



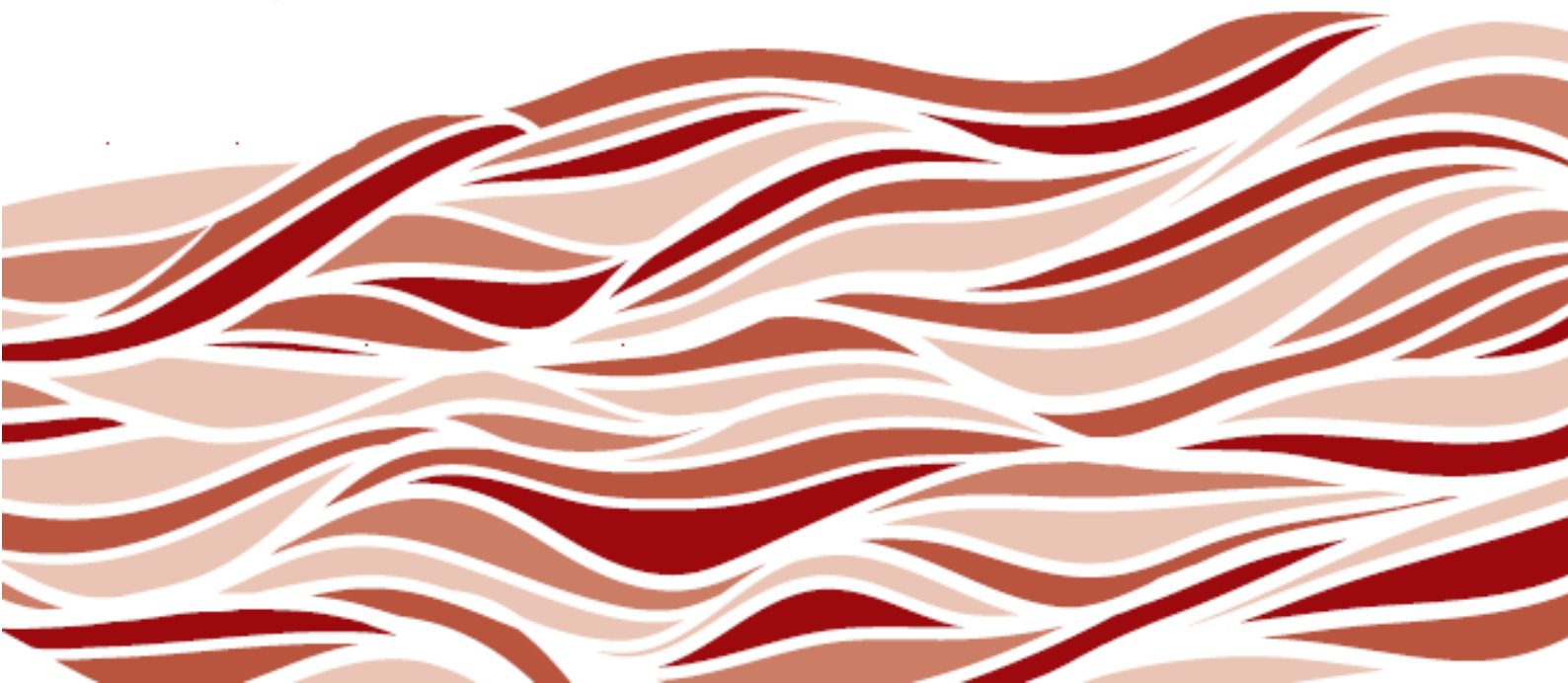
UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



Directives techniques pour le
développement de la petite hydroélectricité
UNITÉS

Partie 6 : Systèmes de surveillance, de contrôle, de protection et d'alimentation électrique en courant continu

SHP/TG 003-6: 2019



CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Le présent document n'a pas été revu par les services d'édition de l'Organisation des Nations Unies. Les appellations employées dans le présent document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites, ou à leur système économique ou degré de développement. Les qualificatifs tels que « développé », « industrialisé » et « en développement » ne sont employés que pour des raisons de commodité statistique et n'expriment pas nécessairement un jugement sur le stade de développement atteint par un pays ou par une zone particulière. La mention de noms de sociétés ou de produits commerciaux ne signifie pas que l'ONUDI approuve lesdites sociétés ou produits. Bien que les auteurs du présent document aient veillé avec le plus grand soin à l'exactitude des informations y figurant, l'ONUDI et ses États Membres n'assument aucune responsabilité en ce qui concerne les conséquences qui pourraient découler de leur utilisation. Le présent document peut être cité ou réimprimé librement, mais une telle utilisation doit faire mention de la source.

Directives techniques pour le
développement de la petite hydroélectricité
UNITÉS

**Partie 6 : Systèmes de
surveillance, de contrôle, de
protection et d'alimentation
électrique en courant continu**

REMERCIEMENTS

Les directives techniques sont le fruit d'une collaboration entre l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI) et le Centre International sur la Petite Hydraulique (INSHP). Environ 80 experts internationaux et 40 organismes internationaux ont participé à l'élaboration et à l'examen par les pairs du document, fournissant observations et suggestions concrètes pour garantir le professionnalisme et l'applicabilité des directives.

L'ONUDI et le Centre International sur la Petite Hydraulique apprécient grandement les contributions apportées lors de l'élaboration de ces directives et en particulier celles des organisations internationales suivantes :

- Le marché commun de l'Afrique orientale et australe (COMESA)
- Le réseau mondial de centres régionaux pour les énergies renouvelables (GN-SEC), en particulier le Centre de la CEDEAO pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (ECREEE), le Centre d'Afrique de l'Est pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (EACREEE), le Centre du Pacifique pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (PCREEE) et le Centre des Caraïbes pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (CCREEE).

Le gouvernement chinois a facilité la finalisation de ces directives et a joué un rôle important dans leur élaboration.

L'élaboration de ces directives a grandement bénéficié des apports précieux, de la révision, des commentaires constructifs et des contributions reçues de M. Adnan Ahmed Shawky Atwa, M. Adoyi John Ochigbo, M. Arun Kumar, M. Atul Sarthak, M. Bassey Edet Nkposong, M. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Mme. Arun Kumar, M. Atul Sarthak, M. Bassey Edet Nkposong, M. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Mme Chang Fangyuan, M. Chen Changjun, Mme Chen Hongying, M. Chen Xiaodong, Mme Chen Yan, Mme Chen Yueqing, Mme Cheng Xialei, Mme Chileshe Kapaya Matantilo, Chileshe Kapaya Matantilo, Mme Chileshe Mpundu Kapwepwe, M. Deogratias Kamweya, M. Dolwin Khan, M. Dong Guofeng, M. Ejaz Hussain Butt, Mme Eva Kremere, Mme Fang Lin, M. Fu Liangliang, M. Garaio Donald Gafiye, M. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, M. Guo Chenguang, M. Guo Hongyou, M. Harold John Annegam, Mme Hou ling, M. Hu Jianwei, Mme Hu Xiaobo, M. Hu Yunchu, M. Huang Haiyang, M. Huang Zhengmin, Mme Januka Gyawali, M. Jiang Songkun, M. K. M. Dharesan Unnithan, M. Kipyego Cheluget, M. Kolade Esan, M. Lamyser Castellanos Rigoberto, M. Li Zhiwu, Mme Li Hui, M. Li Xiaoyong, Mme Li Jingjing, Mme Li Sa, M. Li Zhenggui, Mme Liang Hong, M. Liang Yong, M. Lin Xuxin, M. Liu Deyou, M. Liu Heng, M. Louis Philippe Jacques Tavernier, Li Zhenggui, Mme Liang Hong, M. Liang Yong, M. Lin Xuxin, M. Liu Deyou, M. Liu Heng, M. Louis Philippe Jacques Tavernier, Mme Lu Xiaoyan, M. Lv Jianping, M. Manuel Mattiat, M. Martin Lugmayr, M. Mohamedain SeifElnasr, M. Mundia Simainga, M. Mukayi Musarurwa, M. Olumide TaiwoAlade, M. Ou Chuanqi, Mme. Pan Weiping, M. Ralf Steffen Kaeser, M. Rudolf Hupfl, M. Rui Jun, M. Rao Dayi, M. Sandeep Kher, M. Sergio Armando Trelles Jasso, M. Sindiso Ngwenga, M. Sidney Kilmete, Mme Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, M. Shang Zhihong, M. Shen Cunke, M. Shi Rongqing, Mme Sanja Komadina, M. Tareqemtairah, M. Tokihiko Fujimoto, M. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, M. Tan Xiangqing, M. Tong Leyi, M. Wang Xinliang, M. Wang Fuyun, M. Wang Baoluo, M. Wei Jianghai, M. Wu Cong, Mme Xie Lihua, M. Xiong Jie, Mme Xu Jie, Mme Xu Xiaoyan, M. Xu Wei, M. Yohane Mukabe, M. Yan Wenjiao, M. Yang Weijun, Mme Yan Li, M. Yao Shenghong, M. Zeng Jingnian, M. Zhao Guojun, M. Zhang Min, M. Zhang Min, M. Zhang Min, M. Wang Baoluo, M. Weianghui, M. Wu Cong, Mme. Zhang Min, M. Zhang Liansheng, M. Zhang Zhenzhong, M. Zhang Xiaowen, Mme Zhang Yingnan, M. Zheng Liang, M. Zheng Yu, M. Zhou Shuhua, Mme Zhu Mingjuan.

Les suggestions et les recommandations concernant d'éventuelles mises à jour des directives sont les bienvenues.

Table des matières

Avant-propos	III
Introduction.....	I
1 Portée	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions.....	2
4 Conditions de service.....	2
4.1 Conditions environnementales.....	2
4.2 Conditions d'alimentation électrique.....	3
4.3 Autres conditions	3
5 Exigences techniques	4
5.1 Exigences techniques du système de surveillance	4
5.2 Exigences techniques relatives aux systèmes de protection par relais :.....	15
5.3 Exigences techniques relatives au système d'alimentation en courant continu.....	17
6 Portée de la commande d'équipements et de pièces de rechange.....	18
6.1 Système de surveillance.....	18
6.2 Système de protection par relais.....	18
6.3 Système d'alimentation en courant continu.....	18
6.4 Autres équipements et pièces de rechange.....	18
7 Documents techniques.....	19
8 Inspection en usine	19
8.1 Procédures de test, d'inspection et d'acceptation.....	19
8.2 Inspection de l'apparence des équipements, configuration logicielle et matérielle et documents techniques	20
8.3 Tests de fonctionnement et de performance.....	21
8.4 Test de la capacité d'adaptation de l'alimentation électrique	25
8.5 Test de résistance d'isolation	25
8.6 Test de courant continu	25
8.7 Inspection et acceptation avant la livraison.....	25
9 Acceptation sur site.....	26
9.1 Conditions environnementales des tests d'acceptation réalisés sur site.....	26
9.2 Procédures de test et d'acceptation sur site	26
9.3 Inspection de l'apparence et de la configuration logicielle et matérielle de l'équipement, et des documents techniques.....	27
9.4 Inspection du déballage et de l'installation sur site de l'équipement et inspection du câblage.....	27
9.5 Tests de fonctionnement et de performance.....	28
10 Plaque signalétique, emballage, transport et stockage.....	33
10.1 Plaque signalétique.....	33
10.2 Emballage.....	33

10.3	Transport	34
10.4	Stockage	34
11	Installation et formation.....	34
11.1	Installation	34
11.2	Formation	35
12	Période de garantie de la qualité.....	35
Annexe A (Normative)	Inspection et tests d'acceptation	36

Avant-propos

L'ONUDI est un organisme spécialisé de l'Organisation des Nations Unies qui vise à promouvoir un développement industriel inclusif et durable à l'échelle mondiale. La pertinence du développement industriel inclusif et durable en tant qu'approche intégrée des trois piliers du développement durable (social, environnemental et économique) est reconnue par le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et les objectifs de développement durable (ODD) correspondants, qui encadreront les efforts déployés par les Nations Unies et les pays en faveur d'un développement durable au cours des quinze prochaines années. Le mandat de l'ONUDI en ce qui concerne le développement industriel inclusif et durable répond à la nécessité d'appuyer la création de systèmes énergétiques durables, essentiels au développement économique et social et à l'amélioration de la qualité de vie. Les préoccupations internationales en matière d'énergie et les débats qu'elles suscitent ont pris de l'ampleur au cours des deux dernières décennies, les questions de la réduction de la pauvreté, des risques environnementaux et des changements climatiques occupant désormais le devant de la scène.

