

8. Accessoires du groupe de puissance

8.1 Introduction

L'équipement du groupe de puissance est complété par des accessoires hors base qui viennent en plus des systèmes sur base nécessaires pour le bon fonctionnement et contrôle et pour la protection de l'équipement.

8.2 Accessoires de la turbine à gaz

Cette section comporte des informations spécifiques sur les éléments suivants :

- Circuit de gaz combustible
- Système d'air en entrée
- Gaine du diffuseur d'échappement
- Enceintes du module
- Système de protection incendie
- Détection d'atmosphères dangereuses
- Lavage à l'eau du compresseur
- Maintenance de la turbine à gaz et outils d'installation.

8.2.1 Circuit de gaz combustible

Le circuit de gaz combustible module le débit de gaz combustible vers la turbine. Un bon fonctionnement du système de gaz combustible exige que le gaz délivré au système de commande de combustible soit à la bonne pression et à la bonne température. La pression est nécessaire pour maintenir le bon contrôle de débit. La température du gaz combustible doit assurer que la resurchauffe nécessaire des hydrocarbures est maintenue. On trouvera dans la section Documents de Référence de cette proposition dans GEI 41040 une discussion sur les exigences d'alimentation en gaz combustible.

- Module de gaz combustible hors base dans un emplacement normalisé
 - vannes d'arrêt et de détente, de commande et de mise à l'atmosphère de gaz combustible,
 - une seule crépine de gaz d'une capacité étendue
- Système Chromatographe de gaz combustible
- Filtre séparateur absolu duplex intégré, réchauffeur de montée en puissance électrique, échangeur de chaleur à eau chaude MP (réchauffeur de performance) et laveur cyclone, monté sur plate-forme.

8.2.2 Gaine du diffuseur d'échappement

On trouvera une description de la fourniture du diffuseur axial dans l'intercalaire 7, Fourniture du groupe puissance.

8.2.3 Enceintes du module

Les enceintes de la turbine à gaz se composent de plusieurs parties connectées entre elles pour former un capotage de protection contre les intempéries qui est structurellement attaché à chaque base de compartiment ou monté sur des fondations hors base. Les enceintes assurent une isolation thermique, une atténuation acoustique et un confinement pour la protection incendie (si besoin). Les enceintes incluent ventilation, chauffage, refroidissement et l'éclairage CC/CA si besoin.

- Capotage et enceintes
 - Enceinte acoustique hors base pour la turbine seulement
 - Enceinte du compartiment d'accouplement de puissance, hors base
 - Enceinte acoustique hors base pour le diffuseur d'échappement
- Chauffage, pressurisation et ventilation du capotage
 - Trois ventilateurs de capotage de turbine
 - Avec Entraînement à fréquence variable (VFD) expédié en vrac
 - Soufflantes de refroidissement du cadre d'échappement monté sur le toit de la turbine
 - Double soufflante pour le refroidissement du diffuseur (zone du palier côté extrémité turbine)
 - Double ventilateur pour module de vanne de gaz
 - Ventilateurs doubles du compartiment de charge
 - Ventilateurs doubles pour la zone du diffuseur/échappement
 - Compartiment de turbine chauffé pour le contrôle de l'humidité
- Organisation de la centrale
 - Turbine conçue pour une installation à l'intérieur du bâtiment
 - Un seul arbre STAG
 - Patins de montage seulement; les passerelles extérieures ne font pas partie de la fourniture du groupe puissance
 - Plancher en caillebotis à l'intérieur du compartiment turbine
- Peinture de la base
 - Couche primaire seulement
- Classification zone dangereuse
 - Conformité avec IEC Zone 2 Groupe gaz IIA
 - Compartiment turbine
 - Compartiment vanne gaz naturel
 - Conformité avec la Directive Européenne pour les Atmosphères Explosives (ATEX)

8.2.4 Système de protection incendie

Le système de protection incendie est capable de réaliser une atmosphère non-combustible en moins d'une (1) minute, conformément aux exigences de l'association nationale de protection contre les incendies des Etats-Unis (NFPA) #12. Cette concentration est maintenue par l'ajout progressif de CO₂ pendant une période prolongée, conformément aux exigences de NFPA 12.

La système d'alimentation se compose d'un (1) réservoir de CO₂ basse pression avec un système de refroidissement séparé sur socle indépendant, un collecteur et un mécanisme de déclenchement.

L'initiation du système déclenchera l'unité, fournira une alarme sur l'avertisseur, éteindra les ventilateurs et fermera les orifices de ventilation.

- Système de détection incendie – détecteurs de chaleur à température fixe
 - Compartiment turbine, tunnel de palier à l'extrémité turbine et module vanne gaz
- Signaux d'avertissements dans les compartiments
- Alarmes sur l'extérieur des compartiments
- Déclenchement manuel local de la protection incendie
- Verrouillage mécanique local du CO₂
- Système de l'alimentation de CO₂
 - Un réservoir de CO₂ basse pression par unité
 - Réservoir approprié aux températures 0 à 120°F (-18 à 49°C)
 - Réservoir également disponible pour des températures inférieures à 0°F (-18°C)
 - Réservoir situé dans un abri (ne fait pas partie de la fourniture du groupe puissance), pour des températures ambiantes supérieures à 120°F (49°C)
- Tuyauterie de protection contre l'incendie
 - Enceinte de turbine et module de vanne de gaz

8.2.5 Détection d'atmosphères dangereuses

- Détecteurs d'atmosphères dangereuses dans les compartiments turbine et gaz combustible pour détecter la présence de CH_x
- Relevés de détecteurs d'atmosphère dangereuse.

8.2.6 Lavage à l'eau du compresseur

- Plate-forme de lavage à l'eau
 - Réservoir d'eau et protection antigel
 - Réservoir en acier inoxydable
 - Possibilité de chauffer l'eau à 180°F (82°C)
 - Un seul module pour le site
 - Un module peut être raccordé à jusqu'à quatre unités lavant une unité à la fois (réservoir de stockage sur base dimensionné pour un lavage hors base).

8.2.7 Outils de maintenance et d'installation de la turbine à gaz

- Outils d'entretien de turbine
 - Tiges de guidage (pour la dépose ou le remplacement des chapeaux de paliers, des corps de compresseur et cadre d'échappement)
 - Clés pour injecteurs de combustible
 - Dispositif de test d'injecteur de combustible
 - Outil pour électrodes de bougies
 - Outils de dégagement
 - Outil de poinçonnage des injecteurs de combustible
 - Outil pour le tube de flamme
 - Outils de démontage de paliers et d'accouplements

- Guides de levage de rotor de turbine (un pour quatre unités)
- Outils de maintenance et chariot de base (un jeu par site)
- Outils hydrauliques pour la dépose de boulons du corps (un jeu par site)
- Outil de tension de boulons hydraulique (un par site)
- Équipement d'installation
 - Fixateurs de base de turbine et jeux de cales
 - Tuyauteries et consommables de lessivage de turbine
 - Un jeu de tuyauteries pour jusqu'à quatre unités
 - Un jeu de consommables par unité.

8.3 Accessoires de turbine à vapeur

Cette section comporte des informations spécifiques sur les éléments suivants :

- Système d'étanchéité d'arbre
- Vannes principales
- Tuyauterie vapeur principale
- Vannes de condensat et purge de la turbine
- Arrosage de la boîte d'échappement
- Conditionnement de la turbine
- Clés et outils spéciaux

8.3.1 Système d'étanchéité d'arbre

Un système d'étanchéité d'arbre est nécessaire pour éviter que la pression de vapeur élevée à l'intérieur de la turbine ne fuie dans la salle de turbine et également pour éviter que l'air ne fuie dans les secteurs de vide et sub-atmosphériques à l'intérieur de la turbine. Le système d'étanchéité d'arbre se compose de garnitures d'arbre, de toutes les vannes nécessaires, d'opérateurs de vannes, de contrôleurs, d'instruments et de dispositifs de protection pour permettre un fonctionnement entièrement automatique du système avec un minimum d'attention. Les tuyauteries d'interconnexion ne font pas partie de la fourniture du groupe puissance.

Le système fonctionne automatiquement à toutes les charges, contre-pressions et à toutes les pressions d'alimentation de vapeur spécifiées de la turbine. Le contrôle manuel peut également être exercé si besoin pour prendre priorité sur le contrôle automatique.

Le système de base se compose de trois éléments : Garnitures d'arbre, système d'étanchéité vapeur et système d'échappement de garniture.

8.3.1.1 Régulateur d'étanchéité vapeur

Le système d'étanchéité vapeur sert à maintenir la pression d'étanchéité dans le collecteur qui connecte chacune des garnitures vapeur.

