Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 79 (1987)

Heft: 1-2

Artikel: Lebensverlängerung von Wasserkraftanlagen durch Komponentenaustausch

Autor: Mez, Friedrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940624

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Lebensverlängerung von Wasserkraftanlagen durch Komponentenaustausch

Friedrich Mez

1. Einleitung

Wasserkraftwerke sind Stromerzeugungsanlagen mit hohen Investitionskosten für Damm- oder Staumauerbau, Wasserfassungen und Wasserleitungen, Gebäude, Maschinen und Apparate sowie für Freileitungen und Umgebungsarbeiten.

Um aus diesen Investitionen ein wirtschaftlich befriedigendes Ergebnis erzielen zu können, muss sichergestellt sein, dass das Produkt «elektrischer Strom» über lange Zeit erzeugt und verkauft werden kann. Entgegen manchen Prognosen der letzten Jahre ist ein ständiges Ansteigen des Stromverbrauches festzustellen, so dass aus heutiger Sicht und unter Berücksichtigung der Substitutionsabsichten für andere Energieträger durch elektrische Energie der Verkauf dieses Produktes gesichert ist.

Für eine über lange Fristen zuverlässige Erzeugung elektrischen Stromes sollen im folgenden einige Möglichkeiten speziell für den Generator aufgezeigt werden.

2. Voraussetzungen für eine wirtschaftlich befriedigende Stromerzeugung aus Wasserkraftanlagen

Die Erzeugung elektrischer Energie in einem für ein befriedigendes wirtschaftliches Ergebnis erforderlichen Mass hängt ab von der während einer langen Lebensdauer erzielbaren Verfügbarkeit der Produktionsmittel, hier also von Turbine und Generator.

Voraussetzung für diese Lebensdauer- und Verfügbarkeitsforderungen ist eine technisch ausgereifte Maschinengruppe, welche auf die vom Kunden spezifizierten Betriebsbedingungen ausgelegt ist. Unter diesen Betriebsbedingungen seien unter anderem die Art der Betriebsführung (Spitzenlastdeckung oder Bandenergieerzeugung, Pumpenbetrieb, Phasenschieberbetrieb) mit Angaben über Starthäufigkeiten und Leistungsschwankungen, Umwelteinflüsse wie Betrieb bei tiefen oder hohen Temperaturen, Betrieb bei ungleichförmiger Anströmung der Turbine und spezielle Bedingungen wie von der Norm abweichende Erwärmungsgrenzen, Schwingungsverhalten, Blitzschlaghäufigkeit und Erdbebensicherheit genannt.

3. Massnahmen zur Erzielung hoher Verfügbarkeit und langer Lebensdauer

3.1 Inspektionen

Zur Aufrechterhaltung der gewünschten Verfügbarkeit und Lebensdauer bedarf es neben einer sorgfältigen, Fehlmanipulationen ausschliessenden Betriebsführung durch Fachpersonal einer geplanten Inspektion der Maschinen nach festgelegtem Programm.

Solche Inspektionsprogramme müssen in Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Betreiber aufgestellt und individuell den Gegebenheiten der Anlage angepasst werden (Bild 1).

Übergeordnete Empfehlungen für Inspektionsintervalle nationaler und internationaler Gremien, die auf einer weit gestreuten Erfahrung beider Partner, der Hersteller und der Betreiber, basieren, sollen dabei berücksichtigt werden.

3.2 Zustandserkennung

Inspektionen werden entweder periodisch (nach Betriebsstunden, nach Kalendertagen, nach saisonbedingten Betriebszyklen) durchgeführt oder durch Ereignisse ausgelöst, welche das Betriebspersonal auf – möglichst täglichen – Rundgängen feststellt oder die durch laufend überwachende Messgeräte (Monitoring) angezeigt werden.

Ziel dieser meist von Diagnosemessungen begleiteten Inspektionen ist es, soviele Informationen über den Zustand der einzelnen Maschinenkomponenten zu erhalten, dass daraus rechtzeitige Massnahmen für die Aufrechterhaltung der Maschinenverfügbarkeit abgeleitet werden können.

Diese Massnahmen teilen sich auf in Unterhaltsarbeiten (Revisionen) und Komponentenaustausch (Rehabilitation).

