Studie über die Zuverlässigkeit von Energieerzeugungsanlagen in Kanada

Autor(en): **Rod, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **77 (1986)**

Heft 10

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904203

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Studie über die Zuverlässigkeit von Energieerzeugungsanlagen in Kanada

E. Rod

Die hier beschriebene Zuverlässigkeitsstudie hatte als Ziel, das zuverlässige Funktionieren der untersuchten Einrichtungen auf lange Frist zu sichern. Die sich daraus ergebenden Resultate erlauben denn auch die Erstellung eines Aktionsplans für Reparaturen und/oder Erneuerungen.

L'étude de fiabilité de l'équipement considéré a été réalisée dans le but de garantir le fonctionnement de celui-ci à longue échéance. Les propositions qui en résultent permettent en effet d'établir des plans d'intervention pour réparations ou remplacements.

Eine französische Fassung dieses Artikels erscheint in der Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air», 1986, Heft 5/6.

Une version française de cet article paraîtra dans «wasser, energie, luft – énergie, air» 1986 n° 5/6.

Adresse des Autors

Edouard Rod, Masch.-Ing. HTL, Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, Parkstrasse 27, 5401 Baden

1. Ausgangslage

Im Jahre 1984 erteilte Alcan, eine Gesellschaft für Aluminiumerzeugung und Chemie in Quebec, Kanada, der Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG in Baden, Schweiz, den Auftrag, eine Studie über die Zuverlässigkeit der Energieerzeugung aus der Wasserkraft des Saguenay-Lac St.-Jean Systems in Quebec, Kanada, durchzuführen. Die zu untersuchenden Hauptanlageteile waren die Turbinen und Absperrorgane, die Generatoren, die elektrischen Anlagen und die Gleichrichteranlagen.

Gegenstand der Untersuchung waren

- 6 Wasserkraftanlagen, bestückt mit total 43 direkt mit den Synchron-Generatoren gekuppelten Mitteldruck-Francisturbinen
- 14 Hoch- und Mittelspannungs-Schaltanlagen, die neben den Kraftwerken, entlang der Übertragungsleitungen und nahe den Aluminiumwerken gelegen sind
- 2 Gleichrichteranlagen für die Elektrolysenanlagen.

Die Maschinengruppen, zwischen 1925 und 1959 in Betrieb gesetzt, besitzen eine installierte Gesamtleistung von 2687 MW. Sie decken vollständig den Strombedarf der auf Isle Maligne, in Jonquière und in La Baie am Ufer des Saguenay gelegenen Aluminiumwerke (Fig. 1 und 2).

Bei der Aluminiumherstellung ist es von grosser Bedeutung, dass kein Unterbruch in der Stromversorgung entsteht, was eine hohe Verfügbarkeit der Erzeugungs- und Übertragungseinrichtungen verlangt. Es ist deshalb