8.3.1.1.1 Vannes du système d'étanchéité d'arbres

- Vannes de l'alimentation d'étanchéité vapeur à commande pneumatique (SSFV)
- Vanne de décharge d'étanchéité vapeur à commande pneumatique (SSDV)
- Manomètre du collecteur d'étanchéité vapeur
- Soupape de surpression du collecteur d'étanchéité vapeur (R1)

8.3.1.1.2 Instrumentation d'étanchéité vapeur

- Transmetteur de pression du collecteur d'étanchéité vapeur
- Élément température du collecteur d'étanchéité vapeur (TC)
- Interrupteurs fin de course de position fermée de vanne d'alimentation en étanchéité vapeur
- Interrupteurs fin de course de position fermée de vanne de décharge d'étanchéité vapeur
- Interrupteurs de position ouverte/fermée sur vanne d'étanchéité vapeur motorisées

8.3.1.1.3 Indicateurs d'étanchéité vapeur

- Indicateur de température du collecteur d'étanchéité vapeur
- Indicateur de pression du collecteur d'étanchéité vapeur

8.3.1.1.4 Condenseurs de buées

- Échangeur à surface (tubes dans une enveloppe)
- Tube en acier inoxydable type 304
- Plaque tubulaire en acier au carbone
- Conception suivant TEMA C avec poinçonnage ASME U

8.3.1.1.5 Instrumentation du condenseur de buées

- Alarme niveau haut du condenseur
- Transmetteur de pression au collecteur de sortie
- Thermocouple au collecteur de sortie (TC)
- Interrupteur « Blower running »

8.3.1.1.6 Indicateurs sur le condenseur de buées

- Indicateur de pression sur le collecteur de sortie
- Indicateur de niveau du condenseur
- Indicateur de température sortie du condenseur

8.3.1.1.7 Vide et évacuation de l'air

- Doubles Soufflantes motorisées redondantes avec clapet de refoulement
- Vanne(s) manuelle(s) à l'aspiration de la soufflante de l'extracteur
- Pression rejet maximale (0,25 psig) mais inférieure à 1 psig (0,07 bar g)

8.3.2 Vannes principales

8.3.2.1 Vanne combinée "arrêt/contrôle"

Les vannes sont spécialement conçues pour les applications de cycles combinés opérant en pression glissante. Le concept comprend deux (2) vannes type "champignon" qui partagent un siège commun dans un corps unique, avec des servomoteurs indépendants.

La partie vanne de commande est normalement entièrement ouverte pour réduire au minimum la limitation de débit. Elle peut être utilisée pour contrôler le débit si la turbine à vapeur est exploitée dans un mode de contrôle de pression ou pendant les phénomènes transitoires lors des montées en puissance et des arrêts.

- Connexions entrée/sortie préparées pour des soudures bout à bout
- Filtre à tamis avec crépines fines démontables
- Boîte de raccordement prévue pour assurer l'interface avec les câbles de "contrôle"
- Connexions pour les purges amont et aval du siège
- Équipement de dérivation pour le lessivage des tuyauteries
- Supports de la vanne combinée arrêt/contrôle
- Vanne hydraulique de décharge, type "à disque"
- servomoteurs hydrauliques indépendants pour les vannes d'arrêt" et de "contrôle"
- Plan d'interface pour les purges.

8.3.2.2 Instrumentation de la vanne d'arrêt et de contrôle

- Indicateur de position par transducteur sur la vanne de contrôle
- Servo-vanne sur la vanne de contrôle
- Électrovanne d'essai pour essais en ligne de la vanne d'arrêt
- Électrovanne rapide sur vanne de contrôle

8.3.2.3 Vannes combinées d'interception et de resurchauffe

Il y a deux (2) vannes combinées de resurchauffe, installées de chaque côté de la tuyauterie de resurchauffe. Ces vannes servent avant tout à protéger le groupe contre la survitesse due à l'énergie stockée dans le resurchauffeur et la tuyauterie associée. Chaque vanne combinée de resurchauffe comprend une vanne d'arrêt de resurchauffe et une vanne d'interception. Les vannes de resurchauffe et d'interception ont chacune un servomoteur et opèrent indépendamment l'une de l'autre. Comme avec la vanne d'arrêt et de contrôle, des crépines sont fournies.

- Filtre à tamis avec crépines fines démontables
- Boîte de raccordement prévue pour assurer l'interface avec les câbles de "contrôle"
- Connexions pour les purges amont et aval du siège
- Actionneur hydraulique à simple action pour la vanne d'interception
- Actionneur hydraulique à simple action pour la vanne de resurchauffe
- Vanne hydraulique de décharge, type "à disque"
- Équipement de dérivation pour le lessivage des tuyauteries
- Supports de vanne de resurchauffe combinée
- Plan d'interface pour les purges

8.3.2.4 Instrumentation de la vanne d'arrêt resurchauffe et d'interception

- Indicateur de position par transducteur sur la vanne d'interception
- Servo-vanne sur la vanne d'interception
- Électrovanne d'essai pour essais en ligne de la vanne de resurchauffe
- Électrovanne rapide sur vanne d'arrêt/interception resurchauffe

8.3.2.5 Vannes d'admission et de contrôle BP

L'admission secondaire de vapeur de turbine générée dans le ballon BP de la chaudière de récupération est admise à la turbine par les vannes d'admission et de contrôle.

8.3.2.5.1 Vanne BP d'admission et contrôle

- Vanne type papillon
- conçue pour être installée entre brides suivant ANSI B16.5
- Équipement de "by-pass" pour le lessivage des tuyauteries
- Connexion purge aval siège

8.3.2.5.2 Instrumentation de la vanne BP d'admission et contrôle

- Contrôle par servovanne
- Dispositif d'indication de position

8.3.2.6 Vanne BP d'admission

- Vanne type papillon
- Conçue pour être installée entre brides suivant ANSI B16.5
- Équipement de dérivation pour le lessivage des tuyauteries
- Connexions pour les purges amont et aval du siège

8.3.2.6.1 Instrumentation de la vanne BP d'admission et d'arrêt

- Interrupteur fin de course de position ouverte
- Interrupteur fin de course de position fermée
- Interrupteur fin de course de position d'essai
- Interrupteur fin de course de position fermée pour disjoncteur
- Électrovanne d'essai

8.3.2.7 Crépine sur ligne d'admission

- Raccordements entrée/sortie par brides
- Raccordement purge par bride
- Filtre à panier démontable
- Filtre à petit tamis pendant la mise en service du système
- Filtre standard pour la marche normale

8.3.2.8 Vanne casse vide

- Vanne motorisée
- Raccordements entrée/sortie par brides
- Transmetteurs de position "ouvert/fermé"

8.3.3 Tuyauterie vapeur principale

La tuyauterie de vapeur fournie avec la turbine à vapeur concerne la tuyauterie de vapeur HP entre la vanne d'arrêt et le corps HP, la tuyauterie de vapeur resurchauffée entre la vanne combinée de resurchauffe et le corps MP.

8.3.3.1 Instrumentation fournie avec la tuyauterie de vapeur principale

- Transmetteur de pression de vapeur HP (Q 3)
- Transmetteur de pression de vapeur resurchauffée (Q 3)
- Transmetteur de pression d'admission

- Éléments température de type thermocouple pour tuyauterie de vapeur principale
- Élément température de vapeur principale (Q 2)
- Transmetteur de température de vapeur resurchauffée
- Élément température sur la vapeur d'admission (Q 2)

8.3.4 Vannes de condensat et purge de la turbine

Les vannes de purge permettent d'évacuer l'eau pendant le démarrage. Chaque point de purge est équipé d'un robinet d'isolement manuel livré séparément et d'un robinet de purge motorisé commandé à distance.

8.3.4.1 Étendue de fourniture

- Vannes principales manuelles
- Secondes soupapes de purge motorisées avec volants d'urgence

8.3.4.1.1 Soupapes de purge sur la conduite d'admission

- Vanne de régulation d'admission N°1 avant soupape de purge de siège
- Vanne de régulation d'admission N°1 après soupape de purge de siège
- Vanne d'arrêt d'admission N°1 avant robinet de purge de siège

8.3.4.1.2 Robinets de purge d'admission de vapeur principale

- Vanne d'arrêt principale N°1 avant robinet de purge de siège
- Vanne d'arrêt principale N°1 après robinet de purge de siège

8.3.4.1.3 Vannes de purge d'enveloppe

- Purge enveloppe HP

8.3.4.1.4 Vannes de purge resurchauffage

- Vanne resurchauffage combiné (CRV) N°1 avant robinet de purge de siège
- Vanne resurchauffage combiné (CRV) N°1 après robinet de purge de siège
- Vanne resurchauffage combiné (CRV) N°2 avant robinet de purge de siège
- Vanne resurchauffage combiné (CRV) N°2 après robinet de purge de siège

8.3.4.1.5 Instrumentation des vannes

- Interrupteurs fin de course position ouverte sur les robinets de purge
- Interrupteurs fin de course position fermée sur les robinets de purge (sauf SSPDV-2)
- Transmetteur de position (nécessaire pour le contrôle par le système de contrôle GE)

8.3.4.1.6 Moteurs de vannes d'opérateur

- moteurs triphasés pour vannes d'opérateur
- démarreur de moteur intégré
- boîtier NEMA 4X
- Interrupteur à double couple pour éviter la surcharge des moteurs triphasés des vannes opérateur

8.3.5 Arrosage de la boîte d'échappement

En fonctionnement avec des débits très faibles de vapeur/charges, la partie basse pression de l'alternateur de la turbine est soumis à un chauffage excessif. Un système de pulvérisation d'eau est prévu pour contrôler cette situation. La vanne est à commande pneumatique via le système de commande de turbine. L'instrumentation appropriée est fournie avec toutes les tuyauteries de raccordement à l'intérieur du capot BP. Les tuyauteries externes vers une source de condensat ne font pas partie de la fourniture u groupe puissance.

