

Rapports présentés au nom des Comités d'Etudes

Papers presented in the name of the Study Committees

L'extinction des feux dans les grandes machines à pôles saillants

Fire extinguishing in large salient pole machines

par

R.D. KRANZ
du Comité d'Etudes 11
(Machines Tournantes)
Rapport publié à la demande
du Président du Comité :
M.J. DACIER

by

R.D. KRANZ
of Study Committee 11
(Rotating Machines)
Paper published at the request
of the Chairman of the Committee :
Mr. J. DACIER

Des réponses au questionnaire préparé par le GT 11.02, « Problèmes mécaniques des Machines à pôles saillants » ont été reçues des 14 pays suivants : Autriche (A), Australie (AUS), Belgique (B), Brésil (BR), Canada (CDN), Tchécoslovaquie (CS), France (F), Italie (I), Japon (J), Norvège (N), Suède (S), Suisse (CH), Royaume-Uni (UK) et URSS (USSR). Certains pays ont fourni plusieurs réponses, à savoir l'Australie (5 réponses), le Brésil (6), le Canada (3), la Norvège (9), la Suisse (6), le Royaume-Uni (3). L'étude avait été terminée en 1981.

Le présent rapport est une synthèse des réponses reçues et de leur discussion par le GT 11.02.

Faute de normes ou de recommandations internationales, on constate des variations notables entre les philosophies de mise en œuvre des installations d'extinction des flammes. Les décisions sont prises en général au coup par coup, en se basant sur des expériences positives ou négatives, sur les traditions ou bien sur les exigences de la législation et des compagnies d'assurance. Dans certains cas l'utilisation de telles installations est limitée aux alternateurs verticaux avec refroidissement par air en circuit fermé ou aux machines fonctionnant dans des installations non surveillées.

D'une manière générale, d'après les installations d'extinction existantes, on ne considère pas les paliers comme présentant un danger particulier, mais l'huile avec de la poussière ou bien des surfaces recouvertes d'huile présentent un risque d'inflammation. Bien que les matériaux isolants modernes soient considérés pour la plupart comme non inflammables, retardateurs de propagation ou auto-extincteurs, des accidents ont montré que de tels matériaux pouvaient brûler, pour peu qu'il y ait suffisamment d'oxygène, avec une température et un apport de

Answers from the following 14 countries Austria (A), Australia (AUS), Belgium (B), Brazil (BR), Canada (CDN), Czechoslovakia (CS), France (F), Italy (I), Japan (J), Norway (N), Sweden (S), Switzerland (CH), United Kingdom (UK), USSR (USSR) replied to a questionnaire prepared by WG 11.02 "Mechanical Problems of Salient Pole Machines". Some countries contributed more than one answer like Australia (5 answers), Brazil (6), Canada (3), Norway (9), Switzerland (6), United Kingdom (3). The study was completed in 1981.

This paper describes the answers to the questionnaire and their discussion by WG 11.02.

With the absence of international standards or recommendations the philosophy for application of fire extinguishing installations varies considerably. The decisions are mostly taken individually based on positive or negative experience, tradition, or legislation and insurance requirements. In some cases the application is restricted to vertical generators with closed air circuits or to machines operated in unmanned plants.

The installed fire extinguishing equipments in general do not regard the bearings as a special danger, but oil and dust or oil coated surfaces represent a danger for fire. Although modern insulations are mostly considered to be non-inflammable, fire retardant or self-extinguishable, accidents have shown that these materials may burn, given sufficient temperature and heat input by the igniting arc and then by the burning insulation itself promoting the extension of fire, if there is enough oxygen. This experience, gained by accident, has been proved by relevant tests and has led to a later

chaleur suffisants par l'arc de mise à feu initial puis par la combustion de l'isolation elle-même, provoquant la propagation des flammes. Cette expérience, acquise à l'occasion d'accidents, s'est trouvée confirmée par des essais adéquats conduisant à une installation ultérieure d'appareillages extincteurs dans certaines centrales. Il se peut que de telles expériences ne soient pas valables pour tous les systèmes d'isolation modernes.

