

Sans énergie électrique, pas d'industrie! Beaucoup de clients industriels gros consommateurs d'énergie d'ABB s'appuient sur des réseaux électriques fiables et stables pour alimenter les moteurs d'entraînement des compresseurs, pompes, ventilateurs et autres machines. Certains opèrent dans des régions où le réseau de distribution public est peu fiable, voire inexistant, les obligeant à produire eux-mêmes leur électricité. L'arrêt intempestif, par exemple, d'une raffinerie ou d'une usine de gaz naturel liquéfié (GNL) à la suite d'une panne de courant peut entraîner la perte de plusieurs jours de production, avec des préjudices financiers supérieurs à 10 millions de dollars.

Dépendance vis-à-vis de l'électricité, volatilité des coûts de l'énergie, sensibilité croissante aux problèmes d'environnement et renforcement de la réglementation antipollution: la performance énergétique devient un élément central de la gestion des entreprises.

Le système Industrial^{IT} *Power Management System* (PMS) d'ABB rassemble des solutions inédites visant à fiabiliser et stabiliser le système électrique des sites industriels énergivores. En équilibrant puissance appelée et puissance disponible, il protège les réseaux industriels des perturbations, voire des pannes de courant. De surcroît, il permet à un industriel de réduire sa facture énergétique, tout en renforçant la sécurité et en diminuant l'impact de ses activités sur l'environnement et la santé.

Energie vitale

La gestion énergétique ABB au service de la performance opérationnelle
Otto van der Wal, Trond Haugen, Per Erik Holsten



Une coupure de courant trouve presque toujours son origine dans la défaillance d'une partie du réseau électrique qui oblige les autres parties à absorber sa charge. Surchargées, celles-ci déclenchent avec un effet boule de neige qui plonge une région entière dans le noir avec des conséquences désastreuses, pouvant mettre en danger la vie humaine et entraîner des pertes de production et des dégâts matériels.

Pour l'industriel, les arrêts et baisses de production sont source de contre-performances sur le plan financier, environnemental et social. La continuité de service et la qualité du produit électrique affectent à la fois la productivité et la sécurité; prévenir les pannes et les perturbations est donc une priorité pour un site industriel. Les équipements doivent être surveillés en continu pour garantir l'optimisation et la stabilité des performances dans le temps. La très grande dynamique du «process» électrique impose des temps de réponse très courts – de l'ordre de la milliseconde – pour empêcher le déclenchement des relais de protection avec un effet domino sur les équipements surchargés.

La piètre performance énergétique n'est pas seulement synonyme de surconsommations et de surcoûts; un haut niveau d'émissions polluantes peut encore alourdir la facture. L'industrie a tout à gagner de solutions qui contribuent à réduire à la fois les coûts d'exploitation et l'impact environnemental de ses activités.

Avec son système Industrial^{IT} Power Management System (PMS), ABB répond à ce besoin de stabilité en renforçant notamment la tenue du système électrique aux perturbations importantes d'origine interne ou externe. Outre les traditionnelles fonctionnalités de supervision/téléconduite (SCADA), il regroupe une panoplie complète de fonctionnalités de gestion énergétique, y compris des fonctions de régulation de puissance et de délestage, que nous décrivons dans cet article.

Une plate-forme commune multifonction

PMS est basé sur le système d'automatisation étendue Industrial^{IT} 800xA [1, 2], plate-forme commune de surveillance, contrôle-commande et protection de l'intégralité d'un site industriel avec poste opérateur à écran

Détermination de réseau

La fonction *Détermination de réseau* est une fonction connexe importante des fonctions *Régulation de puissance*, *Délestage* et *Synchronisation*.

En vérifiant la position (ouvert/fermé) de disjoncteurs critiques du réseau électrique et en utilisant sa «connaissance» de la topologie de ce réseau, cette fonction détermine les incidents sur le réseau.

