Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 43 (1952)
Heft: 10

Artikel: Protection de réserve des réseaux à haute tension
Autor: Jean-Richard, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057864

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: 09.12.2025

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

Protection de réserve des réseaux à haute tension

Par *Ch. Jean-Richard*, Muri p. Berne

621.311.1 : 621.316.9

Les différents types de protection principale sont caractérisés pour en arriver à la nécessité d'une protection de réserve. Celle-ci peut être réalisée en prenant le saut brusque de puissance inactive[1]*) comme critère.*

Die verschiedenen Arten des Hauptschutzes werden gekennzeichnet mit dem Ergebnis, dass ein Reserveschutz notwendig ist. Dieser kann verwirklicht werden unter Verwendung der plötzlichen Blindleistungsänderung als Anwurfgrösse.

Une des conséquences de l'interconnexion augmentante des réseaux électriques est la condition impérieuse d'éliminer un élément perturbé aussi rapidement que possible et cet élément seulement.

L'effort des constructeurs s'est donc porté sur la création d'équipements de protection réalisant ce double but avec le moins de frais possible. Les résultats acquis sont remarquables. Chaque élément caractéristique du réseau soit générateur, transformateur et ligne de transport d'énergie a reçu sa protection type, adaptée aux particularités techniques de cet élément.

Ainsi le générateur sera muni d'un équipement de protection différentielle, à maximum de courant, thermique et éventuellement de mise à la terre.

Le transformateur sera muni d'un équipement de protection Buchholz, à maximum de courant, thermique et éventuellement différentielle et de mise à la terre.

La ligne de transport d'énergie sera munie d'un équipement de protection de distance et éventuellement thermique.

Tous ces équipements peuvent être groupés en deux classes. Dans l'une d'elles il y aura les équipements dont la zone de protection est limitée aux bornes de l'élément à protéger, soit protection différentielle, Buchholz et, pour les transformateurs, de mise à la terre. Dans l'autre classe il y aura les équipements dont la zone de protection s'étend au delà des bornes de l'élément à protéger, soit protection à maximum de courant, thermique et de distance.

Les équipements de la première classe sont essentiellement rapides, ceux de la seconde classe sont plus lents, hormis le relais de distance qui occupe une place à part.

Le réseau étant muni d'équipements de protection selon ce qui précède, chaque défaut devrait être éliminé correctement. Or l'expérience montre que de temps en temps tel ou tel équipement de protection donne lieu à une défaillance, soit que son fonctionnement laisse à désirer soit que ses capacités de discrimination sont insuffisantes. Quoiqu'il en soit, le défaut doit être éliminé. Il faut donc faire intervenir une protection de réserve.

Dans le cas du générateur et du transformateur les équipements de la deuxième classe suppléent heureusement à une défaillance des équipements de la première classe et assurent de ce fait la protection de réserve d'une manière toute naturelle.

Dans le cas de la ligne de transport d'énergie il n'y a pas, selon ce qui précède, d'équipement de protection de la première classe. La protection de distance et la protection thermique sont les deux de la deuxième classe.

La protection thermique n'est premièrement pas toujours réalisée et même si elle est réalisée, elle est trop lente pour assurer la protection de réserve.

La protection de distance peut bien dans certaines conditions assurer la protection de réserve, dans d'autres conditions elle n'y parvient pas.

Nous allons examiner dans ce qui suit pourquoi la protection de distance fait parfois défaut et quelles mesures il y a lieu de prendre pour sauvegarder tout de même l'intégrité matérielle des éléments à protéger.

La protection de distance comprend essentiellement un organe d'impédance de démarrage par phase plus un organe de démarrage à maximum de courant homopolaire, un organe à champ tournant et une horloge à contacts successifs, plus quelques accessoires tels des contacteurs et transformateurs de mesure, auxiliaires.

L'impédance de démarrage doit être ajustée de telle manière qu'elle occupe le juste milieu entre l'impédance de service la plus petite possible et l'impédance de court-circuit la plus grande possible. Or, pour le service il y a lieu de considérer le cas de deux ternes en parallèle, dont l'un peut être déclenché, et pour le court-circuit autant de tronçons successifs que possible. On en arrive ainsi à l'impédance de démarrage conforme aux caractéristiques du réseau. Les plans d'échelonnement des relais de distance seront superposés les uns aux autres, du moins partiellement.