L'agent extincteur le plus utilisé est le CO₂, et dans certains pays l'utilisation du CO₂ est basée sur les prescriptions de l'« USA National Fire Protection Code NFPA 12 ». Le CO₂ est un gaz asphyxiant et il est plus lourd que l'air. En cas de fuite, il peut s'accumuler dans les zones les plus basses d'une centrale. Il y a danger également en cas de dégagement de CO₂ alors que du personnel se trouve à l'intérieur du puits d'un alternateur. Afin d'éviter des asphyxies accidentelles on recourt à des dispositions particulières, parmi lesquelles on peut citer :

- Des systèmes d'alarme.
- Une signalisation optique des conditions de sécurité et/ou de danger.
- Un verrouillage du dégagement du CO₂ lorsque du personnel se trouve dans l'obligation de pénétrer dans des zones protégées avec ce gaz.
- Interdiction d'accès dans l'enceinte, en cas de feu, sauf au personnel spécialement entraîné pour les interventions contre l'incendie et équipé d'appareils respiratoires convenables.
- Ventilation de l'enceinte et de la zone environnante, après une mise en œuvre du CO₂.

On ne prévoit aucun risque de détérioration du matériel par le CO₂.

L'autre agent extincteur considéré comme efficace est l'eau pulvérisée. Son utilisation pourrait présenter des risques de détérioration pour les tôles et les enroulements statoriques mais ceci n'a pas toujours été confirmé par l'expérience, manifestation du fait de la pureté de l'eau utilisée. Les saletés présentes dans la machine peuvent cependant avoir une influence néfaste. Les systèmes d'isolation thermoplastiques d'un certain âge ne sont pas considérés comme étant à l'épreuve de l'eau et de l'humidité.

Le « halon » a été rarement utilisé jusqu'à présent. Peut-être conviendrait-il de se préoccuper des possibilités de dégagement de gaz corrosifs lorsque le « halon » vient en contact avec l'arc de mise à feu initial.

Le dégagement d'agent extincteur est commandé, le plus souvent, automatiquement et manuellement.

Pour éviter des déclenchements intempestifs, il est très important de choisir convenablement le système de détection des flammes. Il existe une grande variété de méthodes, utilisables séparément ou combinées entre elles :

- Surveillance par le personnel de la centrale,
- détecteurs thermiques, capteurs de température,
- détecteurs de fumées, détecteurs d'ionisation,

Ces deux dernières méthodes étant souvent combinées ensemble ou avec :

- des relais de protection électrique tels qu'un relais de défaut à la terre ou un relais différentiel.

installation of fire extinguishing equipment in some plants. This experience may not necessarily apply to all modern insulation systems.

CO₂ is the most used medium for extinguishing and in some countries the USA National Fire Protection Code NFPA 12, is the basis for CO₂ provision. CO₂ is asphyxiating and heavier than air. If a leakage occurs it can accumulate in lower areas of the power station. It is also dangerous if CO₂ is released when personnel are inside the generator pit. In order to prevent accidental asphyxiation specific measures are taken. Among these are :

- Alarm.
- Visual indication of safe and/or unsafe conditions.
- Blocking the release of CO₂ whenever it is necessary for personnel to enter into the CO₂ protected areas.
- Only personnel trained in fire fighting and equipped with breathing apparatus are permitted to enter the enclosure in the event of a fire.
- After application of CO₂ the enclosure and surrounding area is ventilated.

No damage to components is expected from CO₂.

Water spray is the other extinguishing medium regarded as efficient. Its use may be harmful to stator laminations and windings, but experience has not always confirmed this, obviously due to the cleanliness of the water used. Dirt in the machine may, however, have a harmful influence. Older thermoplastic insulation systems are not considered as waterproof.

Halon has seldom been used to date. The possibility of corrosive gases produced when Halon comes into contact with the igniting arc may be a consideration.

