



# Guri-Damm

Modernisierung des Leit-, Schutz- und Instrumentierungssystems  
im Wasserkraftwerk von Guri

Eduardo Colmenares, Daniel Rubinstein, Miguel Florez

Im Jahr 2005 erhielt ABB den Auftrag über den Entwurf, die Lieferung und Installation eines Blockleit-, Schutz- und Instrumentierungssystems für das Wasserkraftwerk am Guri-Staudamm in Venezuela. Das Kraftwerk befindet sich im Nekuima Canyon, 100 Flusskilometer vor dem Zusammenfluss des Caroní mit dem Orinoco und ist Venezuelas größter Lieferant von Strom aus Wasserkraft. Durchgeführt wird das Modernisierungsprojekt, das die Lebensdauer des Kraftwerks um weitere 30 Jahre verlängern wird, von einem Konsortium aus ABB Venezuela, ABB Kanada und ABB Schweiz. Die erste Lieferung ist für Januar 2007 geplant.

Der Grundstein für den Bau des Guri-Staudamms wurde 1963 gelegt. Das erste Maschinenhaus mit zehn Generatorsätzen und einer Gesamtleistung von 2.065 MW wurde 1978 in Betrieb genommen. 1985 kam ein zweites Maschinenhaus mit zehn Generatorsätzen zu je 730 MW hinzu. Mit einer Gesamterzeugungsleistung von 10.000 MW ist Guri das zweitgrößte Wasserkraftwerk der Welt. Die Anlage verfügt über drei Hochspannungs-Freiluftschaltanlagen in Eineinhalb-Leistungsschalter-Anordnung mit 800 kV, 400 kV und 230 kV Betriebsspannung. Guri beliefert den venezolanischen Strommarkt mit 12.900 GWh unterbrechungsfreier elektrischer Energie und leistet damit einen unverzichtbaren Beitrag zur Deckung des steigenden Energiebedarfs des Landes.

Mit dem Modernisierungsprojekt schafft der Eigentümer des Kraftwerks, C.V.G. Electrificación del Caroni C.A. (EDELCA), die technischen und funktionellen Voraussetzungen dafür, dass die bedeutende Anlage weitere 30 Jahre erfolgreich betrieben werden kann. Zu den Modernisierungsmaßnahmen gehört unter anderem auch eine vollständige mechanische Überholung der Generatorsätze durch verschiedene Turbinenhersteller und Maschinenbauunternehmen. Für die Modernisierung des Leit-, Schutz- und Instrumentierungssystems erhielt ABB einen separaten Auftrag.

Neben der Verlängerung der Lebensdauer der Anlage wird das Projekt eine Steigerung der Anlagenverfügbarkeit auf über 90% sowie eine Erhöhung des Wirkungsgrads der Generatorsätze bewirken. Das vorrangige Ziel der Modernisierung ist es jedoch, die fortlaufende Erzeugung sauberer und zuverlässiger Energie sicherzustellen.

#### Das Leitsystem im Allgemeinen

Das von ABB entwickelte Prozessleitsystem (PLS) integriert die ersten drei Ebenen des vorhandenen hierarchischen Leitsystems. Die erste Ebene umfasst die Feldgeräte (intelligente Transmitter und dezentrale E/A-Stationen), die über ein Profibus-Netzwerk mit der nächsten Leitebene kommunizieren. Die zweite Ebene umfasst das Blockleitsystem (Unit Control System,

UCS) auf Basis des ABB Industrial<sup>IT</sup> Controllers AC800M. Diese Ebene unterstützt alle automatischen Steuer- und Regelungsfunktionen für den Betrieb der Generatorsätze. Um eine hohe Verfügbarkeit des Systems sicherzustellen, ist eine entsprechende Redundanz vorgesehen. Jedes UCS ist mit zwei redundanten Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMS) auf Basis des ABB Power Generation Portal (PGP) ausgestattet. Die Controller, MMS und das Zubehör werden in die vorhandenen Schaltschränke vor Ort integriert.