Pour cela, le système PMS utilise des calculs matriciels pointus et des logiques complexes qui déterminent les incidents en quelques millisecondes après modification de la position d'un disjoncteur. Pour donner une idée de la complexité et de la taille de la logique nécessaire, le réseau d'une usine avec un point de raccordement au réseau public et huit générateurs est caractérisé par $2^{(1+8)} - 1$ incidents possibles.

La matrice du réseau usine est une matrice carrée avec le même nombre de colonnes et de lignes, chacune représentant un jeu de barres (principal) du réseau. Les cellules de la matrice représentent les positions des disjoncteurs qui sont les connexions entre les jeux de barres (principaux).

La fonction *Détermination de réseau* calcule les incidents du réseau électrique à partir de cette matrice, créant une matrice «réduite» dont le nombre de lignes correspond au nombre de sous-réseaux (ou îlots) du réseau de l'usine. Cette matrice réduite est utilisée par les modules suivants: *Régulation de puissance* pour calculer la puissance importée et produite, et équilibrer les charges dans les sous-réseaux; *Délestage* pour calculer les déséquilibres entre puissance débitée et puissance appelée; *Synchronisation* pour vérifier les sources disponibles (interne et externes) pour la synchronisation.

unique alliant flexibilité, convivialité et efficacité. Complété de fonctions avancées de filtrage intelligent d'alarmes, d'analyse de cohérence et d'aide opérateur, il contribue à réduire les interventions humaines et, plus important encore, les erreurs.

L'entraînement systématique des opérateurs sur des outils qui simulent la réalité est un préalable indispensable à l'excellence opérationnelle. Le simulateur d'entraînement Industrial^{IT} s'intègre à une multitude de simulateurs d'installations industrielles et électriques. Tournant sur la plate-forme Industrial^{IT}, le système PMS peut facilement être intégré au simulateur d'entraînement pour tester des stratégies de contrôle-commande – comme les priorités de délestage – et différents scénarios ■.

Principales fonctionnalités du système PMS

PMS intègre des fonctions de contrôle-commande, régulation, supervision et gestion de production, de distribution et d'alimentation en électricité des

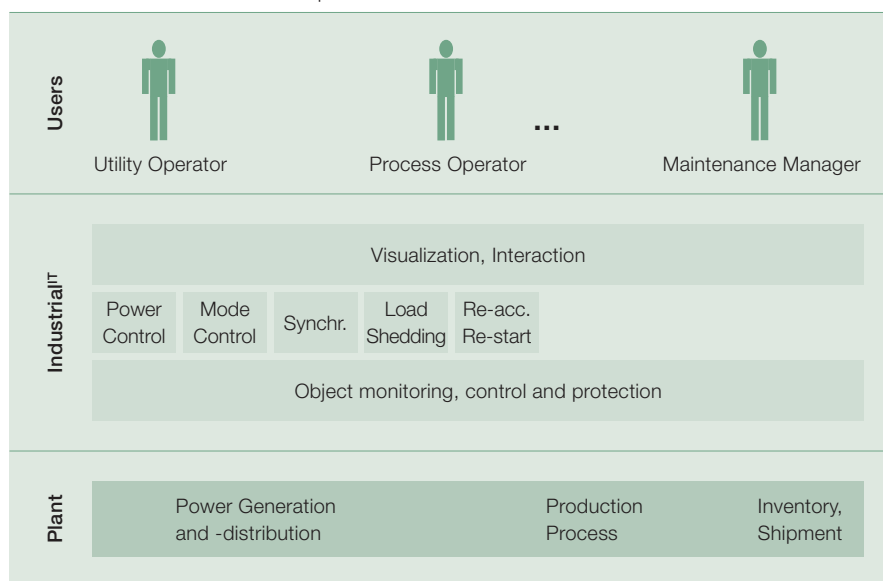
sites industriels. Ces fonctionnalités sont offertes partiellement par des modules couramment utilisés dans l'industrie sous différentes dénominations¹⁾.