- Vanne pulvérisatrice d'eau à commande pneumatique (WSV)
- Vanne d'étalonnage manuel
- Crépine d'eau à l'entrée de la WSV
- Indicateur de pression de pulvérisation d'eau dans le caisson d'échappement
- Interrupteur fin de course position ouverte
- Buses et conduites de pulvérisation d'eau du caisson d'échappement à l'intérieur du caisson
- Commande de vanne de pulvérisation d'eau par le système de commande d'alternateur de la turbine

8.3.6 Conditionnement de la turbine

8.3.6.1 Isolation thermique

- Température de surface d'isolation d'enveloppe inférieure ou égale à 60°C
- Uniquement isolation non-amiante

8.3.6.2 Vanne d'arrêt principale, vanne d'arrêt de resurchauffage

- Matelas d'isolation thermique sur les enveloppes

8.3.6.3 Enveloppe HP et enveloppe MP de Turbine

- Matelas d'isolation thermique sur les enveloppes

8.3.6.4 Conduites de vapeur dans fourniture GE (Principale, resurchauffe)

- Isolation acoustique thermique préformée avec chemise en acier inoxydable.

8.3.7 Clés et outils spéciaux

Des clés et des outils spéciaux sont fournis pour entretenir une turbine au cours de l'installation et de la maintenance. Le personnel sur site des entrepreneurs disposera, bien entendu, de ses propres outils utilisés en général, par conséquent, les outils employés fréquemment ne sont pas inclus dans l'offre d'outils et de clés spéciaux. La pratique standard est de fournir un jeu d'outils par site de centrale/conception de turbine. Il est possible d'établir des devis pour des jeux supplémentaires en option pour des unités doubles. L'exemple suivant est typique des outils spéciaux qui seront fournis pour la turbine à vapeur. Les quantités et les dimensions spécifiques sont identifiés au cours de la phase de conception finale du projet, elles ne sont, par conséquent, pas incluses dans le présent exemple.

- Clés à frapper pour différents écrous à fentes
- Douilles pour clé à frapper pour ci-dessus

- Clés polygonales à frapper pour différents écrous, boulons et goudjons hexagonaux
- Douilles pour clés à frapper pour ci-dessus
- Goudpilles de guidage pour montage et démontage du capot, de l'enveloppe et des corps, si besoin
- Écrous pour goudpilles de guidage ci-dessus
- Support d'électrovanne pour maintenir la vanne ouverte tout en entretenant le solénoïde
- Ensemble tournevis pour prises d'équilibrage
- Ensemble de maintien de prise pour équilibrage
- Ensemble de maintien poids pour prises équilibrage
- Boulons de levage pour séparer les joints horizontaux
- Ensembles de vérins hydrauliques pour soulever le rotor et le corps.
- Chauffeurs de boulons pour chauffer les goudjons et les tendre
- Dispositif de levage d'enveloppe pour lever axialement l'enveloppe contre le capot
- Dispositif d'alignement pour contrôler la position du rotor par rapport aux garnitures
- Clés pour vanne, si besoin

8.4 Accessoires de l'alternateur

L'alternateur est doté de tout un ensemble intégré d'accessoires pour assurer un fonctionnement sans problème et la surveillance de l'alternateur et des systèmes connexes. Les différents systèmes et dispositifs inclus dans le cadre de cette proposition sont récapitulés ci-dessous.

8.4.1 Systèmes et accessoires hydrogène

Les composants internes de l'alternateur sont refroidis par convection en utilisant de l'hydrogène pour retirer la chaleur générée en cours de fonctionnement.

Le gaz d'hydrogène transporte cette chaleur vers les échangeurs thermiques gaz/eau pour qu'elle soit éliminée du système.

On peut obtenir des rendements et des densités de puissance supérieurs en utilisant de l'hydrogène car il a une densité et une conductivité thermiques inférieures à celle de l'air. L'environnement scellé nécessaire pour contenir l'hydrogène présente également l'avantage de conserver la propreté des éléments internes de l'alternateur. Le gaz CO₂ est utilisé en qualité d'intermédiaire durant le processus de remplissage et de purge.

8.4.1.1 Tableau de commande d'hydrogène

Le tableau de commande d'hydrogène GE est conçu pour être utilisé avec les alternateurs réfrigérés à l'hydrogène dotés de systèmes de balayage. La fonction première du tableau est de maintenir la pureté de l'hydrogène dans le corps de l'alternateur. Ceci est obtenu en balayant continuellement une petite quantité d'hydrogène à partir des cavités d'extrémité et du corps et en le déchargeant à l'atmosphère. La pureté est maintenue en contrôlant le taux de balayage. Les paramètres opérationnels et les alarmes significatifs sont fournis via le système de commande Mark VIe.

Les principales caractéristiques du système sont les suivantes :

- Fonctions du tableau de commande
 - Contrôle manuel/automatique du taux de lavage

- Surveillance continue de la pureté
- Deux (2) analyseurs indépendants (vote deux [2] sur deux [2])
- Affichage numérique en temps réel de la pureté du gaz et du statut des alarmes
- Alarme de pureté réduite
- Surveillance continue des défauts
- Journal des défauts avec date/heure
- Dispositifs du tableau de commande
 - Transmetteur de pression différentielle du ventilateur de l'alternateur (4-20mA)
 - Transmetteur de pureté de l'hydrogène de l'alternateur (4-20mA)
 - Manomètre différentiel du ventilateur de l'alternateur
 - Débitmètre de gaz total
 - Deux débitmètres d'analyseur de gaz (2) (Une[1] par analyseur)
 - Trois (3) indicateurs d'humidité (extrémité turbine, extrémité collecteur et corps)

8.4.1.2 Manifolds de gaz

Le gaz d'hydrogène, le dioxyde de carbone et l'air sont admis et retirés du corps de l'alternateur par le biais de manifolds. Les vannes et l'instrumentation contenus dans ces manifolds permettent à l'opérateur de contrôler en toute sûreté et de surveiller efficacement les processus de remplissage et de purge.

Les caractéristiques des divers manifolds sont décrites ci-dessous.

- Ensemble de vanne de contrôle d'hydrogène/dioxyde de carbone
 - Connexions à l'alimentation en vrac H₂/CO₂
 - Vannes de tuyauteries de manifold
 - Manomètre gaz alternateur
 - Pressostats gaz haut et bas alternateur
 - Soupape de surpression hydrogène
 - Manomètre d'alimentation en hydrogène
 - Pressostat d'alimentation en dioxyde de carbone
 - Soupape de surpression de dioxyde de carbone
 - Manchette de raccordement amovible pour alimentation en gaz H₂/CO₂
- Manifold bouteille d'hydrogène
 - Manifold à deux étages – raccordement bouteille haute pression et basse pression pour livraison vers collecteur ensemble vanne de commande
 - Deux régulateurs (2) de pression avec robinets de sectionnement
 - Manomètres d'admission et de sortie
 - Pressostat de sortie d'hydrogène
 - Huit (8) ensembles robinets à soupape et queue de cochon pour connexions de bouteille
- Manifold bouteille de dioxyde de carbone
 - Manifold à deux étages – raccordement bouteille haute pression et basse pression pour livraison vers collecteur ensemble vanne de commande

- Deux régulateurs (2) de pression avec robinets de sectionnement
- Un (1) robinet d'arrêt d'urgence
- Manomètres d'admission et de sortie
- Manomètre à la sortie de dioxyde de carbone
- Seize (16) ensembles robinets à soupape et queue de cochon pour connexions de bouteille

8.4.1.3 Système d'huile d'étanchéité

L'étanchéité hydrogène autour du rotor de l'alternateur est obtenue en utilisant de l'huile pressurisée à travers une paire de bagues segmentées qui ont un diamètre de quelques mils de plus que l'arbre de l'alternateur. Cette huile s'écoule dans les deux directions entre les bagues et l'arbre et crée un joint qui empêche la fuite d'hydrogène à partir du corps de l'alternateur. L'huile d'étanchéité est alimentée par le système d'huile de lubrification de turbine combiné.

La fourniture comporte les éléments suivants :

- Unité de contrôle d'huile d'étanchéité
 - Monté sur skid
 - Pressostat différentiel – marche pompe de secours
 - Alarme - pressostat différentiel
 - Transmetteur de pression différentiel
 - Manomètre différentiel
 - Manomètre en entrée
 - Débitmètre
- Alimentation en huile d'étanchéité
 - Huile fournie à partir du circuit d'huile de lubrification combiné
 - La pompe à huile d'étanchéité c.a. séparée est prévue pour être utilisée lorsque l'unité est arrêtée
 - Pompe c.c. de secours
- Conduites d'huile d'étanchéité
 - Tuyauterie d'alimentation en acier inoxydable
 - Tuyauteries de purge en acier au carbone
 - Deux (2) agrandissements de la purge d'huile d'étanchéité en acier au carbone
 - Ensemble purgeur à flotteur fermé – acier au carbone
 - Détecteur de niveau liquide de purge d'huile d'étanchéité

8.4.1.4 Accessoires du système d'hydrogène

Le système d'hydrogène est doté des accessoires suivants pour assurer un bon fonctionnement et entretien de l'alternateur et de ses auxiliaires.

- Sécheurs de gaz d'alternateur réfrigéré à l'hydrogène
 - Double tour avec air d'instrumentation de la centrale
 - Capacité de recharge en ligne
 - Expédié séparément

- Capteurs de détection d'hydrogène
 - Compartiment collecteur
 - Surveillance de détection d'hydrogène dans TCP
- Système de surveillance de gaz de l'alternateur
 - Surveillance principale
 - Ensemble collecteur pyrolysate
 - Tableau commande/affichage avec interface client
 - Peinture de marquage - stator et rotor
 - Alarme externe
- Accessoires supplémentaires
 - Transmetteur d'humidité, point de rosée
 - Totaliseur de débit d'hydrogène

8.4.2 Réchauffeurs

- Réchauffeurs stator alternateur – 3 phases CA
- Réchauffeurs collecteur alternateur – CA monophasé

8.4.3 Outils d'installation et de maintenance de l'alternateur

- Outils de maintenance de l'alternateur (1 jeu par site)
 - Élingues de levage de rotor
 - Équipement de dépose du rotor, avec patins, réceptacles, dispositifs de traction
 - Boulons de levage de rotor
 - Clés et outils spéciaux
- Équipement d'installation de l'alternateur
 - Tourillons pour l'alternateur
 - Boulons de levage pour l'alternateur

8.5 Accessoires et systèmes mécaniques du groupe de puissance combiné

La présente section donne des informations spécifiques sur les accessoires et systèmes qui sont communs à l'ensemble du groupe de puissance à un seul arbre turbine-alternateur-turbine à vapeur.

