

Supervision et commande de la vitesse de rotation du turbo générateur par le système DCS

Driss BELBACHIR
Laboratoire MELT
Faculté de Technologie
Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen, Algérie
Driss.belbachir@gmail.com
Ahmed HASSAM
Laboratoire MELT
Faculté de Technologie
Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen, Algérie
hassam.ahmed@yahoo.fr

Mehdi TRACHE
Laboratoire MELT
Faculté de Technologie
Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen, Algérie
mehdi_t13@hotmail.fr
Yamina HOUBAD
Laboratoire MELT
Faculté de Technologie
Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen, Algérie
yaminahoubad@yahoo.fr

Résumé— Ce travail entre dans le cadre des travaux de recherche, ayant pour finalité une étude sur la configuration du programme de déclenchement du turbogénérateur ainsi le contrôle de la vitesse de rotation, et pour une meilleure supervision par les opérateurs et par conséquent une intervention efficace surtout dans les plus brefs délais. Une description de TG et l'environnement de simulation pour l'analyse et l'évaluation de la sécurité du système DCS (distributed control system) est conçu et mis en œuvre. Cet environnement de simulation a les caractéristiques d'extensibilités et l'adaptabilité, et intégré plusieurs composants, y compris le réseau simulé de l'entreprise.

En fin les résultats montrent l'efficacité de transférer le control de vitesse de turbogénérateur vers le DCS.

Mots-clés— Système DCS ; système SCADA ; contrôle et sécurité ; Système de contrôle industriel (ICS) ; turbogénérateur ; I/A series de FOXBORO.

I. Introduction:

La production d'énergie électrique au sein du complexe GL1/Z (le plus grand complexe de liquéfaction connue sur la côte méditerranéenne) était autonome avant la rénovation. Cette énergie nécessaire pour les besoins du complexe est produite par trois turbogénérateurs de 18 MW chacun. Après la rénovation et l'ajout de certains équipements important tels que les chaudières 400 T/H, les compresseurs d'air, et les unités d'électro-chloration, il a été nécessaire d'ajouter une source supplémentaire externe qui est la SONELGAZ, pour faire face à la demande énergétique de ces nouvelles charges et ajouter une flexibilité dans la disponibilité de l'énergie électrique. [1]

L'organisation de ce document est comme suite : dans la

section2 nous présentons une description de système SCADA et système DCS ; la section3 va être consacrée à la description de turbogénérateur contrôle et sécurité ; la présentation du Software du système DCS I/A series est donnée dans la section4 et finalement la section5 présente la solution proposée et la conclusion.

II. Systèmes SCADA et DCS:

Les installations du secteur industriel et manufacturier, et les infrastructures critiques (électricité, pétrole, gaz, eau, déchets, etc.), s'appuient fortement sur des équipements électriques, mécaniques et hydrauliques. Ces équipements sont contrôlés et supervisés par des systèmes informatiques dédiés tels que contrôleurs et capteurs. Ces systèmes sont raccordés à des systèmes de gestion, et forment ensemble des réseaux utilisant les solutions SCADA (système de supervision et d'acquisition de données) et ICS (système de contrôle industriel). SCADA et ICS permettent la collecte et l'analyse efficaces des données, et le contrôle automatique des équipements tels que pompes, vannes et relais. [2]

DCS est intégré dans une architecture de contrôle contenant un niveau de supervision du contrôle de surveillance multiple, sous-systèmes qui sont chargés de contrôler les détails d'un processus localisé. Produits et le contrôle de processus sont généralement atteints en déployant feed-back ou avancement des boucles de contrôle de sorte que produit clé et / ou les conditions de procédé sont automatiquement maintenues autour d'un point de consigne. Pour réaliser le produit souhaité et / ou la tolérance des processus autour d'un point fixe spécifié, des automates programmables spécifiques (PLC) sont utilisés dans le domaine, proportionnelle, intégrale, et / ou les paramètres différentiels sur l'automate sont accordés pour fournir la tolérance souhaitée ainsi que le taux d'autocorrection

pendant les perturbations du procédé. DCS sont largement utilisés dans les industries axées sur les processus. [3]