3.3 Unterhaltsarbeiten

Entsprechend den Ergebnissen der Inspektionen und Diagnosemessungen werden Unterhaltsarbeiten je nach Maschinenzustand kurzfristig oder längerfristig geplant und durchgeführt. Dabei wird angestrebt, die Maschine, eventuell unter Verwendung mitgelieferter Ersatzteile, in einen dem Neuzustand entsprechenden Zustand zu bringen.

Erreicht wird das durch:

– Austausch von Verschleissteilen (Dichtungen, Filter, Kohlebürsten)

Bild 1. Beispiel einer Inspektionstabelle.

	Maschinenteil \ Aktivitäten	Visuelle Kontrolle	Reinigung	Funktionskontrolle	Isolationswiderstand messen	Widerstand messen	Alterungsmessung	Kontaktstellen/-verschraubungen kontr.	Pressdruck, Festsitz, Vorspannung kontr.	Dichtheit kontrollieren (abpressen)	Ausrichtung, Nivellierung kontrollieren	Ersetzen, auswechseln	Bearbeiten, polieren	
Stator	Wicklung	3	1		4*	4	4!							
	Verbindungen, Ableitungen	3	1		4*	4	4!	3	3					
	Blechpaket	3	1						4					
	Nutverkeilung	3	1						4					
	Gehäuse	3	1						4		4			
	Luft-Wasserkühler	2	1							3				
Rotor	Wicklung, Polspulen	3	1		4*	4	4!	3	4					
	Dämpferwicklung	3	1					3						
	Wicklungsverbindungen	3	1		4			3	3					
	Erregerleitungen	3	1		4			3	4					
	Schleifringe	2	1		4			4					1	
	Kupplung								4		4			
	Wellenlagerzapfen	3									4			
	Ventilatoren	3							4					
Lager	Lagerschalen	3									4			
	Schmierring	3		2									1	
	Schmieröl	3										1		
	Ölkühler	4	1							3				
	Isolation		1		4									
	Drucköl-Schmiersystem			3						4				
Diverses	Kohlebürsten,- halter	2	1	2								1		
	Instrumente, Apparate			3				4						
	Rohrleitungen Wasser, Öl	4								4				
	Dichtungen	4										1		
	Filtermatten, Abscheider	2	1									1		

1 Nach Bedarf
2 Täglich (wenn Maschine in Betrieb)
3 Bei Kleinrevisionen
4 (+3) Bei Grossrevisionen
! Erstmals bei der Erstrevision messen
* Nach längerem Betriebsunterbruch (~ ≥ 2 Monate)

Bemerkungen: Angaben über Unterhaltsarbeiten in den Einzelanleitungen sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Der tägliche Kontrollgang gehört zu den Pflichten des Maschinisten.

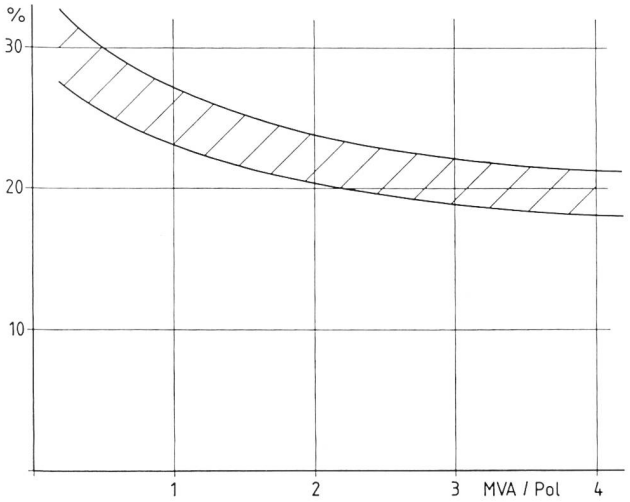


Bild 2. Kostenverlauf für Neublechung und Neuwicklung in Prozent der Kosten für einen neuen Generator über der Leistung pro Pol.