En plus des fonctions SCADA traditionnelles, le système assure les fonctions suivantes:

■ Fonctions électriques :

- *Commande des générateurs* avec intégration du générateur et du contrôleur d'excitation;
- *Commande des disjoncteurs* avec intégration des relais de protection, suivi d'événements, synchronisation temporelle (résolution de 1 ms). La synchronisation entre deux îlots électriques doit être réalisée et vérifiée par le système PMS avant fermeture d'un disjoncteur. Les générateurs utilisés pour la synchronisation peuvent être sélectionnés manuellement ou automatiquement, mission dévolue à la fonction *Synchronisation*.
- *Commande des transformateurs et des changeurs de prises*: la

1 Éléments clés de l'excellence opérationnelle



fonction Mode de commande active la commande des changeurs de prises, régulateurs et systèmes d'excitation en fonction de l'état du réseau électrique ².

- **Commande des moteurs** avec intégration des départs-moteurs, synchronisation temporelle, réaccélération/redémarrage séquentiel automatique après délestage ou chute de tension.
- **Détermination de réseau** : cette fonction et celle de Mode de commande sont des fonctions connexes importantes des modules *Régulation de puissance*, *Délestage* et *Synchronisation*. (cf. encadré)
- **Régulation de puissance** : avec fonction de commande de liaisons, d'écèlement des pointes de consommation et de répartition de charge.

- **Délestage** rapide, lent ou sur baisse de fréquence.

Les modules Régulation de puissance et Délestage sont décrits en détail ci-après.

Régulation de puissance

Cette fonction maintient la stabilité du réseau en répartissant les puissances actives et réactives entre les différents générateurs et liaisons pour que les points de fonctionnement des groupes générateurs soient aussi éloignés que possible des limites des courbes de qualité de fourniture pour permettre au site de supporter des perturbations plus importantes ³.

Dans les paragraphes suivants, nous décrivons les différentes fonctions du module Régulation de puissance.

Commande de liaisons

Cette fonction optimise l'échange de puissance avec le réseau du distributeur en réglant un point de consigne basé sur les seuils contractuels (ex., valeur crête sur 15 minutes maxi utilisée en Europe).

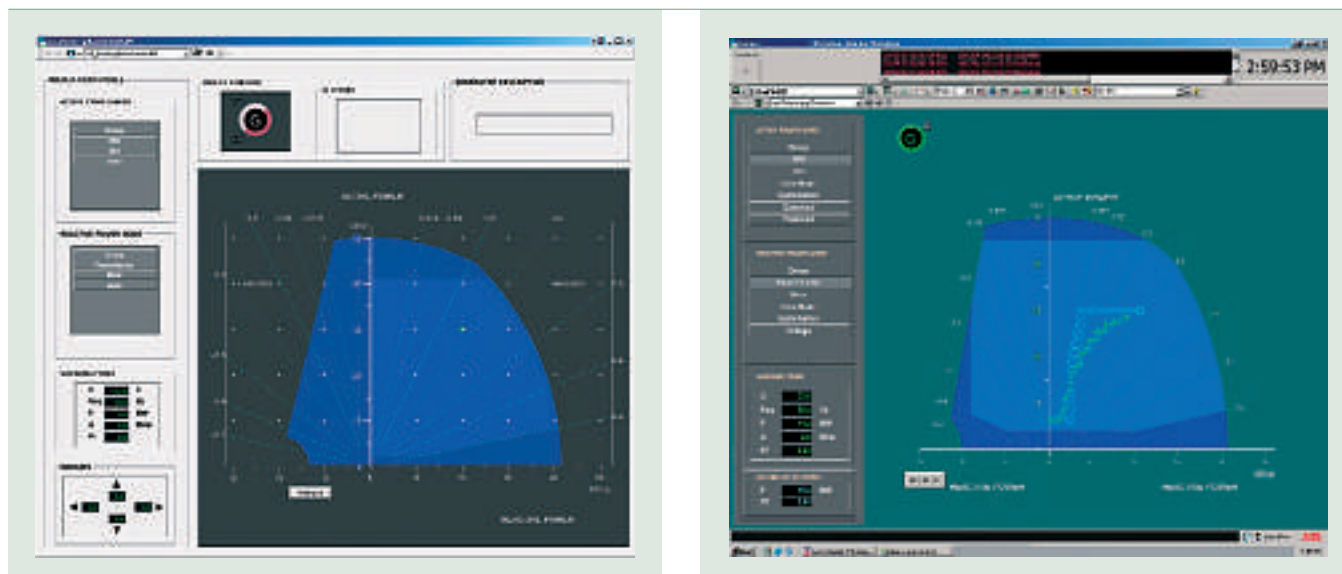
Mode de fonctionnement : PMS mesure la puissance importée (ou exportée) ou la puissance qui transite entre les différents points en comptant les impulsions des compteurs. Ces mesures servent à calculer une prévision de la demande d'énergie sur un horizon glissant de 15 minutes. Lorsque la demande d'énergie tend à dépasser les seuils contractuels d'importation ou un point de consigne spécifié par un opérateur, le système PMS essaie d'abord d'augmenter la production du site pour éviter de franchir les seuils contractuels. Si cela est impossible, la fonction Commande de liaisons s'interface avec la fonction Délestage (cf. Ecrêtement des pointes ci-dessous) pour délester un nombre suffisant de charges non prioritaires.