Le Centre International sur la Petite Hydraulique est une organisation internationale de coordination et de promotion du développement mondial de la petite hydroélectricité, qui s'appuie sur la participation volontaire de divers acteurs, notamment des points focaux régionaux, sous-régionaux et nationaux, ainsi que des institutions, des services publics et des entreprises, et dont l'objectif principal est le bénéfice social. Le Centre International sur la Petite Hydraulique s'emploie à promouvoir le développement mondial des petites centrales hydroélectriques en favorisant la coopération triangulaire, technique et économique, entre les pays en développement, les pays développés et les organisations internationales, en vue d'apporter aux zones rurales des pays en développement des solutions énergétiques adéquates, abordables et respectueuses de l'environnement ; ce qui leur permettra d'accroître les possibilités d'emploi, d'améliorer les conditions environnementales, de réduire la pauvreté, d'élever le niveau de vie des populations et les normes culturelles locales, et d'assurer le développement économique.

L'ONUDI et le Centre International sur la Petite Hydraulique collaborent à l'élaboration du Rapport mondial sur le développement des petites centrales hydroélectriques depuis 2010. D'après ce rapport, en l'état actuel, le développement de la petite hydroélectricité ne permet pas de répondre à la demande dans le monde. L'un des obstacles au développement, dans la plupart des pays, est le manque de technologies. L'ONUDI, en collaboration avec le Centre International sur la Petite Hydraulique et des experts issus de différents pays et organisations internationales, et sur la base d'expériences de développement réussies, a décidé d'établir les Directives techniques pour le développement de la petite hydroélectricité afin de répondre à la demande des États Membres.

Ces directives techniques ont été rédigées conformément aux règles éditoriales de la deuxième partie des Directives ISO/IEC, (voir www.iso.org/directives).

Nous appelons votre attention sur la possibilité que certains éléments de ces directives techniques soient soumis à des droits de brevet. L'ONUDI et le Centre International sur la Petite Hydraulique ne pourront être tenus responsables de l'identification de ces droits de brevet.

Introduction

La petite hydroélectricité est de plus en plus considérée comme une solution énergétique renouvelable essentielle pour répondre de manière adéquate au défi de l'électrification des zones rurales reculées. Toutefois, si la plupart des pays d'Europe, d'Amérique du Nord et du Sud, ainsi que la Chine, disposent d'une importante capacité installée, le potentiel de la petite hydroélectricité dans de nombreux pays en développement reste inexploité et son développement est souvent entravé par divers facteurs, notamment l'absence de bonnes pratiques et de normes de développement de petites centrales hydroélectriques acceptées à l'échelle mondiale.

Fondées sur l'expertise et les meilleures pratiques en usage dans le monde entier, ces Directives techniques pour le développement de la petite hydroélectricité permettront de remédier aux limites actuelles des réglementations régissant le développement des petites centrales hydroélectriques. L'objectif est que les pays utilisent ces directives convenues pour améliorer leurs politiques actuelles, ainsi que les technologies dont ils disposent et leurs écosystèmes. Les pays disposant de capacités institutionnelles et techniques limitées pourront améliorer leurs connaissances dans le domaine du développement de la petite hydroélectricité, attirant ainsi davantage d'investissements, tout en encourageant la mise en place de politiques favorables qui, à terme, contribueront à accélérer le développement économique au niveau national. Ces Directives techniques seront utiles à tous les pays, mais surtout elles faciliteront l'échange de données d'expérience et de meilleures pratiques entre les pays aux capacités techniques limitées.

Les Directives techniques peuvent servir de principes et de base pour la planification, la conception, la construction et la gestion des petites centrales hydroélectriques dont la capacité n'excède pas 30 MW.

- La section « Termes et définitions » des Directives techniques définit les termes techniques professionnels couramment employés dans le domaine des petites centrales hydroélectriques.
- La section « Conception » des Directives techniques fournit des lignes directrices sur les exigences fondamentales, la méthodologie et les modalités des différentes étapes du projet : sélection du site, hydrologie, géologie, élaboration du projet, configurations, calculs énergétiques, hydraulique, sélection des équipements électromécaniques, construction, estimation des coûts du projet, évaluation économique, financement, évaluations sociales et environnementales ; l'objectif étant de déployer les meilleures solutions de conception compte tenu de l'ensemble de ces aspects.
- La section « Unités » des Directives techniques précise les exigences techniques relatives aux turbines, aux générateurs, aux systèmes de régulation des turbines hydroélectriques, aux systèmes d'excitation, aux vannes principales et aux systèmes de surveillance, de contrôle, de protection et d'alimentation électrique en courant continu des petites centrales hydroélectriques.
- La section « Construction » des Directives techniques peut servir de document d'orientation technique pour la construction de petites centrales hydroélectriques.
- La section « Gestion » des Directives techniques fournit des orientations techniques pour la gestion, l'exploitation et la maintenance ainsi que la rénovation technique et l'acceptation des projets de petites centrales hydroélectriques.

Directives techniques pour le développement de la petite hydroélectricité-Unités

Partie 6 : Systèmes de surveillance, de contrôle, de protection et d'alimentation électrique en courant continu

1 Portée

Cette partie des directives relatives aux unités précise les exigences techniques générales ainsi que les exigences de base relative aux équipements et aux pièces de rechange devant être fournis, aux documents techniques, à l'inspection et à l'acceptation, à l'emballage, au transport, au stockage, à l'installation, à la formation, et à l'exploitation et l'entretien du système de surveillance, de contrôle et de protection et du système d'alimentation en courant continu d'une petite centrale hydroélectrique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont mentionnés dans le texte de telle sorte que tout ou partie de leur contenu constitue des exigences du présent document. Dans le cas des références datées, seule l'édition citée est valable. Dans le cas des références non datées, c'est la dernière édition du document visé (modifications comprises) qui est valable.

IEC 60255-5, *Relais électriques - Partie 5 : Coordination de l'isolement des relais de mesure et des dispositifs de protection - Prescriptions et essais*

IEC 60255-22-1, *Relais de mesure et dispositifs de protection - Partie 22-1 : essais d'influence électrique - Essais d'immunité à l'onde oscillatoire amortie 1 MHz*

IEC 60255-22-2, *Relais de mesure et dispositifs de protection - Partie 22-2 : Essais d'influence électrique-Essais de décharge électrostatique*

IEC 60255-22-3, *Relais de mesure et dispositifs de protection - Partie 22-3 : Essais d'influence électrique - Immunité aux champs électromagnétiques rayonnés*

IEC 60255-22-4, *Relais de mesure et dispositifs de protection - Partie 22-4 : Essais d'influence électrique - Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 60255-22-5, *Relais de mesure et dispositifs de protection - Partie 22-5 : Essais d'influence électrique - Essais d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61131-3, *Automates programmables - Partie 3 : Langages de programmation*

SHP/TG 001, *Directives techniques pour le développement de petites centrales hydroélectriques - Termes et définitions.*

3 Termes et définitions

Aux fins du présent document, les termes et définitions figurant dans les références normatives s'appliquent.

4 Conditions de service

4.1 Conditions environnementales

4.1.1 L'équipement doit être installé à l'intérieur ou dans des endroits protégés contre les intempéries. L'environnement doit avoir de l'air propre, sans risque d'explosion. Il est important que l'air ambiant ne contienne pas de gaz ou de poussières conductrices qui pourraient causer la corrosion des composants métalliques ou endommager l'isolation.

4.1.2 L'utilisation de l'équipement est limitée à une altitude ne dépassant pas 2 500 mètres. Au-delà de cette altitude, des ajustements peuvent être nécessaires en raison de la baisse des propriétés diélectriques et de l'efficacité du refroidissement par l'air. Dans ce cas, il est conseillé de consulter le fournisseur pour en discuter.

4.1.3 Température ambiante requise :

- a) Dans les salles informatiques et les salles de contrôle central : la température doit être maintenue entre 18 °C et 30 °C ;
- b) Dans les unités de contrôle local : la température peut varier de -5 °C à 40 °C ;
- c) La température ambiante moyenne ne doit pas dépasser 35 °C.

NOTE En cas de dépassement des plages de température spécifiées, l'utilisateur doit en informer le fournisseur ou négocier avec lui.

4.1.4 Exigences relatives à l'humidité relative de l'air :

- a) Dans les salles informatiques et les salles de contrôle central : l'humidité relative de l'air doit être maintenue entre 45 % et 65 % ;
- b) Dans les unités de contrôle local : l'humidité relative doit se situer entre 20 % et 90 %, et la condensation doit être évitée.

4.1.5 Il est nécessaire d'adopter des mesures pour protéger l'équipement de la poussière, lesquelles doivent être adaptées en fonction du lieu de l'installation. Des protections temporaires sont particulièrement importantes au début de la construction et lors de la mise en service par étapes des unités de contrôle local. La quantité de poussière dans l'air, dont la taille des particules est supérieure à 0,5 micromètres, ne doit pas dépasser 18 000 particules par litre.

4.1.6 Les prescriptions relatives à la résistance aux vibrations et aux chocs sont les suivantes :

- a) Dans les salles informatiques et les salles de contrôle central : la fréquence de vibration tolérée doit être comprise entre 5 Hz et 200 Hz et l'accélération maximale ne doit pas dépasser 5 m/s²;
- b) Dans les unités de contrôle local : la fréquence de vibration tolérée doit être comprise entre 5 Hz et 500 Hz et l'accélération maximale ne doit pas excéder 10 m/s²;
- c) Dans les régions sujettes aux tremblements de terre, l'équipement doit être conçu en tenant compte de ces conditions spéciales.

4.2 Conditions d'alimentation électrique

Le système d'alimentation destiné à la surveillance, à la protection et au système d'alimentation en courant continu doit fonctionner de manière fiable et sans dommage dans les plages de tension et de fréquence électriques suivantes :

- a) Alimentation en courant alternatif :

Variation de la tension d'entrée :

110 x (85 % à 110 %) V

220 x (85 % à 110 %) V

380 x (85 % à 110 %) V

- b) Déviation admissible de la fréquence : ±10 %.

- c) Alimentation en courant continu :

220 x (85 % à 115 %) V

110 x (85 % à 115 %) V

4.3 Autres conditions

Toute condition de service spéciale qui ne serait pas couverte par les spécifications standards doit être négociée et déterminée conjointement par le fournisseur et l'utilisateur.

