

# Modernisation et rééquipement sur mesure de la centrale à cycle combiné Umm Al Nar East

**La conservation de la valeur des investissements de clients fait partie des prestations de marché stratégiques d'ABB. ABB a donc développé des concepts de reconditionnement à orientation projet. Un exemple convaincant est donné par la modernisation de la centrale à cycle combiné Umm Al Nar East (UANE) à Abu Dhabi, Emirats Arabes Unis. La centrale UANE est équipée de deux turbines à gaz du type GT13D qui produisent ensemble 140 MW d'énergie électrique. La chaudière de récupération en aval fournit de la vapeur pour l'installation de dessalement d'eau de mer. Celle-ci produit environ 80 millions de litres d'eau potable par jour. Après une durée de service de presque 20 ans, la centrale UANE sera modernisée avec très peu de temps d'arrêt, à l'aide du «S.O.R. Key Account Management» (Service, Operation, Rehabilitation). Parmi les premières étapes, on compte le renouvellement du dispositif de démarrage statique et le remplacement des régulateurs mécaniques des turbines par le système de réglage électrohydraulique EGATROL. En outre, le rotor de la turbine à gaz 2 a été rééquipé pour une nouvelle tranche de 100 000 heures de service. Le renouvellement échelonné de la technique de mesure et de contrôle-commande constitue la prochaine phase du concept S.O.R.**

**A**bu Dhabi est le plus grand émirat parmi les Emirats Arabes Unis. La région voisine d'Umm Al Nar comprend différentes installations industrielles, 14 centrales énergétiques d'une puissance totale de 1200 MW et 16 installations de dessalement d'eau de mer d'une capacité quotidienne de 200 millions de litres.

Suite à la commande du *Water and Electricity Department* (W.E.D.) Abu Dhabi, ABB avait construit entre 1976 et 1980 la centrale à cycle combiné de 140 MW Umm Al Nar East (UANE). Elle avait été équipée de deux turbines à gaz GT13 D, de deux chaudières de récupération et de quatre chaudières auxiliaires. Les installations de dessalement d'eau de mer en aval produisent environ 80 millions de litres d'eau potable par jour.

En consortium avec Skoda, Tchéquie, et Voest Alpine, Autriche, ABB a participé plus tard à la construction des deux centrales de 160 MW Umm Al Nar West (7 et 8) et fourni les systèmes de contrôle-commande électriques.

## **Abdul Jalil Al Khoory**

Umm Al Nar Power Stations  
Water and Electricity Department  
(W.E.D.)  
Abu Dhabi

## **Dr Heinz Koob**

ABB Kraftwerke AG

## **Besoin d'énergie et d'eau d'Abu Dhabi**

Le plus grand besoin d'énergie électrique se présente entre juin et septembre. Pendant le reste de l'année, la consommation d'énergie tombe à 30 à 40% de la «peak season».

Par contre, la consommation d'eau est pratiquement constante pendant toute l'année. Les installations de dessalement d'eau de mer ont donc besoin d'une alimentation continue en vapeur. L'exploitation des turbines à gaz est adaptée à ces besoins.