Régulation de puissance active

Cette fonction assure le réglage de la fréquence et la répartition des puissances actives en un point d'échange avec le réseau du distributeur. Elle surveille la configuration effective du réseau et envoie un point de consigne de puissance active aux générateurs participants pour maintenir :

- la fréquence du jeu de barres à une valeur prédéfinie si ce réseau particulier est îloté ou

2 Courbes de capacité de production d'un générateur avec sélection du point et du mode de fonctionnement



- la répartition de puissance active entre une ligne donnée raccordée au réseau.

La fonction Régulation de puissance active décide s'il faut régler la fréquence ou répartir la puissance selon la configuration effective du réseau. Cela signifie qu'aucune intervention de l'opérateur n'est requise à la suite d'une modification de configuration du réseau.

Les points de consigne de puissance active sont transmis aux générateurs participants, à savoir les générateurs fonctionnant avec régulateur en mode automatique.

Ecart de puissance

En mode Réglage fréquence/tension, le point de fonctionnement, mesuré sur le jeu de barres, est soustrait du point de consigne. En mode Régulation de puissance active, la différence en [Hz] est convertie en unité de puissance active [MW].

En mode Répartition de puissance, le point de fonctionnement de puissance au point d'échange est soustrait du point de consigne de puissance.

Régulation PI

L'entrée du régulateur PI est l'écart de puissance, sa sortie augmentant/diminuant tant qu'existe un écart en entrée du régulateur PI.

Facteur de participation

L'opérateur peut affecter un facteur de participation à chaque générateur qui

détermine son niveau de participation à la régulation de puissance. Pour décider du facteur de participation adéquat, l'opérateur peut utiliser des facteurs calculés sur la base des marges de régulation disponibles. Des facteurs de participation sont disponibles pour la régulation des puissances actives et réactives.

Point de consigne de puissance par générateur

La régulation de puissance peut s'appliquer à la régulation de puissance active, au réglage de fréquence ou à la répartition de puissance active, de même qu'à la régulation de puissance réactive ou à la répartition de puissance réactive.

Régulation de puissance réactive

Le module Régulation de puissance réactive commande le réglage de tension et la répartition de puissance réactive en un point d'échange avec le réseau de distribution. Il surveille la configuration effective du réseau et transmet un point de consigne de puissance réactive aux générateurs participants et/ou au transformateur pour maintenir :

- la tension du jeu de barres à une valeur prédéfinie ;
- un écoulement de puissance réactive entre un réseau particulier et le réseau externe, ou un autre réseau ;
- le facteur de puissance au point d'échange.

La fonction Régulation de puissance réactive décide s'il faut régler la tension ou répartir la puissance réactive

en fonction de la configuration effective du réseau. Cela signifie qu'aucune intervention de l'opérateur n'est requise après modification de la configuration du réseau.

