Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 107 (2016)
Heft: 2

Artikel: Pumpspeicherkraftwerk für Liechtenstein
Autor: Marxer, Gerald
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857091

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

Pumpspeicherkraftwerk für Liechtenstein

Umbau des Kraftwerks Samina

Die Liechtensteinischen Kraftwerke erneuerten zwischen 2010 und 2015 das Kraftwerk Samina, das Ende der 1940er-Jahre erstellt wurde. Die Anlage ist das grösste Wasserkraftwerk Liechtensteins mit einer durchschnittlichen Jahresproduktion von 50 GWh – rund 12% des aktuellen Landesabsatzes Liechtensteins. Mit der Erneuerung wurde auch eine Erweiterung zu einem Pumpspeicherkraftwerk realisiert. Dafür wurde ein Unterwasserspeicher mit einem Nutzvolumen von rund 40 000 m³ im Fels erstellt.

Gerald Marxer

Liechtenstein ist über vier Leitungen an das Schweizer Übertragungsnetz und über eine Verbundleitung ans Übertragungsnetz in Österreich angeschlossen.

Die Liechtensteinischen Kraftwerke, LKW, bauen, betreiben und unterhalten die Stromnetze in Liechtenstein, versorgen nahezu alle privaten, gewerblichen und industriellen Kunden in Liechtenstein und beliefern auch einige Grosskunden in der Schweiz. Rund 80% der Energiemenge wird an den europäischen Märkten beschafft. 20% der Absatzmenge wird in zwölf eigenen inländischen und einem ausländischen Wasserkraftwerk produziert. Hinzu kommen LKW-eigene Solaranlagen.

Zunehmend relevant wird die Produktion aus privaten PV-Anlagen, deren Erstellung seit 2008 durch Staat und Gemeinden mit Investitionszuschüssen und Einspeisevergütungen gefördert wird. Die Produktion aus PV-Anlagen erreichte mit 15,55 GWh im Jahr 2014 bereits 4,0% des gesamten Jahresabsatzes in Liechtenstein. Die installierte DC-Leistung betrug per Ende 2014 in 1343 Anlagen bereits rund 18 MW.

Erneuerung und Erweiterung des Wasserkraftwerks

Das Kraftwerk Samina wurde in den Jahren 1947 bis 1949 erstellt und versorgte bis in die 1960er-Jahre das ganze Land Liechtenstein mit elektrischer Energie.

Im Jahr 2004 wurde der Zustand der Druckleitung des Kraftwerks Samina überprüft. Dabei zeigte sich, dass der innere Korrosionsschutz nahezu völlig abgetragen war. Zudem ergab eine Materialprüfung, dass der verwendete Stahl mit den Jahren versprödet ist. Die dadurch fehlende Duktilität stellte zwar keine unmittelbare Gefahr für einen Leitungsbruch dar, dennoch musste mittelfristig gehandelt werden. Im Gebiet der Maschinenzentrale, welches seit den 1950er-Jahren dicht überbaut wurde, waren Lärmgrenzwerte einzuhalten, die mit Anpassungen an der bestehenden Bausubstanz nicht erfüllbar waren. Zudem zeigte die installierte Elektromechanik Alterungserscheinungen, welche zu einem erhöhten Unterhaltsaufwand führten. All diese Umstände veranlassten die Verantwortlichen der LKW, die Zukunft der Anlage zu überdenken.

Seit dem letzten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts wurde das Kraftwerk Samina immer mehr zu einem Spitzenproduktionskraftwerk. Die Mitarbeiter der LKW erstellen jeden Tag eine Prognose für den Landesverbrauch des Folgetages. Zur Vermeidung von teurer Ausgleichsenergie wurde das Kraftwerk Samina zwecks lokaler Leistungsbereitstellung immer wichtiger. Der Ausregelung der Landeslast waren aber enge Grenzen gesetzt, da nur die Produktion, nicht aber der Verbrauch, gesteuert werden konnte. Entsprechend konnte das Kraftwerk Samina und teilweise auch die anderen Wasserkraftwerke nicht optimal ausgelastet werden.

2006 bis 2008, als die Entscheidungen für die Neuausrichtung des Kraftwerks Samina getroffen wurden, war die Differenz zwischen Peak- und Off-Peak-Preisen an den Strombörsen noch signifikant. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Pumpspeicherung konnte von einem Spread von rund 40 €/MWh ausgegangen werden. Da bei der Erneuerung des Kraftwerks Samina verschiedene Anlagenteile für den Turbinenbetrieb ersetzt werden mussten (Druckleitung, Maschinenhaus) und verschiedene Anlagenteile ohne grossen Aufwand weiterverwendet werden konnten (Stausee, Druckstollen usw.), fielen für eine Erweiterung zur Pump-

Demontagearbeiten im alten Kraftwerk.