## **Utilisation de toutes les ressources pour l'extension de l'infrastructure**

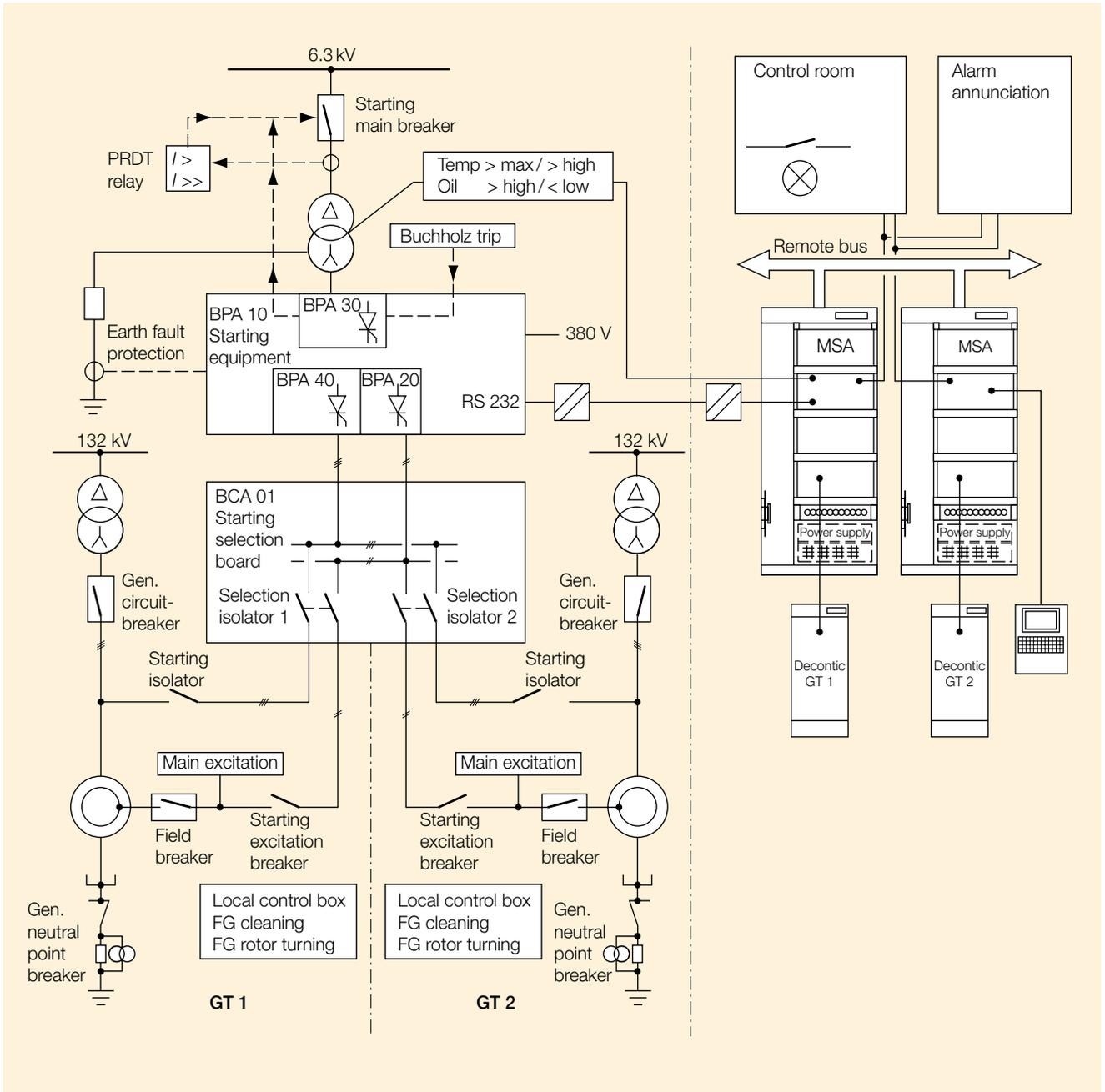
En plus de la réalisation de nouvelles centrales électriques pourvues d'installations de dessalement d'eau de mer, l'infrastructure d'Abu Dhabi en croissance constante requiert l'utilisation optimale des installations existantes.

Actuellement, un bon nombre de centrales sont âgées de 15 à 20 ans et ne correspondent donc plus aux acquis techniques les plus récents. Des dérangements provoquent des arrêts relativement longs et les intervalles d'inspection courts diminuent en plus la disponibilité. En complément, l'approvisionnement en pièces de rechange des systèmes anciens devient de plus en plus difficile. W.E.D. a donc décidé de rééquiper et de moderniser successivement ses centrales.

## **Concepts de modernisation et de rééquipement sur mesure**

Grâce aux travaux de maintenance et de service planifiés à longue échéance par le management de la centrale W.E.D., la centrale Umm Al Nar East se trouve dans un excellent état. Ce sont des prémisses idéales pour moderniser et rééquiper la centrale par étapes, de manière à ce qu'elle puisse être exploitée avec une disponibilité maximale pendant les 15 à 20 prochaines années.

Les mesures de modernisation et de rééquipement ont un caractère de projet. Les prescriptions en vigueur chez W.E.D. impliquent que des consultants doivent être chargés de l'élaboration des appels d'offres



Vue d'ensemble du nouveau dispositif de démarrage statique

1

correspondants. Conjointement avec les travaux d'appels d'offres usuels et d'approvisionnement, ces activités requièrent 2 à 3 années. Ce faisant, l'exigence d'une amélioration rapide de la disponibilité ne pourrait pas être respectée.

En se fondant sur le «S.O.R. Key Account Management» (Service, Operation, Rehabilitation) développé par ABB, on a élaboré en collaboration avec W.E.D. un concept de modernisation et de rééquipement très flexi-

ble et efficace, dans lequel les différents projets de reconditionnement sont répartis en deux groupes. Le premier comprend des paquets de logiciels OEM, y compris les documents de planification et les dossiers de documentation, tandis que le second groupe englobe les travaux de montage et de mise en service. Les matériels informatiques et les dossiers de planification sont traités comme des commandes de pièces de rechange OEM normales, tandis que les

montages et les mises en service constituent des parties intégrantes de contrats de maintenance que W.E.D. octroie à un cycle bisannuel, à la suite d'un appel d'offres officiel.