5 Exigences techniques

5.1 Exigences techniques du système de surveillance

5.1.1 Exigences matérielles

5.1.1.1 Les systèmes de contrôle à l'échelle de la station et au niveau local doivent être conçus en fonction de la hiérarchie de commandement et des équipements spécifiques de la centrale hydroélectrique. Ils doivent adopter une architecture de système ouverte, hiérarchisée et distribuée. Les principes de configuration à respecter pour ce système de surveillance sont les suivants :

- a) Le contrôle au niveau de la station peut être géré par un système de contrôle dédié. Selon les besoins, ce système peut être simple ou doté d'un système redondant.
- b) Le contrôle au niveau local est composé de plusieurs unités de contrôle local, chaque ensemble étant dédié à un type spécifique d'équipement dans la centrale (comme le groupe turbo-alternateur hydraulique, le poste de commutation, les auxiliaires communs de la station et les portes hydromécaniques).
- c) Le réseau dédié au contrôle au niveau de la station et au niveau local doit avoir une structure Ethernet en étoile ou une structure en boucle.

5.1.1.2 L'équipement du système de surveillance peut être classé comme suit :

- a) L'équipement du système de surveillance informatique peut être divisé en deux catégories selon l'agencement : l'équipement de contrôle au niveau de la station et l'équipement de contrôle au niveau local ;
- b) Trois catégories d'équipement sont identifiées selon le module général : ordinateur et équipement auxiliaire, équipement de communication réseau et équipement d'alimentation électrique.

5.1.1.3 Configuration et exigences techniques relatives à l'ordinateur (ou processeur) de contrôle au niveau de la station :

- a) La capacité de traitement (longueur du mot) du processeur doit être d'au moins 64 bits, et sa fréquence principale doit être au minimum de 1 GHz ;
- b) La mémoire de l'ordinateur doit être suffisamment grande, avec une marge de réserve de plus de 40 % ;
- c) La capacité de stockage du système informatique doit être suffisante pour gérer efficacement les documents du système, les documents d'application et les données en temps réel et historiques, y compris les informations accumulées quotidiennement, mensuellement et annuellement, nécessaires au système de contrôle.

5.1.1.4 Configurations et exigences techniques relatives aux unités de contrôle local :

- a) L'unité de contrôle local doit être capable de fonctionner de manière autonome, même lorsqu'elle est déconnectée du système informatique de contrôle au niveau de la station. Elle peut inclure un écran tactile pour faciliter la surveillance locale ;
- b) L'unité de contrôle local peut être équipée d'un appareil de mesure de la température, d'un dispositif de mesure et de contrôle de la vitesse de rotation, d'un dispositif de synchronisation et des instruments nécessaires pour le contrôle et la surveillance ;
- c) L'unité de contrôle local peut intégrer une unité de gestion de communication intelligente avec suffisamment d'interfaces pour communiquer avec des équipements intelligents, comme le système d'excitation et le système de régulation, et pour la connexion réseau avec l'ordinateur au niveau de la station ;
- d) L'unité de contrôle local dédiée au groupe turbo-alternateur hydraulique doit comporter un bouton d'arrêt d'urgence ;
- e) Le contrôleur logique de l'unité de contrôle local doit satisfaire aux critères de performance suivants :
 - 1) Un taux de balayage inférieur ou égal à 1,8 millisecondes par kilo-octet (ms/k) ;
 - 2) Une capacité de stockage d'au moins 512 kilo-octets ;
 - 3) Au moins une interface de communication de type bus RS-485 ;
 - 4) La capacité des points d'entrée et de sortie doit être supérieure à la capacité nécessaire, avec une marge d'au moins 10 %.

5.1.1.5 Configuration du dispositif de synchronisation :

- a) Les points de synchronisation doivent être équipés de deux types de dispositifs de quasi-synchronisation : un dispositif automatique et un dispositif manuel ;
- b) Le dispositif de quasi-synchronisation automatique doit être basé sur une technologie micro-informatique.

5.1.1.6 Configuration et exigences techniques relatives à l'alimentation électrique :

- a) Le contrôle au niveau de la station doit inclure une alimentation sans interruption ou une alimentation par onduleur. En cas de coupure de l'alimentation externe en courant alternatif, l'alimentation sans interruption doit permettre au système de continuer à fonctionner pendant au moins deux heures. La capacité de l'onduleur doit être adaptée à la puissance maximale de l'ensemble de l'équipement du système de surveillance informatique. Le contrôle au niveau local doit inclure une alimentation à tension stabilisée et une alimentation à découpage avec entrée CA/CC. Un onduleur peut également être ajouté si nécessaire ;

- b) Les différentes sources d'alimentation (alimentation sans interruption, onduleur, alimentation à tension stabilisée et alimentation à découpage) doivent fonctionner correctement et résister sans dommage aux conditions d'alimentation spécifiées dans la norme ;
- c) L'équipement du système de surveillance informatique doit rester intact même si la tension d'entrée tombe à sa limite inférieure ou en cas d'inversion des polarités positive et négative.

5.1.1.7 Principe de configuration de la protection contre la foudre :

- a) Toutes les interfaces de communication doivent être équipées de dispositifs de protection contre les surtensions ;
- b) Les signaux analogiques entrant dans la salle de contrôle centrale doivent être protégés par des dispositifs de protection contre les surtensions ;
- c) Le terminal d'entrée en courant alternatif du système d'alimentation en courant continu doit être équipé d'un protecteur de tension ;
- d) Les terminaux d'entrée d'alimentation électrique et de tension des dispositifs de protection par relais doivent être dotés de circuits de protection contre les surtensions.

5.1.1.8 Exigences techniques relatives au système de mise à la terre :

- a) Le système de surveillance informatique doit être connecté à la grille de mise à la terre générale de la centrale hydroélectrique. La résistance de cette mise à la terre ne doit pas excéder 4 ohms (Ω), et il est important que cette grille de mise à la terre ne soit pas connectée à la grille de mise à la terre utilisée pour la protection contre la foudre de la centrale ;
- b) Pour minimiser les courants vagabonds et les interférences de bruit de fond, ainsi que pour assurer la sécurité de l'équipement, plusieurs composants doivent être correctement mis à la terre, à savoir les boîtiers des équipements, l'alimentation en courant alternatif, les circuits logiques, les circuits de signal et la couche de blindage du câble de l'équipement du système de surveillance informatiques, et ce, selon les principes suivants :
 - 1) Les boîtiers des équipements ou toute partie métallique non conductrice de courant exposée doivent être reliés à la terre ;
 - 2) L'alimentation électrique en courant alternatif isolée doit être mise à la terre si la tension dépasse 150 volts (V) ;
 - 3) Tous les circuits en courant continu non isolés (y compris l'alimentation en courant continu, les circuits logiques et les circuits de signal) doivent avoir un unique point de mise à la terre ;

- 4) Si un circuit commun de courant continu non isolé est mis à la terre en plusieurs points, la différence de potentiel entre ces points ne doit pas excéder le niveau de bruit admissible de l'équipement ;
 - 5) Dans une armoire contenant des dispositifs d'interface externes isolés, tous les éléments (boîtier, alimentation en courant alternatif, alimentation en courant continu de l'ordinateur, couche de blindage du câble) doivent partager un seul point de mise à la terre. Le circuit logique de l'ordinateur doit être connecté à ce point commun en un seul endroit ;
 - 6) Un équipement ou des équipements adjacents ne doivent pas avoir deux grilles de mise à la terre séparées ;
 - 7) La mise à la terre du signal et du blindage de câble doit être réalisée en prenant en compte le point de mise à la terre des capteurs ou des équipements connectés, en privilégiant une mise à la terre unique au niveau du terminal récepteur du système de surveillance informatique, selon le cas.
- c) Les câbles de mise à la terre dans les armoires d'équipement faisant partie du système de surveillance informatique doivent être courts. Une barre de cuivre avec une section transversale supérieure à 50 mm² doit être utilisée pour la plaque de terre commune ;
 - d) Les boîtiers ou les enveloppes doivent être reliés à la terre via des contacts métalliques durables ;
 - e) Lors de l'utilisation d'instruments de test pour le système de surveillance informatique, des connexions d'alimentation électrique et de mise à la terre doivent être prévues pour ces instruments.

5.1.2 Exigences logicielles

5.1.2.1 Le système d'exploitation utilisé doit être capable de gérer plusieurs tâches et plusieurs utilisateurs simultanément.

5.1.2.2 La base de données, qu'elle soit centralisée ou distribuée, doit répondre aux exigences suivantes :

- a) La base de données doit inclure tous les éléments de données nécessaires pour assurer le suivi et la gestion de la centrale hydroélectrique ;
- b) La base de données doit fournir des interfaces conviviales compatibles avec d'autres bases de données commerciales ;
- c) La base de données doit permettre un accès rapide aux données et leur traitement en temps réel ;
- d) La base de données doit assurer la cohérence et l'uniformité des données ;
- e) Il doit être possible de modifier ou de définir les données directement en ligne ;
- f) L'entrée analogique doit inclure des attributs comme la zone morte de mesure, la zone morte de lecture à zéro, la zone morte d'alarme, la valeur hors limite et la transformation unitaire d'ingénierie ;

- g) La base de données en temps réel doit comporter des caractéristiques telles que l'autorisation d'alarme, le code de qualité des données ou le verrouillage de contrôle ;
- h) La base de données historique doit fournir des fonctionnalités fiables pour le stockage, la consultation et la sauvegarde des données historiques.

5.1.2.3 Exigences techniques relatives au logiciel d'application :

- a) Le système de surveillance informatique doit inclure un logiciel d'application permettant de gérer toutes les fonctions de surveillance de la centrale ;
- b) Un logiciel de simulation pour la formation peut être ajouté (optionnel) ;
- c) De manière optionnelle également, un logiciel de surveillance en temps réel des conditions de fonctionnement et de gestion des opérations et de la maintenance à distance peut être inclus ;
- d) Le logiciel d'application doit être structuré de manière modulaire, avec des modules fonctionnels ou de tâches qui sont à la fois complets et indépendants ;
- e) L'environnement logiciel doit permettre à l'utilisateur de compléter, de modifier ou de transplanter le logiciel d'application en toute sécurité ;
- f) Les applications doivent être conformes aux normes des systèmes internationaux ouverts et suivre les spécifications d'interface conformes aux normes IEC 61131-3, afin d'assurer une capacité d'expansion favorable du système.

5.1.3 Exigences fonctionnelles

5.1.3.1 Exigences techniques relatives à la fonction de collecte des données :

- a) Collecte de données au niveau de la station :
 - 1) Le système doit collecter en temps réel toutes sortes de données issues des systèmes de contrôle locaux ;
 - 2) Le système doit être capable de recevoir des informations de commande et des données de différents niveaux de répartition ;
 - 3) Il doit également pouvoir recevoir des données provenant de systèmes autres que le système de surveillance informatique de la centrale hydroélectrique.
- b) Les systèmes de contrôle locaux doivent collecter les données suivantes :
 - 1) Le système doit être en mesure de collecter simultanément et en temps réel différents types de données, notamment les entrées analogiques (AI), y compris les signaux de détecteurs de température (RTD), et les entrées numériques d'état (DI) et d'accumulation. Il doit également être capable de fournir des sorties analogiques (AO) et numériques (DO) ;

- 2) Le système doit collecter en temps réel les données issues des dispositifs intelligents ;
- 3) Il doit être capable de recevoir des informations de commande et des données provenant du contrôle au niveau de la station.