Einbau der neuen Druckleitung in den fast 2 km langen Stollen.

speicherung lediglich die Mehrkosten für die Erstellung eines Unterwasserbeckens und die Elektromechanik für den Pumpbetrieb an. Die Berechnungen zeigten, dass neben der glättenden (positiven/negativen) Leistungsbereitstellung mit dem Unterschied von Peak zu Off-Peak in relativ kurzer Zeit eine Rendite erzielt werden konnte. Entsprechend fällten die Verantwortlichen der LKW den Entscheid, die Mehrkosten für die Erweiterung zu einer Pumpspeicherung auf sich zu nehmen. 2012 wurde das Unterwasserbecken in Form einer Kaverne im Schlossfelsen hinter der projektierten Zentrale in Angriff genommen.

Wirtschaftliche Aspekte

Wie hinlänglich bekannt, haben sich sowohl die absoluten Strompreise als auch der Spread Peak/Off-Peak in den letzten Jahren völlig anders entwickelt, als alle Experten vorhergesagt haben. Die Wirtschaftskrise 2008/2009, der massive Zubau von erneuerbaren Energien in Deutschland und auch im Rest von Europa zeichnen im Jahr 2015 ein völlig anderes Bild. Die Differenzen zwischen Tag- und Nachtstrom sind nahezu verschwunden (Spread Peak/Off-Peak bei rund 10 €/MWh) und die Strompreise an der Börse ändern oft schnell je nach Vorhandensein von Wind und Sonne. Eine Wirtschaftlichkeit ausschliesslich aus der Differenz von billigem Nachtstrom zu teurem Spitzenstrom am Tag ist heute nicht mehr gegeben. Wie rechnet sich demzufolge das Pumpspeicherkraftwerk für die LKW heute?

Die aufgezeigten Entwicklungen durch den massiven Zubau von erneuerbaren Energien und insbesondere Photovoltaik verstärken grundsätzlich die Preisvolatilität. Diese bewegt sich wegen der nicht marktkonformen Fördermechanismen allerdings aktuell noch auf einem tieferen Niveau, als dies in Zukunft erwartet werden kann.

Aktuell stehen fünf wesentliche Vorteile der Pumpspeicherung für die LKW im Vordergrund.

- Mit der (positiven / negativen) Leistungsbereitstellung, welche das Pumpspeicherkraftwerk der LKW in einem im Vergleich zu früher erheblich grösseren Rahmen erlaubt, wird die Beschaffung von teurer Ausgleichsenergie künftig noch günstiger.
- Der Ausbau der Photovoltaik wird in Liechtenstein aufgrund der Neuauflage des Energieeffizienzgesetzes und der Preisentwicklung weitergehen. Bereits heute erreicht die installierte Leistung von 18 MW rund 77 % der minimalen Landeslast von 23,5 MW an einem sonnigen Sommersonntag. Es ist somit anzunehmen, dass in wenigen Jahren zeitweise mehr PV-Strom erzeugt als gleichzeitig im Land verbraucht werden wird. Will man den Export dieser Energie (mit entsprechendem Preisabschlag) vermeiden, braucht es also kostengünstige Zwischenspeicherungsmöglichkeiten. Die dezentrale Batteriespeicherung wird sicher noch viele Jahre signifikant teurer sein als die Zwischenspeicherung in einem Pumpspeicherkraftwerk.
- Die Kosten für die Anbindung ans Übertragungsnetz in der Schweiz machen in Liechtenstein einen hohen Anteil an den Netznutzungskosten aus. Diese werden im Wesentlichen durch die Maximallast bestimmt, die bereitgestellt werden muss. Mit einer Optimierung des Turbinen- und Pumpbetriebs wird es möglich sein, die Leistungsspitzen zu brechen und dadurch die Kosten signifikant zu reduzieren.
- Die zur Verfügungstellung von tertiärer Regelenergie wird vermehrt auch für kleinere Anlagen interessant werden. Einerseits kann die Turbinenleistung kurzfristig zur Produktion, andererseits kann die Pumpenleistung auch als kurzzeitig zuschaltbare Last angeboten werden.

Druckleitungsverlegung am Hang.

Bilder: LKW

Ausbau der Kaverne.

- Durch die separaten Turbinen/Generatoren- und Motoren/Pumpengruppen kann innerhalb von wenigen Minuten der Turbinenbetrieb (2x7,5 MVA) auf Pumpbetrieb (2x5,4 MVA) umgestellt werden. Damit wird es möglich sein, sehr schnell auf Preisschwankungen am Markt zu reagieren und so z.B. die immer wieder auftretenden «Null»-preise für den Pumpbetrieb zu nutzen.