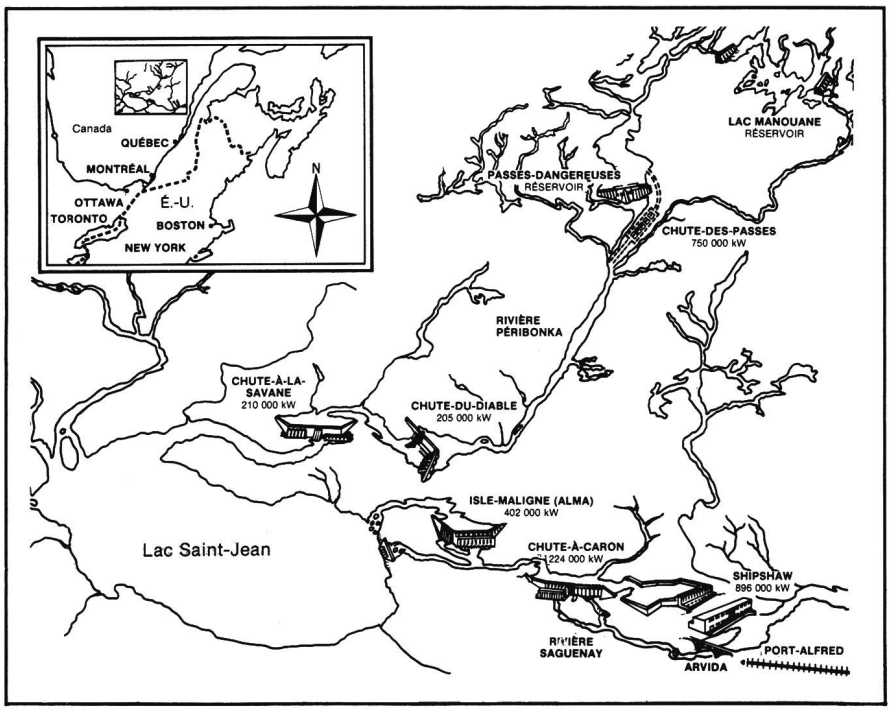

Fig. 1 Einzugsgebiet des Saguenay mit 6 Alcan-Wasserkraftwerken
Installierte Leistung total 2687 MW

Fig. 2 Stausee und Kraftwerk Chute à la Savane

wichtig, das Betriebsverhalten der einzelnen Anlageteile ständig zu überwachen, um frühzeitig die Massnahmen zu ergreifen, die für die Zuverlässigkeit des sehr komplexen Systems über lange Zeit nötig sind.

Wegen des unterschiedlichen Alters der verschiedenen Kraftwerke, Schaltanlagen und Elektrolysenöfen und der damit verbundenen erschwerten Beurteilung wünschte Alcan, dass die Zuverlässigkeit der Energieerzeugung- und Übertragungsanlagen nicht nur durch die eigene Unterhaltsabteilung, sondern auch durch unabhängige Experten untersucht werde.

Der Untersuchungsbericht umfasst folgende Hauptpunkte:

- Daten und Merkmale der Ausrüstung, Beurteilung ihres Zustandes, eine Liste der gefundenen Schäden, Zuverlässigkeitsindex der verschiedenen Systeme, Untersysteme und Hauptbestandteile
- Auswertung der Betriebserfahrungen und Unterhaltsmethoden und Empfehlungen für vorsorglichen Unterhalt (Vorsorge-Massnahmen)
- Vorschläge für die Verbesserung, Änderung oder Erneuerung von Anlagen oder Einzelteilen.

Die auf dem ermittelten Zuverlässigkeitsindex basierenden Empfehlungen sind das Ziel der Studie. Es wurde ausserdem eine Methode entwickelt und beigefügt, die es erlaubt, die Zuverlässigkeit der Bauwerke, Stahlwasserbauten und Übertragungsleitungen zu beurteilen.

Die Ergebnisse der Studie und der durch die Unterhaltsabteilung der Alcan durchgeführten Untersuchungen werden es erlauben, einen Langzeitplan zu erarbeiten, der den Unterhalt, die Überholung und, soweit nötig, die Erneuerung der Ausrüstung enthalten wird.

2. Durchführung der Untersuchung

Die Studie wurde in drei Etappen durchgeführt:

1. Vorbereitung der Besichtigungen
2. Besichtigung der Anlagen durch eine Gruppe von 4 Ingenieuren
3. Auswertung der Resultate der Besichtigung und Ausarbeitung des Schlussberichtes.

In der ersten Etappe wurden Fragebogen für die verschiedenen Anlageteile vorbereitet und verteilt. Sie wurden vom zuständigen Betriebspersonal ausgefüllt, um schon vor den Besichtigungen in den Besitz grundsätzlicher Informationen zu kommen. Die Besichtigungen wurden sorgfältig geplant mit dem Ziel, Störungen der Energieproduktion so gering wie möglich zu halten.

Die zweite Etappe umfasste die Besichtigung der Anlagen entsprechend dem vorher vereinbarten Programm sowie die Sammlung von Dokumenten, die von der Unterhaltsabteilung zur Verfügung gestellt wurden. Zahlreiche Dokumente, Schadensberichte, Unterhaltsrapporte und Pläne wurden analysiert. Die ausgefüllten Fragebogen wurden gesammelt und, wo nötig, vervollständigt.

Bei jedem Kraftwerk wurden 1 oder 2 Maschinengruppen abgestellt und auch im Inneren inspiziert (Fig. 3). Einheiten in Betrieb wurden bei verschiedener Belastung, beim Anfahren und Abstellen beobachtet. Dafür wurden 2 Tage für jede Anlage benötigt. Es wurden ebenfalls die Mittel- und Hochspannungsausrüstungen in den Kraftwerken und den verschiedenen Schaltanlagen und Gleichrichteranlagen gründlich untersucht, meistens während sie sich in Betrieb befanden.

