

SÉCURITÉ

Prévenir les risques d'explosion des transformateurs électriques

À une époque où l'énergie devient un enjeu mondial – tant du point de vue écologique que sociétal, industriel, etc. – les transformateurs électriques jouent un rôle déterminant dans la production de l'électricité. Et pourtant, les défaillances de transformateurs, qui peuvent être à l'origine d'explosions et d'incendies, sont un risque majeur grandissant. On imagine en effet sans mal quelles peuvent être les conséquences dramatiques de la destruction d'un transformateur électrique pour un industriel. La société française Sergi a développé une solution mécanique de prévention contre les explosions de transformateurs, qui permet également de réduire significativement les coûts liés à la réparation.

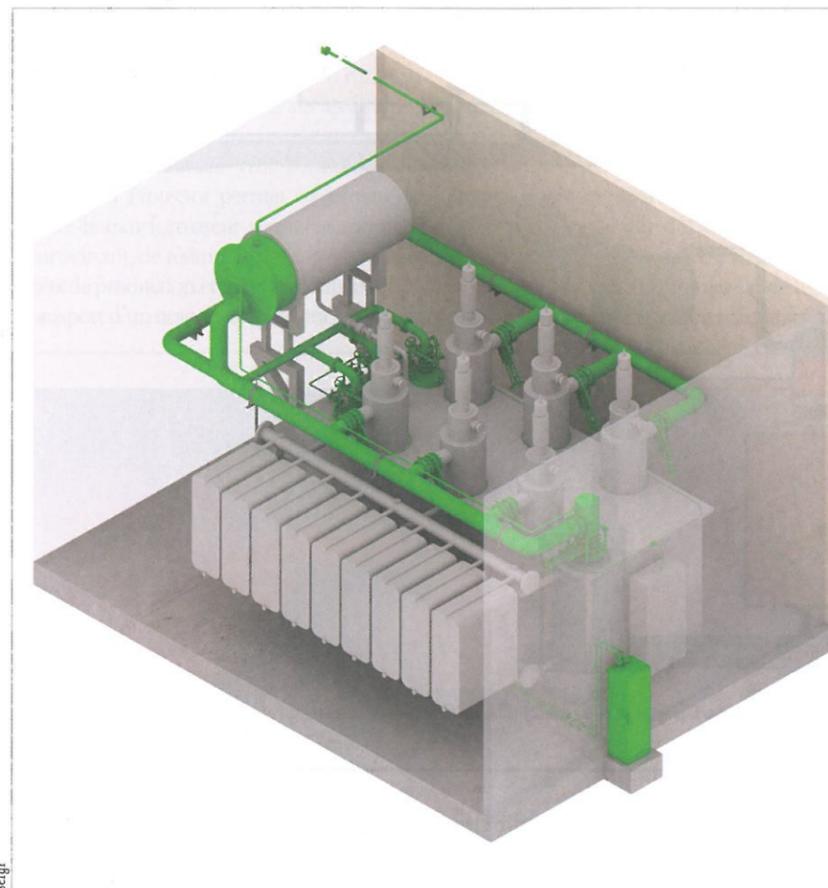
De nos jours, une simple coupure d'électricité suffit à prendre conscience de notre dépendance aux équipements électriques. Or, les transformateurs, indispensables à la génération, la transmission et la distribution de l'électricité, font aujourd'hui l'objet d'inquiétants constats. Chaque jour, des transformateurs électriques explosent dans le monde, entraînant l'interruption de la transmission d'électricité, la destruction d'infrastructures très coûteuses, la pollution de sites protégés et parfois même la mort de techniciens travaillant à proximité de ces équipements au moment de l'explosion. En 2002, le département Recherches de la société française Sergi (voir encadré ci-dessous) a par exemple comptabilisé pas moins de 730 explosions au cours de cette seule année, et ce rien qu'aux États-Unis. Or, selon de nombreux experts, les défaillances de transformateurs électriques augmenteront au cours des prochaines années. Plusieurs raisons à cela. Dans la plupart des