- Système d'huile de lubrification
- Système d'huile d'étanchéité
- Groupe hydraulique de puissance
- Moteurs Accessoires

8.5.1 Système d'huile de lubrification

Le système de lubrification alimente les paliers de butée et les paliers lisses de la ligne d'arbres (TAG, Alt, TAV) et l'hydrogène de l'alternateur assure l'étanchéité avec l'huile de lubrification à base minérale. Les équipements sont montés sur un châssis commun incluant le réservoir d'huile avec toutes les pompes, filtres, séparateur d'eau et l'instrumentation étendue.

Le système est conçu pour permettre la maintenance nécessaire pendant le fonctionnement normal de l'alternateur et de la turbine. Toutes les pompes sont fournies avec des contrôles en ligne. Les interventions sur les pompes ne nécessitent pas de vidanger le réservoir d'huile. L'ensemble est complètement monté en usine, essayé et lessivé avant expédition. Les caractéristiques du système sont données ci-après.

8.5.1.1 Réservoir d'huile

Le réservoir d'huile est en acier carbone soudé et a une capacité suffisante pour stocker le volume d'huile nécessaire au pompage y compris le retour. L'intérieur du réservoir est revêtu d'une peinture spéciale anti-corrosion. Le réservoir est installé sous le niveau turbine de façon à ce que le drainage des principaux paliers s'effectue par gravité. Le niveau d'huile dans le réservoir tient compte des pompes verticales submergées et permet leur fonctionnement à recirculation à faible débit. La recirculation à faible débit et le minimum de turbulence autorisent le dégazage de l'huile de retour avant l'aspiration des pompes.

La fourniture de la plate-forme d'huile de lubrification comporte également :

- équipement livré complètement assemblé, les dispositifs étant câblés sur les bornes ou les plaques à bornes, prêt à être raccordé (sauf les moteurs) et scellé après le lessivage en usine
- vanne régulatrice de pression de palier
- raccords pour l'alimentation en huile du système d'étanchéité de l'alternateur (hydrogène)
- barrettes de connexion pour raccordement électrique sur site
- portes d'accès et de décharge
- connexions pour drainage et lessivage
- provisions pour le levage de l'ensemble
- conduites en acier au carbone dans réservoir
- patins de fixation fixes sur le châssis
- système conçu pour de l'huile minérale
- éliminateur de gouttelettes
- eau de réfrigération non nécessaire pendant les ralentissements d'arrêts d'urgence (perte courant alternatif).

8.5.1.2 Pompes de lubrification

Deux (2) pompes à huile de type centrifuges entraînées par moteur à courant alternatif organisées en parallèle. En cas de panne de la pompe en service, une chute de pression d'huile sera détectée par un pressostat qui délivrera un signal en vue de démarrer l'autre pompe. Une pompe entraînée par moteur c.c. délivre l'huile pour les paliers d'urgence et l'huile d'étanchéité d'urgence au cas où les deux pompes entraînées par moteur c.a. tombent en panne. Un pressostat indique à la pompe c.c. de secours de démarrer si la pression d'huile tombe à un niveau prédéterminé. Par ailleurs, si l'alimentation d'une pompe de service est coupée, la pompe de secours sera mise sous tension. Une moto-pompe de secours séparée, à courant continu, pour le système d'huile d'étanchéité.

- - Pompes à huile
 - Deux (2) pompes à capacité 100 % à huile de lubrification entraînées par moteur C.A.

- Pompe à huile de paliers de secours c.c .
- Pompe de lubrification de paliers de secours c.c.
- Crépines à l'aspiration des pompes
- Pompes de soulèvement du train de rotor
- Extracteur de brouillard d'huile
 - Extracteur de brouillard d'huile entraîné par moteur c.a. double redondant
 - Éliminateurs de brouillard coalescent.

8.5.1.3 Réfrigérants d'huile

Deux (2) réfrigérants (huile/eau), capacité 2 x100%, sont installés sur le réservoir principal d'huile pour refroidir l'huile avant de la diriger vers les paliers de la turbine. Un (1) réfrigérant est en service et le second en réserve. Cela permet la dépose d'un (1) réfrigérant pour réparation ou remplacement sans interrompre la turbine.

La fourniture du groupe de lubrification comprend aussi :

- vanne de transfert
- marquage ASME U1
- certification ASME U1
- vanne de régulation de l'eau de réfrigération régulée par le système de commande de la turbine
- température de l'eau de réfrigération inférieure ou égale à 45°C (105°F)
- pression de l'eau de réfrigération inférieure ou égale à 8.78 ks/cm² (125 psig)
- facteur d'encrassement inférieur ou égal à 0.003
- le réfrigérant est un mélange d'eau et de glycol.

8.5.1.4 Tuyauterie d'huile de lubrification

Un système complet de tuyauterie d'interconnexion est fourni pour la turbine à gaz, la turbine à vapeur et l'alternateur. Ceci comporte :

- Tuyauterie d'alimentation en huile de lubrification en acier inoxydable 304 L
- Tuyauterie de purge d'huile de lubrification en acier au carbone
- Soudage 1ère passe des tuyauteries d'alimentation en huile de lubrification effectué en automatique, soit avec le procédé GMAW ou GTAW
- Soudage 1ère passe des tuyauteries de vidange d'huile de lubrification effectué en automatique, soit avec le procédé GMAW ou GTAW

8.5.1.5 Filtres à huile

Des Filtres à huile type "dual" sont utilisés dans les tuyauteries d'huile de lubrification, ce qui permet d'assurer un apport d'huile propre vers les paliers, les accouplements et les auxiliaires. .

- Marquage ASME code U récipient du filtre
- Construction en acier au carbone soudé
- Double filtre plein-débit avec vanne de transfert pour circuit d'huile de lubrification (cartouche remplaçable pour chaque filtre).

8.5.1.6 Instrumentation du système d'huile de lubrification

L'instrumentation nécessaire pour le fonctionnement et les essais du système de lubrification est décrite ci-dessous :

- Commutateur alarme de pression basse dans le collecteur d'huile
- Commutateur d'alarme et de déclenchement de pression basse dans le collecteur d'huile de lubrification
- Commutateur alarme de niveau haut d'huile de lubrification
- Commutateur alarme de niveau bas d'huile de lubrification
- Déclenchement niveau bas d'huile de lubrification
- Alarme température haute sortie réfrigérant d'huile de lubrification
- Marquage code ASME sur régulateur de pression du collecteur de palier
- Pressostat de démarrage des pompes de secours d'huile d'étanchéité et de c.C.
- Pressostat de marche des pompes de secours d'huile d'étanchéité et de c.c
- Pressostats démarrage des pompes à huile c.a. paliers 1 &2
- Pressostats de fonctionnement des pompes à huile c.a. paliers 1 &2
- Éléments température de type thermocouple pour les réfrigérants d'huile
- Élément de prise de température du réservoir d'huile de lubrification
- Élément de prise température de sortie d'huile réfrigérant d'huile de lubrification
- Alarme pression différentielle haute du filtre
- Indicateur température d'huile sortie réfrigérant d'huile
- Niveau d'huile (monté sur avant du réservoir)
- Manomètre au refoulement de la pompe huile de lubrification des paliers(AC)
- Manomètre au refoulement de la pompe de secours (lubrification paliers)
- Manomètre de pression différentielle du filtre
- Indicateur de niveau et transmetteurs de niveau montés sur le réservoir
- Manomètres au refoulement de la pompe de secours, de la pompe des auxiliaires et de la pompe principale montés sur panneau
- Manomètres différentiels du filtre à huile de lubrification montés sur panneau.

8.5.1.7 Instrumentation pour l'huile "Paliers"

- Pour chaque palier indicateurs de température d'huile vidange d'huile de palier
 - Thermocouples sur les purges des paliers
 - Thermocouples pour la mesure de la température du métal des paliers
 - Thermocouples pour la mesure de la température du collecteur des paliers pour le système de commande
- Indicateurs du flux de purge d'huile de palier pour chaque palier
- Indicateur de pression d'alimentation de l'huile de palier monté sur cadre (standard) avant
- Transmetteur de pression collecteur de palier positionné sur le réservoir d'huile
- Manomètre de collecteur de palier positionné monté sur panneau.

8.5.1.8 Fonctions de test de l'huile de lubrification

- Test à distance du système de démarrage des pompes
- Test manuel en "local" de la pompe de secours de lubrification des paliers
- Test manuel en local des pompes c.a. 1 & 2 de lubrification des paliers.

8.5.2 Système d'huile d'étanchéité

Pour l'étanchéité, une huile sous pression, filtrée et réfrigérée, alimente la vanne de contrôle d'huile d'étanchéité, située sur le module d'huile de lubrification.