Il est évident qu'une telle procédure exige l'élaboration de spécifications précises et qui décrivent exactement les livraisons et les prestations. Ces spécifications forment d'une part la base des demandes directes de paquets de logiciels et de planification, et

d'autre part le fondement des appels d'offres pour les contrats de maintenance et les travaux de mise en service.

Les objectifs principaux des mesures de modernisation et de rééquipement S.O.R. s'énumèrent comme suit:

- Optimisation de la disponibilité de l'installation et de ses composants
- Prolongation de la durée de service
- Minimisation des frais de maintenance et d'inspection
- Réduction considérable des temps de montage et de mise en service
- Planification précise des délais et de l'exécution du projet, avec l'objectif que les travaux de modernisation et de rééquipement puissent s'accomplir autant que possible pendant les révisions planifiées, sans impliquer des temps d'arrêt supplémentaires

Ces objectifs ne peuvent être réalisés que par une planification soignée qui tient compte d'emblée d'interfaces éventuelles.

Les conditions usuelles de garanties sont valables pour les paquets de matériels informatiques et de planification, étant entendu que la durée de la garantie commence à courir après le montage et la mise en service. Cela implique pourtant que les installations soient réalisées par du personnel spécialisé des fournisseurs OEM, même si ceux-ci ne sont pas identiques avec l'entrepreneur général responsable de l'ensemble du projet de reconditionnement.

Les projets de modernisation présentés ci-après pour la centrale Umm Al Nar East montrent que les rééquipements peuvent s'accomplir sans arrêts de longue durée.

### **Projet «Dispositif de démarrage statique» à titre d'exemple pour le remplacement de systèmes avec des temps d'arrêt restreints**

Le nouveau dispositif de démarrage statique **1** est fondé sur le système de contrôle-commande éprouvé PROCONTROL P d'ABB. Ses principales fonctions sont les suivantes:

- Démarrage et rotation des arbres
- Possibilités de maintenance de la turbine à gaz, y compris les mesures correspondantes et le traitement des valeurs mesurées

- Conduite de certains groupes fonctionnels, tels que la commande des turbines à gaz et l'exploitation autonome
- Communication avec les postes de conduite thermique et électrique
- Fonctions d'alarme et de verrouillage de protection

L'extension des livraisons et des prestations du projet comprend en particulier un nouveau transformateur, le remplacement de différents transformateurs de mesure et l'adaptation du point neutre des deux alternateurs.

Le dispositif de démarrage statique a été monté en l'espace de 6 semaines. Le temps d'arrêt n'a atteint que 2 semaines.

### **Projet «EGATROL» pour améliorer la disponibilité**

A l'heure actuelle, les deux turbines à gaz GT13 D de la centrale Umm Al Nar East sont commandées et surveillées par des systèmes de régulation mécaniques **2**. Ceux-ci possèdent de nombreux composants sujets à usure et requièrent donc des travaux de maintenance relativement importants. Pour améliorer la disponibilité de la centrale, on les remplace à présent par un des systèmes de régulation de turbines à gaz EGATROL **3**.

Le système EGATROL fournit une régulation électrohydraulique déjà introduite en 1983 pour des turbines à gaz GT13. Elle est formée de deux parties, à savoir le bloc de commande électrohydraulique et l'électronique de surveillance. Elle commande et surveille toutes les fonctions importantes du procédé des turbines à gaz.

Par ce changement de système, le nombre de composants mécaniques est très fortement réduit, c'est-à-dire que les pièces sujettes à usure n'existent pratiquement plus. En outre, l'EGATROL nécessite moins d'entraînements électriques. L'accès aux données du procédé est plus simple, tandis que les fonctions de diagnostic aident au dépiage des dérangements. La configuration modulaire simplifie le remplacement de composants défectueux.

L'EGATROL est également fondé sur le système de contrôle-commande de centrales PROCONTROL P qui se distingue par les caractéristiques suivantes:

- Technique unifiée qui permet le remplacement ultérieur de l'instrumentation et des systèmes de contrôle-commande

- Minimisation des interfaces
- Flexibilité accrue, parce que les modifications et les adaptations en ligne s'exécutent simplement
- Encombrement réduit
- Utilisation de systèmes de traitement de valeurs de mesure existants
- Optimisation à l'aide de structures de régulation informatisées et souples, par ex. par l'adjonction de variables influentes, de contrôles de plausibilité des paramètres du procédé, etc.
- Grandeurs réglées précises et reproductibles, de haute transparence

Les systèmes de régulation EGATROL sont gérés à l'aide de stations de conduite de procédé modernes. Ces stations permettent de représenter tous les paramètres du procédé sous forme d'affichages schématiques, de caractéristiques, de profils et de tendances sous forme hiérarchique. Elles peuvent en outre servir à des missions de saisie de données, d'archivage et d'ingénierie.