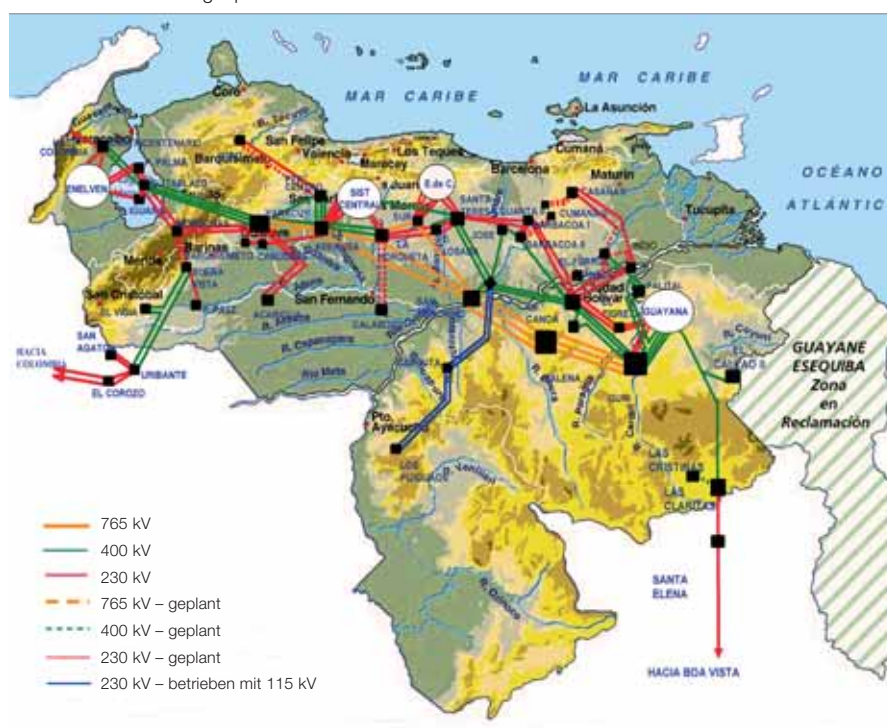
Die nächste Ebene des Leitsystems umfasst die Bedienerkonsolen für jeden Block, die in den vorhandenen Leitwarten der Maschinenhäuser untergebracht werden. Diese Ebene wird mit einem vorhandenen zentralen Leitsystem verknüpft, das Ende der 1990er Jahre von SNC Lavalin installiert wurde. Es unterstützt die gesamte Anlagensteuerung und alle gehobenen Regelungsfunktionen einschließlich der automatischen Stromerzeugung, Einsatzplanung und Steuerung, automatischer Spannungsregelung, Regelung der Flussströmung usw.

#### Das PLS im Überblick

Das Prozessleitsystem umfasst die ABB Power Generation Portal-Konsolen auf der Bedienerebene, die ABB Industrial<sup>IT</sup> AC800M-Controller auf der Prozessebene sowie die ABB S800 E/A-Module und intelligente Transmitter auf der Feldebene. Auf der Bedienerebene kann das Kraftwerk mithilfe der Bedienpulte, der Hauptbedientafel und der UCS gesteuert und überwacht werden. Der Prozessstatus wird auf Farbbildschirmen in Form von Prozess-, Objekt- und Kurvendarstellungen, Alarm- und Meldungslisten angezeigt.

Auf der Prozessebene umfasst das Leitsystem redundante Controller für jeden Block und ein gemeinsames System für beide Maschinenhäuser. Die Controller sind für die analoge und digitale Verarbeitung, Regelung und logische Steuerung ausgelegt und verfügen über Überwachungs-, Datenerfassungs-, Arithmetik- und Kommunikationsfunktionen. Jeder Controller ist mit lokalen Ethernet-Anschlüssen ausgestattet, die eine Peer-to-Peer-Kommunikation über ein redundantes lokales Netzwerk (LAN) auf Ethernet-

Das vom Guri-Damm gespeiste elektrische Netz



Basis ermöglichen. Allerdings können die Controller auch unabhängig vom LAN arbeiten. Die Bediener kommunizieren über OPC-Server/Client mit den Controllern. Spezielle Kommunikationsmodule ermöglichen Profibus-Verbindungen zu dezentralen E/A-Stationen und intelligenten Transmittern sowie serielle RS232-Verbindungen zu Drittanbietergeräten. Die Kommunikation mit den lokalen E/A-Clustern erfolgt über integrierte Kommunikationsanschlüsse in den Controllern.

Auf der Feldebene werden die Felddaten und die Prozessausgaben von den ABB S800 E/A-Modulen verwaltet. Diese sind entweder in über die Anlage verteilten E/A-Stationen oder in lokalen E/A-Clustern gruppiert, die im gleichen Gehäuse wie die Controller untergebracht sind. Neben den S800 E/As sind intelligente Transmitter über das Kraftwerk verteilt. Die Felddaten, die als Punkte einer Abfolge von Ereignissen (Sequence Of Events, SOE) definiert sind, werden von speziellen SOE-Modulen der S800-Familie verwaltet. SOE-Punkte werden mit einer Auflösung von 1 ms aufgezeichnet, und alle SOE-Module sind in den UCS-Schaltschränken untergebracht.