Pour maintenir la continuité du débit d'huile vers les joints à tout moment pendant le fonctionnement, le système combiné d'huile de lubrification et d'étanchéité est équipé d'une pompe principale à courant alternatif, d'une pompe d'appoint à courant alternatif et d'une pompe de secours à courant continu.

L'huile d'étanchéité est retournée vers le système de récupération des purges après être passée au travers de la boucle "étanchéité". L'huile de purge de l'étanchéité côté hydrogène est séparée de l'hydrogène gazeux dans un agrandissement de la purge et un purgeur à flotteur fermé.

Un système d'alarme audible et visible est prévu pour prévenir de tout dysfonctionnement. Les alarmes concernent :

- Niveaux haut et bas dans le réservoir
- Pression différentielle basse entre l'huile d'étanchéité et l'hydrogène
- Détecteur de niveau de liquide dans le séparateur Hydrogène
- Détecteur de liquide dans le corps de l'alternateur
- Fonctionnement de la pompe de secours d'huile étanchéité.

8.5.3 Groupe hydraulique de puissance

L'unité de puissance hydraulique achemine un fluide ininflammable (triaryl phosphate ester) sous pression vers les actionneurs qui positionnent les vannes de vapeur principales. Le fluide dirigé vers les vannes d'arrêt principale et de resurchauffe passe par des vannes de déclenchement situées sur l'unité hydraulique de puissance. Ces vannes de déclenchement coupent l'alimentation du fluide hydraulique et déclenchent la fermeture rapide des vannes d'arrêt en cas d'urgence. Chaque fois que possible, des composants en acier inoxydable sont utilisés

8.5.3.1 Réservoir de fluide hydraulique

Le réservoir est construit entièrement en acier inoxydable. Des couvercles amovibles permettent d'accéder à l'intérieur pour nettoyage. Un niveau visuel du fluide est monté sur le réservoir pour surveiller le niveau normal.

Un sécheur d'air de type "dessicant" placé sur le réservoir extrait l'humidité de l'air à l'intérieur du réservoir et permet la mise à l'air libre de celui-ci en cas de changement de niveau du fluide.

Des accumulateurs à azote montés sous le réservoir permettent de satisfaire un besoin immédiat de fluide lors de demandes transitoires importantes des actionneurs des vannes.

8.5.3.2 Système de pompage hydraulique

Deux (2) moto-pompes à courant alternatif (Capacité 2 x 100%), à déplacement variable, à piston axial avec compensateur de pression assurent la mise sous pression du système. Le compensateur de pression maintient une pression préréglée dans la gamme de débit. En cas de surpression une soupape au refoulement de la pompe protège le système en by-passant la pompe et en retournant le fluide au réservoir.

8.5.3.3 Chauffage du fluide et circuit de refroidissement

La fonction de refroidissement du fluide est assurée au moyen d'un échangeur air/fluide muni d'un moto-ventilateur, d'une vanne de contournement, d'une soupape et de dispositifs de contrôle de la température. Le système de refroidissement fonctionne en fonction des besoins pour maintenir la température appropriée du fluide.

8.5.3.4 Conditionnement et filtration du fluide

Un filtre composite à composant sélectif absorbant est utilisé pour améliorer la filtration chimique du "ester triarylique de phosphate". Ce filtre de conditionnement réduit la détérioration du fluide par absorption chimique des acides et l'inhibition des formations de cristaux. Le filtre de conditionnement fait partie d'une boucle de pompage séparée incluant un filtre de polissage. Le filtre de polissage est du type "by-pass".

8.5.3.5 Manomètres et indicateurs de température, Panneau

Tous les appareils ont un diamètre de 114mm (4,5"), sont à montage affleuré, étanches à l'eau, avec lectures "double", avec mouvements en acier inoxydable, et remplis de liquide. Les affichages "doubles" permettent la lecture simultanée en système SI et anglo-saxon (psi et kg/cm² ou °F et °C).

Un panneau regroupe les mesures suivantes :

- Pression au collecteur hydraulique
- Température du fluide hydraulique dans le réservoir
- Pression au refoulement de la pompe -A
- Pression au refoulement de la pompe B
- Pression à l'entrée du filtre de conditionnement
- Pression à l'entrée du filtre de polissage.

8.5.3.6 Autres caractéristiques du système hydraulique

Les caractéristiques supplémentaires du système de fluide hydraulique sont répertoriées ci-dessous :

- Filtre haute pression au refoulement de la pompe principale
- Filtre tamis à maille grossière à l'admission des pompes principales
- Tuyauterie en acier inoxydable sur le réservoir
- Patins de fixation sur le skid
- Vanne de réchauffage du fluide hydraulique à commande automatique
- By-pass manuel du collecteur hydraulique pour démarrage à froid
- Système de filtration auxiliaire
- Moto-pompe de circulation sur le système de filtration auxiliaire

- Commutateur local de marche/arrêt pour la moto-pompe du système de filtration auxiliaire
- Filtres pour contrôle du Ph et des particules
- Connexions pour remplissage et purge du réservoir
- Event du réservoir muni d'un filtre et d'un dessiccateur
- Alarme pression basse sur collecteur de fluide hydraulique
- Interrupteurs de déclenchement par pression basse sur collecteur de fluide hydraulique
- Pressostat de démarrage des moto-pompes à courant alternatif A & B
- Signal d'alarme de niveau haut du fluide hydraulique
- Interrupteur d'alarme de niveau bas du fluide hydraulique
- Interrupteur d'alarme de pression différentielle du filtre A hydraulique
- Interrupteur d'alarme de pression différentielle du filtre B hydraulique
- Transmetteur de pression du collecteur fluide hydraulique
- Pressostat de fonctionnement de la pompe A hydraulique à courant alternatif
- Pressostat de fonctionnement de la pompe B hydraulique à courant alternatif
- Capteur pour le contrôle permanent de la température et des alarmes températures basses et hautes.
- Electrovanne d'essai des pompes de fluide hydraulique A et B avec bouton poussoir
- Fin de course sur les pompes A et B
- Manomètre (114mm) (4- ½") au refoulement de la pompe hydraulique A
- Manomètre (114mm) (4- ½") au refoulement de la pompe hydraulique B
- Manomètre (114mm) sur le collecteur de fluide hydraulique
- Un (1) ensemble (capacité 100%) pompe/réfrigérant air.

8.5.3.7 Tuyauterie hydraulique

- Tubes et raccords pour circuits alimentation et retour en acier inoxydable
- dispositif de dérivation pour lessivage sur site des tubes après installation

8.5.3.8 Système de déclenchement

- Système de déclenchement électro-hydraulique
- Désexcitation du solénoïde de déclenchement pour déclencher vannes
- Provisions pour essai en ligne du système de déclenchement (lorsque synchronisé)
- La fonction de déclenchement reste active durant les essais en ligne.

8.5.4 Moteurs Accessoires

Les enceintes TEFC sont fournies pour les moteurs d'une puissance inférieure à 250 ch. (200kW) si disponible. Les enceintes TENV sont fournies pour les moteurs de puissance inférieure à 1 ch. et ils peuvent remplacer les moteurs TEFC s'ils ne sont pas disponibles.

Les moteurs présentent les caractéristiques additionnelles énumérées ci-après :

- Fréquence - 50 Hz

- Économiseur d'énergie (à haut rendement)
- Moteurs pour des conditions d'utilisation en environnement industriel
- Bâti en fonte pour les moteurs CA
- Boucliers d'extrémité en fonte pour les moteurs CA
- Tous les moteurs redondants seront déphasés
- Conforme à l'IEC.

8.5.4.1 Exigences vis à vis de la tension spécifique au Moteur

- Moteurs 400Volts, triphasés, fréquence 50 Hz
- Capacité de démarrage à 80% de tension (moteurs CA seulement)
- Puissance nominale de 120 volts pour les moteurs CC
- Aérotherme de 220 volts CA, monophasé, 50 Hz (> 1 ch. seulement).

8.5.4.2 Isolation

- Isolation de classe « F »
- Échauffement de classe « B » (pour tout CA et CC < 30 ch.)
- Revêtu d'un produit antifongique pour protection dans les régions tropicales

8.5.4.3 Facteur de service

- Facteur de service de 1,0 pour les moteurs CC

8.5.4.4 Divers

- Boîte de dérivation surdimensionnée avec garniture
- Purges et évents (si exigé)
- Raccordements de mise à la terre dans boîte dérivation
- Thermostats de protection de surcharge

8.6 Groupe de puissance combiné des accessoires électriques

Cette section comporte des informations spécifiques sur les éléments suivants :

- Système d'excitation statique
- Système de démarrage statique
- Équipement de mise à la terre neutre
- Transformateurs de courant.

8.6.1 Système d'excitation

- Excitation statique alimentée par bus avec entretien en ligne des commandes et des ponts

L'alternateur est configuré avec le système d'excitation EX2100 à source de potentiel numérique, statique. Le système est équipé d'un pont à thyristor triphasé à onde entière qui fournit la puissance d'excitation de l'enroulement inducteur tournant de l'alternateur CA principal. Le portillonnage du thyristor est contrôlé par un (1) des deux (2) microprocesseurs de commande numérique. L'ensemble du pont à thyristor comporte un refroidissement forcé par circulation d'air. Des détecteurs de

température sont employés pour surveiller la température du pont. Ils émettront une alarme et déclencheront lorsque les limites d'utilisation établies sont dépassées.

L'interface de commande de la turbine (« Interface homme machine » HMI) est l'interface primaire avec l'excitatrice. Toute la communication de la logique de commande et des données d'affichage entre la commande de turbine et l'excitatrice emploie une liaison de données. Tous les signaux de déclenchement sont initialisés par une logique de vote deux (2) sur trois (3) ; ce sont des signaux câblés. L'interface locale avec l'opérateur se fait également par le biais d'un pavé tactile et d'un écran monté sur panneau.