La conversion des systèmes de régulation n'exige pas de travaux d'adaptation importants. Les blocs de commande EGATROL sont déjà adaptés aux différents branchements et testés. La régulation nécessite trois tachymètres supplémentaires dans les engrenages, la mesure de la température ambiante et des gaz d'échappement, ainsi que de la pression à l'entrée et à la sortie du compresseur. Le système d'alarme doit être complété pour l'électronique de surveillance. Certaines adaptations dans le poste de conduite sont évidemment aussi nécessaires. L'installation des systèmes EGATROL a eu lieu en hiver 1997, pendant la période de révision prévue.

### **Projet «Rotor Upgrading» pour la prolongation de sa durée de service**

#### **Pourquoi un «Upgrading»?**

L'exploitation de machines et d'installations complexes est toujours accompagnée du fait que certaines pièces s'usent plus rapidement que d'autres. Le but de l'«Upgrading» consiste à prolonger la durée d'exploitation d'une turbine à gaz, resp. d'une commande, par le remplacement en temps opportun des pièces usées, afin de pouvoir utiliser l'investissement initial plus longtemps. Il s'agit

alors de trouver un concept équilibré et raisonnable, c'est-à-dire un compromis qui aboutit au remplacement aussi tôt que nécessaire, mais aussi tard que possible des composants usés. De cette façon, une prolongation de la durée de service de 20 à 30% peut être obtenue économiquement.

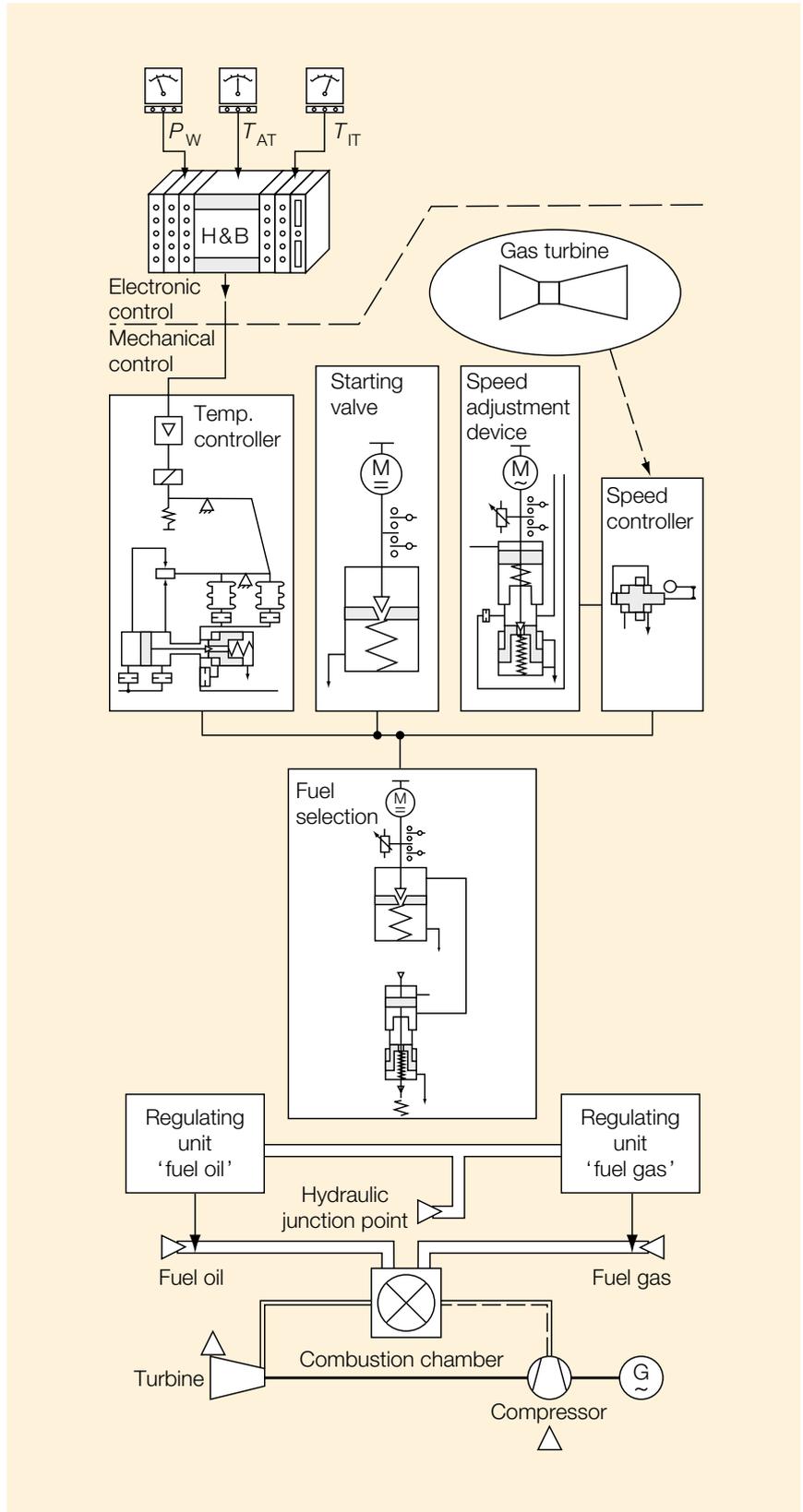
La clé du choix raisonnable des composants à remplacer consiste dans l'analyse des durées de service. Les départements de développement et de service d'ABB ont effectué ensemble de vastes examens sur les pronostics de durabilité et sur l'appréciation de la durée de service résiduelle de composants en contact avec les gaz chauds de turbines à gaz et de leurs rotors. Malgré les nombreux paramètres qui influencent la durée de service et les relations hautement complexes, des pronostics réalistes sont parfaitement possibles.