### Steuerungsphilosophie

Das Kraftwerk wird entweder vom vorhandenen zentralen Leitsystem (der so genannten Master-SCADA-Station) im Maschinenhaus 2, den Leitwarten in den Maschinenhäusern 1 und 2 oder von den UCS aus bedient. Eine lokale/dezentrale Übergabe der Steue-

rung zwischen UCS, Leitwarte und Master-SCADA-Station ist möglich.

Das PLS steuert die Anlage auf Blockebene. So hat ein Bediener am UCS für Block 1 zum Beispiel Zugang zu den Grafiken, E/As und Regelfunktionen für Block 1, wobei alle Blöcke auf die gleiche Weise bedient werden. Die anlagenweite Steuerung erfolgt über die vorhandene Master-SCADA-Station, die sich eine Leitebene über dem PLS befindet und über eine Schnittstelle mit dem PLS kommuniziert.

Die E/A-Module und intelligenten Transmitter sind über die Anlage verteilt, wobei sich die E/A-Geräte in der Nähe der zu steuernden und zu überwachenden Geräte befinden.

### Steuerungsmöglichkeiten

Das Kraftwerk kann von verschiedenen Bereichen innerhalb der Anlage aus gesteuert werden. Daher ist es wichtig, dass der Ort der Steuerung entsprechend verwaltet und verhindert wird, dass ein Gerät gleichzeitig von zwei Punkten aus bedient wird.

Im Maschinenhaus 1 stehen folgende Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Leitwarte – Schaltpult und Hauptbedientafel
- UCS für die Blöcke 1–10 – im Maschinenbereich. Im Maschinenhaus 1 befinden sich 10 UCS, mit denen die einzelnen Generatorsätze gesteuert werden können. Zu den

Steuerungs- und Überwachungsfunktionen gehören das An-/Abfahren, die Überwachung und die Messwertanzeige.

- 4,16-kV-Hilfsversorgung – im Maschinenbereich
- Schmutzwasserpumpe und Ablaufsystem für Haus 1 – lokal im Maschinenbereich
- 440-V-Hilfsversorgung (nur lokale Steuerung)
- Anlagen-Steuerungsdienste (nur lokale Steuerung)
- Überlauf – Kanäle 1, 2 und 3
- Schmutzwasserpumpe und Ablaufsystem für den Staudamm

Im Maschinenhaus 2 stehen folgende Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung:

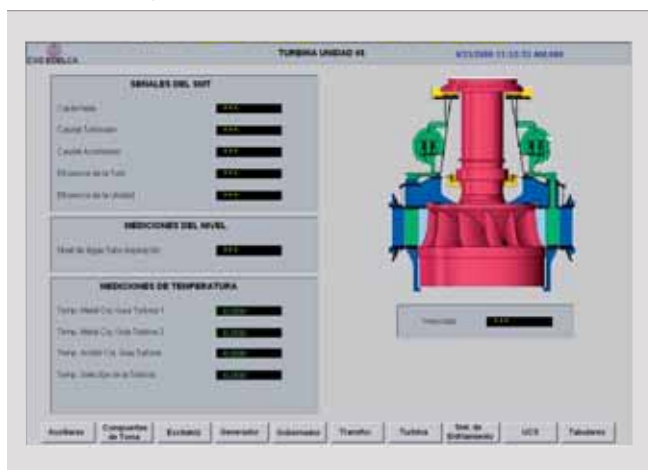
- Leitwarte – Schaltpult und Blindschaltbild
- UCS für die Blöcke 11–20 – im Maschinenbereich. Im Maschinenhaus 2 befinden sich 10 UCS, mit denen die einzelnen Generatorsätze gesteuert werden können. Zu den Steuerungs- und Überwachungsfunktionen gehören das An-/Abfahren, die Überwachung und die Messwertanzeige.
- Schmutzwasserpumpe und Ablaufsystem für Haus 2 – im Maschinenbereich
- 4,16-kV-Hilfsversorgung