Le système contrôle logique programmable (PLC) est toujours utilisé pour contrôler les petites industries comme les stations de traitement des eaux; des centrales électriques et des systèmes d'irrigation. Les raffineries de pétrole et de gaz reposent généralement sur un système de contrôle distribué (DCS) pour fournir toutes les fonctionnalités processus et équipements de contrôle. [4]

II.3.DCS Dans Le Complexe GNL1/Z :

L'architecture du réseau DCS est liée à la disposition géographique des installations dans le complexe. Les installations du complexe GL1/Z se répartissent géographiquement en plusieurs zones qui sont:

- Trois (03) zones procédé (Trains: 100/200, 300/400 et 500/600)
- Zone des utilités
- Zone des chaudières MHI/IHI (400T/h)
- Zone terminal (stockage et chargement GNL)

Pour chaque zone on a une salle de contrôle dans laquelle se situent les équipements de contrôle et de surveillance de ces installations.

3.1 Architecture Du Réseau DCS Du Complexe :

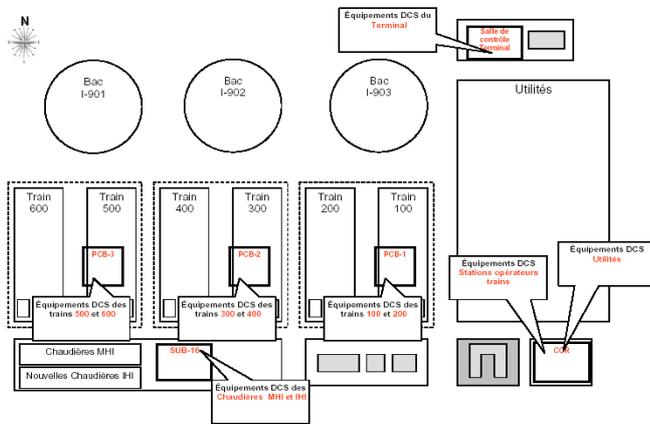


Figure 1 : Architecture du Réseau DCS du GNL1Z.

L'architecture du système DCS du complexe est basée sur une structure nodale (ensemble de nœuds), chaque nœud représente une zone.

- Nœud 1 : train 100-200
- Nœud 2 : train 300-400
- Nœud 3 : train 500-600
- Nœud 4 : terminal
- Nœud 6 : utilités
- Nœud 7 : chaudière MHI/IHI
- Nœud 8 : salle de contrôle principale (CCR).

Le réseau de communication contient trois niveaux qui sont Fieldbus, Nodebus et LAN.

La communication entre les différents nœuds est réalisée à l'aide des interfaces réseau. [5]

III. Description, Contrôle Et Sécurité Du TG :

Les trois turbogénérateurs (TG1, TG2 et TG3) sont entraînés par des turbines à vapeur et implantés dans la zone des utilités, la vapeur fournie étant produite par trois chaudières à haute pression.

Le turbogénérateur (TG) est composé de deux éléments (Figure2) Turbine et Génératrice (alternateur).

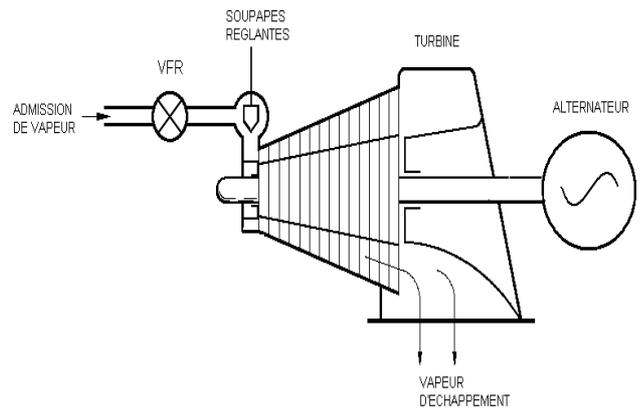


Figure2: Eléments du turbogénérateur.