Les commandes du redresseur et de l'excitatrice sont situées dans une armoire IP-20 (NEMA-1) autonome. Elle contient le module et le régulateur de conversion de puissance SCR avec toutes les fonctions de commande et de protection standard.

Une enceinte étanche aux intempéries abrite l'armoire pour les applications extérieures.

8.6.1.1 Caractéristiques du Système d'Excitation

Les fonctions de commande, protection et contrôle incluses dans le système d'excitation EX2100 sont résumées dans cette section.

- Contrôle/surveillance/affichage à partir du panneau de commande de turbine
 - Adaptation de tension dans le système de commande de turbine
 - Contrôleur de facteur de puissance dans le système de commande de turbine
 - Contrôleur de VAR dans le système de commande de turbine
 - Sélection entre le régulateur automatique ou manuel
 - Augmentation ou réduction du point de consigne du régulateur
 - Commande de saisie du point de consigne
 - Affichage des ampères d'excitation
 - Affichage des volts d'excitation
 - Affichage des volts de transfert
- Liaison Ethernet redondante avec le panneau de commande
- Caractéristiques et fonctions de commande
 - Régulateur automatique de tension (AVR) (AVR)
 - Régulateur manuel de tension (FVR)
 - Poursuite bidirectionnelle, automatique et manuelle
 - Compensation de courant réactif (RCC)
- Caractéristiques et fonctions de protection
 - Compensation de température pour UEL et OEL
 - Limiteur de volts par hertz (V/Hz LIM)
 - Protection de volts par hertz (24EX) (Sauvegarde de 24G)
 - Limiteur de surexcitation (OEL)
 - Protection contre surexcitation pour en ligne/ déconnecté (76EX)
 - Perte de protection d'excitation (40EX)
 - Protection contre déséquilibre de tension de phase CA du pont (47EX)
 - Limiteur de sous-excitation (UEL)
 - Protection contre surtension d'alternateur (59EX)

- Déclenchement de détecteur de terre d'excitation d'alternateur (64FT)
- Entrées VT doubles
- Détecteur de rupture VT (VTFD) (60EX)
- Alarme de sur-température d'excitation
- Alarme de détecteur de terre de champ (64FA)
- Déséquilibre de tension de phase de l'excitatrice (47EX)
- Sur-température de pont (26EX)
- Tension d'excitation, courant d'excitation, tension de transfert auto/manuel, température d'excitation, sorties 4-20 ma
- Interface opérateur local montée sur panneau
- Alimentation électrique interne à double source
- Shunt millivolt pour l'excitation
- Protection contre les surtensions
 - Découplage VT et disjoncteurs CT
 - Détection de courant biphasé
 - Détection de tension triphasée
 - Pont/contacteur d'excitation c.c. monopolaire
- Filtrage de circuit de pont de thyristor
- Circuit de suppression de tension d'arbre (monté sur panneau)
- Circuit de désexcitation d'excitation rapide avec résistance
- Stabilisateur du système d'alimentation

8.6.1.2 Performances

- Ratio de réponse 3.8 et 200% VFFL (100°C) plafond à $V_t = 1.0pu$

8.6.1.3 Transformateur d'Excitation

Le transformateur d'excitation du redresseur (transformateur de potentiel de puissance, PPT) est séparé de l'excitatrice. Ce transformateur a pour objectif de ramener la tension au niveau exigé par le système d'excitation. Le régime nominal du transformateur est choisi de sorte que le transformateur puisse fournir l'excitation exigée par l'alternateur sur sa plage continue de fonctionnement. Les caractéristiques suivantes sont associées au transformateur d'excitation.

- PPT auto-stable du type huile
- Installation en extérieur
- PPT alimenté à partir de bus auxiliaire

8.6.2 Système de démarrage statique

Le système de démarrage statique utilise un Inverseur de Commutation de Charge (LCI) avec entraînement à fréquence variable pour le démarrage de la turbine à gaz. La puissance à fréquence variable est transmise directement aux bornes de l'alternateur qui est utilisé comme un moteur synchrone pour le démarrage de la turbine à gaz.

Des circuits de pont à six impulsions triphasé conventionnels sont utilisés pour le redresseur et l'inverseur et sont connectés par une bobine de réactance CC. Un transformateur d'isolation est

prévu pour fournir la puissance triphasée, l'impédance pour les défauts de protection et l'isolation électrique pour les systèmes de mise à la terre.

Le compartiment du LCI est conçu pour résister aux intempéries et comprend une trappe de visite prévue pour utilisation en extérieur. Le compartiment et l'équipement sont supportés par un socle commun. Les parois et le plafond sont isolés et sont constitués de sections de panneau boulonnées ou soudées. Le plancher est fabriqué en tôle antidérapante. L'extérieur du compartiment est peint avec une peinture primaire anti-rouille, et l'intérieur est peint avec une couche de finition.

L'excitation de démarrage est fournie par le système d'excitation d'alternateur.

Caractéristiques de base du système de démarrage statique de turbine :

- Transformateur d'isolation pour démarrage statique
 - A huile
 - Installation en extérieur
 - Liaison par câble entrée inférieure, HV et LV
 - Transformateur d'isolation alimenté par le bus auxiliaire
- Configuration
 - Système de démarrage statique simplex (1 démarrage statique par turbine à gaz)
 - Système de rotation du rotor fourni dans le cadre de l'équipement de la turbine à vapeur
 - Une bobine de réactance CC de liaison par unité de démarrage
 - Échangeur de chaleur eau/eau, embarqué à nu
 - LCI localisé dans le compartiment de LCI
- Fourniture du contrôle
 - Liaison Ethernet redondante avec le panneau de commande de turbine

8.6.3 Équipement de mise à la terre neutre

8.6.3.1 Transformateur de mise à la terre neutre de l'alternateur

Un transformateur de mise à la terre neutre et une résistance secondaire seront fournis.

8.6.4 Transformateurs de courant de l'alternateur

Les CT ci-dessous sont inclus avec l'alternateur :

- Transformateurs de courant (TC)
 - Classe de relais : 200 VA – 5P20 (IEC)
 - Classe de mesure : 0.2S (IEC) ;
 - TC côté ligne
 - CT 13, 14, 15
 - CT 16, 17, 18
 - TC Excitation 19A, C
 - CT 21, 22, 23
 - TC Neutre
 - CT1, CT2, CT3

- CT4, CT5, CT6
- CT7, CT8, CT9
- CT10, CT11, CT12

8.7 Système de commande du groupe de puissance

8.7.1 Contrôle de l'alternateur - de la Turbine à gaz

Le système de commande de turbine à gaz, avec un système SPEEDTRONIC Mark VIe, est un contrôleur Redondant Modulaire Triple (TMR), à base de CompactPCI®. L'offre de produits pour le contrôle et la surveillance d'une nouvelle unité de turbine à gaz avec le contrôle d'E/S non distribuées Mark VIe est une configuration d'E/S locales triple. Le cœur de ce système se compose de trois (3) modules de commande identiques mais séparés. Avec la commande TMR, les processeurs surveillent des capteurs redondants et votent sur toutes les fonctions de contrôle critiques. La baie du contrôleur se compose d'un processeur principal et d'une alimentation. Un système de fonctionnement multitâche, en temps réel QNX® est utilisé pour le processeur principal et les E/S. IO Net est utilisé pour communiquer entre les processeurs principaux et les blocs d'E/S mis en réseaux, appelés des jeux d'E/S. Le module de protection <P> contient trois processus de vote supplémentaires <X>, <Y> et <Z>, chacun ayant sa propre alimentation et son propre processeur. Ces sections surveillent les capteurs critiques et assurent une protection de déclenchement et d'alarmes redondante.

8.7.1.1 Caractéristiques du système

- Électronique basée sur microprocesseur utilisant une conception modulaire pour faciliter l'entretien
- Baie de cartes de type VME avec une carte processeur, une carte de communication et des cartes d'entrée-sortie
- Interface opérateur par PC, IHM (« Interface homme machine»)
- Interface de communication Ethernet

8.7.1.2 Caractéristiques de l'armoire de commande de la turbine à gaz

- Module Triple Redondant (TMR) SPEEDTRONIC™ Mark VIe avec E/S non distantes
 - Autoroute de données de l'unité redondante (UDH)
- Module de synchronisation automatique/manuel avec fonction de contrôle de synchronisation
- Alarme de sur-température de stator d'alternateur (49)
- Limiteur de charge
- Cycle de purge
- Contact client d'alarme/déclenchement pour l'écran à tube cathodique
- Contacts additionnels d'entrée (numériques) pour le client, si disponible
- Contacts additionnels de sortie (numériques) pour le client, si disponible
- Entrées analogiques à partir du client, si disponible
- Sortie analogiques à partir du client, si disponible
- 12 entrées RDT maximum pour client
- Sélecteur de source d'alimentation

- Totalisateur de débit de combustible
- Affichage et déclenchement pour les vibrations
- Protection électrique de survitesse
- Contrôle de statisme
- Logiciel de synchronisation du second disjoncteur
- Calcul et affichage du facteur de puissance
- Contrôle du facteur de puissance
- Contrôle de la puissance réactive (VAR)
- Arrêt progressif (VAR)
- Contrôle VAR de ligne de jonction
- Charge présélectionnée, point de consigne manuel
- Point de consigne de charge externe, contrôle 4-20 mA
- Calcul et relevé du débit d'air
- Inhiber/initialiser la synchronisation automatique à distance
- Contrôle de la température d'échappement pour la montée en charge de cycle-combiné
- Déclenchement à température haute vapeur ou retour à un point de fonctionnement sécurisé
- Sync temp
 - Le signal d'entrée temps pour les dispositifs du réseau du groupe puissance ne fait pas partie de la fourniture du groupe puissance

8.7.1.3 Fonction de contrôle

Le système de commande « SPEEDTRONIC™ Mark VIe » fournit le contrôle, la commande et la protection de la turbine à gaz et des systèmes auxiliaires. . Le système est divisé en trois (3) sections : régulation, contrôle-commande et protection.