Les points de consigne de puissance réactive sont transmis aux transformateurs et générateurs participants. Un point de consigne de puissance réactive peut également être spécifié pour maintenir le générateur à un niveau désiré de sa capacité de production sans affecter le réglage de tension et/ou la répartition de puissance réactive.

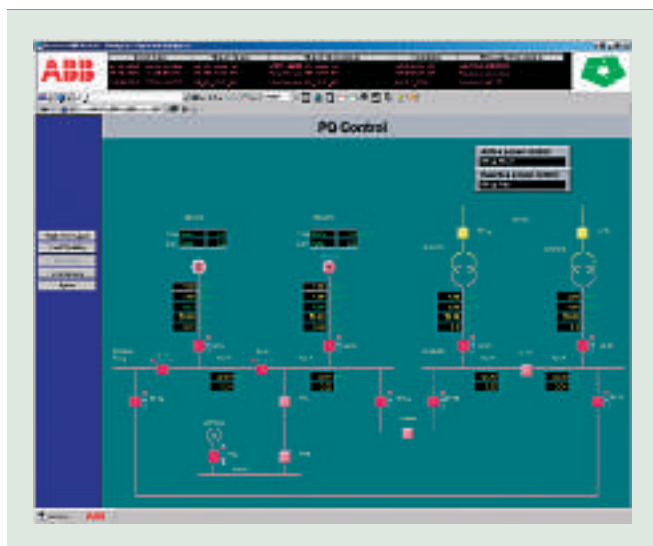
Combinaison régulation de puissance réactive et commande de transformateur

Un transformateur est utilisé pour la commande principale lorsqu'il participe au réglage de tension ou à la répartition de puissance réactive. La commande du transformateur maintient la tension ou l'écoulement de puissance réactive à un point de consigne désiré, alors que l'écart entre la consigne et la mesure est minimisé par les régulateurs des générateurs participants. Les paramètres de régulation comme le gain et le temps d'intégration sont ajustés pour que la commande du transformateur prime.

Délestage

La fonction Délestage du système PMS garantit l'alimentation en électricité de toutes les charges essentielles et critiques (à temps zéro) du site en toutes circonstances. Le délestage se fait en déconnectant les charges non essentiel-

3 Schéma unifilaire montrant le délestage de quatre moteurs après déclenchement d'un générateur.



4 Représentation graphique de l'effet cumulé du délestage de charges affectées aux 20 priorités de délestage.



les en cas de capacité de production insuffisante sur le réseau de l'usine.

On distingue quatre modes de délestage :

- **Délestage rapide** basé sur des calculs d'équilibre de l'énergie électrique. Dès qu'un ou plusieurs îlots sont détectés (par le module logiciel Détermination de réseau), le système calcule si l'énergie disponible dans chaque îlot est suffisante pour alimenter les charges. Si ce n'est pas le cas, toute puissance excédentaire existante est délestée. Le processus de délestage est dicté par des tables de priorité basées sur des conditions opérationnelles du processus.
- **Délestage sur baisse de fréquence** (ou délestage de secours). L'activation d'une commande de délestage peut être basée sur une baisse de fréquence et le franchissement d'un seuil de fréquence. Le délestage sur baisse de fréquence est en général utilisé comme délestage de secours pour le délestage rapide.
- **Délestage lent** appliqué en cas de surcharge. Par exemple, si un transformateur est chargé à 120%, certaines charges sont débranchées pour ramener le transformateur à sa charge nominale, constituant la solution idéale. Le système signale à l'opérateur les charges non critiques qu'il peut débrancher. Cette procédure manuelle doit être réalisée dans un délai spécifié, faute de quoi le système la réalise automatiquement.
- **Ecrêtement des pointes de consommation**: autre type de délestage lent pratiqué si la production interne est à son maximum alors que le franchissement du seuil contractuel semble hautement probable sur l'horizon glissant de 15 minutes; dans ce cas, certaines charges non prioritaires sont délestées. *Le délestage manuel* est principalement utilisé lorsqu'une des conditions précitées pour le délestage lent survient sans qu'un délestage automatique n'ait été autorisé.

Quel niveau de puissance délester ?