### Allgemeine Struktur des PLS

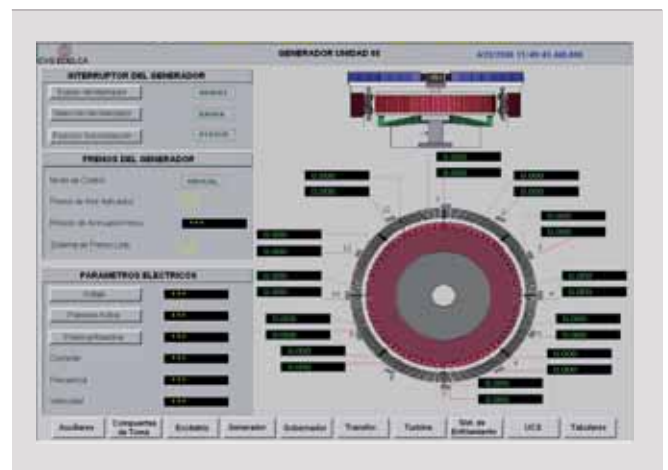
#### Mensch-Maschine-Schnittstelle

Die Bedienstationen sind mit dem nach Industriestandards konzipierten

Übersichtsanzeige einer Turbine



Übersichtsanzeige eines Generators



und auf Windows XP basierenden ABB Process Generation Portal System ausgestattet. Das Konsolensystem verfügt über eine offene Architektur, die eine Vielzahl von Kommunikationsprotokollen zulässt und die Verknüpfung mit Drittanbieter-Software und -datenbanken ermöglicht.

Das System liefert dem Bediener nicht nur eine grafische Schnittstelle zur Anlage, sondern ermöglicht auch die Nutzung von Alarmmanagementfunktionen, SOE-Berichten, Datenaufzeichnungsfunktionen und Mechanismen zur Benutzerauthentifizierung.

#### AC800M-Controller

Der AC800M basiert auf der neuesten Controllerertechnologie von ABB. Die Controller sind als Module für die Schienenmontage ausgeführt und mit zwei integrierten Ethernet-Anschlüssen ausgestattet. Jeder Controller verfügt über eine zentrale Recheneinheit, ein Kommunikationsmodul, ein Netzteil sowie verschiedenes Zubehör und wird in einer redundanten Konfiguration eingesetzt.

#### Feld-E/As – S800 E/A-Module und intelligente Transmitter

Die S800 E/A-Module und die FCI-Module (Fieldbus Communication Interface) sind zu E/A-Stationen bzw. E/A-Clustern zusammengefasst. Ein E/A-Gerät, das über Profibus-DP<sup>1)</sup> mit dem Controller verbunden ist, wird als E/A-Station, und ein E/A-Gerät, das über ModuleBus mit dem Controller verbunden ist, als E/A-Cluster bezeichnet.

Im gesamten Kraftwerk werden intelligente Transmitter und Instrumente installiert. Da diese Geräte über Profibus-PA<sup>2)</sup> kommunizieren, werden Profibus-DP/PA-Wandler benötigt, um die Kommunikation mit den Controllern zu ermöglichen.

#### Protokolle und Medien

Die Controller verwenden verschiedene Kommunikationsprotokolle und -medien wie:

- Steuernetzwerk (LAN)
- ModuleBus

Der AC800M-Controller



- Profibus-DP
- Profibus-PA

#### Kommunikation im Steuernetzwerk

Die Kommunikation zwischen den Controllern und mit den MMS erfolgt über das Ethernet-basierte LAN und WAN (Wide Area Network). Die Übertragungsrate des Steuernetzwerks beträgt 100 Mbit/s.

Das Steuernetzwerk ist als Ringstruktur mit parallelen, voneinander unabhängigen Leitungen aufgebaut. Wenn also eine Leitung unterbrochen ist, wird die Kommunikation über die andere Leitung fortgesetzt. Sind beide Leitungen unterbrochen, wird aus der Ringtopologie eine Bustopologie.

#### Kommunikation im E/A-Netzwerk

Das E/A-Netzwerk verbindet alle E/A-Geräte der Anlage mit den Con-

trollern. Dabei kommen drei Kommunikationsprotokolle zum Einsatz:

*ModuleBus:* Zur direkten Kommunikation mit den lokalen E/A-Clustern über Kunststoff-Lichtwellenleiterkabel. ModuleBus unterstützt die SOE-Funktionalität.

*Profibus-DP:* Zur direkten Kommunikation mit den dezentralen E/A-Stationen und zur indirekten Kommunikation mit den intelligenten Transmittern.

*Profibus-PA:* Zur Spannungsversorgung der intelligenten elektronischen Geräte (Intelligent Electronic Device, IED) und zur Übertragung der Daten von den IEDs.