La turbine est actionnée par la vapeur produite par les chaudières (62 bar). Elle transforme la pression de la vapeur en énergie cinétique de rotation. Auparavant, les tuyères fixes transforment l'énergie thermique de la vapeur (sous forme de pression) en énergie cinétique des jets de vapeur à grande vitesse. Les tuyères fixes sont formées des ailettes fixes de la turbine. La vapeur est projetée à haute vitesse sur les ailettes mobiles et les force à tourner.

Après la première série d'ailettes fixes et mobiles, la vapeur passe par les étages successifs et le processus de conversion d'énergie se poursuit. Un étage est composé d'un jeu de tuyères formées d'ailettes fixes et d'ailettes mobiles. Une turbine compte normalement plusieurs étages qui permettent d'opérer la transformation d'énergie thermique utile de la vapeur en énergie mécanique.

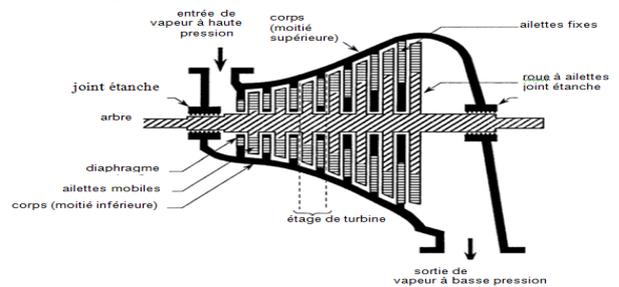


Figure3: Coupe d'une turbine.

III.1. Fonctionnement En Réseau Des TG's :

Les trois TG'S peuvent fonctionner en îlotage ou en parallèle. Pour contrôler le système énergétique du complexe,

un panneau de supervision du système d'énergie électrique PSSP (Power System Supervisory Panel) est utilisé (Figure4).

Le PSSP est un pupitre contenant deux automates programmables (API) Allen Bradley avec des entrées et sorties, des interrupteurs de contrôle doublés et des équipements de vérification et de synchronisation. Les opérations sur le PSSP sont réalisées par deux ordinateurs utilisant une interface graphique à travers un logiciel «Interface Homme/Machine » (IHM).

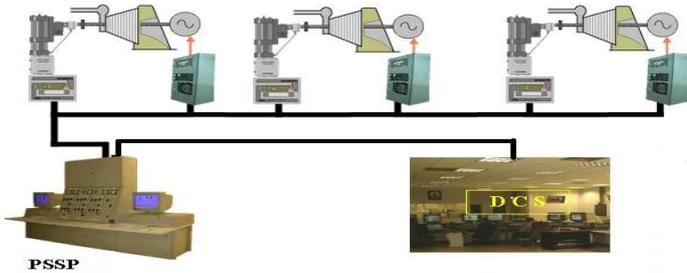


Figure4 : Fonctionnement en réseau des TG's.

Le PSSP peut synchroniser automatiquement ou manuellement les sources d'énergie électrique du complexe, la synchronisation automatique est entamée si le sélecteur "Man-Auto" soit en position "Auto". [6]

III.1.1 Mise En charge De TG :

La mise en charge d'un TG est réalisée par trois (03) étape afin de maintenir la tension et la fréquence à l'intérieur des plages acceptables :

III.1.2. Démarrage :

Le démarrage des turbines du complexe est manuel en programmant le WW505 en démarrage manuel avec le mode « Idle/Rated », la procédure est la suivante :

Acquitter toutes les alarmes et les déclenchements par une commande Reset, lancer le démarrage par la commande RUN (s'assurer tout d'abord de la fermeture de la vanne à fermeture rapide VFR), la consigne de vitesse augmente de zéro jusqu'à la vitesse maximale de contrôle sur une rampe définie « rate to min ». En ce moment le WW505 ouvre les soupapes réglantes à leur maximum sur une rampe définie « valve limiter rate » ouverture manuelle progressive de la VFR. Une fois la vitesse minimale de contrôle est atteinte, le PID de vitesse de WW505 prend le contrôle en agissant sur la position des soupapes d'admission, en ce moment l'ouverture de la VFR est à 100%.