– Ersatz beschädigter Teile (Abstützelemente unter Dehnungs- und Schwingungseinfluss)
– Befestigung von Teilen, die sich unter dem Einfluss von Wärme und Vibration gelockert haben (Kontaktverschraubungen, Befestigungen von Isolierelementen, Statornutkeilen, Wickelkopfabstützungen, Verschraubungen mit und ohne Federscheiben)
– Reinigung (Wicklungen, Blechkörper, Kühler, Filter, Kühlflächen an Polen, Kühlluftwege)
– Nachstellen (Ventilatorflügel, Lagerspiele)
– Ausrichten (Wellenstrang, Stator, Luftspalt)

Diese Unterhaltsarbeiten werden während der natürlichen Lebensdauer der Maschine durchgeführt. Sie basieren im wesentlichen auf dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Konstruktion und Fertigung und enthalten im allgemeinen weder Verbesserungen noch Massnahmen zur Leistungssteigerung.

3.4 Das Lebensdauerende und seine Früherkennung

Die Lebensdauer elektrischer Maschinen hängt von betriebsbedingten Einflüssen ab, wie Temperatur, mechanische Beanspruchung, herrührend von statischen und dynamischen Kräften in Normalbetrieb und bei Störungen, langzeitig einwirkende periodische oder stochastische Schwingungen und chemische Reaktionen.

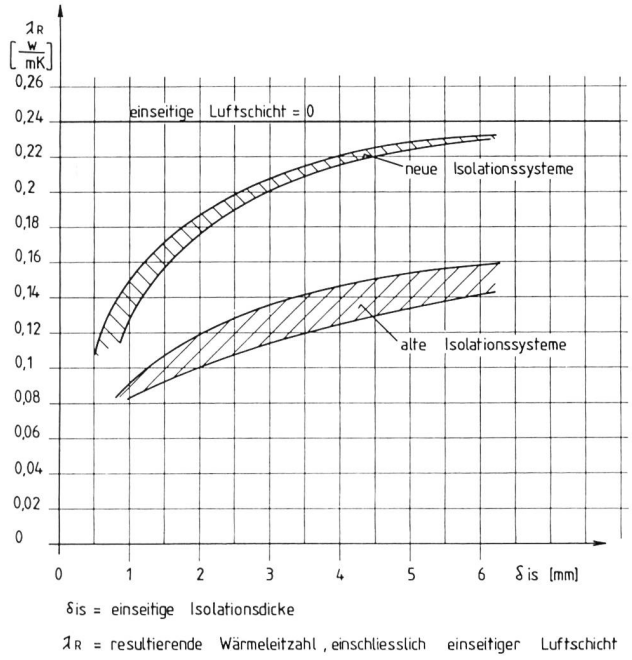


Bild 3. Resultierende Wärmeleitzahl der Isoliermaterialien für Generatoren.

Vorwiegend der Alterung unterworfen sind das Isoliermaterial in Stator und Rotor, das Statorblechpaket sowie Verbindungen aller Art. Statorgehäuse und andere Bauteile aus Grauguss können Alterungserscheinungen in Form von Rissen und Brüchen aufweisen. Schweissnähte an Stator und Rotor können im Lauf der Jahre zu Rissen neigen, wenn neben unsachgemässer Ausführung (Kerbfaktor) stochastisch auftretende Störungen die Dauerfestigkeitsgrenzen überschreiten.

Gleichfalls möglich sind Ermüdungserscheinungen an Wellen unter Biegewechselbeanspruchung, wenn durch scharfkantige Übergänge und durch Feuchtigkeit verursachte korrosive Reaktionen die Dauerfestigkeit herabgesetzt wird (Peltonkupplungen).

Erreicht die Alterung ein Mass, welches einen sicheren Betrieb der Anlage nicht mehr auf längere Zeit gewährleistet, sind Massnahmen in Form von Komponentenaustausch oder Neuinstallation kompletter Maschinen angezeigt. Zuvor stellt sich jedoch das Problem, den Alterungszustand so rechtzeitig zu erkennen, dass vor Eintritt eines Schadens (Lebensdauerende) mit eventuell vielfach stärkeren Sekundärschäden und langen Betriebsunterbrüchen diese Massnahmen geplant und ergriffen werden können.