- Commande
 - Contrôle à la montée en vitesse
 - Contrôle d'accélération
 - Régulation de vitesse
 - Contrôle de charge de l'alternateur
 - Contrôle de charge du compresseur
 - Contrôle de température d'échappement
 - Régulation des aubes directrices
 - Régulation du combustible
- Séquencement
 - Systèmes auxiliaires de la TG (démarreurs MSS)
 - Montée en vitesse, fonctionnement en exploitation, arrêt
 - Purge et allumage
 - Changement de combustible
 - Gestion d'alarme

- Synchronisation
- Séquences H2
- Compteurs de démarrages, déclenchements et heures
- Compteurs d'événements
 - Démarrages manuels
 - Démarrages avec flamme
 - Déclenchements d'urgence
 - Compteurs horaires
 - Heures de flamme
 - Interface DCS
- Protection
 - électronique survitesse, modules redondants
 - Sur-température
 - Vibrations
 - Perte de flamme
 - Surveillance de combustion

8.7.1.4 Station d'opérateur locale

- PC industriel
- Baie 19 pouces d'interface d'opérateur
- Écran couleur
 - Montée sur bâti
 - Écran 17 pouces à cristaux liquides
- Clavier avec dispositif de positionnement de curseur intégré
- Imprimante
 - Imprimante à jet d'encre couleur
- Affichage en français, pas de dialectes spécifiques
- Équipement Ethernet de l'unité

8.7.1.5 Systèmes de commande et de surveillance à distance

- Liaison de communication Ethernet IHM utilisant le protocole GSM
- Équipement Ethernet du site dans salle de commande centralisée
- IHM multi-unités distantes
 - Une par site
- Ordinateur personnel industriel
- Écran couleur
 - De bureau
 - Écran 20 pouces à cristaux liquides
- Déplacement du curseur par boule de commande
- Déplacement du curseur par souris
- Clavier sur bureau

- Imprimante
 - Imprimante laser en couleur
 - Une par site

8.7.1.6 **Systèmes de contrôle du rotor, des paliers et de suivi des performances**

- Systèmes de mesure de performance
 - Capteurs débitmètre d'air, câblés au système de commande de la turbine à gaz
 - Courbes de performance de l'alternateur sur l'interface d'opérateur
- Capteur de vibrations
 - Senseurs de vitesse (vibration)
 - Senseurs de proximité (vibration)
- Affichage des capteurs de proximité vibration, GE
 - Dans le « SPEEDTRONIC™ Mark VIe »
 - Affichage sur l'IHM
- Thermocouples de palier
 - Thermocouple situé sur le drain d'huile du palier
 - Thermocouples pour la mesure de la température du métal des paliers
- Trous pour examen à l'endoscope
- Système Bently Nevada 1 TGVAS
 - Logiciel pour alternateurs/turbine à vapeur/turbine à gaz
- Système de surveillance sur site universel Universal (uOSM)
 - Montée sur baie
 - Partage l'écran de l'IHM, le clavier et le dispositif de positionnement
 - Équipement ADH pour le système de contrôle de turbine
 - Le système exige deux (2) lignes téléphonique analogiques, qui ne font pas partie de la fourniture du groupe puissance

8.7.2 **Contrôle de la turbine à vapeur SPEEDTRONIC™ Mark VIe**

Le système de commande de turbine à gaz, avec un système SPEEDTRONIC Mark VIe, est un contrôleur Redondant Modulaire Triple (TMR), à base de CompactPCI® . L'offre de produit pour le contrôle et la surveillance d'une nouvelle unité de turbine à gaz avec le contrôle d'E/S non distribuées Mark VIe est une configuration d'E/S locales triple. Le cœur de ce système se compose de trois (3) modules de commande identiques mais séparés. Avec la commande TMR, les processeurs surveillent des capteurs redondants et votent sur toutes les fonctions de contrôle critiques. La baie du contrôleur se compose d'un processeur principal et d'une alimentation. Un système de fonctionnement multitâches, en temps réel QNX® et utilisé pour le processeur principal et les E/S. IO Net est utilisé pour communiquer entre les processeurs principaux et les blocs d'E/S mis en réseaux, appelés des jeux d'E/S. Le module de protection <P> contient trois processus de vote supplémentaires <X>, <Y> et <Z>, chacun ayant sa propre alimentation et son propre processeur. Ces sections surveillent les capteurs critiques et assurent une protection de déclenchement et d'alarmes redondante.

Interface de capteur directe

Les entrées/sorties Mark VIe SPEEDTRONIC (E/S) sont conçues pour une interface directe avec la turbine et les dispositifs de l'alternateur tels que les thermocouples, les résistances détectrices de température et les capteurs de proximité de vibration. La surveillance directe de ces capteurs élimine le besoin d'interposer de l'instrumentation et permet à l'opérateur de visualiser toutes les données résultantes à partir de l'interface opérateur SPEEDTRONIC Mark VIe et du Système GE-DCS (Système de contrôle distribué GE) via une liaison de communication si besoin.

Entrées de vitesse – Le SPEEDTRONIC Mark VIe a trois entrées de capteurs de vitesse magnétiques, passives (2 Hz-12 KHz). La valeur moyenne est utilisée pour le contrôle de vitesse et la protection de survitesse primaire. La sensibilité des circuits permet de détecter une vitesse de 2 tr/mn sur une roue à 60 dents en vue de déterminer si la turbine est arrêtée ou si elle est sur vireur.

La protection de survitesse de secours est assurée par un jeu séparé de trois capteurs de vitesse magnétique surveillés par un module de survitesse redondant triple séparé <P>. Un opérateur peut initier et surveiller les essais de diagnostic du module de survitesse de secours à partir d'une interface opérateur ou d'un DCS de centrale, alors que la turbine fonctionne ou est à l'arrêt.

8.7.2.2 Limite de fourniture du contrôle

Le système de contrôle Mark VIe assure la surveillance, le contrôle et la protection complète du turbo-alternateur et des systèmes auxiliaires de la turbine à gaz. La fourniture se décompose en trois (3) sections : contrôle, séquençement et protection.

8.7.2.3 Organisation de l'interface de l'opérateur de secours

- Bouton-poussoir d'arrêt d'urgence séparé

8.7.2.4 Interface de commande à distance

- Une (1) liaison de communication à partir d'une (1) interface
- Commande à distance via les entrées/sorties de contact
- Une (1) liaison à partir du panneau SPEEDTRONIC Mark VIe
- Journal des alarmes
- Journal de déclenchement de turbine
- Interface opérateur écran à tube cathodique 20"
- Impression de tout écran (commande manuelle)
- Établissement de tendances – temps réel
- Établissement de tendances – court terme (file d'attente circulaire)

8.7.2.5 Caractéristiques

- Enceinte avec refroidissement à convection NEMA 1 pour utilisation dans une salle climatisée
- Satisfait le code : ETL/UL 508
- Sources C.A. 115/230volt redondante et/ou 125volt c.c.
- Commande manuelle
- Gestion de contrainte de rotor automatique
- Contrôle de vireur manuel et automatique avec interface à partir du système de commande de turbine à vapeur
- Contrôle de la pression en entrée au démarrage

- Contrôle des vannes motorisées des vannes de vidange via le système de commande de turbine

8.7.2.6 Contrôle de montée en charge

- Contrôle de point de consigne de charge
- Augmentation/diminution du point de consigne avec les entrées de contact
- Réduction de puissance de charge à partir d'une source externe
- Vanne(s) de contrôle de chaleur de purge en entrée
- Contrôle de la vanne d'admission
- Limite de charge (position de vanne)

8.7.2.7 Système de surveillance (Supervision de turbine)

- Surveillance de vibration de turbine
- Surveillance de la vitesse de turbine
- Surveillance de la position axiale du rotor (poussée)
- Surveillance de l'excentricité du rotor
- Surveillance de l'expansion de l'enveloppe
- Surveillance de l'expansion différentielle
- Surveillance de la température de métal de palier
- Surveillance de la température du métal de turbine
- Sondes de type de proximité sans contact
- Détection de défaut et d'alarme

8.7.2.7.1 Surveillance de vitesse de turbo-alternateur et protection

- La vitesse d'arbre est contrôlée par la turbine à gaz dans ce système à un seul arbre
- Trois (3) capteurs de vitesse primaire et trois (3) capteurs de vitesse de secours.
- Sonde de référence (vitesse zéro)
- Surveillance de vitesse zéro et continue du système de contrôle GE
- Tableau d'opérateur du système de commande, tachymètre numérique
- Déclenchement et alarme d'usure de palier de butée
- Alarme et détection de défaut
- Protection de survitesse d'urgence

8.7.2.7.2 Excentricité

- Sonde d'excentricité
- Indications d'alarme
- Alarme et détection de défaut

8.7.2.7.3 Surveillance d'expansion d'enveloppe

- LVDT d'expansion d'enveloppe
- Surveillance d'extension d'enveloppe du système de contrôle GE
- Fonction pas d'alarme