pays, la privatisation des entreprises de production et de distribution d'électricité donne lieu à une réduction des investissements et impose de fait une durée de vie prolongée à des équipements déjà vieillissants. De ce point de vue, l'Europe ne montre d'ailleurs pas l'exemple en matière de protection et de sécurisation de ses installations ! Autre facteur source d'inquiétude, l'augmentation régulière de la consommation d'électricité, de l'ordre de 2% par an, entraîne une surcharge de ces mêmes transformateurs vieillissants. Face à ces différents constats, les gestionnaires de risques et les assureurs considèrent les transformateurs comme les équipements les plus dangereux des centrales électriques. Cette appréciation résulte aussi bien de la dangerosité même des transformateurs qui contiennent une grande quantité d'huile en contact avec des éléments sous haute tension, que de l'absence de normes qui permettraient d'assurer la protection des cuves de transformateurs. Un transformateur électrique est un appareil statique à induction

électromagnétique, à deux enroulements ou plus, destiné à transformer un système de tensions et courants alternatifs en un autre système de tensions et courants, de même fréquence mais généralement de valeurs différentes, dans le but de transmettre une énergie électrique⁽¹⁾.

Des industriels dépourvus en cas d'incendie

Dans le cas des transformateurs de forte puissance, que l'on retrouve dans toutes les industries consommatrices d'électricité, ils renferment des papiers isolants, du bois de calage, des assemblages mécano-soudés ou boulonnés, des connexions électriques, et les bobinages de certains sont refroidis par un bain d'huile. Ce type d'appareil est donc fortement vulnérable vis-à-vis du risque incendie. Les avaries sont en effet généralement provoquées par de l'électrisation statique, des problèmes d'échauffement et de dégradation des isolants papiers, des problèmes chimiques (soufres corrosifs pour les huiles). Et l'incendie est toujours provoqué par l'inflammation de l'huile contenue à l'intérieur de l'enveloppe métallique, qui par la montée en pression finit par céder⁽²⁾. La cinétique de l'incendie commence par un feu en milieu clos pour finir par un feu de nappe, si l'huile n'est pas canalisée dans une rétention spécialement prévue à cet effet. Avant de pouvoir attaquer l'incendie, si le transformateur n'est pas pourvu d'une installation fixe d'extinction ou si celle-ci n'a pas contenu l'incendie, l'absence de tension et la mise à la terre du reste de l'installation



Malgré l'importance des transformateurs électriques, il arrive (trop) souvent que certains explosent partout dans le monde, avec les conséquences parfois dramatiques que l'on peut imaginer. C'est pour cela que des solutions permettant d'éviter de telles extrémités sont privilégiées par les industriels.

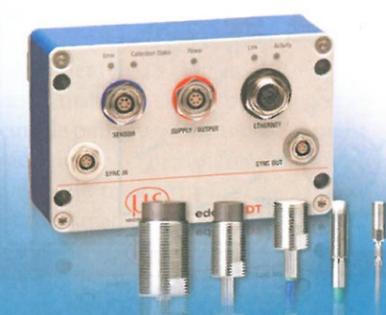
devront être réalisées. Ces actions n'étant pas immédiates, surtout si le sinistre intervient en dehors des périodes de présence humaine, l'incendie rentre alors dans sa phase de plein développement, ce qui rend encore plus difficile la lutte contre le feu. Les équipes de première intervention des entreprises ne sont pas équipées pour combattre un tel sinistre (extinction à la mousse de moyen ou faible foisonnement) et leur principal rôle en attendant l'arrivée des sapeurs-pompiers se limitera à protéger les matériels environ-

nants pour éviter une propagation de l'incendie par le rayonnement thermique et les fumées chaudes. Il existe sur le marché de nombreux produits dont le rôle est d'éteindre les incendies résultant d'une explosion, mais être en mesure de prévenir les explosions des cuves de transformateurs électriques en agissant en amont apporte des bénéfices bien plus importants. En empêchant l'explosion de se produire, une telle solution assure ainsi la sécurité des éventuelles personnes travaillant à proximité

La société Sergi en quelques chiffres...