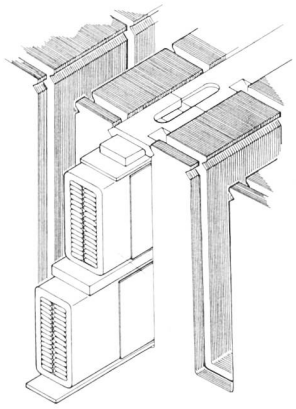
Zu dieser Früherkennung dienen die sogenannten Diagnosemessungen, welche – periodisch durchgeführt – Zustandsänderungen erkennen lassen. Bekannt sind die diesbezüglichen Messungen an der Statorwicklung (tgδ-Messung, Teilentladungsmessung, Hochspannungsprüfung) und an den Polspulen (Isolationsmessungen, Stossspannungsprüfung). Es ist heute möglich, den Zustand der Statornutverkeilung messtechnisch eindeutig zu erfassen, ohne den Rotor demontieren zu müssen.

Das Isolationsverhalten des Statorblechpaketes an seiner Oberfläche und im Inneren kann heute mit geringem Zeitaufwand und ebenfalls ohne Demontage des Rotors zuverlässig und eindeutig an Maschinen in horizontaler und vertikaler Aufstellung überprüft werden. Bekannt sind die Schwingungsüberwachungen des Rotors (gemessen an den Lagern), welche durch veränderte Anzeige Aufschluss geben können über Verlagerungen von Massen wie auch über Windungsschlüsse an den Polspulen.

Messungen im Stillstand der Maschine geben Auskunft über das Verhalten und den Zustand einer «Struktur» wie beispielsweise des Statorgehäuses mit Blechpaket, der Lageranordnung, des Rotors usw. Dabei werden die «Strukturen» durch angeschraubte Erreger mit definierter Kraft, Frequenz und Amplitude zu Schwingungen angeregt. Die Antwort der «Struktur» auf diese Anregung wird an geeigneten Stellen aufgenommen und anschliessend analysiert. Dieses Verfahren (Modalanalyse) reagiert sehr empfindlich auf alle Veränderungen der «Struktur» und ermöglicht die Früherkennung von Alterungserscheinungen wie Lockerungen (Blechpaket zu Statorgehäuse), Risse (Gussgehäuse, Fundament), Brüche (Rotorarme bei Langsamläufern, Fundamentanker).

Jede Diagnosemessung muss aber ergänzt werden durch eine möglichst umfangreiche visuelle Kontrolle. Gerissene Farbanstriche, Abriebspuren, Passrost und Verfärbungen liefern messtechnisch nicht erfassbare Indizien für Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand.

Voraussetzung für das eindeutige Erkennen von Alterungen ist die Kenntnis eines «Urzustandes» (Fingerprint), welcher bei Inbetriebsetzungen oder nach Grossrevisionen



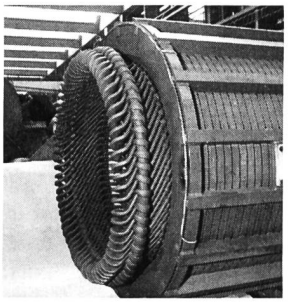


Bild 4, links. Nutfüllung mit Doppelschrägkeil.

Bild 5. Wickelkopfabstützung mit harzgefüllten Glaskordeln.

aufgenommen wird und aufgrund dessen Veränderungen erkannt und beurteilt werden können.

3.5 Lebensverlängernde Massnahmen

Wenn aus den Diagnosemessungen das Lebensdauerende von Generatorkomponenten erkennbar wird, ist – wie schon erwähnt – zu entscheiden, ob ein Gesamtersatz des Generators oder nur der Austausch der betroffenen Komponenten in Erwägung zu ziehen ist.

Dabei sind vorwiegend wirtschaftliche Gesichtspunkte wie Kostenvergleich der beiden Lösungen, Länge der Ausfallzeit, steuerliche und versicherungstechnische Auflagen und andere massgebend.

Bild 2 zeigt die Grössenordnung des Kostenverlaufes für ein neues Blechpaket mit einer neuen Wicklung in Prozent der Kosten für einen neuen Generator. Die effektiv auflaufenden Kosten für die Erneuerung sind abhängig von der Maschinenspannung, von der vorgegebenen Dimension des Stators, vom Zustand des Statorgehäuses, d.h. von unvorhergesehenen zusätzlichen Massnahmen und von der Bewertung der Montage.

Nicht berücksichtigt sind die durch die Erneuerungsarbeiten verursachten Produktionsausfallkosten.

