

HYBRIDKRAFTWERK – KONZEPT, WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE UND DRUCKSTOSSBERECHNUNG

Helmut JABERG¹, Helmut BENIGNI¹

Inhalt

In isolierten Netzen sind in Anbetracht der großen Tag-Nacht-Unterschiede der Netzbelastung Speichermöglichkeiten unabdingbar, die es erlauben, diese Unterschiede auszugleichen. Die einzige aktuell verfügbare Möglichkeit großtechnisch Strom zu speichern, ist die Pumpspeichertechnologie. Für die Einbindung eines Windturbinenparks in das Netz wird daher der Einsatz einer Pumpspeicheranlage untersucht, die in der Kombination aus Wind- und Wasserkraftanlagen als Hybrid-Kraftwerk bezeichnet wird. Die Windkraft findet insofern Eingang, als die zeitlichen Schwankungen der Windstärke und somit der Erzeugung von Windenergie der Größe und ihrer zeitlichen Schwankung – obwohl nicht vorhersagbar – analysiert wird und zwar im 24-Stunden-Rhythmus und für alle 12 Jahresmonate. Die Leistungsfähigkeit der Pumpspeicheranlage wird so bemessen werden, dass sie bei allen denkbaren günstigen wie ungünstigen Windverhältnissen das geforderte Leistungs- und Energiedarbot sichert – und gleichzeitig möglichst profitabel arbeitet. Das Kraftwerk selbst wird in ein isoliertes kleineres Netz auf einer Insel integriert. Für die Auswahl eines geeigneten Maschinenkonzeptes zur Erfüllung der Lizenzaufgaben ist die detaillierte Analyse der Wind- und Netzsituation notwendig. Für die Analyse der Windsituation wurden die gesammelten Daten eines benachbarten, etwa 20 km entfernten Windparks analysiert, so dass in diesem Fall außergewöhnlich zuverlässige, gemessene Winddaten verfügbar sind. Der Mittelwert der Windleistung beläuft sich ziemlich genau auf die Hälfte der nominalen installierten Leistung der Windturbinen. Der Mittelwert der 10 schwächsten Tage beträgt lediglich 6 %! Für die verschiedenen Betriebsszenarien wurden Annahmen getroffen, um die Lizenzaufgaben einzuhalten: Die höchstmögliche Einspeisung in das Netz, die dem Regelzonenführer zu garantierende Leistung zu Spitzenzeiten, das Wasserniveau im Oberwasser am Ende des Tages wie am Beginn, die Pumpenergie wird vorrangig in der Nacht bei minimaler Netzbelastung bezogen. Für die Netzbelastung wurde ein Mittelwert für jeden der zwölf Jahresmonate gebildet. In der Folge wurde für jeden Monat die Annahme getroffen, dass der Regelzonenführer die Leistung in zwei Intervallen zu 5 und 3 Stunden abrufen. Werden die schwächsten Windleistungen ausgewertet, ergibt sich ein hoher Pumpbedarf, der mit maximaler Pumpleistung in der Nacht erfolgen muss, selbstverständlich bei maximal möglicher Ausnutzung der selbsterzeugten Windkraft. Der hohe Pumpbedarf resultiert aus dem Umstand, dass wegen der Schwachwindphase sehr viel turbinieren muss, um die Stromproduktion laut Lizenzaufgabe zu erfüllen, was wiederum viel Wasser verbraucht, das zuvor gepumpt wird. Aus diesem Grund ist in dieser Schwachwindsituation ein hoher Zukauf teurer Netzenergie nötig. Auf Basis aller Szenarien wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung gestartet, die erfreulicherweise positiv ausfällt.

Neben der kompletten Maschinenplanung für den Pumpspeicherteil dieses Hybrid-Kraftwerks wurde auch eine Druckstoßberechnung durchgeführt, und das transiente Verhalten der Kraftwerksanlage bei Betriebs- aber auch Ausnahmefällen untersucht sowie die Notwendigkeit einer Druckstoßsicherung, z.B. durch ein Wasserschloss oder Windkessel analysiert. Um die Kosten in Grenzen zu halten, muss der Planer versuchen, durch günstige Anlagenkonzeption diese aufwändigen Druckstoßsicherungen zu vermeiden – natürlich ohne jegliches Zugeständnis an die Betriebssicherheit, was sich in diesem Fall als statthaft erwies. Bereits bei diesem vergleichsweise kleinen Kraftwerk müssen Dutzende von Betriebs- und Ausnahmefälle berechnet werden, erst recht wenn wie hier im Rahmen der Kraftwerkskonzeption Größe und Anzahl der Pumpen und der Leitungen noch variiert werden. Hinsichtlich Kavitation wird als kritischster Lastfall der Lastabwurf der Pumpen gefunden. Das Anfahrverhalten der Pumpen und Turbinen sowie die verschiedenen Kombinationen von hydraulischem Kurzschluss können zwar auch unzulässige Belastungen erreichen, jedoch weniger schlimme. Gefährliche Zustände ließen sich leicht vermeiden, wenn mit einem zusätzlichen Trägheitsmoment an den Pumpen die Unterdruckzone vermieden wird. Auch der Überdruck aus der reflektierten Unterdruckwelle geht dann auf einen niedrigen Wert zurück und erlaubt den Einsatz von GFK-Rohren im oberen und den von Stahlrohren im unteren Abschnitt.

¹ Technische Universität Graz, Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen (HFM), Kopernikusgasse 24/IV, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-7570, helmut.jaberg@tugraz.at, www.hfm.tugraz.at