Obwohl sich auch grosse Pumpspeicherkraftwerke heute ihre Wirtschaftlichkeit erkämpfen müssen, ist der Wert der Pumpspeicherung bei Experten unbestritten. Sobald die verzerrenden Fördermodelle, welche der angebotenen Energie wenig bis keine Auflagen in Bezug auf den Lieferzeitpunkt und zur Saison (Sommer, Winter) machen, wieder den Marktkräften überlassen werden, wird Flexibilität den entsprechenden Preis erhalten.

Technische Aspekte

Die beiden Peltonturbinengruppen sind neben dem regulären auch auf einen Inselbetrieb ausgelegt, um bei einem Blackout und einer vollständigen Trennung von den internationalen Übertragungsleitungen die Stromversorgung in Liechtenstein für einen Notbetrieb getrennt hochfahren zu können. Dies kann zu sehr schnellen Lastwechseln führen, weshalb man sich für Strahlabschneider anstatt Strahlablenker entschieden hat. Dadurch können unzulässige Druckstösse im Betriebswassersystem vermieden werden. Das Laufrad der Turbine ist direkt auf der Welle des Generators verbaut. Entsprechend werden nur zwei Generatorenlager benötigt, welche als Gleitlager mit Ölkühlung und Hochdruckentlastung konzipiert wurden Die Generatoren können über die Schaltanlage direkt mit dem Mittelspannungsnetz Liechtensteins (10,3 kV) synchronisiert werden. Die Abwärme des Generators und seiner Nebenaggregate wird im geschlossenen Kühlkreislauf ins Unterwasser der Turbinen abgegeben.

Um die Förderhöhe von 840 m im Pumpbetrieb zu erreichen, werden pro Pumpenstrang zwei Pumpen eingesetzt. Als Vorpumpe («Boosterpumpe») wird eine vertikale 400-kW-Turbinenpumpe mit 16 m langem Steigrohr und einer Förderhöhe von 56 m verwendet. Angetrieben wird diese Pumpe mit einem wassermantelgekühlten Drehstrom-Asynchronmotor. Anschliessend erfolgt die weitere Druckerhöhung über eine axial mittengeteilte dreistufige Pumpe, welche von einem 5-MW-Mittelspannungsasynchronmotor angetrieben wird. Gestartet werden die Pumpeinheiten über Frequenzumrichter, da ein direkter Start am Netz aufgrund hoher Anlaufströme nur mit unzulässigen Netzspannungseinbrüchen möglich wäre.

Für die Vorpumpenmotoren kommen je ein Standardumformer und Netzfilter zum Einsatz. Für die Hauptpumpenantriebe ist ein Mittelspannungsfrequenzumrichter im Einsatz. Wurde eine Pumpeinheit gestartet, wird der Antriebsmotor stossfrei an das 6,7-kV-Netz angeschaltet, sodass der Frequenzumrichter zum Starten der zweiten Pumpeinheit zur Verfügung steht. Zudem ist es mit dem Frequenzumrichter möglich, im Leistungsband von 4 bis 6 MW Regelbetrieb mit einer Pumpe zu fahren.

Abwärmenutzung

Die Zentrale des Kraftwerks Samina steht in einem zwischenzeitlich dicht bebauten Gebiet, was speziell für den Schallschutz grosse Anforderungen an das Bauwerk stellte. In unmittelbarer Nähe werden aktuell drei Mehrfamilienhäuser realisiert. Mit deren Bauherrschaft war man sich schnell einig, dass mit der Abwärmenutzung aus der Maschinenzentrale und einem kleinen lokalen Fernwärmenetz eine kostengünstige Wärmeversorgung realisiert werden kann. In einem ersten Schritt können ab 2016 die drei Gebäude zuverlässig mit 117 kW Wärme versorgt werden. Ein weiterer Ausbau auf bis zu 200 kW ist denkbar.

Autor

Gerald Marxer, Vorsitzender der Geschäftsleitung.
LKW, LI-9494 Schaan, gerald.marxer@lkw.li

Résumé

Une centrale de pompage-turbinage pour le Liechtenstein

Transformation de la centrale de la Samina

Les Liechtensteinische Kraftwerke ont rénové entre 2010 et 2015 la centrale de la Samina qui a été construite à la fin des années 1940. Cette installation est la plus grande centrale hydroélectrique du Liechtenstein avec une production moyenne de 50 GWh, soit environ 12 % de la consommation actuelle du pays. La rénovation a également permis de réaliser une extension de l'équipement pour transformer celui-ci en une centrale de pompage-turbinage. Pour ce faire, un réservoir immergé d'un volume utile d'environ 40 000 m³ a été construit dans la roche. Les deux groupes de turbines Pelton ont été dimensionnés pour un fonctionnement à la fois régulier et en îlotage afin de pouvoir fournir indépendamment l'alimentation électrique du Liechtenstein en cas d'urgence si une panne générale et une coupure totale des lignes de transport internationales devaient se produire. Par ailleurs, la chaleur rejetée par la salle des machines peut être utilisée au sein d'un réseau local de chauffage urbain de petite taille.

No