**Comment peut-on déterminer pertinemment la durée de service résiduelle?**

Dans les analyses de durabilité classiques, les résultats de l'examen de la part consommée de la durée de service sont considérés en tenant compte des sollicitations dépendantes du temps des matériaux soumis à des températures élevées. On saisit par exemple la fatigue due aux sollicitations par charges alternantes et la résistance contre la formation de fissures. On tient également compte de facteurs chronologiques, tels que le mode d'exploitation et la durée de service des turbines à gaz, c'est-à-dire du comportement dynamique de l'installation.

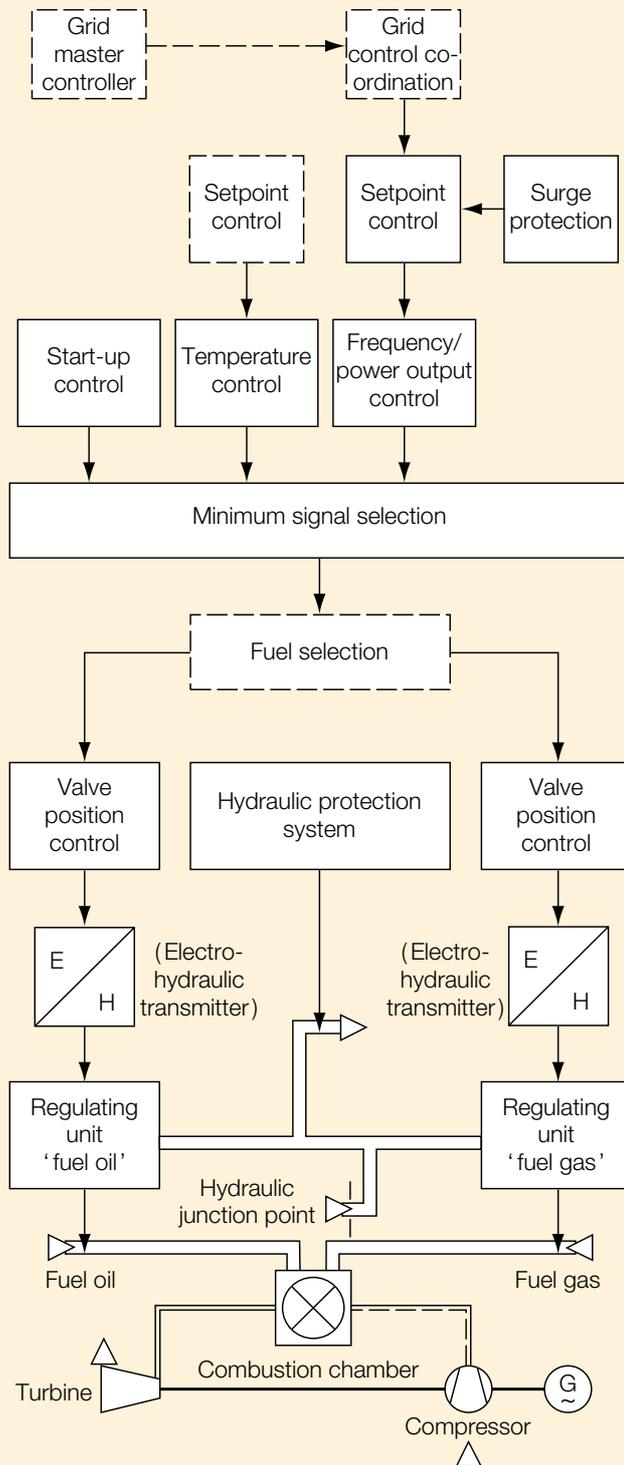
En se fondant sur l'analyse classique de la durabilité et sur son expérience de très nombreuses années d'exploitation, ABB a développé de nouvelles méthodes de calcul. L'une d'elles, la formule EOH (*Evaluated Operation Hours*) qui sert à apprécier l'usage, le bâti et les composants en contact avec les gaz chauds, considère autant le niveau de température que les démarrages normaux et rapides, ainsi que les événements dynamiques. En complément, la formule EOH saisit la fatigue des composants en contact avec les gaz chauds due aux sollicitations de longue durée et aux efforts alternés sur la base du nombre d'alternances des charges.