Neben den Kosten sind jedoch die technischen Möglichkeiten eines teilweisen Ersatzes des Generators zu untersuchen.

Einige Beispiele sollen diese Möglichkeiten erläutern.

Eine Neuwicklung erlaubt den Einsatz heutiger Isolationswerkstoffe (Kunstharz) in angepasster Technik (Vakuumimprägnierung). Dank diesen Materialien kann der Isolationsauftrag dünner ausgeführt werden als beispielsweise bei einer Asphaltisolation. Neben der dadurch in kleinem Mass möglichen Vergrösserung des Kupferquerschnittes wirkt sich die wegen der geringeren Wandstärke der Isolation verbesserte Wärmeleitung günstig auf die Wicklungstemperatur und damit auch auf die Lebensdauer aus (Bild 3).

In gewissen Fällen wird es möglich sein, trotz vorgegebener Nutanordnung im ursprünglichen Blechplaket den Wickelschritt einer Zweischichtwicklung so zu wählen, dass die oberwellenabhängigen Polschuhoberflächenverluste reduziert werden.

Wenn immer aus Platzgründen möglich, sollte bei Neuwicklungen von Maschinen >30 MVA die Nutverkeilung mit Doppelschrägkeilen ausgeführt werden (Bild 4).

Für die Wickelkopfabstützung steht die heutige, vielfach bewährte Technik mit harzgefüllten Glasfaserkordeln zur Verfügung (Bild 5).

Lässt sich aus den vorerwähnten Messungen des Isolationszustandes im Statorblechpaket erkennen, dass eine vollständige Erneuerung dieses Bestandteiles unvermeidlich ist, so bietet sich mit dieser Erneuerung gleichzeitig die Möglichkeit einiger Verbesserungen an.

Mit dem Ersatz der ursprünglichen Papierisolation der Blechsegmente durch Lackisolation erhöht sich der Füllfaktor. Die Verwendung von Blechen besserer magnetischer Eigenschaften (z.B. 1,1 oder 1,3 W/kg bei 1 Tesla gegenüber früher 2,3 W/kg) reduziert die Eisenverluste. Der neu auszulegende Blechschnitt erlaubt ferner die Wahl einer hinsichtlich der Verluste günstigeren Wicklung.

Konstruktiv bietet sich beim Austausch des alten Blechpaketes grösserer Maschinen die Möglichkeit, das Paket mittels Zugbolzen durch den Blechrücken zu pressen (Bild 6). Diese vorgespannten Zugbolzen bewirken in Verbindung mit Tellerfedern eine während der Lebensdauer ausreichende Pressung des Blechpaketes. Der Federweg ist so dimensioniert, dass auch nach dem unter Temperatur und Vibration stattgehabten Setzvorgang des Paketes (zwischen 1 und 3‰) noch eine Blechpressung von 60 bis 80 N/cm² herrscht.

Durch diese Art der Pressung ist ausserdem gewährleistet, dass der aufgebrachte Pressdruck vollständig auf das Blechpaket wirkt und nicht, wie bei manchen früheren Anordnungen, in undefinierter Aufteilung auch auf das Gehäuse drückt.

Die formschlüssige Verbindung des Statorblechpaketes über Doppelschwalbenschwanzkeile und Einschweisslaschen ist bei einem neuen Blechpaket in alten Gehäusen ebenfalls möglich (Bild 7). Durch diese Anordnung wird eine in Umfangsrichtung starre Verbindung zwischen Blechpaket und Gehäuse mit definierter Kraftübertragung bewirkt.

In axialer Richtung dagegen kann sich das Blechpaket unter Betriebstemperatur ohne Aufbau mechanischer Spannungen frei dehnen.

Die Zahnform des neu zu gestaltenden Blechsegmentes wird so ausgebildet, dass eine Verkeilung mit Doppelschrägkeilen in jedem Fall möglich ist. Diese Keilausbildung vereinigt den Vorteil einfacher Nachverkeilbarkeit mit dem Vorteil der Schonung des Blechpaketes während der Verkeilung, weil kein Gleiten des Keiles längs der Keilnut auftritt.