5.1.3.2 Exigences techniques relatives à la fonction de traitement des données :

a) Traitement des données analogiques :

Cette fonction assure le traitement en unités d'ingénierie, le traitement de la valeur zéro de mesure, le traitement de la zone morte de mesure, le traitement des limites supérieures et inférieures de mesure, le traitement de la rationalité de mesure, le traitement de la zone morte des limites de mesure et le traitement des alarmes de dépassement des seuils prédéfinis.

b) Traitement des données d'état :

Cette fonction assure le traitement des changements d'état, le traitement de prévention des rebonds de contact et le traitement des alarmes.

c) Traitement des données des enregistrements de séquences d'événements :

Cette fonction assure le traitement des changements d'état, le traitement de prévention des rebonds, le traitement des horodatages et le traitement des alarmes. La résolution des horodatages doit être égale ou inférieure à 2 ms.

d) Traitement de l'analyse des tendances des paramètres principaux :

Le système doit enregistrer les tendances de certains paramètres clés comme la production du groupe turbo-alternateur hydraulique, la température des paliers, la température de l'huile et le niveau d'eau de la centrale, sur différents intervalles de temps. Ces données doivent être utilisées pour créer des courbes de tendance, aidant à visualiser l'évolution des paramètres sur le temps.

e) Traitement de la révision des déclenchements :

Le système doit enregistrer les informations sur les incidents de déclenchement. Ces enregistrements doivent inclure les périodes avant et après le déclenchement, avec une durée et un intervalle d'échantillonnage ajustables. L'historique des incidents doit être conservé pendant au moins un an.

f) Traitement des données historiques :

Le système doit transformer les données en temps réel en enregistrements historiques via l'analyse statistique et le calcul. Ces enregistrements doivent être accessibles pour la recherche et la consultation. Les données historiques doivent être classées en plusieurs catégories : tendances, valeurs cumulées, valeurs moyennes, et valeurs maximales et minimales.

5.1.3.3 Exigences techniques relatives à la fonction de traitement des alarmes :

- a) Lorsqu'une panne se produit, une alarme sonore doit se déclencher, accompagnée d'une notification visuelle dans la fenêtre d'annonce. Le son de l'alarme doit permettre de distinguer entre différents types de pannes ou de défaillances. L'alarme sonore peut être désactivée manuellement par les opérateurs ou automatiquement après un certain délai ;
- b) Les messages d'alarme doivent être affichés sur l'écran actuel, notamment l'heure de survenue, le nom et la nature du dysfonctionnement. La couleur de l'affichage du message doit varier en fonction du type d'alarme. Si l'objet de l'alarme est présent sur l'écran, son icône (ou son paramètre) doit clignoter et changer de couleur pour attirer l'attention. Le signal clignotant doit continuer jusqu'à ce qu'un opérateur confirme l'alarme ;
- c) Le système doit fournir une interface utilisateur facile à utiliser pour configurer les alarmes de pannes et de défaillances. Cette configuration doit permettre l'envoi automatique d'informations d'alarme sous forme audible au personnel concerné par téléphone mobile (optionnel) ;
- d) Des outils pratiques doivent être disponibles pour configurer l'envoi d'informations d'alarme sur des téléphones mobiles spécifiés par l'utilisateur. Ces alarmes peuvent être envoyées sous formes de messages textes (SMS) via la plateforme de messagerie du téléphone mobile (optionnel).

5.1.3.4 Exigences techniques relatives à la fonction de contrôle et de régulation :

- a) Paramétrage du mode de contrôle de l'équipement en fonctionnement :
 - 1) La configuration du mode de contrôle ou de régulation à distance et au niveau de la station (si ces modes sont séparés ou combinés) doit être adaptée aux exigences spécifiques de répartition ;
 - 2) Paramétrage du modèle de contrôle au niveau de la station et au niveau local ;
 - 3) Réglage du mode de fonctionnement (automatique ou manuel) de l'équipement en fonctionnement ;
 - 4) La gestion de l'autorité de contrôle des équipements communs et auxiliaires doit être conforme au modèle de gestion de la centrale hydroélectrique.

- b) Opération manuelle de l'équipement contrôlé individuellement :

Les opérateurs doivent pouvoir utiliser les interfaces homme-machine au niveau de la station ou au niveau local pour contrôler et réguler un équipement spécifique. Lors de ces opérations, il est important de prendre en compte les mécanismes de verrouillage de sécurité.

- c) Contrôle et régulation séquentiels de l'unité de contrôle local du groupe turbo-alternateur hydraulique :
- 1) Gestion séquentielle des opérations normales de démarrage et d'arrêt, ainsi que les arrêts d'urgence du groupe turbo-alternateur hydraulique ;
 - 2) Ajustement et régulation de la vitesse de rotation de la turbine et de la puissance active générée par le groupe turbo-alternateur hydraulique ;
 - 3) Contrôle et régulation de la tension électrique et de la puissance réactive produites par le groupe turbo-alternateur hydraulique.
- d) Contrôle séquentiel de l'unité de contrôle local du poste de commutation :
- L'unité de contrôle local du poste de commutation doit être capable de réaliser un contrôle séquentiel des opérations de verrouillage des sectionneurs ainsi que des séquences d'ouverture et de fermeture des disjoncteurs.
- e) Mode de régulation du contrôle automatique de la génération ou de la puissance active (optionnel) :
- 1) La puissance est ajustée en fonction de la courbe de charge quotidienne fournie par le centre de répartition de la charge ;
 - 2) La puissance est modifiée automatiquement selon les réglages effectués par l'opérateur de la centrale hydroélectrique ;
 - 3) La puissance est adaptée automatiquement selon les valeurs définies par le système de contrôle automatique de génération (AGC) du réseau ;
 - 4) La puissance est ajustée en fonction des modes opératoires prédéfinis dans le système de contrôle séquentiel ;
 - 5) La régulation de la puissance est effectuée en tenant compte du niveau d'eau.
- f) Mode de régulation du contrôle automatique de la tension ou de la puissance réactive du groupe turbo-alternateur hydraulique (optionnel) :
- 1) La tension est ajustée en fonction de la courbe de tension quotidienne du bus haute tension, définie par le dispatcheur du système ;
 - 2) La tension est ajustée selon la valeur de tension du bus haute tension ou la puissance réactive totale définie par l'opérateur ;
 - 3) La tension est régulée en fonction des limites de tension du bus haute tension de la centrale hydroélectrique.

5.1.3.5 Exigences techniques relatives à l'interface homme-machine et aux opérations du système de surveillance :

- a) Le système doit gérer les interactions homme-machine, y compris l'affichage des images, l'impression de tableaux, le réglage des paramètres, ainsi que le contrôle opérationnel et la gestion de la maintenance. Les équipements d'interface comprennent :
 - 1) Station d'opérateur au niveau de la station, station d'ingénieur et imprimante ;
 - 2) Écran opérationnel local ;
 - 3) Station de travail portable ou station d'opérateur mobile.
- b) Interface homme-machine et exigences opérationnelles du contrôle au niveau de la station :
 - 1) L'interface homme-machine au niveau de la station est l'outil principal qui permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler la centrale hydroélectrique. Les interactions se font via l'afficheur, le clavier, la souris et l'imprimante de la station de l'opérateur ;
 - 2) Selon le principe de hiérarchie et de séparation des habilitations, les opérateurs se limitent à la surveillance, à la régulation du contrôle et au réglage des paramètres de l'équipement. Ils ne sont pas autorisés à modifier ou à tester les logiciels d'application ;
 - 3) L'interface doit être conviviale, simple, flexible et fiable. Les invites de dialogue doivent être claires, précises et cohérentes dans l'ensemble du système ;
 - 4) L'équipement à contrôler doit être sélectionné et commandé depuis une seule et même station d'opérateur ;
 - 5) Les procédures opérationnelles doivent être simplifiées et inclure des vérifications de fiabilité et des fonctions de verrouillage ;
 - 6) Les modes d'appel d'image doivent être flexibles et réactifs. Le mode automatique est utilisé pour les alertes et la surveillance des processus, tandis que le mode de convocation est utilisé à la discrétion de l'opérateur ;
 - 7) Toutes les actions effectuées via l'interface homme-machine (y compris les modifications de paramètres ou de configuration) doivent être enregistrées dans un journal des opérations.
- c) Interface homme-machine et exigences opérationnelles du contrôle au niveau local :

- 1) Les opérateurs peuvent surveiller et contrôler l'équipement correspondant via l'interface homme-machine de l'écran opérationnel local, de la station d'opérateur mobile ou de la station de travail portable ;
- 2) L'écran opérationnel doit permettre de passer du mode de contrôle à distance au mode de contrôle local. En mode de contrôle local, les commandes à distance sont verrouillées, mais cela n'a pas d'incidence sur la collecte et la transmission des données ;
- 3) En mode de contrôle local, les opérations doivent être sécurisées, fiables et simples. L'écran tactile (optionnel) doit fournir les autorisations nécessaires pour effectuer les opérations de contrôle ;
- 4) Lorsqu'ils opèrent en mode de contrôle à distance, les opérateurs doivent se limiter à la surveillance et ne doivent pas effectuer d'opérations de contrôle, sauf en cas d'urgence ;
- 5) Les opérations d'arrêt d'urgence (y compris le contrôle manuel et séquentiel) du groupe turbo-alternateur hydraulique, ainsi que la fermeture de la vanne principale ou de la porte de coupure rapide, doivent être possibles indépendamment du mode de contrôle (à distance ou local).

5.1.3.6 Exigences techniques relatives à la communication au sein du système de surveillance :

- a) Le système de surveillance doit pouvoir communiquer avec le système d'automatisation de la répartition à différents niveaux :

Pour pouvoir exécuter les fonctions de télémétrie, de signalisation, de régulation et de contrôle à distance du système d'automatisation de la répartition, y compris les opérations de répartition en cascade, au sein de la centrale hydroélectrique, le système de surveillance est conçu pour recevoir périodiquement les instructions des différents niveaux de répartition. De plus, il transmet en continu l'état actuel de fonctionnement, les paramètres opérationnels et d'autres informations essentielles de la centrale aux systèmes de répartition concernés.

- b) Le système de surveillance informatique assure les communications suivantes :
 - 1) Communication avec le système de mesure de l'énergie électrique ;
 - 2) Communication avec le système de contrôle des vannes ;
 - 3) Communication avec le système de gestion de l'excitation, du régulateur, de la protection par relais et de l'enregistrement des défauts ;
 - 4) Communication avec le système d'alarme incendie ;
 - 5) Communication avec le système de surveillance télévisée ;

- 6) Communication avec le système automatique de mesure et de production de rapports hydrologiques ;
 - 7) Communication avec le système de surveillance d'état et de diagnostic des pannes ;
 - 8) Communication avec le système d'alimentation en courant continu.
- c) Communication entre le contrôle au niveau de la station et le contrôle au niveau local :
- 1) Collecte de données ;
 - 2) Transfert de commandes pour le contrôle et la régulation, ainsi que d'autres informations essentielles comme la hauteur d'eau de l'unité ;
 - 3) Diagnostic de communication.
- d) Communication entre l'unité de contrôle local et les dispositifs intelligents :

L'unité de contrôle local doit être capable de communiquer avec divers dispositifs de contrôle dans la centrale, notamment le régulateur et le système d'excitation, les dispositifs intelligents du poste de commutation, le dispositif intelligent du système de service de la station, les systèmes de contrôle de drainage et de compresseur d'air, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation.

5.1.3.7 Exigences techniques relatives à la fonction d'autodiagnostic et d'autorétablissement du système :

- a) Lorsque le système de surveillance informatique est opérationnel, un autodiagnostic continu du matériel et du logiciel est effectué. En cas de défaillance identifiée, le système envoie automatiquement un signal d'alerte. Lorsque l'équipement est doté de systèmes redondants, le système bascule automatiquement sur l'équipement de secours en cas de défaillance ;
- b) Fonction d'auto-rétablissement, y compris la minuterie de surveillance (chien de garde) et les fonctions d'auto-démarrage du logiciel et du matériel ;
- c) Le système est doté d'une fonction de protection contre les coupures de courant.