ABB a élaboré un programme de calcul spécial pour apprécier la durée de service



**Système de régulation mécanique des turbines à gaz à remplacer. Les nombreux composants sujets à usure nécessitent beaucoup de maintenance.**

2



**Système de régulation électrohydraulique EGATROL pour turbines à gaz. Il est constitué de deux parties – le bloc de commande électrohydraulique et l'électronique de surveillance.**

résiduelle des rotors de turbines à gaz. Celui-ci tient surtout compte de la charge, resp. de la fatigue thermique. La consommation déjà accomplie de la durée de service totale est déterminée en considérant le nombre de démarrages rapides et à chaud et celui des arrêts d'urgence. Après la détermination de la durée de service consommée, la durée de service résiduelle s'obtient par la différence avec la fatigue admissible totale **4**.

Des analyses de durée de service résiduelle ont été effectuées pour les turbines à gaz UANE 1 et 2 et leurs composants principaux. Là-dessus, ABB a élaboré des propositions de reconditionnement, telles que le remplacement du rotor et du support de l'aubage de la turbine à gaz 2. Après une planification précise, ces composants ont été commandés par W.E.D. et remplacés dans le cadre de l'inspection normale, c'est-à-dire sans arrêt supplémentaire, suffisamment tôt avant la «pointe estivale» de l'année 1997.

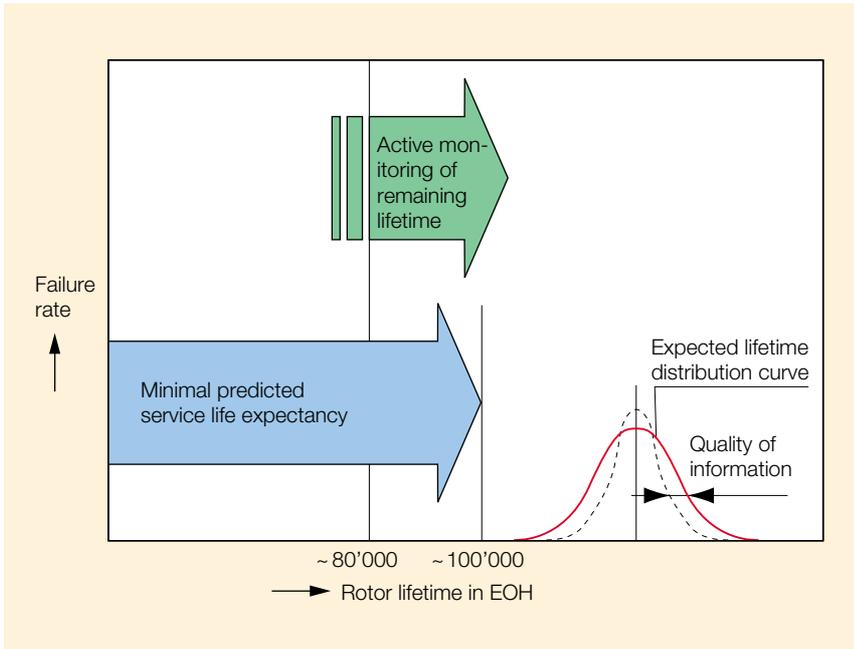
**Révision du rotor, une solution techniquement et économiquement raisonnable**

Afin que les anciens rotors ne doivent pas être mis complètement au vieux fer **5a**, ABB a développé et testé avec succès une méthode, dans laquelle la partie compresseur du rotor est soumise à un procédé de reconditionnement, puis soudée sur une nouvelle partie de turbine du rotor. A cet effet, un examen visuel des modifications superficielles du compresseur est nécessaire. Celui-ci fournit les indications correspondantes pour un essai non destructif **5b**. En tenant compte des sollicitations précédentes dues à l'exploitation, les résultats de l'essai permettent finalement de décider la question de savoir si la partie compresseur doit être reconditionnée ou non. Une telle opération n'implique généralement que de modestes travaux de réparation. Après une telle révision, un rotor peut de nouveau être utilisé pendant une période de 100000 EOH.