Société générale d'études et de réalisations industrielles (Sergi) a été créée en 1955 pour la conception et la fabrication de systèmes d'extinction d'incendie pour les transformateurs électriques. Deux ans plus tard, la société et Electricité de France (EDF) inventent le système de drainage et de brassage d'un transformateur électrique pour le protéger contre le feu. En 1990, la société

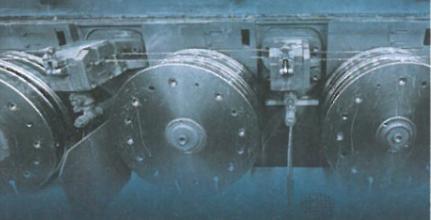
est rachetée par M. Magnier et débute ensuite un programme de recherche sur la sauvegarde des transformateurs (au lieu de les laisser brûler), programme qui amènera à la création du Transformer Protector (TP). Sergi emploie aujourd'hui 40 personnes à Achères (Yvelines) et à Herblay (Val-d'Oise) pour un chiffre d'affaires de 18 à 25 millions d'euros par an.



CAPTEURS POUR DÉPLACEMENT, DISTANCE & POSITION

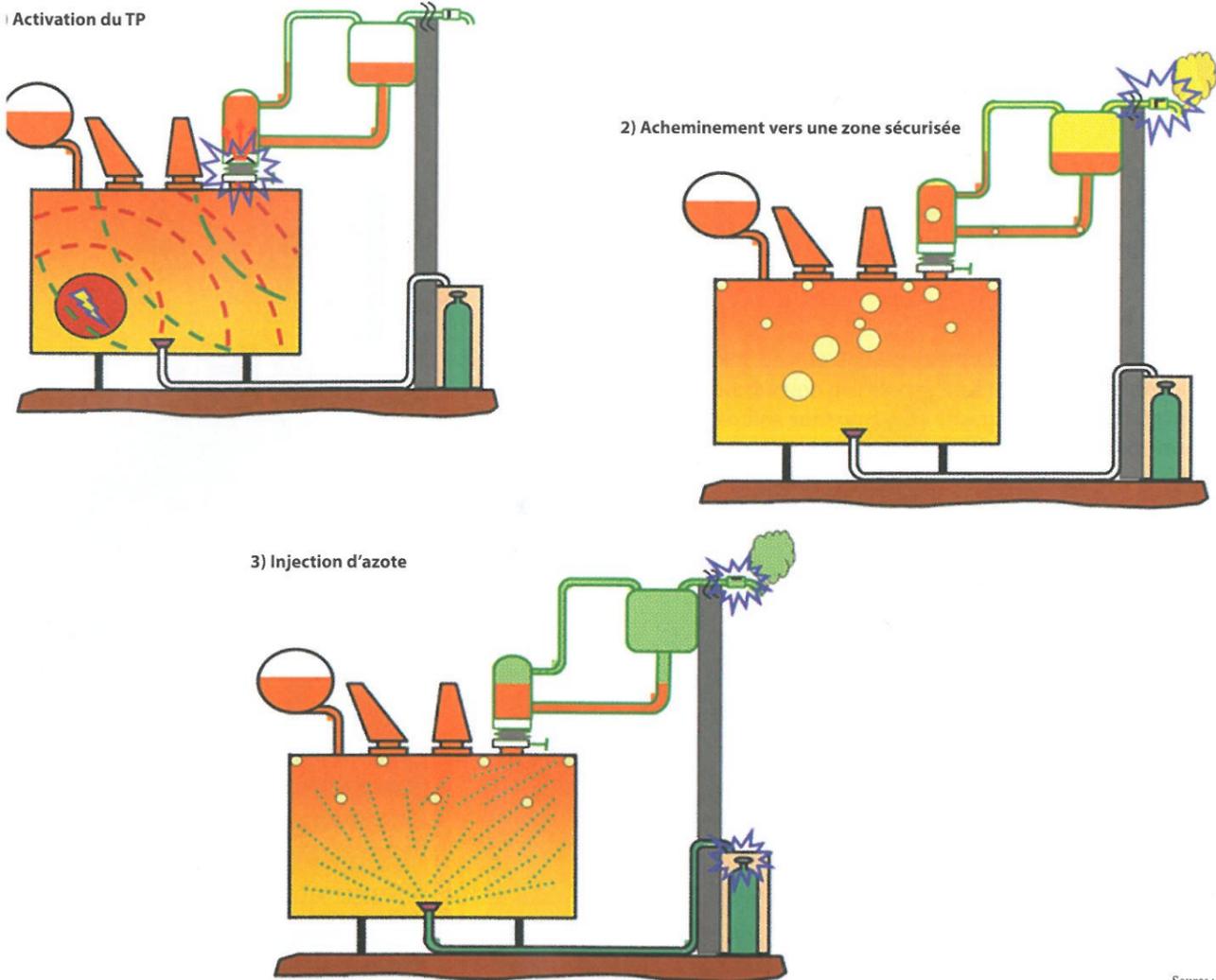
Capteurs à courants de Foucault sans contact pour l'environnement industriel rude

