Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 9

Artikel: SF6-isolierte 245-kV-Kavernenschaltanlage für das Umwälzwerk Oberaar-Grimsel

Autor: Regez, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905246

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: 11.12.2025

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

SF_6-isolierte 245-kV-Kavernenschaltanlage für das Umwälzwerk Oberaar-Grimsel

Von W. Regez

621.316.3:621.311.17;

1. Allgemeines

Der anhaltend steigende Bedarf an elektrischer Energie, vor allem in Spitzen- und Starklastzeiten, sowie die Forderung nach besserer Verwertung von anfallender Überschussenergie in Schwachlast- und Wochenendzeiten veranlassten die Kraftwerke Oberhasli AG zur Realisierung des Umwälzwerkes (Pumpspeicherwerk) Oberaar-Grimsel. Dieses Werk ermöglicht es, in Schwachlastzeiten mit überschüssiger Energie Wasser vom Grimselsee in den Oberaarsee zu pumpen, um es bei Bedarf in umgekehrter Richtung in hochwertige Spitzenenergie zu verwandeln. Zudem eignen sich Anlagen dieser Art auch zur Deckung des Energiebedarfs bei einem momentanen Ausfall anderer Kraftwerke.

Das Projekt sieht im Vollausbau des Umwälzwerkes in zwei parallelen Zentralen eine Turbinen-Nennleistung von 600 MW bzw. eine Pumpen-Nennleistung von total 664 MW vor. Die in der ersten Ausbaustufe erstellte Kavernenzentrale Grimsel II Ost liegt auf der Südseite des Grimselsees im Berginnern und ist durch einen ca. 3 km langen Zugangsstollen, welcher den Grimselsee unterquert, erreichbar (Fig. 1). In dieser Zentrale arbeiten vier horizontalachsige Maschinengruppen, bestehend aus einer einstufigen, einflutigen Pumpe, einer Francisturbine und einem Synchron-Motor-Generator in Blockschaltung mit je einem 100-MVA-Maschinentransformator.

Für die Einspeisung und Ableitung der Energie der Zentrale Grimsel II Ost und der im Zweitausbau geplanten Zentrale Grimsel II West sowie der bestehenden Zentrale Grimsel I wurde eine neue 245-kV-Übertragungsanlage Grimsel–Innertkirchen erstellt. Der Anschluss der genannten Zentralen an diese Übertragungsanlage bedingte eine 245-kV-Schaltanlage im Raume Gerstenegg–Grimsel. Die dort herrschenden klimatischen und topographischen Verhältnisse erforderten die Unterbringung derselben im Berginnern. Als optimale Standortlösung erwies sich eine separate Kaverne unmittelbar bei der Verzweigung des Zugangsstollens zu den Zentralen Grimsel II Ost und West (Zweitausbau). Die Schaltanlage Grimsel II liegt somit bei einer Felsüberdeckung von ca. 80 m direkt unter dem Grimselsee auf einer Höhe von 1760 m ü. M. (Fig. 2).

Die 245-kV-Verbindungen zu den Zentralen und zum Abspannmast der Freileitung Gerstenegg–Handeck–Innertkirchen bestehen aus Einleiter-Ölkabeln mit legiertem Bleimantel, welche in einem separaten Kabel- und Drainagestollen verlegt sind [1].

Für die Unterbringung der Schaltanlage in einer Kaverne kam aus Gründen des Platzbedarfs nur eine Ausführung in metallgekapselter, SF_6-isolierter Bauweise in Frage. Die erste Ausbaustufe der 245-kV-Schaltanlage Grimsel II wurde durch Siemens-Albis AG geliefert und montiert.