La vitesse reste à la vitesse minimale de contrôle jusqu'à ce que l'opérateur agisse pour valider la commande « Idle/Rated » qui permet de augmenter la vitesse jusqu'à la valeur nominale en évitant les vitesses critiques.

La Figure5 ci-dessous montre les différentes étapes de contrôle de vitesse lors du démarrage de la turbine. [7]

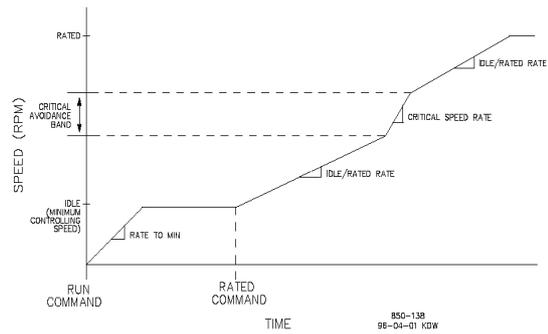


Figure5 : Démarrage avec mode « Idle/Rated ».

III.3. Systèmes Du Contrôle De Fonctionnement Des TG'S :

Les génératrices du complexe sont destinées à produire sur le réseau, une tension triphasée de 50 Hz et de 5500 V indépendante des variations de charge, donc le fonctionnement du TG doit être contrôlé, deux chaînes de régulation sont nécessaires régulation de tension et régulation de vitesse. [8]

III.3.1 Régulation de tension :

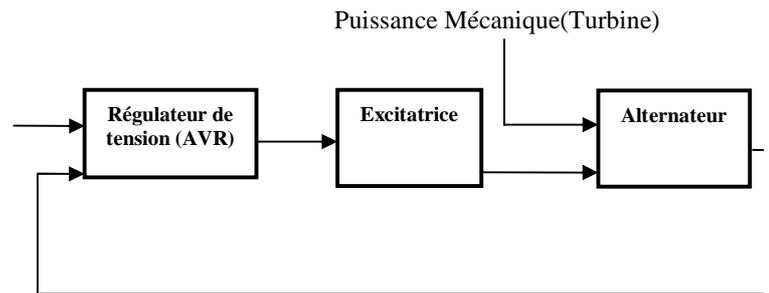


Figure6 : Schéma synoptique d'un ensemble AVR Turboalternateur

L'AVR (Automatic voltage Regulator) agit sur le courant d'excitation de l'alternateur par l'intermédiaire de l'excitatrice pour réguler la tension de sortie de génératrice (Figure6).

3.2. Régulation de vitesse :

Le système de régulation de vitesse (Figure7) a pour rôle de :

- Détecter la vitesse de rotation.
- Corriger la puissance de la turbine par action sur le débit de la vapeur pour régler la vitesse de rotation.

Il est composé de:

- Deux capteurs magnétiques pour la mesure de vitesse.
- Régulateur numérique Woodward 505 (WW505).
- Organe de commande qui est représenté par l'ensemble des éléments suivants :
 - DRFD (Digital Remote Final Driver).
 - Actionneur électrohydraulique EHPC (Electro Hydraulic Power Cylinder).
 - Les soupapes réglantes.

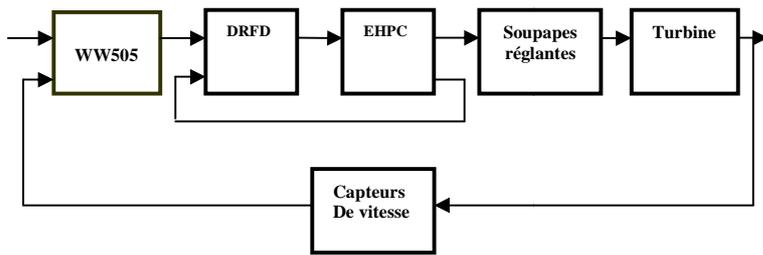


Figure7: Schéma bloc du système de régulation de vitesse.

III.4. Régulateur Numérique Woodward 505 :

Le WW505 est un régulateur de vitesse à base de micro processeur, conçu pour régler la vitesse des turbines à vapeur dotées d'un ou deux actionneurs (à deux étages) commandant les soupapes d'admission de vapeur.