The fire extinguishing medium is mostly released automatically and manually.

In order to avoid unnecessary release the kind of fire detection is of high importance. A wide variety of methods are used individually or in combination :

- Plant personnel,
- Heat detectors, temperature sensors,
- Smoke detectors, ionisation detectors.

The latter two often in combination or with :

- Electrical protection relays, such as ground fault or differential relay.

Après discussion du problème des déclenchements intempestifs du système extincteur, par suite d'une fausse alerte, le Groupe de Travail est arrivé à la conclusion suivante :

Une inflammation sérieuse ne pouvant être provoquée dans un alternateur que par un défaut donnant naissance à un arc, les moyens d'extinction du feu devraient être interverrouillés avec le système de protection électrique de l'alternateur.

Bien que les paliers contiennent de l'huile combustible, dans la plupart ou même dans la totalité des cas l'installation ne protège pas particulièrement les paliers, à moins que ceux-ci ne constituent un risque du fait qu'ils sont situés à l'intérieur de la zone protégée. Un feu prenant naissance dans les paliers est cependant considéré comme très improbable. Comme dans une centrale les réservoirs d'huile sont souvent protégés avec un système d'extinction à CO₂, les paliers de machines verticales devraient eux aussi être protégés et ceci plus particulièrement si les canalisations d'huile de graissage à haute pression sont disposées en dehors des carters de paliers.

Après déclenchement du produit extincteur et une fois le feu éteint, on évacue le produit de différentes manières au moyen de :

- ventilateurs, fixes ou mobiles,
- de canalisations de purge par gravité,
- de gaines de ventilation spéciales, avec ou sans ventilateurs,
- de soufflage par air comprimé.

On constate des différences considérables entre les nombres des machines protégées au moyen d'un système commun de stockage du CO₂, mettant en œuvre une ou deux batteries de CO₂ avec différentes combinaisons pour protéger de une à dix machines. Postérieurement au questionnaire, on a attiré l'attention sur l'utilisation d'un système simple de pesage et d'affichage, à ressort dynamométrique, pour éviter le risque d'avoir des bouteilles de CO₂ vides au moment où l'on en a besoin.

Les opinions sur les tendances futures sont assez divergentes. En tant que nouvel agent extincteur, seul a été mentionné le bromochlorodifluorométhane, dont l'utilisation est envisagée par un exploitant. Il y a bien des perspectives futures pour le halon, mais on a rappelé qu'il ne faut pas perdre de vue les gaz corrosifs qui peuvent être engendrés dans un arc électrique ni les effets que ces gaz peuvent exercer sur les différents matériaux présents dans un alternateur. A l'époque du questionnaire on ne disposait pas de données expérimentales notables sur ces deux agents extincteurs mais depuis lors le halon a été utilisé dans plusieurs cas.

Pour l'appareillage de détection on dispose d'une instrumentation assez variée. On considère que les détecteurs d'ionisation sont plutôt trop sensibles et qu'ils nécessitent un interverrouillage avec le système de protection électrique pour éviter les déclenchements intempestifs.

On n'a constaté qu'un intérêt limité pour l'élaboration de nouvelles normes dans le domaine de l'extinction de flammes à l'intérieur des machines à pôles saillants, ceci

In discussing the problem of unnecessary release of fire extinguishing due to false alarm the Working Group came to the conclusion :

As a severe fire in a generator can only be ignited by an electrical fault producing an arc the release of the fire extinguishing media should be interlocked with the electrical protection system of the generator.

Although the bearings contain burnable oil the fire extinguishing installation in most or even all cases does not specifically protect the bearings unless the bearings are a hazard by being located in the protected area. A fire in the bearings is, however, considered very unlikely. As oil containers in a power station are often protected with a CO₂ fire protection equipment the bearings of vertical machines should also be protected, certainly if high pressure lubrication lines are situated outside the bearing housing.

After the fire extinguishing medium is released and the fire is extinguished the medium is removed in different ways by :

- Fans, fixed or mobile,
- Gravity drains,
- Special ducts with or without fans,
- Compressed air.