**Formation du personnel d'exploitation – un volet important du concept S.O.R.**

L'implémentation de nouveaux systèmes techniques ne remporte du succès que si le

**3**



**Représentation de la durée de service résiduelle prévisionnelle de rotors de turbines à gaz en EOH (Evaluated Operation Hours)** 4

personnel d'exploitation est impliqué en partenaire dans toutes les phases du projet.

Dans le cadre du concept S.O.R., on s'efforce donc d'intégrer complètement les ingénieurs du client dans le procédé déjà lors de la première présentation et spécialement ensuite, lors de l'élaboration des spécifications requises.

Normalement, les paquets de matériels et de planification commandés sont réceptionnés en usine par les ingénieurs du client

avant l'expédition. Ces réceptions sont généralement combinées avec une formation intensive dans des centres de formation ABB. Des visites d'autres centrales électriques y font souvent suite, afin de pouvoir montrer aux ingénieurs du client des mesures de modernisation «on the spot». En outre, la visite des installations de recherche et de fabrication ABB forme une partie intégrante du concept S.O.R..

Dans la centrale, on procède ensuite à un

contrôle approfondi de l'état complet des paquets de matériels et de planification livrés. En cas de montage et de mise en service différés, on doit assurer un entreposage adéquat des matériels.

Lors du montage et de la mise en service, les ingénieurs du client travaillent étroitement avec les spécialistes d'ABB – sous forme de «Training On The Job» et aussi de «Hands On Training». On assure ainsi un transfert maximal du savoir-faire. Une formation consécutive dans la centrale – spécialement du personnel d'exploitation et de maintenance – arrondit le programme de formation.

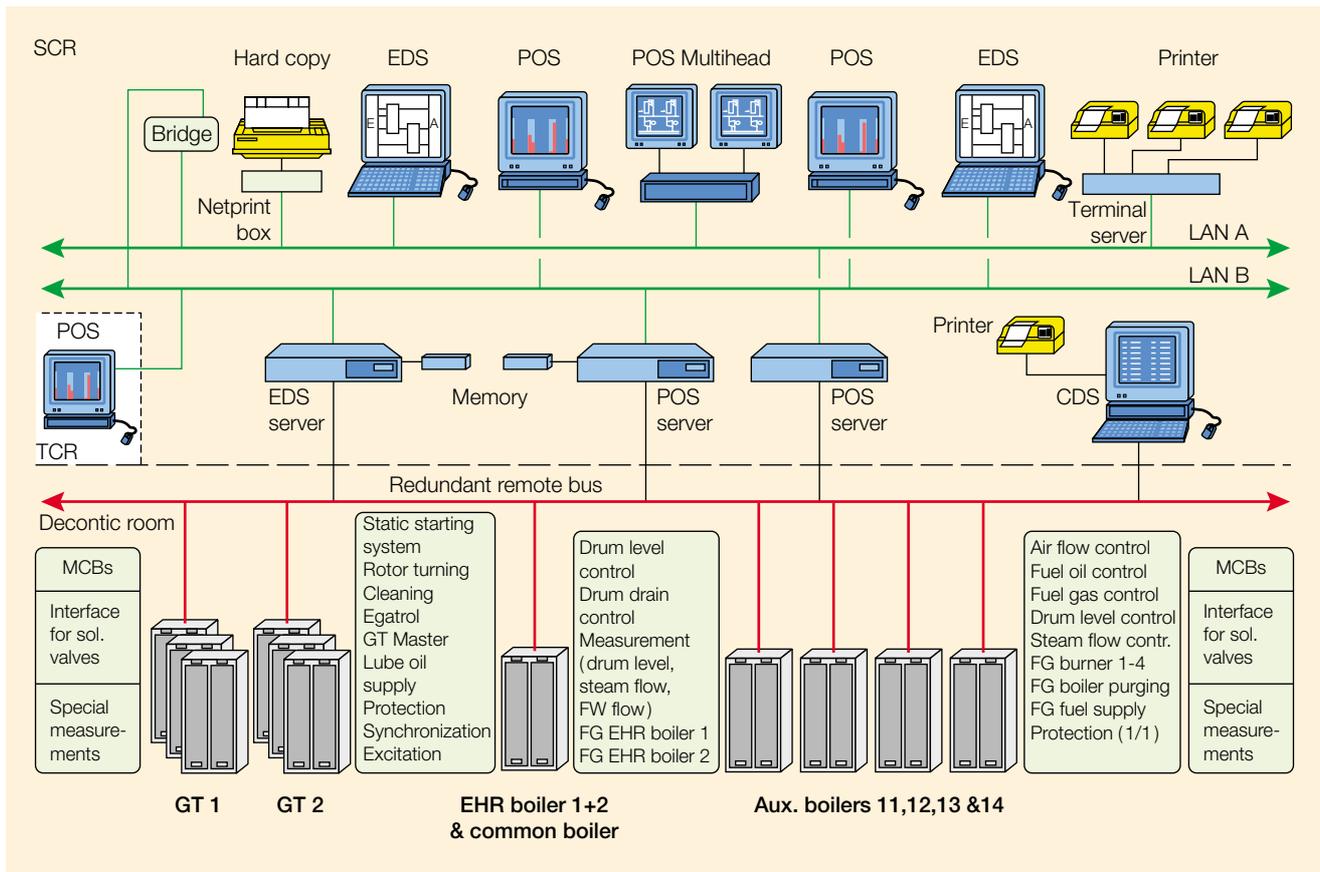
Dans le cadre des séminaires annuels pour clients, qu'ABB S.O.R. organise spécialement pour W.E.D. à Abu Dhabi, le personnel est tenu au courant de la technique. Le client a aussi la possibilité de mettre ses propres thèmes à l'ordre du jour et ABB met à disposition les spécialistes nécessaires. En général, ces séminaires durent deux jours, de sorte que les ingénieurs du client ont suffisamment de temps pour éclaircir des questions spécifiques avec les spécialistes d'ABB.