A considérer cette situation de plus près on constate que le tronçon à protéger présente des conditions précises à la protection par relais de distance. Son impédance de court-circuit est uniquement fonction de la distance du court-circuit. Par contre le tronçon suivant peut présenter des conditions multiples à la protection pour peu qu'il soit alimenté par plus d'une ligne en parallèle. L'impédance de court-circuit de ce tronçon s'ajoute à celle du premier après avoir subi la multiplication dont le facteur est égal au rapport des courants des deux tronçons successifs considérés. La marge du plan d'échelonnement au delà du premier tronçon est donc réduite dans la mesure qui correspond à sa division par le même facteur. Si ce facteur est égal à 5 par exemple la marge est pratiquement nulle. Il s'en suit que la protection par relais de distance s'applique essentiellement au tronçon de ligne à protéger y compris les barres omnibus adjacentes, tandis que les tronçons adjacents, en particulier les

[1]) Nous donnons la préférence au terme de «puissance inactive» qui se justifie du point de vue physique alors que le terme de «puissance réactive» a été admis généralement jusqu'ici.

transformateurs, ne sont généralement pas compris dans la protection par relais de distance.

Lors d'une perturbation, les trois phases ne sont pas nécessairement atteintes. En particulier les réseaux, dont le neutre est effectivement relié à la terre, peuvent être atteints sur une phase seulement. C'est cette phase qui devra fournir les indications au relais de distance pour lui permettre de déclencher correctement. Seulement, les deux autres phases peuvent également être parcourues par des courants ayant dépassé, quoique peu, le courant normal. Cette situation peut entraîner la confusion des compétences à l'intérieur du relais de distance, si bien que le déclenchement est retardé outre mesure et que d'autres déclenchements se produisent d'une manière désordonnée.

tanément à cause d'un défaut affectant seulement sa partie ou n'importe quelle autre cause du même genre. Certes, toutes ces causes font l'objet de la surveillance constante et consciencieuse des installations. Néanmoins, le cas d'une coïncidence malencontreuse peut se présenter.

En face de cette situation nous avons cherché le critère qui permet de savoir quand il faut intervenir pour assurer la protection de réserve.

Le temps ne suffit pas comme critère. De même, la température ou l'échauffement n'est pas suffisant, car le courant peut se concentrer à un endroit où justement il n'y a pas de protection thermique efficace.

Toute procédure utilisant la comparaison de deux valeurs instantanées s'exclut d'elle-même, car