The number of machines protected by one common CO₂ storage differs widely, using one or two CO₂ banks in many combinations for one up to 10 machines. Subsequent to the questionnaire attention has been drawn to the use of a simple spring weighing/indicating system to obviate the risk of CO₂ bottles being empty when required.

The considerations on future trends are diverging. As a new medium, however, only Bromochlorodifluoromethane is considered by one user. There are future prospects for Halon but it is reminded that consideration needs to be given to the corrosive gases originated in an electrical arc and their influence on the various materials in a generator. Experience of application of both these media was not widely available at the time of the questionnaire, but since the date of the survey Halon has been applied in several cases.

For detecting equipment a variety of instrumentation is available. Ionisation detectors are judged to be rather too sensitive and need interlocking with the electrical protection system to avoid unnecessary release.

There is limited interest in new standards in the field of fire extinguishing in salient pole machines because of the wide variety of practices. However, this report, collecting the

en raison de la grande variété des pratiques en vigueur. Le présent rapport, qui regroupe les expériences acquises dans un certain nombre de pays et résume les discussions du sujet à l'intérieur du Groupe de Travail, pourrait néanmoins être utile en tant que base de départ et pour l'orientation générale des travaux.

L'auteur tient à exprimer ses remerciements pour l'efficacité de la coopération à l'intérieur du Groupe de Travail ainsi que pour les réponses qui ont été fournies par quatorze pays.

Les lecteurs pourraient aussi se reporter à un rapport plus général du Comité d'Etudes 23, présenté à la Session 1984 de la CIGRE : le rapport 23-04 : « La prévention et la protection contre l'incendie dans les centrales hydro-électriques souterraines », par J. Basileco, S. Faoro, J. Taylor et S. Vikanes.

experience from a number of countries and summarising the discussion of the Working Group may be of use as a general guideline.

The author expresses his thanks for the fruitful co-operation in the Working Group and the answers provided by 14 countries.

Readers may note the more general Study Committee 23 paper presented at the CIGRE 1984 Session : 23.04 Fire Prevention and Protection in Underground Hydro Power Stations by J. Basileco, S. Faoro, J. Taylor and S. Vikanes.

Récapitulation des réponses au questionnaire « l'extinction des feux dans les grandes machines à pôles saillants »
Condensation of the Answers to the Questionnaire "Fire Extinguishing in Large Salient Pole Machines"