Le WW505 est un régulateur qui est configurable sur site, Le panneau avant de contrôle comporte un tableau complet de commande de l'opérateur, doté d'un visuel à deux lignes (chacune à 24 caractères) et d'un bloc de 30 touches. Ce tableau de commande de l'opérateur fournit une flexibilité considérable pour adapter le régulateur aux besoins spécifiques de commande il permet de configurer le WW505, de modifier le programme et de faire fonctionner la turbine, il sert également d'indicateur de première mise à l'arrêt du système.[9]

Le WW505 peut communiquer avec les systèmes DCS via deux ports de communication ModBus. Ces ports permettent une communication RS232, RS422, RS485. La communication entre le WW505 et le DCS peut être faite aussi par câblage.[8]

IV. Software Du Système DCS I/A series :

Le progiciel est basé sur le système d'exploitation UNIX .Il comprend les logiciels suivants :

IV.1. FOXDRAW :

FoxDraw permet de créer et configurer des graphiques, les graphiques représentent pratiquement une usine, une zone ou une partie d'une zone de procédé. Les graphiques peuvent contenir des objets liés aux paramètres du procédé et des objets qui permettent à l'opérateur de modifier les paramètres de procédé sous contrôle.

IV.2. FOXVIEW :

FoxView est l'interface I/A Séries entre l'utilisateur et le procédé sous contrôle.

A partir de FoxView il est possible d'avoir l'accès en temps réel aux installations de production et aux paramètres disponibles dans le système I/A Séries.

IV.3. Le configurateur intégré du contrôle (ICC) :

Le configurateur intégré de contrôle (ICC) permet de développer des applications de contrôle des procédés et l'application des procédures de configuration de la base de

données du contrôle y compris les modules FBM, les composés (compounds), les blocs (blocs) et leur paramètre.

IV.4. Historian :

L'historien collecte, stocke, traite, et archive des données du procédé à partir du système de contrôle dans le but de fournir les tendances, les courbes de statistique, les relevés, les rapports et les programmes d'application. [10]

V. Mise En Œuvre De La Solution Adoptée :

Notre étude, consiste à transférer la régulation de la vitesse de rotation de turbogénérateur (TG) du WW505 vers le Système de Contrôle Distribué (DCS).

V.1. Logique Actuelle :

Le turbogénérateur est contrôlé par plusieurs systèmes tels que le PSSP, Emergency Shat Down ESD, AVR, SWITCHBOARD et Le régulateur WW505:

Le WW505 contrôle la vitesse de rotation des TG's qui doit être 3000 tr/min pour générer une fréquence de 50 Hz, il reçoit la mesure des deux sondes de vitesse et calcule l'écart avec la consigne puis commande l'actionneur EHPC à travers l'interface DRFD, en même temps, la tension produite (5500v) est assurée par le régulateur de tension AVR qui compare le signal de sortie au borne du générateur avec le signal de consigne et détecte l'écart, suivant cet écart la tension au niveau de l'excitatrice varie pour maintenir la tension au borne du générateur stable. La protection de partie électrique des TG's est garantie par le SWITCH BOARD, ce dernier est un ensemble de relais qui comporte (relai différentiel, retour de puissance, perte de flux, haut température, sur charge, relai de fréquence...). La mise en charge des TG's est contrôlée par le système PSSP qui surveille en temps réel les générateurs du complexe et leurs interconnexions, ainsi que le délestage de la majorité des charges électriques, il contrôle aussi la limitation de charge sur chaque turbogénérateur. (Voire figure 8)