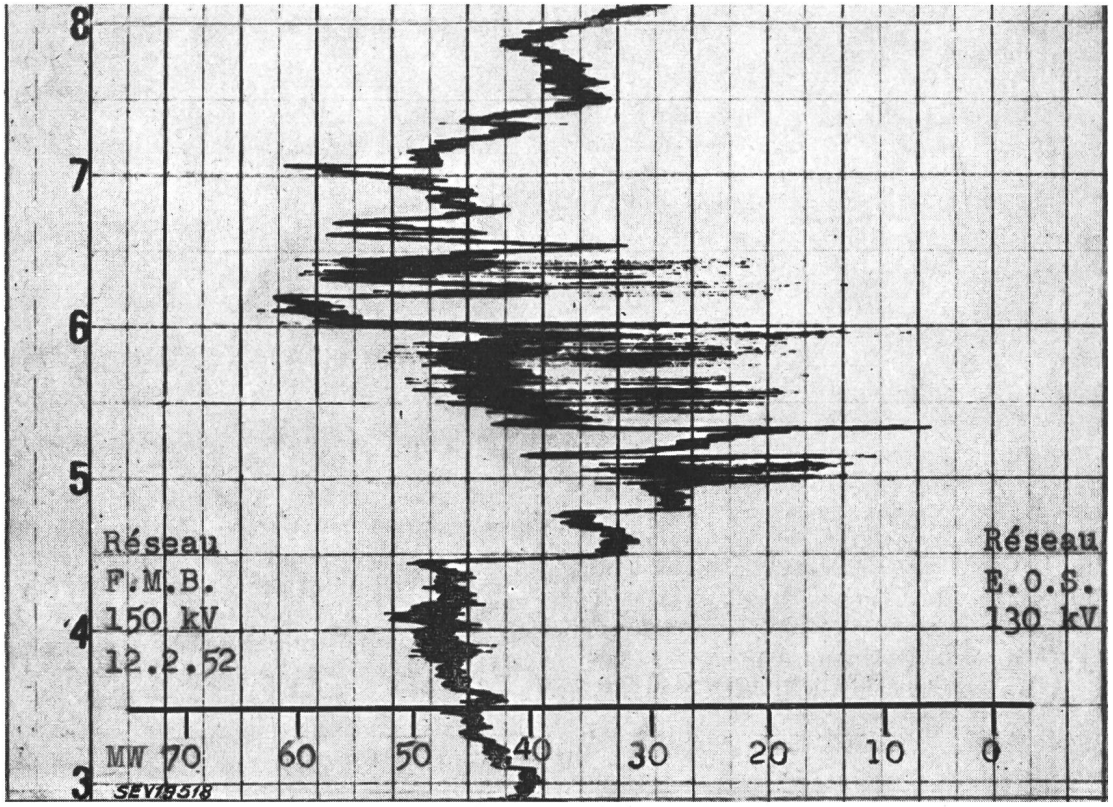

Fig. 1
Puissance active échangée entre le réseau à 130 kV de l'EOS et à 150 kV des FMB

Ajoutons encore qu'une perturbation est aggravée à l'extrême lorsqu'il y a un défaut latent préalable dans le réseau. Un court-circuit entre deux phases d'une ligne aérienne est un cas banal sans défaut latent préalable dans le réseau. Mais si l'interrupteur préposé n'est pas déclenché pour une cause quelconque, le défaut prend des proportions énormes sans protection de réserve. Or, la cause pour laquelle l'interrupteur reste fermé peut résider dans le fait que la commande de l'interrupteur est bloquée, mécaniquement, que la batterie d'accumulateurs destinée à fournir le courant de déclenchement est à sec, que le transformateur d'intensité alimentant la protection principale est court-circuité, que le transformateur de potentiel alimentant la protection principale est déclenché momen-

elle ne s'appliquera jamais au réseau dans son ensemble mais seulement à une partie restreinte qui justement peut être hors d'atteinte.

La tension du réseau change d'un endroit à l'autre. Seulement au cas où elle disparaît complètement elle permet de déceler un état anormal. Encore faut-il que la disparition de la tension ne soit pas voulue.

Nous en arrivons ainsi à la puissance inactive. En effet, c'est elle qui domine en cas de défaut depuis la centrale jusqu'à l'endroit du défaut tandis qu'en service normal elle est restreinte. Donc, tout sursaut de puissance inactive à la centrale est l'indice certain qu'un accident s'est produit quelque part dans le réseau. Ce même sursaut disparaît lorsque l'accident disparaît, où que ce soit.

Le saut de puissance inactive se produisant aux bornes des générateurs les plus puissants du réseau sera l'indice sûr qu'un court-circuit s'est produit même au delà de la zone protégée par les relais de distance.

Disons pour fixer les idées, que le saut critique de puissance inactive est de 60 % de la puissance nominale de chacun des générateurs d'un réseau à 150 kV, par exemple.

Lorsque la puissance inactive sursaute, indiquant qu'un court-circuit s'est produit, il y a lieu de laisser d'abord la protection du premier stade faire son œuvre. Pour cela il faut un peu de temps. En admettant que les gradins de temps de la protection par relais de distance sont de 0,6 à 0,7 s, 2 s suffisent pour savoir si les relais du premier stade ont fonctionné correctement.

Ce temps écoulé sans que le saut de puissance inactive n'ait disparu, la protection de réserve par rapport aux relais de distance doit intervenir.

A cet effet nous envisageons de mesurer le saut de puissance inactive aux bornes des générateurs les plus puissants du réseau au moyen d'un relais qui fixe la valeur critique de ce saut. Au cas où cette valeur est dépassée pendant plus de 2 s il faudra subdiviser le réseau en ouvrant momentanément et unilatéralement les interrupteurs d'abord de l'une et ensuite de l'autre moitié des lignes les plus puissantes. Cette intervention rapproche la valeur du courant du premier tronçon de la valeur du courant du tronçon suivant, au point que la marge est doublée. En outre, cette intervention fait cesser la confusion des compétences à l'intérieur des relais de distance de la ligne atteinte.

Il y aura donc trois étapes, le cas échéant. La première sera celle pendant laquelle la protection de distance s'exerce sur toutes les lignes. On la fera durer assez longtemps pour que normalement la protection vienne à bout du défaut. Si le défaut se prolonge, la seconde étape interviendra. On déclenchera donc la moitié des lignes principales, d'un côté seulement. Si le défaut y est, le relais de distance chargé de la protection de la ligne affectée, se trouvera dans les conditions les meilleures pour discerner le défaut et déclencher après 0,7 s au maximum l'interrupteur restant de la ligne affectée. Donc, après 3 s depuis le début de la perturbation, si le saut de puissance inactive n'a toujours pas disparu il faudra refermer les interrupteurs de la première moitié des lignes et procéder 0,5 s plus tard à la troisième étape en ouvrant les interrupteurs de la deuxième moitié des lignes pour les refermer 1 s plus tard, soit 4,5 s après le début du défaut.

