer du comportement des éléments de coupure au SF_6 pendant de longues périodes, aussi peut-on admettre que les révisions s'espaceront beaucoup plus que l'on ne l'admettait avec d'autres techniques de coupure. Pour un disjoncteur de ligne, lorsque les valeurs-guides de la $\sum$ kA coupés impliquant une révision ne sont pas atteintes au bout de 10 à 15 ans de service, l'exploitant définira par quelques tests indirects tels que mesure de la chute de tension et examen par thermo-vision aux infra-rouges effectués au courant nominal de l'appareil s'il est effectivement opportun de procéder à une révision. Dans une installation comportant un grand nombre d'appareils on pourra également procéder à un échantillonnage. De toute manière, l'intervention de maintenance menée à bien avec la participation du personnel d'exploitation de Romanel a démontré que ces travaux ne requièrent ni longue formation de celui-ci, ni dotation en équipements coûteux ou compliqués.

Adresse de l'auteur
Pierre Muller, ing. dipl. EPFL, Service d'exploitation, S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Case postale 1048, 1003 Lausanne.