Schlecht beraten ist ein Anwender, welcher versucht, die alten Segmente seines Blechpaketes durch Reinigen und Nachisolieren wieder verwendbar zu machen. Neben den hohen Kosten für diesen Vorgang, welche keinen grossen Unterschied gegenüber den Kosten für ein neues Blechpaket aufweisen, begibt sich dieser Anwender jeglicher Möglichkeit für die Einführung neuer Techniken.

Die Polspulenisolation von Wasserkraftgeneratoren in Schenkelpolausführung unterliegt im Betrieb thermischen, mechanischen und elektrischen Belastungen, die zur Alte-

Bild 6. Pressung des Statorblechpaketes mit vorgespannten Bolzen.

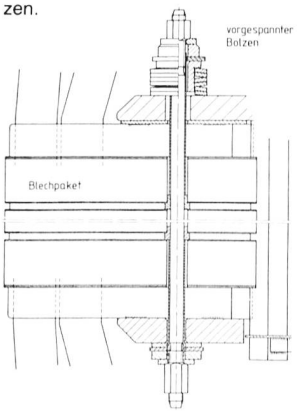
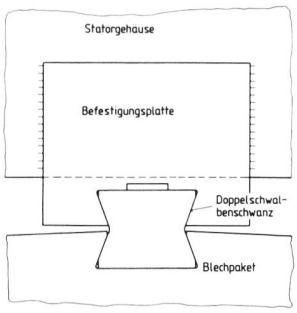
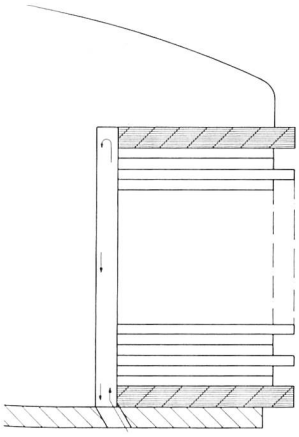


Bild 7. Verbindung von Blechpaket zu Gehäuse.





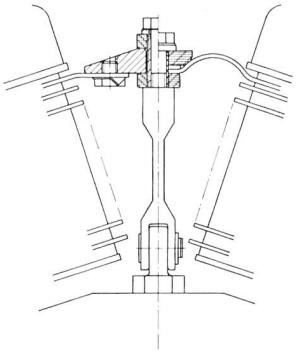


Bild 9. Polverbindung in alter (links) und neuer (rechts) Ausführung.

Bild 8. Hinterlüftung der Polspule (Thermosiphon-Kühlung).

rung beitragen. Daraus resultierende Windungsschlüsse können sich durch erhöhte Rotorvibrationen bemerkbar machen. Eindeutigere Erkennung solcher Windungsschlüsse ist möglich durch die erwähnte Diagnosemessung mittels Stossspannung.

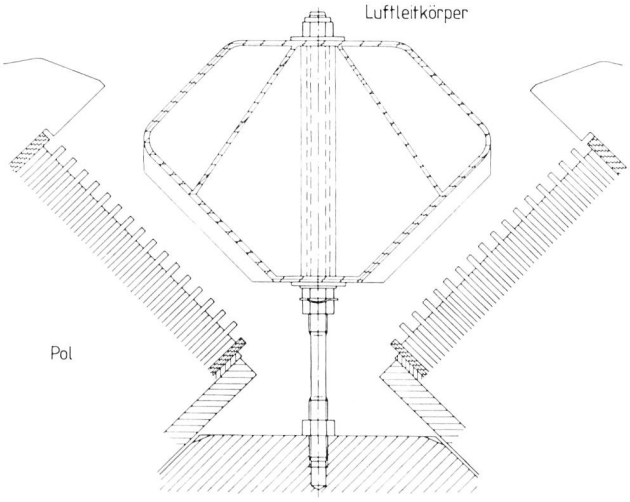
Zeigen diese Messungen einen Massnahmen fordernden, schlechten Zustand der Isolation, so bieten sich die Möglichkeiten einer Neuisolation der alten Spulen oder einer Erneuerung der Spulen. Der Entscheid hierfür basiert wiederum auf wirtschaftlichen Überlegungen, wobei der Gesichtspunkt kürzerer Betriebsunterbrechung bei der Verwendung von neuen Spulen ausschlaggebend sein kann.