5.1.3.8 Autres exigences fonctionnelles (optionnelles) :

- a) Établir une communication entre le système de mesure et de rapport hydrologique du réservoir et le système de contrôle automatique du générateur. Cela permet de faire la liaison entre les informations hydrologique et la gestion de la production énergétique ;
- b) Intégrer les données du système de surveillance du barrage au système de contrôle automatique du générateur. Cette connexion assure que les informations sur l'état du barrage influencent directement la gestion de la production d'énergie ;

- c) Connecter le système de surveillance de l'état de l'équipement au contrôle automatique du générateur. Cela permet d'ajuster la production d'énergie en fonction de l'état de la performance des équipements ;
- d) Mettre en place un mode d'opération qui permet d'assurer la gestion et la maintenance de la centrale à distance, réduisant ainsi le besoin de personnel sur site ;
- e) Améliorer l'intelligence et l'efficacité de la centrale électrique en exploitant des technologies avancées comme le big data, le cloud computing et l'Internet des objets.

5.2 Exigences techniques relatives aux systèmes de protection par relais :

5.2.1 Exigences de performance de la protection par relais :

- a) La protection par relais doit répondre aux exigences de sélectivité, de réaction rapide, de sensibilité et de fiabilité ;
- b) Le dispositif de protection par relais doit intégrer un système micro-informatique, avec un microprocesseur d'au moins 16 bits ;
- c) Le dispositif doit être équipé d'une interface RS-485 ou d'un port Ethernet permettant une communication efficace avec le système informatique de surveillance ;
- d) Les paramètres de configuration et la sensibilité du système de protection par relais doivent être conformes aux spécifications détaillées dans les documents de conception ;
- e) Le mode de temporisation et la précision du dispositif de protection par relais et du système de surveillance informatique doivent répondre aux critères définis dans les documents de conception.

5.2.2 Exigences relatives à la configuration de la protection par relais :

- a) Chaque équipement électrique dans la centrale hydroélectrique doit être équipé d'une protection primaire et d'une protection de secours (locale ou à distance). Une protection auxiliaire peut être ajoutée si nécessaire. Le schéma de configuration de ces protections doit être en accord avec les plans et les spécifications détaillés dans les documents de conception.
- b) Si le réseau électrique auquel la centrale hydroélectrique est connectée exige des fonctions de contrôle de la tension et de la fréquence, la centrale doit être équipée de dispositifs de contrôle d'urgence pour gérer les variations de tension et de fréquence, ou d'un système de contrôle à distance de ces paramètres.

5.2.3 Paramètres techniques requis pour les dispositifs de protection par relais :

- a) Paramètres nominaux

Entrée CA nominale :

Tension : 100 V ou 110 V (tension de ligne) ou $100 \text{ V}/\sqrt{3}$ ou $110 \text{ V}/\sqrt{3}$ (tension de phase)

Courant : 5 A ou 1 A

Fréquence : 50 Hz ou 60 Hz

Tension d'alimentation : CC 110 V ou 220 V ; CA 110 V ou 220 V

b) Consommation d'énergie

Circuit de courant alternatif : À un courant nominal de 5 A, la consommation ne doit pas dépasser 1 VA par phase ; à un courant nominal de 1 A, pas plus de 0,5 VA par phase.

Circuit de tension de courant alternatif : Chaque phase ne doit pas consommer plus de 1 VA à la tension nominale.

Circuit d'alimentation en courant continu : La consommation de chaque protecteur ne doit pas dépasser 10 W en état statique ou 15 W en état de fonctionnement.

c) Caractéristiques de surcharge

Mise en marche à long terme du circuit de courant : deux fois le courant nominal

Mise en marche à court terme du circuit de courant : 20 fois le courant nominal ; 10 s sont autorisées

Travail à long terme du circuit de tension : 1,5 fois la tension nominale

Capacité de contact : Mise en marche à long terme DC 220 V/5 A

d) Précision de l'action protectrice

Précision de la valeur constante de l'action : $\pm 2,5 \%$.

Précision de la valeur constante du temps : $\pm 1 \%$ ou $\pm 40 \text{ ms}$

Déviaton de fréquence : $\pm 0,05 \text{ Hz}$

Valeur constante de la fréquence de glissement : $\pm 5 \%$

e) Précision de mesure

Tension/courant (valeur efficace) : $0,5 \%$

Fréquence : $\pm 0,05$ Hz

Puissance : 1 %

Facteur de puissance : 1 %

5.2.4 Les dispositifs doivent satisfaire aux exigences de la norme CEI 60255-5 en matière de tenue en tension d'isolement.

5.2.5 Exigences de performance anti-interférence des dispositifs de protection par relais :

a) Test d'anti-interférence par impulsion

Le dispositif doit réussir un test d'interférence par impulsion de 1 MHz de niveau 3, selon la norme CEI 60255-22-1, garantissant sa capacité à résister aux interférences impulsives.

b) Test de décharge électrostatique

Le dispositif doit passer un test de décharge électrostatique de niveau 4, selon la norme CEI 60255-22-2, démontrant sa résilience aux décharges électrostatiques.

c) Essai par champ électromagnétique rayonné

Le dispositif doit passer un test de champ électromagnétique rayonné de niveau 4, selon la norme CEI 60255-22-3, prouvant sa résistance aux champs électromagnétiques externes.

d) Test de transitoires rapides

Le dispositif doit passer un test de transitoires rapides de niveau 4, selon la norme CEI 60255-22-4, confirmant sa capacité à gérer les variations rapides de tension.

e) Test d'anti-interférence par surtension

Le dispositif doit également passer un test de surtension de niveau 3, selon la norme CEI 60255-22-5, garantissant sa résistance aux surtensions.

5.3 Exigences techniques relatives au système d'alimentation en courant continu

5.3.1 Configuration du système d'alimentation en courant continu :

a) Le système d'alimentation en courant continu (CC) doit intégrer un dispositif de surveillance basé sur la micro-informatique et un module de chargeur haute fréquence configuré selon un mode N + 1 ;

- b) L'alimentation en courant continu doit être équipée d'un dispositif de surveillance de l'isolation et d'un dispositif de détection de batterie. Le dispositif de surveillance de l'isolation doit être capable de mesurer la tension positive et négative sur le bus CC et de vérifier la résistance d'isolation par rapport à la terre.

5.3.2 Exigences relatives à la fonction de surveillance micro-informatique du système d'alimentation en courant continu :

- a) Mesure : Le système doit mesurer la tension du bus du système CC, la tension de sortie et le courant du chargeur, ainsi que la tension et le courant de décharge de la batterie de stockage ;
- b) Le système doit signaler la tension trop élevée ou trop basse du bus CC, les problèmes de mise à la terre du système CC, les changements de mode de fonctionnement du chargeur et les défaillances de celui-ci ;
- c) Contrôle : Le système doit être capable de démarrer et d'arrêter le chargeur, ainsi que de basculer entre différents modes de fonctionnement ;
- d) Interface de communication : Le système peut utiliser une interface de communication RS-485 ou Ethernet.

6 Portée de la commande d'équipements et de pièces de rechange

6.1 Système de surveillance

Le matériel du système de surveillance comprend l'équipement de contrôle informatique, l'équipement de contrôle au niveau local, l'équipement de communication, l'alimentation par onduleur et l'alimentation sans interruption. Le logiciel comprend le système d'exploitation, la base de données et les applications.

6.2 Système de protection par relais

Le système de protection par relais comprend l'équipement de protection par relais pour la ligne sortante, le transformateur et l'hydro-générateur de la centrale hydroélectrique, ainsi que l'équipement de contrôle de stabilité du réseau électrique.

6.3 Système d'alimentation en courant continu

Le système d'alimentation en courant continu se compose du module de surveillance de l'alimentation en courant continu, du module de chargeur et de la batterie.

6.4 Autres équipements et pièces de rechange

Les équipements supplémentaires et les pièces de rechange suivants peuvent être spécifiés dans le contrat signé entre le fournisseur et l'utilisateur, et peuvent ne pas être fournis dans le cas contraire :

- a) Instruments automatiques ;

- b) Équipement de mesure de l'énergie électrique ;
- c) Équipement de contrôle auxiliaire ;
- d) Équipement de communication pour le dispatching ;
- e) Système de surveillance télévisée ;
- f) Pièces de rechange.

7 Documents techniques

Le fournisseur doit fournir à l'utilisateur les documents techniques suivants :

- a) Schéma de blocs du système, liste des équipements et schéma de connexion des équipements ;
- b) Plan d'agencement et schéma de câblage des équipements dans l'armoire ;
- c) Données techniques du matériel ;
- d) Liste des logiciels systèmes et des applications ;
- e) Instructions d'utilisation et de maintenance des logiciels ;
- f) Documents relatifs aux équipements sous-traités ;
- g) Dessins d'installation des équipements ;
- h) Certificat d'inspection de la livraison des équipements.

8 Inspection en usine

8.1 Procédures de test, d'inspection et d'acceptation

8.1.1 Tests et inspections en usine

Voir l'annexe A pour une liste détaillée des éléments à inspecter en usine. Les tests et les inspections en usine doivent répondre aux exigences suivantes :

- a) Tous les dispositifs et composants utilisés avec l'équipement doivent être soumis à un contrôle de qualité conforme aux normes et réglementations pertinentes ;
- b) L'équipement doit être inspecté et mis à l'essai à différentes étapes de sa production, et des enregistrements détaillés de ces inspections et tests doivent être conservés ;

- c) Avant la livraison, l'équipement doit passer une inspection finale réalisée par le département de contrôle qualité du fournisseur. Si des défauts sont détectés lors de cette inspection, ils doivent être corrigés jusqu'à ce que l'équipement soit pleinement conforme aux spécifications techniques. Une fois que l'équipement a réussi l'inspection, un certificat de conformité est délivré par le département de contrôle qualité.

8.1.2 Inspection et acceptation avant livraison

La procédure d'inspection et d'acceptation avant la livraison de l'équipement doit répondre aux exigences suivantes :

- a) Si les spécifications techniques de l'équipement exigent une inspection avant la livraison, le fournisseur doit en informer l'utilisateur à l'avance. Cette notification doit avoir lieu après la fin des tests et inspections en usine, et avant la date fixée dans les spécifications techniques ;
- b) L'inspection et l'acceptation de l'équipement avant la livraison doivent être réalisées conjointement par le fournisseur et l'utilisateur ;
- c) Les responsabilités qui incombent au fournisseur lors de cette procédure d'inspection et d'acceptation avant livraison sont les suivantes :
 - 1) Le fournisseur doit présenter un rapport à l'utilisateur détaillant la configuration du système et les résultats des tests et inspections réalisés en usine ;
 - 2) Il doit préparer un plan d'inspection et d'acceptation avant livraison ;
 - 3) Il doit fournir une liste des instruments et équipements nécessaires pour réaliser l'inspection d'acceptation ;
 - 4) Il doit réaliser les tests spécifiés dans le plan d'inspection d'acceptation.
- d) Les responsabilités qui incombent à l'utilisateur lors de cette procédure d'inspection et d'acceptation avant livraison sont les suivantes :
 - 1) L'utilisateur doit examiner, réviser et modifier le plan d'inspection et d'acceptation préalable à la livraison, et le finaliser avant la livraison ;
 - 2) Il doit également superviser et réviser les tests d'acceptation avant la livraison.
- e) Au terme de la procédure d'inspection et d'acceptation, un résumé d'acceptation doit être signé par le fournisseur et l'utilisateur, et les résultats de l'acceptation avant livraison doivent être vérifiés afin de s'assurer que l'équipement est conforme. Si l'équipement présente encore des défauts, des suggestions de traitement et une date limite pour la résolution de ces défauts doivent être proposées dans le résumé d'acceptation. Le fournisseur doit ensuite traiter ces défauts.