Entre temps, aucun autre relais de distance du réseau n'aura pu déclencher intempestivement, le temps limite n'étant pas atteint.

Si le saut de puissance inactive n'a pas disparu après les trois étapes, pendant lesquelles la protection de distance a été placée dans les conditions les meilleures pour lui permettre de fonctionner correctement il est évident qu'un défaut anormal s'est produit. Dans l'ignorance totale de l'endroit de ce

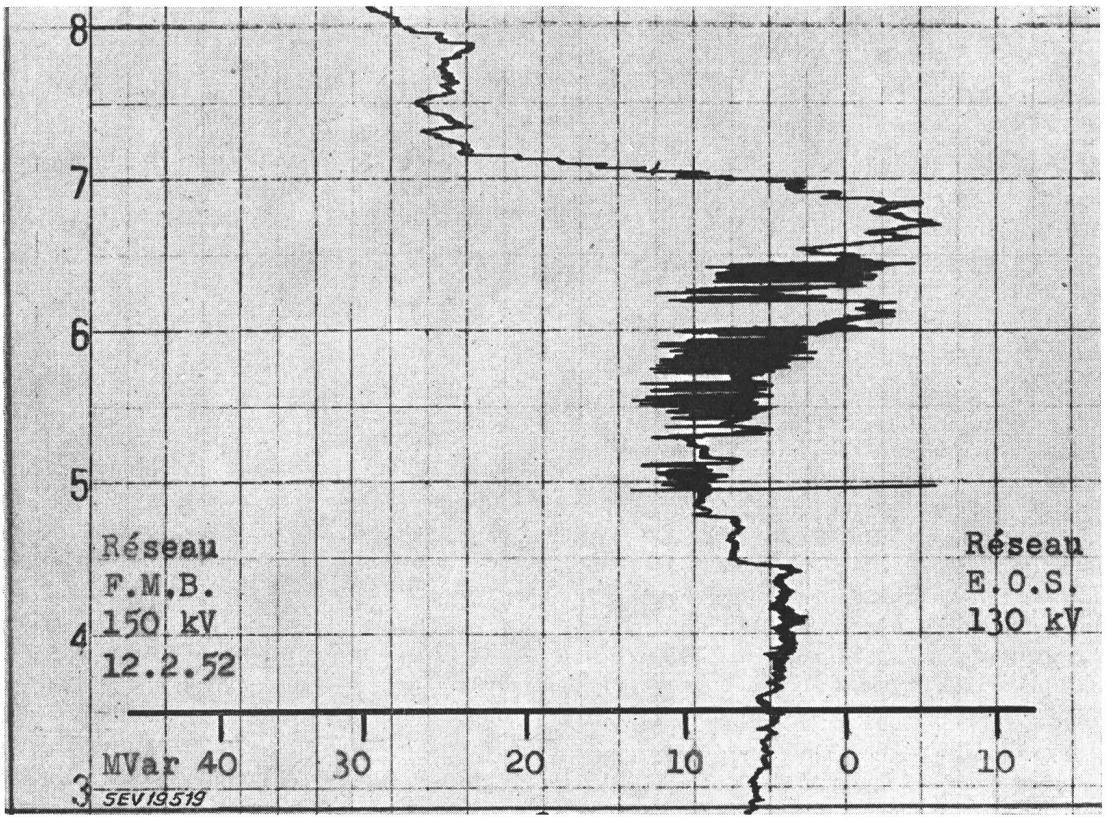

Fig. 2
Puissance inactive échangée entre le réseau à 130 kV de l'EOS et à 150 kV des FMB

défaut, mais sachant que la partie atteinte du réseau, soit ligne, transformateur, générateur ou appareil, risque d'être détruite si le défaut persiste, il n'y a qu'une alternative. Il faut arrêter l'exploitation du réseau pour la reprendre morceau par morceau, à tâton.