yes = oui

PAYS COUNTRY	A	AUS	B	BR	CDN	CH	CS	F	I	J	N	S	UK	USSR
Nbre de réponses No. of answers	1	5	1	6	3	6	1	1	1	1	9	1	3	1
Questions														
1. Existe-t-il des normes ? Are there standards ? Quelles sont elles ? What standards	no	yes NFPA 12 1)	no	no	yes NFPA 12 1)	no NFPA 12 1)	no	no	no	no	no	no	no	no
2. Recommandez-vous ou prévoyez-vous des installations d'extinction des feux ? Do you recommend or install fire extinction in st. ? Pour quelles raisons ? What are the reasons ?	2) -	3) 5)	no -	yes 5)	yes 5)	yes 5) (3) 5)	4) -	3) -	4) -	yes -	5yes 4 no (5)	no -	2) -	yes 6)
3. Etiez-vous antérieurement d'un avis différent ? Has there been a different opinion in the past ? Quelles sont les raisons de ce changement d'opinion ? What are the reasons for change in opinion ?	yes 7)	yes 8)	yes 8)	no (8)	no	no	yes 9)	yes 9)	no	no	yes 8+9)	yes 9)	no	no (9)
4. Qu'à-t-on installé récemment comme systèmes d'extinction et avec quels agents d'extinction ? What system and ext. media have been installed recently ?	CO ₂	CO ₂ 10)	CO ₂	CO ₂	10) (CO ₂)	11)	CO ₂	11)	CO ₂	CO ₂ (10)	CO ₂	CO ₂	CO ₂	10) CO ₂
5. Agents extincteurs efficaces Efficient media Agents nocifs pour la machine Media harmful for the machine Agents dangereux pour la santé Media dangerous to health	CO ₂ - -	CO ₂ - -	- - -	CO ₂ H ₂ O	CO ₂ + H ₂ O (H ₂ O)	CO ₂ -	H ₂ O+ CO ₂ (H ₂ O)	- - -	CO ₂ - -	- - -	- - -	12) - -	H ₂ O+ CO ₂ - -	H ₂ O - -
6. Prescrivez-vous des dispositions pour éviter : Do you specify measures to prevent : - accidents pour le personnel ? accidents to men ? - détériorations de la machine ? damage to machine ?	13) -	13+ 14) -	- -	13+ 14) -	yes -	14) -	no -	yes -	14) -	15) -	yes -	yes -	14) -	no -
7. L'extinction du feu devrait elle être déclenchée : Should fire extinction be : - automatiquement ? released automatically ? - manuellement ? manually ? - auto-manuellement ? auto-manually ?	- - yes	- 1yes 4yes	- - yes	- - yes	- 16) yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes	- - yes
8. Comment le feu est-il détecté : How is the fire detected : - par le personnel seulement ? by personnel only ? - par un appareillage, si oui lequel ? by instruments - which ?	17) -	19) 18)	20) -	17+ 18)	17+ 18)	18+ 20)	20) -	17) -	17) -	17) -	17+ 20)	20) -	17) -	yes -
9. L'ext. est-il déclenché par un dispositif autre que des détecteurs de chaleur ou de fumée ? Is the fire ext. released by a device other than heat or smoke detectors ? Quel(s) dispositif(s) ? What device (s) ?	yes 21)	yes 21)	yes 22)	yes 21+ 22)	yes 23)	yes 21)	no	yes 22)	yes 22)	no	no	yes 22)	2no 1yes 23a)	no
10. Une procédure est-elle prescrite pour éviter un déclenchement intempestif ? Do you specify procedure to prevent unnecessary release ? Laquelle/Which ?	no	yes 24)	no	no 24+ 25)	no 24)	no 24)	no	no	no	yes	no	yes	yes 23a+ 25)	no

Suite/Continued

yes = oui

PAYS COUNTRY	A	AUS	B	BR	CDN	CH	CS	F	I	J	N	S	UK	USSR
Nbre de réponses No. of answers	1	5	1	6	3	6	1	1	1	1	9	1	3	1
11. Le déclenchement de l'extinction se fait-il immédiatement? Is the fire ext. released immediately? Quels sont les premiers stades? What steps first?	yes	yes	yes	yes	no 27)	yes 27)	no 27)	yes 27)	no 27)	yes 27)	yes (no) 27)	yes 27)	yes (no) 27)	yes (no) 27)
12. Le système d'extinction intervient-il aussi dans les paliers, et sous quelles conditions? Does the fire ext. also fight fire in the bearing and under what conditions?	no	yes 28)	yes 28)	yes 28)	no	yes 28)	yes 28)	yes 28)	no	no	no	no	yes 28)	no
13. Spécifiez-vous des dispositions pour l'élimination des agents extincteurs? Do you specify provisions to remove fire ext. media? Quel est le nbre max. de machines protégées par une même réserve? Max. no. of machines protected by one storage.	yes 2	yes 2-4	no 1	no 3-8	no -	yes 1	yes 4	yes 1-2	no 2-3	yes 1	no 1-4	no 4	yes 1-3	no 1
14. Tendances futures quant aux agents extincteurs? Future tend for ext. media? - systèmes de détection? fire detection?	- -	29+ 30) 31)	- -	- 32)	29+ 30) 32)	- -	- -	30) 31)	- -	29+ 30) 32)	29) 32)	29) -	29+ 30) 31)	30) -
15. Ressentez-vous la nécessité d'une norme internationale? Is there a need for an international standard?	33)	33+ 34)	no	yes 33)	yes	33) yes	no	no	33)	no	yes	no	33)	yes