8.7.2.7.4 Surveillance d'expansion différentielle

- Ensemble de sondes d'expansion différentielle
- Surveillance du système de contrôle GE
- Détection des défauts et alarme

8.7.2.7.5 Température de métal de palier

- Surveillance de la température de métal de palier du système de contrôle GE
- Point de consigne de déclenchement et d'alarme de température haute

8.7.2.7.6 Surveillance de température de métal de turbine

- Surveillance de température de métal de turbine du système de commande GE
- Alarmes de température différentielle haute
- Surveillance de température continue

8.7.2.8 Accessoires

8.7.2.8.1 Boîtier de raccordement et caractéristiques des plaques à bornes

- Boîtiers de raccordement NEMA 4
- Plaques à bornes de type vissées GE CR151
- Toute l'instrumentation installée en usine est câblée sur les plaques à bornes
- Languette annulaire, agrafes sur borne,
- Marqueurs de câble sur toutes les bornes

8.7.2.8.2 Manomètres, jauges de température, transmetteurs, commutateurs et CT/RDT

- Indicateurs avec marquage en noir sur faces blanches
- Indicateurs avec mouvements en acier inoxydable
- Températures affichées en °F (primaires) et °C (secondaires)
- Pressions affichées en PSI (primaire) et kg/cm² (secondaire)
- Transmetteurs avec compensation température
- Transmetteurs 4-20 milliamp c.c.
- Commutateurs avec circuit ouvert pour alarme et déclenchement
- Commutateurs avec boîtiers NEMA 4
- Sectionneurs et prises de pression pour étalonnage local
- La linéarisation en fonction du type de thermocouple est sélectionnable sur site
- Caisson d'échappement, déclenchement/alarme de température de vapeur d'échappement haute
- Caisson d'échappement déclenchement/alarme pression de vide faible
- Indicateur de température de vapeur d'échappement
- Deux extrémités de palier du corps d'échappement (2)

8.7.3 Documentation

La documentation pour le système de régulation de turbine Mark VIe SPEEDTRONIC se compose de deux (2) types : plans spécifiques à l'unité et notices d'instruction. Un jeu unique de documentation

spécifique à la réquisition est fourni avec chaque système de commande et les manuels d'instruction sont disponibles pour les besoins spécifiques de chaque utilisateur.

8.7.3.1 Plans spécifiques à la réquisition

Le Rapport E/S contient les affectations spécifiques à l'unité des terminaisons E/S sur le tableau de commande Mark VIe SPEEDTRONIC. Ce rapport contient également des informations liées aux E/S telles que les noms des signaux.

Les Plans hors tout donnent une vue extérieure du tableau de commande et de l'interface opérateur primaire. Les plans donnent des informations nécessaires pour la manipulation et l'installation de l'équipement.

Le Plan hors tout du donne une vue interne du tableau de commande. Le premier objectif de ce plan est de donner les informations nécessaires pour acheminer les câbles d'interconnexion.

Le Plan de câblage du boîtier définit le câblage usine interne sur le boîtier du tableau de commande. Le premier objectif des plans est de documenter le câblage interne pour l'entretien.

8.7.3.2 Notices d'instruction

Les notices d'instruction sont fournies avec le système de régulation de turbine Mark VIe SPEEDTRONIC et sont conçues pour satisfaire les besoins spéciaux des opérateurs, du personnel d'entretien et des ingénieurs d'application. Ceci couvre :

- Manuel système pour la Régulation de turbine Mark VIe SPEEDTRONIC
- Boîte à outils du Système de contrôle pour configurer le contrôleur de turbine Mark VIe SPEEDTRONIC
- Système manuel pour configurer l'interface homme-machine Mark VIe SPEEDTRONIC

8.7.4 Protection de l'alternateur

8.7.4.1 Tableau de protection de l'alternateur

Un Boîtier intégré des relais multifonctionnels numériques est employé pour la protection de l'alternateur et de l'équipement. Ces relais, basés sur des microprocesseurs, fournissent toutes les fonctions nécessaires de protection, contrôle, commande et enregistrement. Des relais et dispositifs ci-dessous forment la base du système de protection et de contrôle de l'alternateur.

- Protection d'alternateur – Relais de Gestion d'Alternateur (GE Multilin G60)
- Protection de transformateur – Relais de Gestion de Transformateur (GE Multilin T60)
- Disjoncteur d'alternateur et protection de bus – Relais de Gestion de Disjoncteur (GE Multilin C60)
- Relais de verrouillage
- Interrupteurs d'essai (un-par ligne)
- Comptage d'alternateur – Nexus 1250 Multimètre Numérique
- Tableau de surveillance auxiliaire gaz (GAMP)
 - Relevé du capteur d'humidité
 - Relevés du détecteur d'atmosphère dangereuse

— Surveillance de vibrations Bently Nevada 3500

- Interrupteur déclenchement disjoncteur (52G/CS) et lampes

En plus des relais montés sur le panneau de protection d'alternateur, le système de commande de la turbine à gaz manipule des fonctions protectrices telles que la protection de température de l'alternateur, contrôle de synchronisation, fréquence sauvegardée et puissance déwattée.

La commande et la surveillance de l'alternateur sont principalement accomplis par l'interface opérateur pour le système de commande de turbine à gaz. L'interface d'opérateur gère la synchronisation automatique et manuelle, augmente et réduit la vitesse, augmente et réduit la tension et la commande de disjoncteur d'alternateur. Le statut des disjoncteurs, du courant et la tension d'excitation et le statut des permissifs sont également affichés ainsi que la fréquence et la tension de l'alternateur.

La fourniture incluse avec le panneau de protection d'alternateur est résumée ci-dessous. Des détails spécifiques concernant l'arrangement de protection envisagé peuvent être trouvés sur le diagramme unifilaire inclus dans la section plans de cette proposition

8.7.4.1.1 Relais de Gestion d'Alternateur (G60)

Le relais G60 de gestion d'alternateur est un relais avec microprocesseur qui fournit les fonctions de protection, contrôle, commande et enregistrement pour les alternateurs CA entraîné par une turbine à gaz ou à vapeur. Les protections de courant, tension et fréquence sont fournies avec les diagnostics de défaut. Les fonctions incluses avec le relais de gestion d'alternateur sont résumées ci-dessous .

- Surexcitation d'alternateur (24)
- Sous-tension de phase (27P)
- Puissance déwattée/anti-dégommage (32)
- Perte d'excitation (40)
- Déséquilibre de courant/séquence négative de phase (46)
- Surintensité de temps de phase (51PV)
- Surtension terre neutre (terre stator) (59N)
- Surtension de phase (59P)
- Protection de terre de stator (troisième harmonique) (27TN)
 - Données de site requises pour le réglage
- Sur-fréquence d'alternateur (81O)
- Sous-fréquence d'alternateur (81U)
- Distance de Phase (21)
- Hors de phase (78)
- Différentiel de stator (87S)
- Rupture de fusible de transformateur de tension (VTFF)

8.7.4.1.2 Relais de Gestion de Disjoncteur (C60)

Le relais C60 de gestion de disjoncteur est un relais basé sur microprocesseur conçu pour le contrôle et la protection de disjoncteur et bus. Les caractéristiques de protection ci-dessous sont mises par le biais du relais de gestion de disjoncteur.

- Excitation par inadvertance (50/27)
- Rupture de disjoncteur avec minuterie (50/62BF)
- Défaillance de disjoncteur 50BF
- Détection de terre de bus (59BN)
- Rupture de fusible de transformateur de tension (VTFF)

8.7.4.1.3 Relais de Gestion du Transformateur (T60)

- Avec trois (3) contraintes
- Différentiel d'unité (87U)
- Surcourant neutre de transformateur (51TN)
- Contact de verrouillage de sortie pour la pression de défaut de transformateur (63PTX)

8.7.4.1.4 Relais Discrets de Protection

- Relais de blocage pour la protection de l'alternateur (86G1A)
- Relais de blocage pour la protection de l'alternateur (86G1A)
- Relais de blocage d'excitation par inadvertance (86IE)
- Relais de blocage de défaillance du disjoncteur (86BF)
- Relais de verrouillage de différentiel de l'unité (86U)
- Bobines doubles de déclenchement du disjoncteur (94GB-1,2)
- Relais auxiliaire de statut du disjoncteur (52GX-1)
- Deuxième synchronisation de disjoncteur pour le disjoncteur de série
 - Interrupteur de sélection de disjoncteur/VT (83LBSX-1,2,3)
- Contrôle de tension de synchronisation
 - Fait partie du relais de gestion du disjoncteur C60
 - Redondant vis à vis du contrôle de synchronisation du système de commande de la turbine, intégré avec le système de la commande de synchronisation de la turbine.

8.7.4.2 Mesures du tableau de protection de l'alternateur

Le Multimètre Numérique Nexus 1250 fournit le comptage d'alternateur. Ce compteur entièrement fonctionnel est intégré avec le panneau de protection de turbine et il fournit l'accès immédiat aux paramètres de fonctionnement de la turbine. Les paramètres mesurés sont énumérés ci-dessous :

- Volts d'alternateur
- Ampères d'alternateur : Phases 1, 2, 3 et neutre
- Watts alternateur
- VAR alternateur
- Fréquence alternateur
- VA d'alternateur
- Facteur de puissance d'alternateur
- MWH - Watt-heures d'alternateur
- MVAH – VA heures alternateur

- VAR-heures d'alternateur