Fig. 3 Beispiel eines inspizierten Turbinenlaufrades mit repariertem Schaufelaustritt

Zuverlässigkeits-Indices und Prioritätenliste Tabelle I

Anlage	Werk	Anlageteil	Beurteilung aufgrund Bericht Absatz...	Folgen für den Betrieb	Ermitteltes Risiko			Geschätzte Lebensdauer (Jahre)	Energieausfall bei erzwungenem Stillstand		Art der Gegenmassnahme	Priorität der Massnahme	Geschätzte Kosten der Massnahme
					hoch	mittel	gering		Leistung pro Einheit	ungefähre Dauer des Stillstands			
Elektrische Ausrüstung der Zentrale und der Schaltanlage		Maschinen-Spannungsanlage	2.1.4.1	0,6			0,05	25	150 MW	1 Woche	Ersatzteile	notwendig	
		Transformatoren	2.1.4.2a	0,6			0,15	25	150 MW	1 Woche	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2b	0,4			0,1	25	–	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2c	0,4			0,1	25	–	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2d	0,4			0,06	25	–	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Leistungsschalter	2.1.4.3a	0,6			0,18	25	–	2 Tage	Ersatzteile	notwendig	
		Leistungsschalter	2.1.4.3b	0,6			0,15	25	150 MW	2 Tage	Ersatzteile	notwendig	
		Trenner	2.1.4.4a	0,3			0,19	10	–	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	
		Trenner	2.1.4.4b	0,3			0,19	10	–	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	
		Trenner	2.1.4.4c	0,3			0,19	10	–	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	

Inspiziert wurden auch die Steuerungs- und Schutzanlagen sowie die wichtigsten Nebensysteme wie Kühlung und Lüftung. Wegen der grossen Anzahl zu prüfender Teile war es sehr hilfreich, detaillierte Informationen direkt vom Bedienungspersonal zu erhalten.

Am Ende der dreiwöchigen Inspektion entstand der Eindruck, einen klaren Überblick über das ganze System erlangt zu haben und alle notwendigen Informationen für die Weiterführung der Studien zu besitzen. Die Mission wurde in enger Zusammenarbeit mit Alcan-Vertretern durchgeführt.

Die dritte Etappe umfasste die kritische Analyse der Besichtigungsresultate und die Redaktion des Berichtes. Diese Etappe war die aufwendigste, mussten doch alle gesammelten Informationen in Betracht gezogen und bewertet werden, um sicher zu sein, dass der Bericht den Zustand der Anlagen und deren Zuverlässigkeit getreulich und so vollständig wie möglich wiedergibt.

3. Auswertung und Ergebnisse

Die Zuverlässigkeit wurde abgeschätzt unter Beachtung der Betriebsbedingungen und der Abnutzung der Anlageteile. Eine Reihe von Einflussgrössen zur Erfassung der Eintretens-Wahrscheinlichkeit und der Folgen eines Schadens wurden eingeführt, um den Risikofaktor zu bestimmen. Aus diesem Risiko und weiteren wirtschaftlichen und technischen Betrachtungen konnten Gegenmassnahmen abgeleitet werden, die in einer Prioritätenliste zusammengestellt wurden. Diese Liste wird es Alcan erlauben, einen Plan für Unterhalts-, Überholungs- und Erneuerungsarbeiten auszuarbeiten, die notwendig sind, um eine hohe Verfügbarkeit des Systems sicherzustellen.

Die Resultate der Studie wurden in einer Liste zusammengefasst (Beispiel s. Tab. I).

Der wirtschaftliche Teil wurde nach einer speziell für diesen Zweck entwickelten Methode behandelt. Sie erlaubt es, das Kosten/Nutzen-Verhältnis verschiedener Gegenmassnahmen zu vergleichen und einzustufen. Die wegen ihrer Anwendungsbreite anspruchsvolle Studie verlangte fundierte interdisziplinäre Kenntnisse über den Gesamtumfang der Ausrüstungen von Wasserkraftanlagen.