Légendes :

- 1) N'est pas généralement appliquée
- 2) Non, oui cependant dans des cas particuliers
- 3) Oui pour des machines à axe vertical avec refroidissement par air en circuit fermé
- 4) Uniquement sur demande de l'utilisateur
- 5) Expérience satisfaisante, huile et poussières, centrales non surveillées
- 6) Prescrites par la norme nationale GOST5615-80
- 7) Pollution par des poussières grasses
- 8) Avec suffisamment de chaleur et d'oxygène, une isolation moderne est elle aussi inflammable
- 9) Utilisation d'une isolation moderne auto-extinguible
- 10) Pulvérisation d'eau
- 11) CO₂ à l'intérieur du pays, pulvérisation d'eau à l'étranger
- 12) Le CO₂ n'est pas efficace si la carcasse de l'alternateur n'est pas raisonnablement étanche aux gaz
- 13) Alarmes et notes de service
- 14) Interrouillage des accès dans la zone protégée par CO₂
- 15) Interrouillage pour le CO₂, rien pour la pulvérisation d'eau
- 16) Avec l'eau comme agent extincteur, déclenchement manuel seulement
- 17) Capteurs de température et de fumée = détecteurs de fumées = sondes
- 18) Détecteurs de température et d'ionisation = détecteurs ioniques de fumées
- 19) Avec l'eau comme agent extincteur, uniquement détection par le personnel
- 20) Détecteurs de température
- 21) Relais différentiel
- 22) Relais différentiel et relais de défaut à la terre du stator
- 23) Relais différentiel et relais de défaut de l'enroulement
- 23a) Relais de protection électrique
- 24) Interrouillage avec les relais de la protection électrique
- 25) Déclenchement après confirmation visuelle
- 26) Numéro inutilisé
- 27) En premier, déclenchement du groupe et du disjoncteur d'excitation
- 28) Avec le CO₂ comme agent extincteur et si les paliers se trouvent dans la zone protégée.
- 29) Halon
- 30) Eau
- 31) Câble capteur de chaleur (nouveaux détecteurs d'échauffement)
- 32) Détecteurs ioniques de fumées
- 33) Pas pour des normes mais pour des recommandations
- 34) Oui pour les bouteilles de gaz CO₂ (normalisation)

Legend:

- 1) Not generally applied
- 2) No, but in special cases yes
- 3) Yes for vertical machines with closed air circuit
- 4) At user's wish only
- 5) Satisfactory experience, oil dust, unmaned stations
- 6) Required by national standard GOST 5615-80
- 7) Pollution by oil dust
- 8) With sufficient heat and oxygen also modern insulation is flammable
- 9) Use of modern self-extinguishable insulation
- 10) Water spray
- 11) CO₂ in inland, water spray abroad
- 12) CO₂ is not efficient if generator housing is not reasonably gas tight!
- 13) Alarm and notes
- 14) Interlock for entry in CO₂ protected area
- 15) Interlock for CO₂, none for water spray
- 16) With water as extinguishing media, only manual release
- 17) Temperature and smoke sensors = smoke detectors = probe
- 18) Temperature and ionization detectors = ionic smoke detectors
- 19) With water as extinguishing media, only detection by personnel
- 20) Temperature detectors
- 21) Differential relay
- 22) Differential relay and stator ground fault relay
- 23) Differential relay and winding fault relay
- 23a) Electric protection relays
- 24) Interlocking with electrical protection relays
- 25) Release after visual confirmation
- 26) Number not used.
- 27) Trip unit and field breaker first
- 28) With CO₂ as extinguishing media and bearings in the protected area
- 29) Halon
- 30) Water
- 31) Heat sensing cable (new temperature detectors)
- 32) Ionic smoke detectors
- 33) No standards but recommendations
- 34) Yes for CO₂ gas cylinders (standardization)