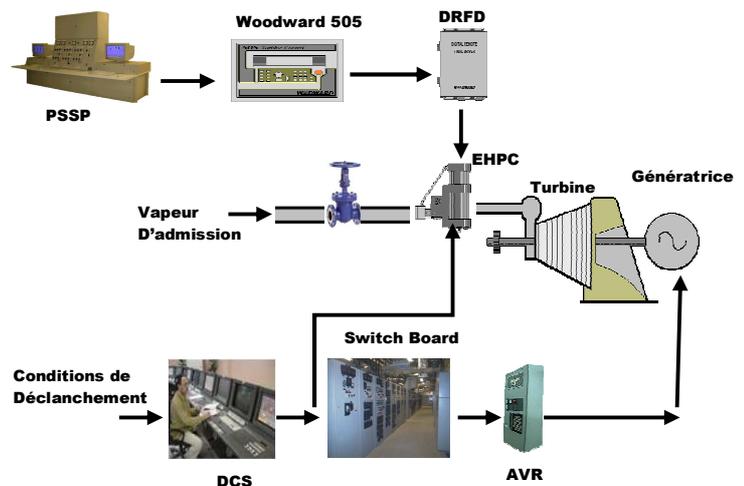


Figure8: Logique actuelle de contrôle des TG's

V.2. Logique Proposée:

Pour garantir une bonne commande de la boucle de régulation de la vitesse et le programme de déclenchement, nous avons proposé d’implanter ces derniers sur le système DCS qui présente des avantages meilleurs par rapport au ww505 qui sont :

- Ouvert, décentralisé.
- Entièrement configurable sur PC qui réduit le temps de maintenance.
- Fault tolerant (en cas ou une station tombe en panne une autre prend le contrôle sans aucune perturbation).
- Flexible et fiable.(Adaptable aux différentes conditions d’environnement)
- Permet la télémaintenance (FOXWATCH).
- Hardware transportable. (PC)
- Extensible.
- Software réparti (distribution des fonctionnalités des logiciels et la puissance des calculs).
- Outils de contrôle intégrés apportant une solution à tous les problèmes.
- Offrant une sécurité accrue aux données par des mots de passe.

La boucle de régulation proposée est la suivante :

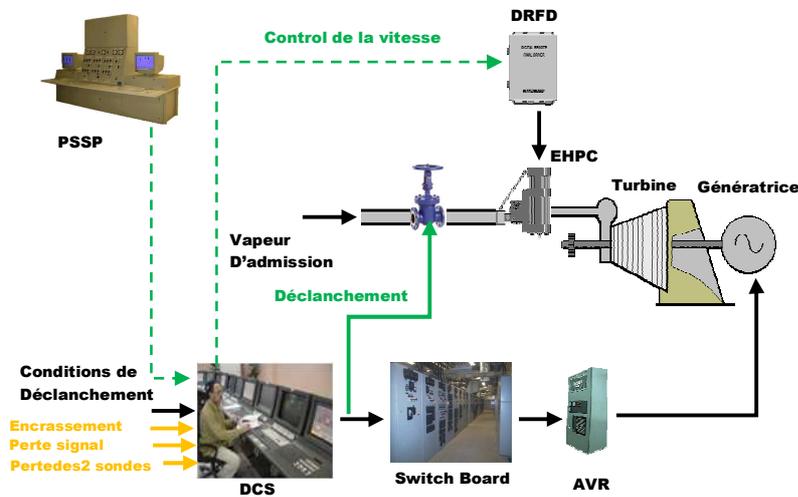


Figure9: Logique proposée pour contrôle de la vitesse des TG's

V.3. Développement du programme du TG sur le système DCS :

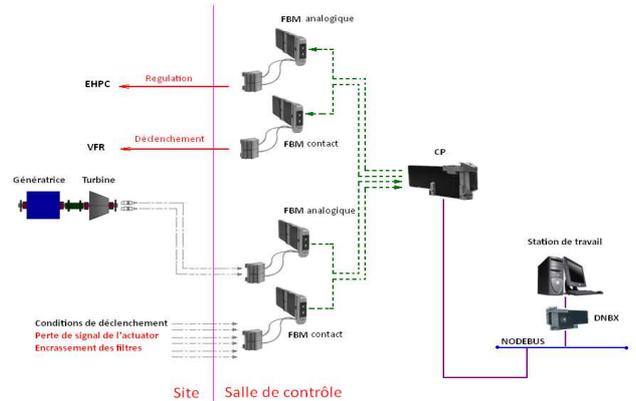


Figure10 : Schéma du programme proposé

Nous avons proposé la configuration du contrôle et le programme de déclenchement sur DCS, l’élément principal dans le réseau DCS est le CP (Control Processor) qui fait le calcul, la correction, et la régulation.