#### Schutzsysteme

ABB Power Systems in der Schweiz liefert ein redundantes Generator- und Transformator-Schutzsystem für das modernisierte Kraftwerk. Dazu gehören 14 numerische REG216-Systeme zum Schutz von drei 230-MW- und vier 360-MW-Einheiten im Maschinenhaus 1 sowie 14 numerische REC316\*4-IEDs zum Schutz der sieben kurzen 400-kV-Übertragungsleitungen von den Kuppelschaltanlagen und den Aufspanntransformatoren in Maschinenhaus 1. Außerdem wird das Schutzsystem für die Mittelspannungs-Hilfsversorgung des gesamten Kraftwerks durch modernste Relais ersetzt.



ABB Schweiz erhielt außerdem den Auftrag, die 20 automatischen Synchronisierereinrichtungen und die 20 Synchrocheck-Geräte für die 230/400/800-kV-Schaltanlagen zu modernisieren und ein völlig neues System zur Störungsaufzeichnung für die 20 Generatorsätze sowie ein SMS530-Stationsüberwachungssystem für alle gelieferten Schutzkomponenten zu installieren.

#### Instrumentierungssystem und Verschiedenes

ABB Venezuela fungiert als Leiter des Konsortiums und ist verantwortlich für die interne Koordination und die Auftragsführung. Auch der Entwurf des Instrumentierungssystems bestehend aus intelligenten Transmittern, die über das gesamte Kraftwerk verteilt installiert werden, stammt von ABB Venezuela. Die Kommunikation zwischen den Feldgeräten und dem Leitsystem erfolgt über ein Profibus-Netzwerk.

Außerdem zeichnet ABB Venezuela verantwortlich für die vorbereitenden Engineering-Arbeiten, die für die Installation der verschiedenen neuen Systeme im Kraftwerk erforderlich sind, sowie für ihre Installation und Integration vor Ort.

Zu den weiteren von ABB Venezuela bereitgestellten Systemen gehören:

- Die Vibrations- und Luftspalt-Überwachungssysteme für die Generatoren
- Ein Überwachungskamerasystem für die Prozess- und Sicherheitsüberwachung
- Kommunikationssysteme: Distanzschutz-ausrüstung und Lichtwellenleiter-Netzwerke

#### Eine Teamleistung

ABB gehört zu den weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet der modernen Leittechnik. In modernen Wasserkraftwerken wird diese Technologie eingesetzt, um die Forderung der Kunden nach einer hoch automatisierten, sicheren und zuverlässigen Steuerung zu erfüllen und den Zugriff auf anlagenweite Informationen zu ermöglichen.

Die Modernisierung des Guri-Kraftwerks zeigt, wie die erfolgreiche Koordination von Menschen und Produkten zum Gelingen eines Großprojekts dieser Art beitragen kann. ABB verfügt über erfahrene, motivierte Mitarbeiter auf der ganzen Welt. Das in einer Vielzahl von Projekten in verschiedenen Bereichen gesammelte Fachwissen verfügt ABB über die Möglichkeit, das für die jeweiligen Bedürfnisse des Kunden am besten geeignete Personal bereitzustellen. Darüber hinaus verfügt ABB über ein umfassendes Programm von vollstän-

dig kompatiblen Leittechnik-Produkten, die sämtliche Anforderungen von kleinen und großen Projekten abdecken. So ist das ABB-Projektteam auch im Falle des Guri-Kraftwerks in der Lage, die Produkte und Dienstleistungen des Unternehmens an die speziellen Bedürfnisse Kunden anzupassen, um die Anforderungen dieses einzigartigen Projekts zu erfüllen.

Das Modernisierungsprojekt des Guri-Kraftwerks erfordert eine solide Teamleistung. ABB Venezuela, ABB Kanada und ABB Schweiz sind sich dieser Herausforderung bewusst und setzen all ihr Fachwissen und ihre Erfahrungen gemeinsam ein, um sie zu bewältigen. Zusätzlich ist eine Gruppe von Ingenieuren und Technikern von EDELCA im Rahmen eines praktischen Ausbildungsprogramms bei ABB in Kanada an der Entwicklung des Leitsystems beteiligt. Diese Ausbildung erleichtert die Integration der neuen Systeme in die Anlage und sichert den Technologietransfer zwischen ABB und EDELCA.



#### Eduardo Colmenares

Asea Brown Boveri, S.A.  
Caracas, Venezuela  
eduardo.colmenares@ve.abb.com

#### Daniel Rubinstein

ABB Inc  
Burlington, Kanada  
daniel.rubinstein@ca.abb.com

#### Miguel Florez

ABB Schweiz AG  
Baden, Schweiz  
miguel.florez@ch.abb.com

#### Fußnoten

- <sup>1)</sup> Profibus-DP = Process Field Bus – Decentral Peripherals
- <sup>2)</sup> Profibus-PA = Process Field Bus – Process Automation