8.2 Inspection de l'apparence des équipements, configuration logicielle et matérielle et documents techniques

8.2.1 Inspection de l'apparence de l'équipement

8.2.1.1 La surface de l'équipement doit être exempte de creux, de rayures, de fissures, de déformations et de contaminations. Le revêtement et la galvanisation de la surface doivent être uniformes et exempts de bulles, de fissures, d'écailllements et d'usure. Les pièces de rechange métalliques doivent être solidement fixées et ne doivent présenter aucun dommage mécanique.

8.2.1.2 Les composants internes de l'équipement doivent être correctement installés et connectés de manière solide et sécurisée. Les claviers, les interrupteurs, les boutons et les autres composants de contrôle doivent fonctionner de manière souple et fiable. L'agencement et le câblage des bornes de câblage doivent être raisonnables, ordonnés et clairement identifiés.

8.2.2 Inspection de la configuration logicielle et matérielle

8.2.2.1 Il convient d'inspecter la configuration matérielle de l'équipement, afin de vérifier que la quantité, le modèle et la performance du matériel sont conformes aux spécifications techniques établies pour le produit inspecté. L'agencement du matériel dans l'équipement doit également être examiné afin de s'assurer qu'il est logique et qu'il optimise la performance de l'équipement.

8.2.2.2 Les documents relatifs à la configuration matérielle de l'équipement, ainsi que leurs supports, doivent être inspectés afin de garantir qu'ils correspondent aux spécifications techniques de l'élément inspecté.

8.2.3 Inspection des documents techniques de l'équipement

Tous les documents techniques se rapportant à l'équipement (y compris les équipements auxiliaires sous-traités) doivent être examinés afin de s'assurer qu'ils sont complets, détaillés, cohérents et à jour.

8.3 Tests de fonctionnement et de performance

8.3.1 Tests d'évaluation des fonctions de collecte et de traitement des données

8.3.1.1 Exigences relatives aux tests d'évaluation des fonctions de collecte et de traitement des données analogiques :

a) Test de la fonction de collecte des données analogiques

Les données analogiques comprennent le courant alternatif, la tension de courant alternatif, le courant continu, la tension de courant continu, les signaux de température et de niveau d'eau, qui sont liés à l'unité de contrôle local, au dispositif de protection par relais et au système d'alimentation en courant continu de la centrale hydroélectrique.

Un générateur de signaux analogiques doit être connecté aux terminaux d'entrée analogiques pour simuler les différents signaux. L'objectif est de modifier la sortie du générateur de signaux et de calculer l'erreur de collecte des données analogiques afin de s'assurer que la collecte est conforme aux spécifications techniques du produit inspecté.

b) Test de la fonction de traitement des données analogiques

Il convient de vérifier l'exactitude de l'affichage analogique et des enregistrements lorsqu'une valeur dépasse les limites préétablies. Les valeurs de déclenchement des alarmes hors limites et les contenus affichés sur l'interface homme-machine doivent être conformes aux spécifications techniques du produit inspecté.

8.3.1.2 Exigences relatives aux tests d'évaluation des fonctions de collecte et de traitement des données numériques :

a) Test de collecte des données numériques

Les données numériques comprennent les signaux de position et les signaux d'état relatifs de l'unité de contrôle local, du dispositif de protection par relais et du système d'alimentation en courant continu de la centrale hydroélectrique.

Un générateur de signaux numériques doit être connecté aux terminaux d'entrée numériques pour tester les changements de signaux d'entrée en fonction des exigences spécifiques de chaque point de mesure. L'affichage et les enregistrements pertinents doivent être vérifiés via l'interface homme-machine du système de surveillance afin de s'assurer de leur cohérence avec les signaux d'entrée réels et les spécifications techniques du produit.

b) Test de la fonction de traitement des données numériques

Il faut vérifier l'exactitude de l'affichage des changements dans les données numériques et de l'enregistrement des séquences d'événements. L'affichage des changements, la séquence des enregistrements d'événements et le contenu affiché sur l'interface homme-machine doivent être conformes aux spécifications techniques du produit inspecté.

8.3.1.3 Exigences relatives aux tests d'évaluation des fonctions de collecte et de traitement des données calculées :

a) Les données calculées comprennent les conditions de fonctionnement actuelles du turbo-alternateur hydraulique, du transformateur et du circuit de connexion, ainsi que les temps d'action, les durées de fonctionnement et les périodes de révision des équipements principaux et auxiliaires, et la puissance et l'énergie électrique.

b) Les conditions d'entrée pour ces données doivent être simulées conformément au modèle numérique du point de mesure, tel que défini dans les spécifications techniques du produit. Il est nécessaire de vérifier la précision de la collecte et du traitement de ces données calculées afin de s'assurer qu'elles sont conformes aux spécifications techniques du produit.

8.3.2 Tests des canaux de sortie numériques

8.3.2.1 Les sorties numériques comprennent la sortie numérique de l'unité de contrôle local, la sortie de déclenchement et d'alarme du dispositif de protection par relais et la sortie d'alarme du système d'alimentation en courant continu. Le test du canal de sortie numérique doit être réalisé comme suit :

- a) Le terminal de sortie du canal de sortie numérique doit être connecté à un multimètre pour surveiller directement l'état de la sortie ;
- b) La sortie numérique doit être configurée manuellement pour prendre les valeurs « 0 » ou « 1 » via l'interface homme-machine ou le terminal de débogage du système de surveillance ;
- c) Un multimètre externe doit être connecté au terminal de sortie pour vérifier l'exactitude des actions de sortie du canal.

8.3.2.2 Les sorties analogiques comprennent les signaux de courant, de tension, de puissance, de température et de niveau d'eau qui sont transmis à des plages de 4 mA à 20 mA ou de 0 V à 5 V. Le test du canal de sortie analogique doit être réalisé comme suit :

- a) Un instrument de test, dont la précision est supérieure à celle requise par les spécifications techniques du produit, doit être connecté au terminal de sortie du canal de sortie analogique ;
- b) La valeur de sortie analogique doit être ajustée via l'interface homme-machine ou le terminal de débogage du système de surveillance ;
- c) La précision de la sortie analogique doit être calculée en fonction de la valeur mesurée par l'instrument externe et cette précision doit être conforme aux spécifications techniques du produit inspecté.

8.3.2.3 Les fonctions de traitement des données supplémentaires, telles que la fonction de révision des accidents et toutes autres fonctions figurant dans les spécifications techniques, doivent être testées comme suit :

- a) Pour tester ces fonctions supplémentaires, il est nécessaire de simuler les conditions dans lesquelles elles seraient normalement activées. Cette simulation permet de vérifier que le traitement des données par ces fonctions est conforme aux spécifications techniques du produit inspecté ;
- b) L'affichage et les enregistrements générés par ces fonctions doivent être inspectés via l'interface homme-machine du système de surveillance. Cette inspection doit confirmer que les informations affichées et enregistrées correspondent à la réalité des entrées et sont conformes aux spécifications techniques du produit.

8.3.3 Test d'évaluation de la fonction de la protection par relais et de sa performance

La protection par relais de la centrale hydroélectrique comprend les protections par relais du circuit de connexion, le transformateur principal et le groupe turbo-alternateur hydraulique, ainsi que le contrôle d'urgence de la fréquence de tension. Le test de performance de la protection par relais doit être réalisé comme suit :

- a) Tous les signaux liés à la protection par relais doivent être introduits dans le système via le terminal de sortie des armoires électriques ;

- b) Des instruments de test spécifiques à la protection par relais doivent fournir le courant et la tension nécessaires pour le test. Ces instruments permettent de tester la précision et l'efficacité de la fonction de protection par relais ;
- c) L'affichage et les enregistrements pertinents doivent être vérifiés via l'interface homme-machine du système de surveillance afin de s'assurer de leur cohérence avec les signaux d'entrée réels et les spécifications techniques du produit.

8.3.4 Test d'évaluation de la fonction du système en courant continu et de sa performance

Les fonctions et performances suivantes doivent être conformes aux spécifications techniques du produit inspecté :

- a) Il est nécessaire de vérifier que le système de courant continu régule avec précision la tension et le courant ;
- b) La capacité de la batterie de stockage doit être testée ;
- c) La capacité du système à charger et décharger correctement les batteries doit être évaluée ;
- d) Le système doit être capable de réguler la tension sur le bus CC ;
- e) L'isolation du bus CC et des départs de ligne doit être testée.

8.3.5 Inspection des fonctions de l'interface homme-machine

Les fonctions de l'interface homme-machine suivantes doivent être conformes aux spécifications techniques du produit :

- a) Il convient de vérifier que les images affichées sur l'interface homme-machine sont correctes ;
- b) L'exactitude de l'affichage dynamique doit être testée en modifiant les données et le statut provenant de l'interface du processus de production ;
- c) Il faut s'assurer que les commandes de contrôle émises via l'interface sont exactes, uniques et fiables ;
- d) Il convient de vérifier l'exactitude et la fiabilité des fonctionnalités permettant de régler ou de modifier les paramètres et le statut de l'interface homme-machine ;
- e) Il faut tester l'exactitude des alarmes, des invites, des sons, des messages vocaux, de la procédure de connexion et des système d'autorisation ;
- f) Il convient de s'assurer que tous les rapports générés et imprimés par l'interface sont corrects ;
- g) Il vaut vérifier l'exactitude des fonctions de recherche et d'extraction des données historiques ;

- h) Le système ne doit pas générer d'erreurs ou se bloquer lors de l'utilisation de touches non définies ;
- i) Enfin, il convient d'inspecter toute autre fonctionnalité de l'interface homme-machine spécifiée dans les spécifications techniques du produit.

8.4 Test de la capacité d'adaptation de l'alimentation électrique

Lorsque l'un des paramètres de tension, de fréquence ou de forme d'onde de l'alimentation externe atteint la valeur extrême spécifiée dans les spécifications techniques (tandis que les autres paramètres sont aux valeurs nominales), le système inspecté doit toujours fonctionner de manière fiable et doit maintenir sa fonction et sa performance conformément aux spécifications techniques.

8.5 Test de résistance d'isolation

La résistance d'isolation doit être mesurée entre les parties sous tension non directement mises à la terre et les parties métalliques non sous tension, ainsi qu'entre les circuits électriquement déconnectés, à l'aide d'un mégohmmètre. Exigences spécifiques :

- a) La résistance d'isolation minimale doit être d'au moins 100 MΩ entre les circuits et la terre, et entre le circuit de courant alternatif et le circuit de courant continu ;
- b) Les connexions à la terre et entre les circuits de courant alternatif et de courant continu doivent résister à un test de tension en courant alternatif de 50 Hz/60 Hz, 2 kV (valeur efficace) pendant une minute, sans claquage ou rupture d'isolation ;
- c) L'interface de communication doit résister à un test de tension en courant alternatif de 50 Hz/60 Hz, 500 V (valeur efficace) pendant une minute, sans que se produise un claquage ou une rupture d'isolation.

8.6 Test de courant continu

Les équipements doivent être soumis à un test de courant continu pendant au moins 72 heures. Ce test doit être effectué après que les autres éléments d'inspection et d'acceptation ont été vérifiés. Pendant le test, des inspections ou des tests optionnels doivent être réalisés à intervalles réguliers, par exemple toutes les 12 heures. Si un problème de qualité est détecté pendant le test, celui-ci doit être interrompu immédiatement. Le test ne peut reprendre qu'une fois le problème résolu.