2. Erstausbau und Erweiterungsmöglichkeit

In der ersten Ausbaustufe wurde die 245-kV-Schaltanlage in folgendem Umfang errichtet (Fig. 3):

4 Kabelfelder für die Einspeisung von den Maschinengruppen der neuen Zentrale Grimsel II Ost
1 Kabelfeld für die Einspeisung von der Zentrale Grimsel I
2 Kabelfelder für die Kabelverbindung zum Abspannmast der Freileitung nach Innertkirchen

Entsprechend den betrieblichen Erfordernissen im Vollausbau des Umwälzwerkes ist die Schaltanlage mit Doppelsammelschienen ausgeführt. Die Schaltanlagen-Kaverne ist so bemessen, dass die 245-kV-Anlage beim Ausbau der geplanten Zentrale Grimsel II West um 4 Kabelfelder für die Einspeisung

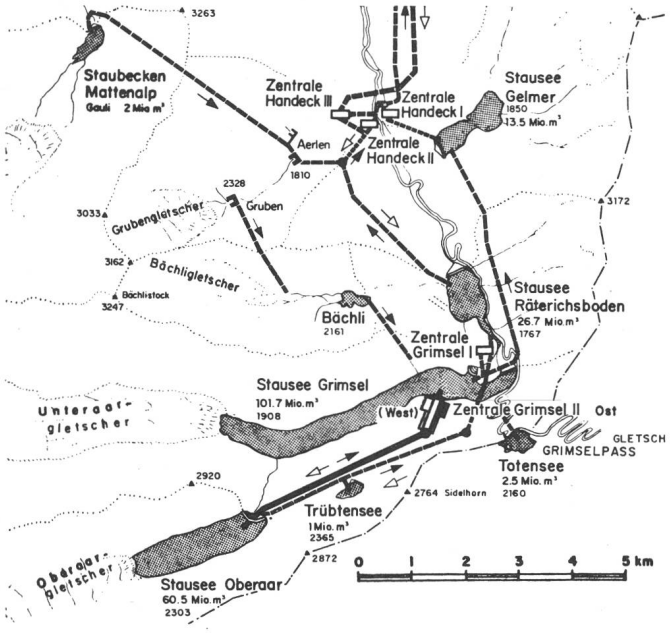

Fig. 1 Ausschnitt aus der Situation der Kraftwerke Oberhasli AG

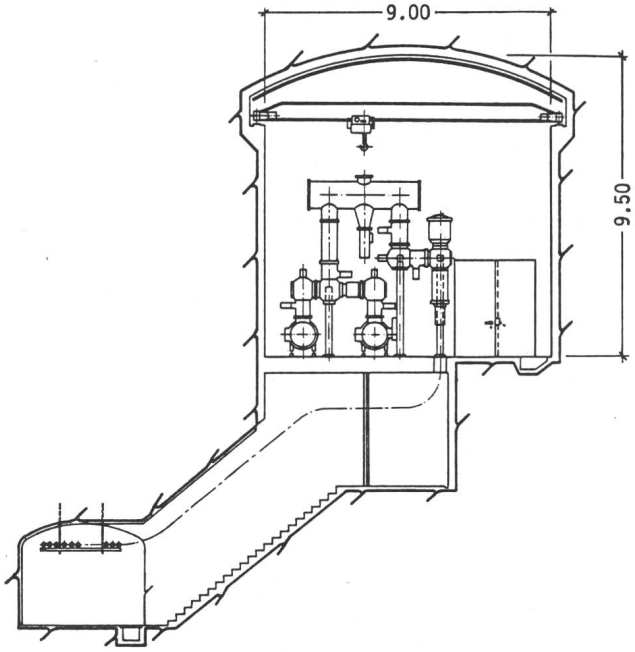

Fig. 2 Schnitt durch die Kaverne unter dem Grimselsee

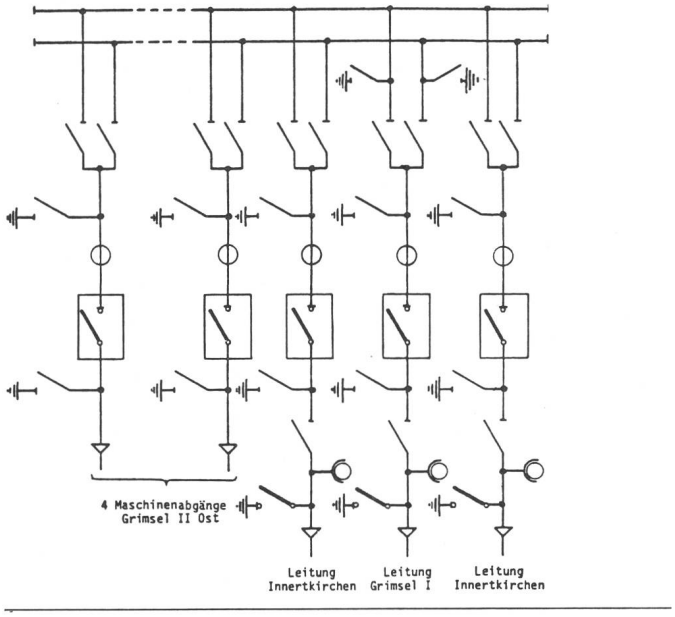

Fig. 3 Primärschema der 245-kV-Schaltanlage

von den Maschinengruppen und um eine erst dann erforderliche Querkupplung erweitert werden kann.

Bei der Ausführung der Kaverne wurde ausserdem berücksichtigt, dass an die beiden Kabelfelder für die Leitungen nach Innertkirchen gegebenenfalls nachträglich SF_6-isolierte Überspannungsableiter angebaut werden können. Die konventionellen Ableiter am Übergang Freileitung–Kabel sollten jedoch aufgrund von rechnerischen Untersuchungen und statistischen Erfahrungsunterlagen die SF_6-Anlage und die Transformatoren der Zentralen Grimsel I und II genügend schützen.

3. Kenndaten der 245-kV-Schaltanlage

Die wichtigsten technischen Daten der Schaltanlage sind:

Nennspannung	245 kV
Max. Betriebsspannung	255 kV
Nennfrequenz	50 Hz
Nennstrom: Sammelschienen	2 500 A
Schaltfelder	1 600 A
Prüfwechselspannung 50 Hz 1 min	