Le système ABB est proactif en ce sens qu'il n'attend pas la baisse de fréquence pour amorcer le délestage. Au contraire, sa décision de délester – de même que le niveau de puissance délestée – est fonction de l'équilibre production/consommation dans chaque îlot. Pour délester des charges

dans les 100–250 ms qui suivent une perturbation, de nombreux calculs sont toutefois nécessaires.

Le niveau de puissance à délester est fonction du nombre de priorités utilisées, de la taille (en MW) des groupes délestés et de la disponibilité de mesures.

La fonction de délestage ABB est particulièrement souple car un opérateur peut modifier (en ligne) l'ordre de priorité des différentes charges du site en fonction des conditions d'exploitation et de l'état du réseau électrique [4]. De même, pour déterminer l'ordre de priorité de délestage, le système tient compte des réserves tournantes disponibles en modifiant, au besoin, le mode de fonctionnement d'un générateur.

La coordination entre les fonctions de délestage et de réaccélération est également importante. Cette dernière est désactivée lorsqu'un délestage est nécessaire et immédiatement redémarrée dès que les conditions du délestage ont disparu.

Synthèse

Les avantages du système PMS sont manifestes au cours des phases suivantes :

- **Conception du site**: la stabilité accrue du système permet un dimensionnement au plus juste des installations et donc une réduction des coûts.
- **Mise en route du site**: PMS garantit le non-dépassement des capacités du système électrique en toutes circonstances en bloquant les commandes de démarrage des charges jusqu'à ce que le système soit en mesure de fournir la puissance nécessaire au démarrage d'une charge donnée, contribuant à la mise en service la plus rapide possible et en toute sécurité du site.
- **Exploitation du site**: PMS commandera les générateurs et les changeurs de prises des transformateurs pour garantir la stabilité du réseau usine et assurera la surveillance et la régulation des écoulements de puissances actives et réactives avec le réseau public. La charge totale du site et le nombre des interventions humaines sont réduits.
- **Planification de la maintenance**: des données exhaustives sont collectées et regroupées sur l'état des équipements électriques. Les agents logiciels de suivi d'état *Industrial^{IT} Asset Monitors* d'ABB peuvent

contrôler automatiquement ces données et avertir les responsables lorsque des actions s'imposent.

L'agent logiciel d'optimisation *Industrial^{IT} Asset Optimizer* d'ABB fait le bilan de santé des équipements et fournit les informations de base indispensables à la planification de la maintenance.

Le système PMS peut également s'intégrer dans une solution ABB de grande envergure. Sur certains sites industriels – usine chimique ou pétrochimique, cimenterie et aciérie – le poste énergie représente entre 30 et 50% des coûts de production. Le retour sur investissement d'un système PMS peut être très rapide du fait de l'efficacité accrue de la production, de l'importation et de la consommation d'énergie sous différentes contraintes d'exploitation.

L'investissement se justifie sans difficultés pour les sites existants comme pour les sites nouveaux avec plusieurs exemples d'installations récentes à travers le monde. Le même système est utilisé à la fois pour le «process» électrique et le process industriel, avec, à la clé, une réduction des coûts de formation, de maintenance et des pièces de rechange.

Otto van der Wal

ABB A.S. (Norvège)
otto.wal@nl.abb.com

Trond Haugen

ABB Corporate Research (Norvège)
trond.haugen@no.abb.com

Per Erik Holsten

ABB A.S. (Norvège)
per-erik.holsten@no.abb.com

Fred Lems

ABB b.v. (Pays-Bas)

Bibliographie

- [1] Taft, Mike W., «Système Industrial^{IT} 800xA – L'automatisation étendue d'ABB multiplie la productivité», Revue ABB 1/2004, p. 32–37.
- [2] www.abb.com/automation

Notes

- Electrical Control System (ECS).
- Electrical Integrated Control System (ELICS).
- Integrated Protection and Control System (IPCS).
- Power Distribution Control System (PDCS).
- Load Management System (LMS).
- Electrical Network Monitoring & Control System (ENMCS).