Bei neuen Polspulen bietet sich die Möglichkeit, neben der Verwendung heutiger Isolationsmaterialien (Nomex statt Asbest, Pressspan oder Papier) durch eine geeignete Distanzierung der Spule zum Polkörper eine Hinterlüftung der Spule durch die sogenannte Thermo-Siphon-Wirkung zu erreichen (Bild 8). Je nach Dimension der Pole kann dadurch die Temperatur der Polspule bis zu 10°K gesenkt werden.

Ausserdem können Anschlüsse und Verbindungen auf einen der heutigen Technik entsprechenden Stand gebracht werden (Bild 9). Dabei sei unter anderem an pressgeschweisste oder elektronenstrahlgeschweisste, elastische Lamellenpakete gedacht, welche bei geeigneter Abstützung und Führung fliehkraftbedingte Verformungen und thermisch bedingte Verlagerungen über lange Zeit schadlos aufzunehmen vermögen.

Zeigt sich bei der Demontage alter Polspulen durch Verfärbung des Kupfers oder der Isolation, dass die Betriebstemperatur örtlich zu hoch liegt (hot spots), so ist die Kühlung der Maschine und insbesondere der Polspulen zu überprüfen und, wenn nötig, durch konstruktive Massnahmen zu verbessern. Dies trifft vorwiegend auf niedrigpolige Rotoren zu, bei welchen das Verhältnis von gut gekühlter Stirnlänge zu weniger gut gekühlter Pollänge der Spule eine den Normen entsprechende Durchschnittstemperatur ermöglicht, auch wenn die Temperatur am «hot-spot» in der Mittenzone der Pollänge diese zulässige Temperatur übersteigt. Für solche Fälle bietet sich nach genauer rechnerischer Überprüfung des gesamten Kühlungsnetzes eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit und damit eine Verbesserung der Wärmeabfuhr durch Luftleitvorrichtungen an (Bild 10).

Bild 10. Luftleitvorrichtung in der Pollücke.



Die Flansche von horizontalen Generatorrotoren, welche zur Aufnahme der Peltonräder dienen, unterliegen im Betrieb verschiedenen Belastungen, wobei der Hauptanteil vom drehfrequenten Biegemoment herrührt.

Diese Flansche sind nach Norm so dimensioniert, dass ihre Biegewechselfestigkeit grösser ist als die auftretende Biegebelastung.

Bei formschlüssigen Kupplungen mit einem Querkeil kann jedoch unter dem Einfluss scharfkantig ausgebildeter Keilbahnen mit erhöhtem Kerbfaktor und unter Zutritt von korrosionsfördernder Feuchtigkeit das Material an Festigkeit verlieren. Es kommt zu Rissbildungen und schlimmstenfalls zu Bruch der Kupplung.

Hier ermöglicht das Anschweissen eines Wellenstummels mit eventuell verstärkter Kupplungsscheibe eine Verlängerung der Maschinenlebensdauer. Sinnvollerweise soll dabei die formschlüssige Kupplung durch eine reibschlüssige Kupplung ohne Keilbahn ersetzt werden. Dies wird in vielen Fällen durch Vergrössern der Kupplungsfläche und durch Verwendung spezieller Spannschrauben mit klar definierter Vorspannung möglich sein.

4. Zusammenfassung

Die Lebensdauer von Wasserkraftgeneratoren kann durch Austausch von Komponenten verlängert werden.

Davon wird Gebrauch gemacht, wenn eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit dem Komponentenaustausch den Vorzug gegenüber der Installation einer neuen Maschine gibt.

Jeder Austauschmassnahme gehen Diagnosemessungen zur Zustandserkennung voraus. Aus den Ergebnissen dieser Messungen werden Massnahmen abgeleitet, welche rechtzeitig geplant und zwischen Hersteller und Kunde sorgsam besprochen sein müssen.

Da beim Austausch von Komponenten die Möglichkeit besteht, neue Techniken anzuwenden, wird der Betreiber nach der Austauschaktion eine nahezu neuwertige Maschine mit entsprechend langer Zweitlebensdauer besitzen.

Adresse des Verfassers: Dr. Ing. *Friedrich Mez*, Chef der Abteilung «Technik grosse elektrische Spezialmaschinen», BBC Aktiengesellschaft Brown Boveri & Cie., CH-5242 Birr.