Dans notre schéma le CP reçoit des données depuis le site après qu’elles soient conditionnées (filtrage et numérisation) par les FBM (Field Bus Modules).

Notre système possède deux entrées analogiques qui servent à la génération de la mesure des signaux de vitesse.

Les deux entrées représentent la vitesse de rotation de la turbine, et sont générés par des sondes de vitesse (en fréquence). Après être convertis en signaux analogiques 4-20mA ces entrées passent par des blocs spéciaux appelés AIN qui servent à l’acquisition et à la mise en échelle de ces entrées.

Après la sélection du plus haut signal entre les deux signaux de vitesse, par un bloc appelé SIGSEL, le résultat va être acheminé vers un autre bloc qui génère une commande appropriée, ce bloc est appelé PID. Avant d’attaquer l’actionneur AOUT, les actions de commande passent par un module appelé FBM pour convertir le signal Numérique en signal Analogique.

V.3.1. Mise en œuvre des blocs au niveau du CP :

➤ Trois blocs de type RAMP :

RAMP : Le bloc RAMP permet de produire un signal analogique de sortie (OUT) évoluant en rampe avec une direction et une pente contrôlables.

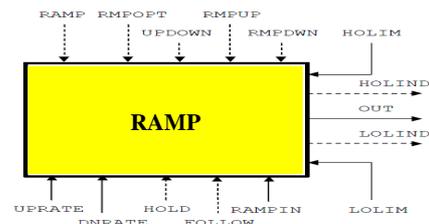


Figure 11: Diagramme simplifié du bloc RAMP

➤ **Quatre blocs de type AIN :**

AIN : Le bloc AIN effectue la lecture de la valeur brute (0 à 65535 points) d'une voie d'entrée d'un module FBM type analogique puis réalise des fonctions de conditionnement (caractérisation, mise à l'échelle, limitation), de filtrage et d'alarme.

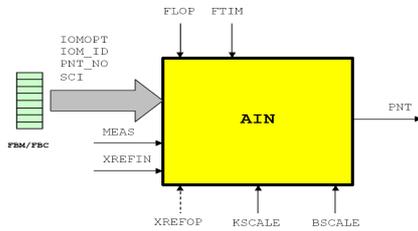


Figure 12: Diagramme simplifié du bloc AIN

➤ **Un bloc de type SIGSEL :**

SIGSEL : (Signal selector) pour la sélection du max entre les deux vitesses.

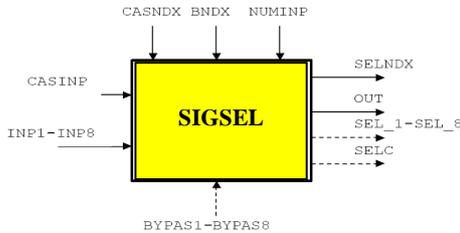


Figure 13: Diagramme simplifié du bloc SIGSEL

➤ **Quatre blocs de type CALC :**

CALC : c'est une calculatrice programmable qui servira à déterminer l'état de déclenchement du TG.

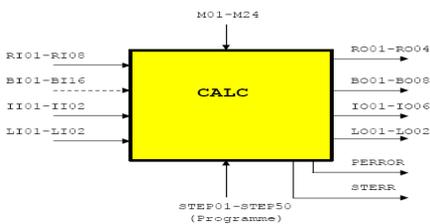


Figure 14: Diagramme simplifié du bloc CALC

➤ **Huit blocs de type CIN :**

CIN : Bloc d'acquisition d'un signal tout-ou-rien d'un module FBM (les type de déclenchement : Volontaire, Mécanique, Electrique, CO2, Vibration, FBK, ACK).

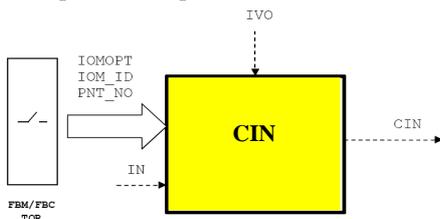


Figure 15: Diagramme simplifié du bloc CIN

➤ **Un bloc SIC de type PID :**

PID: ce bloc nous permet de calculer et réguler la commande de la régulation.