- Résolution et précision élevées
- Mesures rapides jusqu'à 100 kHz (-3dB)
- Insensible à l'encrassement, la pression et l'huile
- Alternative idéale aux capteurs de déplacement inductifs
- Capteurs spécifiques client



Tél. +33 139 102 100
www.micro-epsilon.fr/eddy

Schéma de principe de fonctionnement du Transformer Protector



Source : Sergi

Un mécanisme mécanique passif, le Transformer Protector (TP) est activé en quelques millisecondes par le premier pic de pression dynamique de l'onde de choc générée par un court-circuit, assure la dépressurisation et évite ainsi le risque d'explosion et d'incendie.

des installations (y compris le transformateur lui-même), de l'environnement et de l'approvisionnement en électricité. C'est précisément ce que permet de faire la solution technique développée par Sergi et baptisée Transformer Protector (TP). Pour cela, la société s'est intéressée à ce qui se passe dans la cuve (des phénomènes de pression dynamique et statique jusque-là jamais mis en avant, le mouvement d'huile, par exemple) lors d'un court-circuit.

Acheminer les gaz vers une zone sécurisée

Le principe de fonctionnement d'un Transformer Protector s'articule autour d'un mécanisme mécanique passif (voir schéma ci-dessus). Le premier pic de pression dyna-

mique de l'onde de choc, créé par l'arc électrique (le court-circuit), active en quelques millisecondes le TP avant que la pression statique n'augmente. Le transformateur électrique est donc protégé contre l'explosion et l'incendie sans qu'aucun signal électrique ne soit nécessaire. Les étapes suivantes sont l'évacuation du mélange huile-gaz vers la cuve de séparation huile-gaz et l'évacuation des gaz explosifs vers une zone sécurisée. Le dioxygène (O₂) ne peut alors pas être en contact avec le mélange d'huile et de gaz inflammables tels que le méthane (CH₄), l'hydrogène (H₂) et l'éthylène (C₂H₄), parce que l'évacuation rapide de la surpression empêche la rupture de la cuve du transformateur. En évitant la rupture de la cuve, et donc la rencontre de l'oxygène avec les gaz

explosifs générés par l'arc électrique, le danger d'explosion et d'incendie est définitivement écarté. L'originalité du TP réside dans la création d'une zone fragilisée dans le transformateur électrique, et c'est précisément à cet endroit que les gaz sont acheminés, suite à l'activation du TP, par l'onde de pression dynamique qui se déplace à une vitesse de l'ordre de 1 200 m/s. Les gaz explosifs et inflammables ouvrent ensuite le clapet d'isolation d'air et sont canalisés vers une zone éloignée ou à l'extérieur du bâtiment. L'injection d'azote à l'intérieur de la cuve du transformateur peut être déclenchée manuellement ou automatiquement. Quand le TP s'active, un signal est envoyé à la boîte de contrôle par le détecteur et, après réception d'un second signal