8.7 Inspection et acceptation avant la livraison

Si les spécifications techniques de l'équipement exigent une inspection et une acceptation avant la livraison, l'utilisateur et le fournisseur doivent réaliser des tests conformément à un plan d'inspection et d'acceptation établi conjointement. Les tests réalisés dans le cadre de ce plan d'inspection et d'acceptation peuvent inclure l'ensemble ou une partie des tests et inspections effectués avant la livraison.

9 Acceptation sur site

9.1 Conditions environnementales des tests d'acceptation réalisés sur site

Sauf indication contraire dans les spécifications techniques, les tests d'acceptation sur site des équipements doivent être effectués dans les conditions environnementales suivantes :

- a) Les tests doivent être réalisés dans une plage de température ambiante allant de 15 °C à 35 °C ;
- b) L'humidité relative lors des tests doit être comprise entre 45 % et 75 % ;
- c) La pression atmosphérique doit être comprise entre 86 kPa et 106 kPa.

Si les tests ne peuvent être effectués dans ces conditions atmosphériques standard, les conditions réelles dans lesquelles les tests ont été réalisés doivent être consignées dans le rapport de test.

9.2 Procédures de test et d'acceptation sur site

9.2.1 Les tests et l'acceptation sur site des équipements doivent être réalisés conjointement par l'utilisateur (et son superviseur) et le fournisseur. Ces tests doivent être effectués après l'installation et la mise en service du produit sur le site. Les éléments à tester et à accepter sur site sont détaillés dans l'annexe A.

9.2.2 Les responsabilités qui incombent au fournisseur et à l'utilisateur doivent être clarifiées lors des tests et de l'acceptation sur site :

- a) Responsabilités du fournisseur
 - 1) Le fournisseur est chargé de préparer le plan de test et d'acceptation sur site ;
 - 2) Il doit réaliser les tests d'inspection et de mise en service pertinents sur le site ;
 - 3) Il doit également fournir un rapport détaillé sur les tests de mise en service réalisés sur site.
- b) Responsabilités de l'utilisateur
 - 1) L'utilisateur doit examiner et modifier le plan de test et d'acceptation, en y ajoutant les éléments pertinents relatifs à l'équipement sur site et à la sécurité. Il doit ensuite approuver ce plan.

- 2) Il doit assurer la coordination nécessaire pour réaliser le test de mise en service, y compris mettre en place des mesures de sécurité pour protéger le personnel et l'équipement ;
- 3) Il doit enfin organiser et superviser les travaux de mise en service sur site.

9.2.3 Lorsque des défauts rendant l'équipement non conforme aux spécifications techniques sont détectés pendant le test de mise en service sur site, des mesures correctives et un délai pour leur résolution doivent être spécifiés dans un résumé intermédiaire d'acceptation sur site. Il est de la responsabilité du fournisseur de remédier à ces défauts.

9.2.4 Si les tests et l'acceptation sur site sont réalisés par étapes, un résumé intermédiaire d'acceptation sur site doit être signé par le fournisseur et l'utilisateur après chaque étape réussie. À la fin de tous les tests et inspections d'acceptation sur site, un document final d'acceptation sur site doit être signé par les deux parties.

9.3 Inspection de l'apparence et de la configuration logicielle et matérielle de l'équipement, et des documents techniques

9.3.1 Inspection de l'apparence de l'équipement

Cette inspection doit être réalisée conformément aux critères détaillés au point 8.2.1.

9.3.2 Inspection de la configuration logicielle et matérielle de l'équipement

Cette inspection doit être réalisée en suivant les directives énoncées au point 8.2.2, lesquelles détaillent les critères d'évaluation de la configuration logicielle et matérielle de l'équipement.

9.3.3 Inspection des documents techniques de l'équipement

Cette inspection doit être réalisée conformément aux dispositions du point 8.2.3, lesquelles détaillent les modalités d'inspection des documents techniques de l'équipement. Un certificat d'inspection de livraison de l'équipement doit être fourni.

9.4 Inspection du déballage et de l'installation sur site de l'équipement et inspection du câblage

9.4.1 Inspection du déballage du site

Lorsque l'équipement et les documents techniques sont livrés sur site, l'utilisateur doit vérifier l'état du conteneur et la quantité des marchandises reçues. Avant l'installation, lors de l'ouverture des conteneurs pour inspection, l'utilisateur doit en informer le fournisseur, qui peut soit se rendre sur site, soit autoriser l'utilisateur à procéder à l'inspection du conditionnement, de l'apparence et de la quantité de marchandises reçues.

9.4.2 Inspection du câblage interne du système

Il convient de vérifier l'exactitude du câblage entre les dispositifs du système de surveillance afin de s'assurer qu'il est conforme aux plans de conception et de construction.

9.4.3 Inspection de l'installation sur site et du câblage externe

Il s'agit de vérifier l'exactitude de l'installation du système de surveillance sur site, ainsi que la connexion de ce système au processus de travail sur site, au système d'alimentation électrique et au système de mise à la terre. Ces inspections doivent également être réalisées conformément aux plans de conception et de construction.

9.5 Tests de fonctionnement et de performance

9.5.1 Test de la fonction de collecte et de traitement des données

Les procédures de ce test sont identiques à celles décrites au point 8.3.1.

9.5.2 Tests des canaux de sortie numériques

Les étapes de ce test sont les mêmes que celles décrites au point 8.3.2.

9.5.3 Exigences relatives au test de la protection par relais :

- a) L'instrument de test de la protection par relais doit fournir le courant et la tension nécessaires. Tous les signaux de tension et de courant liés à la protection par relais doivent être introduits via le terminal de sortie des armoires ;
- b) Les disjoncteurs correspondants doivent être commandés directement par la sortie d'action de protection ;
- c) L'affichage et les enregistrements pertinents doivent être vérifiés via l'interface homme-machine du système de surveillance afin de s'assurer de leur cohérence avec les signaux d'entrée réels et les spécifications techniques du produit.

9.5.4 Exigences relatives au test de synchronisation :

- a) Le courant et la tension nécessaires pour le test doivent être fournis par un instrument de test de protection par relais. Tous les signaux de tension liés à l'opération de synchronisation doivent être introduits dans le système via le terminal de sortie des armoires électriques ;

- b) Le disjoncteur correspondant doit être contrôlé directement via la sortie de synchronisation du système ;
- c) L'exactitude de l'affichage et des enregistrements relatifs à la synchronisation doit être vérifiée via l'interface homme-machine du système de surveillance. Ces informations affichées et enregistrées doivent être cohérentes par rapport aux entrées réelles et aux spécifications techniques du produit inspecté.

9.5.5 Test de la fonction de régulation de la puissance

9.5.5.1 Exigences relatives au test de régulation de la puissance active :

- a) Vérifier que les valeurs limites et les paramètres de protection associés à la régulation de la puissance active sont corrects et sans erreurs ;
- b) Interrompre le processus de régulation automatique de la puissance active et réactive ;
- c) Lancer le processus de production d'électricité pour démarrer le groupe turbo-alternateur hydraulique et le connecter au réseau électrique ;
- d) Lancer le processus de régulation de la puissance active ;
- e) Afin d'éviter les zones de vibration, il convient d'ajuster progressivement la valeur cible de la puissance active par des augmentations de 10 % ou par des multiples entiers de cette valeur jusqu'à atteindre la variation maximale possible pendant l'opération. Il faut ensuite ajuster le paramètre de régulation de la puissance active pour garantir que la qualité de cette régulation satisfait aux exigences opérationnelles du site ;
- f) Surveiller et réguler manuellement la puissance réactive du groupe turbo-alternateur hydraulique tout au long du test afin de garantir qu'elle répond aux exigences opérationnelles.

9.5.5.2 Exigences relatives au test de régulation de la puissance réactive :

- a) Vérifier que les valeurs limites et les paramètres de protection associés à la régulation de la puissance réactive sont corrects et sans erreurs ;
- b) Interrompre le processus de régulation automatique de la puissance active et réactive ;
- c) Lancer le processus de production d'électricité pour démarrer le groupe turbo-alternateur hydraulique et le connecter au réseau électrique ;
- d) Lancer le processus de régulation de la puissance active ;
- e) Afin d'éviter les zones de vibration, il convient d'ajuster progressivement la valeur cible de la puissance active par des augmentations de 10 % ou par des multiples entiers de cette valeur jusqu'à atteindre la variation maximale possible pendant l'opération. Il faut ensuite ajuster le paramètre de régulation de la puissance réactive pour garantir que la qualité de cette régulation satisfait aux exigences opérationnelles du site ;

- f) Surveiller et réguler manuellement la puissance active du groupe turbo-alternateur hydraulique tout au long du test afin de garantir qu'elle répond aux exigences opérationnelles.

9.5.6 Contrôle automatique de génération (test de la fonction CAG) (optionnel)

9.5.6.1 Exigences relatives au test de la fonction de contrôle automatique de génération en mode de fonctionnement « station » :

- a) Régler le contrôle automatique de génération en mode « station » et en mode « boucle ouverte » pour tester la précision des opérations de distribution de charge et les instructions de démarrage et d'arrêt dans différents modes de contrôle ;
- b) Régler le contrôle automatique de génération en mode « station » et en mode « boucle ouverte » pour évaluer l'efficacité de la distribution de charge, de la régulation de puissance et des opérations de démarrage et arrêt dans différents modes de contrôle.

9.5.6.2 Exigences relatives au test des fonctions de contrôle automatique de génération en mode « répartition » (dispatch) :

- a) Configurer le contrôle automatique de génération en mode « répartition » et en mode « boucle ouverte » pour tester la justesse des fonctions de contrôle à distance, telles que la modification des réglages de tension et de la puissance active totale de la station depuis le centre de répartition ;
- b) Régler le contrôle automatique de génération en mode « répartition » et en mode « boucle fermée » pour vérifier l'exactitude avec laquelle le système exécute les différentes fonctions de contrôle à distance.

9.5.7 Test de la fonction de contrôle automatique de la tension (CAV) (optionnel)

9.5.7.1 Exigences relatives au test des fonctions de contrôle automatique de la tension en mode « station » :

- a) Régler le contrôle automatique de tension en mode « station » et en mode « boucle ouverte » pour évaluer la précision des opérations de distribution de charge sous différents mode de contrôle ;
- b) Configurer le contrôle automatique de tension en mode « station » et en mode « boucle fermée » pour tester l'efficacité de la distribution de charge et de la régulation de puissance sous différents modes de contrôle.

9.5.7.2 Exigences relatives au test des fonctions du contrôle automatique de la tension en mode « répartition » (dispatch) :

- a) Régler le contrôle automatique de la tension en mode « répartition » et en mode « boucle ouverte » pour tester la justesse des différentes fonctions de contrôle à distance, comme la modification des réglages de tension et de la puissance réactive totale de la station.
- b) Configurer le contrôle automatique de la tension en mode « répartition » et en mode « boucle fermée » pour vérifier l'exactitude d'exécution des différentes fonctions de contrôle à distance.

9.5.8 Vérification et test de l'indice de performance en temps réel

9.5.8.1 Cette inspection consiste à vérifier le cycle de collecte des données et des valeurs de réglage des paramètres du contrôle automatique de génération et du contrôle automatique de la tension en relation avec leur cycle d'exécution. Les résultats de cette inspection doivent être conformes aux spécifications techniques du produit inspecté.