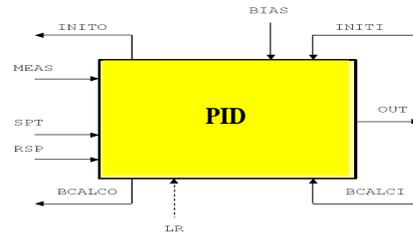


Figure 16: Diagramme simplifié du bloc PID

➤ **Un bloc de type AOUT :**

AOUT : pour commander l'actionneur EHPC de régulation.

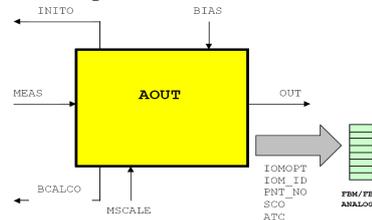


Figure 17: Diagramme simplifié du bloc AOUT

V.4. CONCLUSION:

Notre étude porte sur l'implémentation des turbogénérateurs de la zone utilité du complexe GL1Z sur le système DCS I/A Séries de FOXBORO. Ce dernier offre une meilleure flexibilité en matière de supervision et de contrôle du procédé en temps réel où toutes les actions à exécuter ainsi que toutes les informations pertinentes relatives au turbogénérateur se feront à partir d'un schéma synoptique. Ceci va d'ailleurs dans le sens de l'uniformisation de la supervision et le contrôle des équipements du procédé à partir de la salle de contrôle principale, qui demeure la mission principale des politiques du complexe GL1Z.

Cependant, la solution DCS est la plus avantageuse car elle permet l'accès permanent à tous les états de la logique. Ce qui offre la possibilité d'améliorer et de faciliter la supervision des turbogénérateurs et le diagnostic des pannes par rapport à la situation actuelle.

En effet, les données et les états de la logique peuvent être exploités pour générer des alarmes associées et pour animer des graphiques détaillés des TGs. Nous avons aussi procédé à la simulation du fonctionnement des turbogénérateurs à l'aide d'un graphique développé en utilisant le FOXDROW. Les résultats de cette simulation confirment quelle implémentation sera opérationnelle et réalisable.

REFERENCES:

- [1] H. Chakib, "Transfert de contrôle des sécheurs d'airs vers le system DCS « I/A SERIES » de FOXBORO," Elect. Eng. Res. Lab., IAP. Boumerdess, Tech. Memo, Decem, 2006.
- [2] Protection multicouche pour les systèmes de contrôle industriel et les réseaux SCADA, Livre blanc Check Point Software Technologies Ltd, 2013, pp01-20
- [3] Stouffer, K., et al. "Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security". In: The National Institute of Standards and Technology, NIST (2006)
- [4] Iman Morsi, Loay Mohy El-Din "SCADA system for oil refinery control" Original Research Article, Measurement, Volume 47, January 2014, pp05-13
- [5] Les réseaux et les protocoles de communication utilisés dans le système DCS du GL1/Z, 2010, pp29-37
- [6] Manuelle opératoire du complexe volume 1. 2003, pp29-49
- [7] S.Sofiane "Utilité des turboalternateurs dans le complexe GL1/Z", Elect. Eng. Res. Lab., IAP. Boumerdess, Tech. Memo, 2008.
- [8] BENZAID Ghalem Sofiane " transfert du système de régulation de vitesse de la turbo pompe d'alimentation (TPA) du système woodward 505 vers le système DCS", Elect. Eng. Res. Lab., IAP. Boumerdess, Tech. Memo, 2010/2011.
- [9] S. Abdelkarim, B.B. Malika, "Amélioration de la protection des turbogénérateurs", Elect. Eng. Res. Lab., IAP. Boumerdess, Tech. Memo, 2008.
- [10] I/A Series A2 System Integrated Control Software Concepts, Document B0193AW Rev. R, I/A Series Electronic Documentation V6.5.2 and V7.1.1, K0173TQ-N, March 28, 2003.