A titre d'exemple nous reproduisons une portion du diagramme de puissance active (fig. 1) et de puissance inactive (fig. 2) échangées entre le réseau à 130 kV de l'Energie de l'Ouest Suisse et à 150 kV des Forces Motrices Bernoises. La fig. 1 montre que cet échange a été légèrement troublé pendant une heure environ sans que l'on sache pourquoi. La fig. 2 montre qu'une variation brusque de la puissance inactive est à l'origine de ce trouble. La variation est évidemment due à un claquage éloigné, éliminé correctement.

Nous concluons de ce qui précède que la protection de réserve d'un réseau protégé par relais de distance doit être réalisée et qu'il est possible de la réaliser en prenant le saut de puissance inactive, se produisant aux bornes des générateurs, comme critère.

Adresse de l'auteur:
Ch. Jean-Richard, 19, Quartierweg, Muri p. Berne.

La foudre et les bâtiments

Etude statistique des coups de foudre survenus en Suisse de 1925 à 1947

par le *Secrétariat de l'ASE*

551.594.2 : 621.316.98

1. Introduction

En 1932 la Commission de l'ASE pour la protection des bâtiments contre la foudre décida d'entreprendre une étude statistique de l'efficacité des paratonnerres de bâtiments, afin d'obtenir des précisions sur le comportement de la foudre et de pouvoir ainsi combattre les idées fausses qui subsistent encore à ce sujet.

Les résultats d'une première série d'observations, s'étendant de 1925 à 1937, ont été publiés [1]). Les investigations ont été poursuivies jusqu'en 1947, en vue de confirmer les conclusions de la première série. Elles comprennent tous les dommages causés en Suisse par la foudre, à l'exception de ceux survenus dans les cantons d'Appenzell Rhodes Intérieures, de Genève, d'Obwald, de Schwyz, du Tessin, d'Uri et du Valais qui ne possèdent pas d'établissement cantonal d'assurance contre l'incendie ou dans lesquels l'assurance des bâtiments n'est pas obligatoire.

Cette seconde étude contient quelques répétitions, mais seulement où la clarté de l'exposé l'exige. Les observations faites pendant 23 ans confirment pleinement l'efficacité des paratonnerres et permettent de tirer des conclusions quant à leur construction. Il faut espérer que les résultats concordants des deux périodes d'observation réussiront à convaincre de l'efficacité des paratonnerres ceux qui les considèrent encore comme un mal nécessaire ou comme une décoration. Si nous y parvenons, le but que nous nous sommes proposé en entreprenant ce travail à longue haleine sera rempli.

2. Généralités

Pendant les deux périodes d'observation, de 1925 à 1937 et de 1938 à 1947, les bâtiments assurés auprès des 18 établissements d'assurance participant à l'enquête ont subi 12 352 (7048) [2]) dommages dus à la foudre. La valeur assurée totale des bâtiments touchés (mobilier non compris) s'élève à francs 813 651 240.— (fr. 412 743 500.—). La somme des indemnités versées par les établissements d'assurance pour couvrir les dégâts causés par la foudre ont atteint fr. 10 581 954.— (fr. 5 609 960.—) pendant la même période, soit, comme pour la première période, un demi-million de francs environ par an. Il ne faut pas oublier que, entre temps, par suite du renchérissement général, la valeur des constructions nouvelles a considérablement augmenté par rapport à l'avant-guerre et que, dans la plupart des cantons, la valeur d'assurance de tous les bâtiments a été adaptée au renchérissement. C'est la raison pour laquelle la valeur moyenne des bâtiments touchés est plus élevée pour la période complète que pour la première moitié (1925...1937). Toutefois les indemnités versées ont aussi augmenté proportionnellement à la valeur des immeubles, de sorte que les dommages relatifs, exprimés en pourcents de la somme assurée, restent comparables.

Comme pour la première période d'observation, les bâtiments touchés sont divisés en deux catégories principales, *avec* et *sans* paratonnerre. En outre, chacune de ces catégories est subdivisée en cinq sous-catégories:

a) décharges directes (bâtiments touchés directement);

b) voisinage (bâtiments endommagés du fait qu'ils se trouvaient dans le voisinage d'un bâtiment touché);

c) arbres (bâtiments touchés subsidiairement à une décharge ayant frappé un arbre);

d) surtensions (bâtiments touchés indirectement par une décharge y pénétrant par une canalisation électrique);

[1]) La foudre et les bâtiments; étude statistique des coups de foudre survenus en Suisse de 1925 à 1947. Bull. ASE vol. 31 (1940), n° 8, p. 178...186. Un tirage à part de cet article est en vente à l'Administration commune de l'ASE et de l'UCS.

[2]) Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la période 1925...1937.