de la soupape de sécurité ou d'une des protections électriques du transformateur, telle que le Buchholz, la protection différentielle, le défaut de mise à la terre, le TP déclenche l'alarme pour activer l'injection d'azote. Cette dernière a pour but de refroidir les parties du transformateur surchauffées par l'arc électrique et d'acheminer les gaz explosifs vers l'extérieur. L'azote étant un gaz neutre, il réduit la teneur en oxygène et empêche le déclenchement d'un incendie (effet bazooka) lors de l'ouverture de la cuve par les techniciens de maintenance après l'activation du TP. Enfin, les interventions pour remplacement des parties endommagées peuvent commencer en toute sécurité, car la cuve ne contient plus de gaz explosifs. En plus d'éviter les projections d'huile et d'éléments du transformateur sur les équipements environnants ainsi que de supprimer les risques pour les vies humaines, le Transformer Protector permet également de rendre le transformateur réparable après un court-circuit, de réduire significativement les arrêts de production et donc les coûts associés (transport d'un nouvel équipement par avion,

par exemple), etc. Au lieu de devoir refaire du génie civil ou une sous-station, ce qui peut prendre six mois voire un an et demi, la solution de Sergi a permis dans certains cas de réduire à moins d'un mois le temps nécessaire pour réparer sur site un transformateur électrique après une défaillance.

Installation sur des transformateurs d'une puissance jusqu'à 1 000 MVA

Un autre avantage du TP est la flexibilité de son montage. Conçu pour protéger la cuve du transformateur électrique, le changeur de prise en charge, les boîtes à huile et les traversées, le Transformer Protector peut être installé sur tous les transformateurs à huile d'une puissance de 100 kVA jusqu'à 1 000 MVA voire plus, sur les transformateurs pour la génération, la transmission et la distribution. Sans oublier non plus les modèles installés en milieu offshore et en atmosphères explosibles (Atex). Les TP peuvent s'adapter sur des transformateurs électriques déjà en service ou sur des équipements neufs. Dans le premier cas de figure, il faut avant tout se renseigner sur la faisabi-

lité du projet (ouverture accessible, diamètre d'une entrée...). Avec un transformateur électrique neuf, Sergi travaille alors directement avec le fabricant. Les utilisateurs finaux cibles sont toutes les industries électriques, celles intervenant au niveau du cheminement de l'électricité, les grosses centrales hydrauliques, nucléaires et thermiques, etc. Les Transformer Protector installés dans le monde entier ont déjà permis d'éviter des accidents majeurs sur de grands transformateurs de puissance. Comme à la centrale hydraulique de Boguchanskaya en Russie, les postes de transformation de Saliyah, d'Umm Al Amad et de Lusail Development au Qatar, la centrale hydraulique de Salto Santiago au Brésil, le poste de transformation d'Altamira au Mexique.

Cédric Lardière

Avec l'aimable collaboration de Stéphanie Dutertre, Western Europe Sales Manager de Sergi

(1) Source : Larousse.
(2) Source : Les cahiers de la sécurité industrielle - Risque incendie de l'Institut pour une culture de sécurité industrielle (ICSI).



Sûreté des Procédés Industriels

Une offre sur mesure

75 ans de savoir-faire et d'expertise

- Pressostats et transmetteurs de pression
- Thermostats et sondes de températures
- Afficheurs numériques et bargraphes
- Interfaces de sécurité intrinsèque

Régulateurs GEORGIN
Tel. : +33 (0)1 46 12 60 00
Fax : +33 (0)1 47 35 93 98
Email : regulateurs@georgin.com






www.georgin.com