9.5.8.2 Exigences relatives au test de l'indice de performance en temps réel :

- a) Mesurer le temps écoulé entre un changement soudain d'un signal d'entrée analogique et son affichage sur l'image ;
- b) Évaluer le temps nécessaire pour qu'un changement dans l'entrée numérique se traduise par une modification sur l'image ou par l'affichage de données, ou pour qu'une information d'alarme ou un son soit émis ;
- c) Mesurer le temps écoulé entre l'envoi d'une commande et l'exécution de la sortie de contrôle par l'unité de contrôle local ;
- d) Évaluer le temps de réponse de l'interface homme-machine :
 - 1) Temps de réponse pour afficher une nouvelle image ;
 - 2) Temps de rafraîchissement des données en temps réel sur une image affichée ;
 - 3) Mesurer le temps écoulé entre la génération d'un événement de données analogiques et l'affichage des informations d'alarme correspondantes sur l'interface, ainsi que l'émission d'un son d'alarme ;
 - 4) Évaluer le temps nécessaire depuis la création d'un enregistrement de séquence d'événements jusqu'à l'affichage de cette information sur l'interface et l'émission du son d'alarme ;
 - 5) Mesurer le temps écoulé entre la génération d'un événement de données calculées et l'affichage des informations d'alarme sur l'interface, ainsi que l'émission d'un son d'alarme ;
- e) Test du temps de basculement entre deux machines : Lorsque l'on quitte manuellement la machine principale, il convient de mesurer combien de temps il faut pour que la machine de secours prenne le relais automatiquement. Il est important qu'aucune erreur ou panne du système ne se produise durant ce basculement ;
- f) Il convient d'effectuer des tests sur d'autres indices de performance en temps réel, conformément aux spécifications techniques du produit inspecté. Ces indices doivent répondre aux exigences établies dans les spécifications techniques.

9.5.9 Test de la fonction de communication externe

9.5.9.1 Ce test vise à évaluer la capacité du système inspecté à communiquer avec divers centres de répartition et avec d'autres systèmes et équipements externes. Ces équipements externes peuvent inclure, par exemple, le système de gestion de l'information hydrique, les dispositifs automatiques et les instruments intelligents de la centrale. La méthode de test peut consister à simuler une communication PC hors site ou à utiliser de véritables équipements, en fonction du protocole de communication établi. Les résultats du test doivent être conformes aux spécifications techniques du produit inspecté.

9.5.9.2 Dans le cas des canaux de communication dotés d'une configuration redondante, le test doit vérifier que le canal de secours se met en fonction automatiquement si le canal principal est désactivé manuellement. Pendant ce processus de basculement, il est crucial qu'aucune erreur ou panne du système ne se produise.

9.5.10 Test de la fonction d'édition d'application

Ce test vise à évaluer la capacité du système à modifier, ajouter et supprimer des éléments comme des images, des définitions de points de mesure, des tableaux et des processus de contrôle. Les tests doivent être effectués conformément aux spécifications techniques du produit inspecté.

9.5.11 Test des fonctions d'autodiagnostic et de récupération automatique du système

Les éléments suivants doivent être testés :

- a) Tester si le système peut démarrer normalement après avoir été allumé ou redémarré ;
- b) Simuler une panne dans le système d'application et vérifier la capacité du système à se rétablir automatiquement ;
- c) Simuler des défaillances dans divers modules fonctionnels, équipements périphériques et interfaces de communication, puis vérifier l'exactitude des alarmes et des enregistrements générés ;
- d) Dans le cas des équipements dotés d'une configuration redondante (comme la machine principale, le réseau ou l'unité de contrôle local), il convient de simuler une panne de l'équipement en fonction pour tester si l'équipement de secours se met en marche correctement, si les données restent cohérentes après le basculement et si les tâches continuent à être exécutées sans interruption. Il est crucial que le système ne se bloque pas pendant ce processus.

9.5.12 Test de l'indice de performance de la charge de l'unité centrale de traitement

Dans le cas des systèmes où le taux de charge de l'unité centrale de traitement est spécifié, il est nécessaire de mesurer et d'enregistrer des indices tels que le taux de charge de l'unité centrale de traitement, l'occupation de la mémoire et le taux d'utilisation du disque magnétique. Ces mesures doivent être effectuées via des commandes ou via l'interface du système d'exploitation sur l'ordinateur, l'objectif étant de calculer les valeurs maximales de ces indices à l'aide de statistiques.

10 Plaque signalétique, emballage, transport et stockage

10.1 Plaque signalétique

Les matériaux et les méthodes d'impression des plaques signalétiques doivent être choisis de manière à ce que les inscriptions restent lisibles tout au long de la durée de vie de l'équipement. Les informations à inscrire sur la plaque signalétique comprennent

le nom du fournisseur, le nom de l'équipement, le modèle de l'équipement, le numéro du produit et la date de livraison.

10.2 Emballage

10.2.1 Le conteneur d'emballage doit être fabriqué selon le dessin d'emballage. Les informations suivantes doivent être clairement marquées sur l'extérieur du conteneur :

- a) Destinataire et adresse ;
- b) Fournisseur et adresse ;
- c) Modèle, nom et numéro de l'équipement ;
- d) Poids net et brut de l'équipement, centre de gravité du conteneur d'emballage, position des élingues et dimensions globales du conteneur d'emballage ;
- e) Instructions de manutention, telles que « Manipuler avec soin », « Tenir à l'écart de l'humidité » et « Ne pas mettre à l'envers ».

10.2.2 L'emballage de l'équipement doit intégrer des mesures d'étanchéité à la pluie et à l'humidité, de protection contre la moisissure et la poussière, anti-vibrations et de résistance aux embruns salins. Ces mesures doivent être adaptées aux spécificités de l'équipement et aux modes de transport.

10.2.3 Préparations avant l'emballage :

- a) Il convient de vérifier si l'équipement est endommagé et s'il y a de la poussière sur la surface ;
- b) Les composants et les instruments fragiles et sensibles aux vibrations doivent être retirés de l'équipement principal et emballés séparément ;
- c) Les pièces de rechange, le certificat de conformité et les documents techniques pertinents doivent être rassemblés, emballés soigneusement et fixés dans une position appropriée.

10.2.4 Il est impératif que le nom et la quantité des articles figurant sur la liste d'emballage correspondent aux objets physiques et aux dessins présents dans le conteneur.

10.2.5 L'emballage des équipements destinés à l'exportation doit être conforme aux réglementations d'inspection et de quarantaine des pays concernés.

10.3 Transport

Il incombe au fournisseur de déterminer les moyens de transport appropriés et les exigences spécifiques applicables à l'équipement. Les opérations de transport et de manutention doivent être effectuées en suivant les instructions marquées sur le conteneur d'emballage. Les détails tels que le nombre de colis, le nombre de caisses, les marquages, la date de livraison et le numéro du train doivent être communiqués par le fournisseur au destinataire lors de la livraison.

10.4 Stockage

Les équipements emballés doivent être stockés dans un entrepôt dont la température ambiante est comprise entre -25 °C et +55 °C et dont l'humidité relative ne dépasse pas 85 %. L'entrepôt de stockage ne doit pas contenir d'acides, d'alcalis, de sels, de gaz corrosifs ou explosifs ni être soumis à des champs électromagnétiques forts. Il doit également être protégé de la poussière, de la pluie et de la neige. Le fournisseur doit garantir que, dans ces conditions de stockage, l'équipement ne subira ni corrosion ni perte de précision en raison d'un emballage inadéquat pendant une période de 12 mois à compter de la date de livraison.

11 Installation et formation

11.1 Installation

11.1.1 Guide d'installation

Le fournisseur est responsable de l'installation sur site, des tests et de la mise en service de l'équipement, ce qui inclut l'envoi de techniciens qualifiés pour réaliser ces tâches sur le site de l'utilisateur.

11.1.2 Spécifications d'installation

L'installation doit être réalisée conformément aux instructions du présent document, ainsi qu'aux normes et spécifications techniques pertinentes.

11.1.3 Enregistrements des tests d'installation

Après l'installation, l'utilisateur et les techniciens du fournisseur doivent effectuer une série de tests complets afin de s'assurer que l'équipement fonctionne correctement. Les résultats de ces tests doivent être documentés de manière exhaustive.

11.2 Formation

11.2.1 Le fournisseur doit organiser des sessions de formation pour l'utilisateur, couvrant le fonctionnement de l'équipement, sa maintenance quotidienne et les procédures à suivre en cas de panne.

11.2.2 Un plan de formation bien structuré doit être élaboré et des documents de formation adéquats doivent être préparés.

11.2.3 La formation des utilisateurs doit s'effectuer de préférence en trois étapes :

- a) Formation avant la livraison : Avant la livraison de l'équipement, l'utilisateur doit envoyer du personnel chez le fournisseur pour participer à l'inspection de livraison. Cette phase comprend une formation systématique couvrant à la fois les aspects théoriques et pratiques ;
- b) Formation sur site : Une fois l'équipement arrivé sur le site d'installation, le personnel désigné par l'utilisateur doit participer activement à l'installation, aux tests et à la mise en service de l'équipement. Cette étape de formation permet au personnel d'acquérir des compétences opérationnelles ;
- c) Formation opérationnelle : Après la mise en service de l'équipement, le personnel utilisateur doit être formé sur les aspects pratiques de l'exploitation de l'équipement. Cette formation peut avoir lieu à la centrale électrique, sur un simulateur numérique en temps réel situé dans les locaux du fournisseur, ou dans un institut disposant des installations nécessaires.

12 Période de garantie de la qualité

La garantie est valable à condition que le produit soit correctement stocké, installé et utilisé. La période de garantie est d'un an à compter de la date d'achèvement de l'essai de fonctionnement de 72 heures, ou de deux ans après la date de livraison du dernier lot de marchandises, la date la plus proche étant retenue. Si, pendant la période de garantie de la qualité, l'équipement est endommagé ou ne fonctionne pas correctement en raison de problèmes liés à la qualité de fabrication, le fournisseur est tenu de le réparer ou de le remplacer gratuitement.

Annexe A
(Normative)
Inspection et tests d'acceptation

Tableau A.1 Inspection, tests d'acceptation et éléments de test

No	Éléments d'inspection	Inspection en usine	Acceptation sur site
1	Inspection de l'apparence du produit, de la configuration logicielle et matérielle, et des documents techniques	✓	✓
2	Test de la fonction de collecte et de traitement des données analogiques	✓	✓
3	Test de la fonction de collecte et de traitement des données numériques	✓	✓
4	Test de la fonction de collecte et de traitement des données calculées	✓	✓
5	Test du canal de sortie numérique	✓	✓
6	Test du canal de sortie analogique	✓	✓
7	Test d'autres fonctions de traitement des données	✓	✓
8	Test de la fonction de protection par relais et de sa performance	✓	✓
9	Test de stabilisation de la tension et du courant du système à courant continu	✓	✓
10	Inspection de la capacité de la batterie de stockage	✓	✓
11	Test de charge et de décharge	✓	✓
12	Test de la fonction de régulation de tension du bus CC	✓	✓
13	Test des propriétés isolantes du bus CC et de l'alimentation sortante	✓	✓
14	Test des fonction de l'interface homme-machine	✓	✓
15	Test de la capacité d'adaptation de l'alimentation électrique	✓	✓
16	Test de résistance d'isolation	✓	✓
17	Test de courant continu	✓	✓
18	Inspections du déballage, de l'installation et du câblage sur site		✓
19	Test de la fonction de synchronisation	✓	✓
20	Test de la fonction de régulation de la puissance	✓	✓
21	Test de la fonction de contrôle automatique de la génération	✓	✓
22	Test de la fonction de contrôle automatique de la tension	✓	✓
23	Inspection et test de l'indice de performance en temps réel	✓	✓
24	Test de la fonction de communication	✓	✓
25	Test de la fonction d'édition d'application	✓	✓
26	Test des fonctions d'autodiagnostic et de récupération automatique du système	✓	✓
27	Test de l'indice de performance de la charge de l'unité centrale de traitement et de l'occupation de la mémoire	✓	✓
28	Autres tests fonctionnels	✓	✓