**La modernisation des installations – une mission permanente du management**

Dans la centrale électrique Umm Al Nar East, il existe encore de nombreuses possibilités de rééquipement et de modernisation. Toutes les mesures de modernisation déjà exécutées sont prévues pour l'installation ultérieure sans problème d'autres composants

**Composants d'un rotor de turbine à gaz pendant le processus de reconditionnement (a) et pendant l'essai non destructif (b)** 5





**Configuration du nouveau système de contrôle-commande PROCONTROL P pour la centrale Umm Al Nar East. Ce système doit être réalisé prochainement par étapes.**

6

de rééquipement. Les mesures appliquées sont exécutées sous forme de ce qu'on appelle des plates-formes, avec la possibilité de réaliser des modernisations futures par pas successifs sur la base existante.

Le management d'UANE considère la modernisation successive comme une mission permanente du management. On a déjà planifié fermement le remplacement du reste de l'instrumentation et de la technique de contrôle-commande 6, ainsi qu'une révision de toute l'alimentation en courant continu.

Egalement dans les centrales Umm Al Nar West 7 et 8, on veut remplacer les anciens ordinateurs de procédé par des unités ABB modernes, dans le but de pouvoir interconnecter tous les blocs Umm Al Nar.

**Bibliographie**

[1] Friedmann, G.: Une conception de formation modulaire pour personnel de centrales. Revue ABB 7/89, 33-38.

[2] Vouets, W.: Entretien préventif pour centrales de turbines à gaz et centrales combinées. Revue ABB 8/9-91, 33-38.

[3] Kahle, H.; Herrmann, R.: Modernisation économique par le système de contrôle-commande PROCONTROL P pour centrales électriques. Revue ABB 9/92, 15-22.

[4] Koob, H.: Au centre de l'attention du service: l'exploitation sans dérangements des centrales de turbines à gaz et à cycle combiné. Revue ABB 10/93, 33-38.

[5] Ulrich, A.: «Power Plant Service Management» – un nouveau concept pour la maximisation de la rentabilité des centrales électriques. Revue ABB 5/95, 21-27.

[6] Thierfelder, H. G.: Modernisation de centrales existantes avec la technique de contrôle-commande la plus moderne. Revue ABB 2/97, 15-24.

**Rédaction**  
Detlef P. H. Prien

**Adresses des auteurs**

Abdul Jalil Al Khoory  
Umm Al Nar Power Stations  
Water and Electricity Department (W.E.D.)  
Abu Dhabi/UAE  
Téléfax: +97 125 82 405

Dr Heinz Koob  
ABB Kraftwerke AG  
Case postale 100 351  
D-68128 Mannheim/Allemagne  
Téléfax: +49 (0) 621 381 5504  
E-mail: heinz.koob@dekwe.mail.abb.com