gegen Erde	460 kV
über offener Trennstrecke	620 kV
Stosshaltespannung 1,2/50 µs	
gegen Erde	1 050 kV_{sw}
über offener Trennstrecke	1 210 kV_{sw}
Dauerkurzschlußstrom 1 s	40 kA
Stosskurzschlußstrom	100 kA_{sw}
Nennausschaltstrom des Leistungsschalters	40 kA
Gasdrücke: Schalter	6,5 bar
übrige Anlage	3,2 bar
Abmessungen	
Gesamtlänge der Anlage (Erstausbau)	21 980 mm
Feldbreite, Feldteilung	3 000 mm
Feldtiefe	5 276 mm
Höhe bis Oberkante Leistungsschalter	5 405 mm

4. Die SF_6-isolierte 245-kV-Schaltanlage

Im folgenden wird auf den konstruktiven Aufbau und die technischen Merkmale [2] der 245-kV-Schaltanlage (Fig. 4) kurz eingegangen.

Feldaufbau:

Die dreipolig gekapselten Sammelschienen bilden die Basis für die Baugruppen des Schaltfeldes. Dieses ist in einpoliger Kapselung auf die Sammelschienen aufgebaut. Schwerpunkt des Schaltfeldes ist der Leistungsschalter. Die waagerechte Anordnung und das Freihalten der Stirnseiten von anderen Baugruppen der Anlage ermöglichen einen bequemen Zugang zu den Kontakten und Schaltkammern von beiden Seiten. Sammelschienen- und Leitungstrenner sind einheitlich als Winkeltrenner ausgeführt. Auf beiden Seiten des Leistungsschalters sind Arbeitserdungstrenner eingebaut. Der Kabelerdungstrenner ist als einschaltfester Schnellerder für 100 kA Stoßstrom ausgeführt und nach den Vorschriften der Eidg. Starkstromverordnung mit Sichtfenstern ausgestattet. Die Stromwandler sind zwischen Sammelschienentrenner und Leistungsschalter und die Spannungswandler am Kabelanschluss angeordnet. In das Schaltfeld 6 sind zusätzlich die Sammelschienenerdungstrenner einbezogen.

4.1 Leistungsschalter

Der Leistungsschalter ist als SF_6-Blaskolben-Eindruckschalter mit zwei Unterbrechereinheiten ausgeführt [4]. Der für die Lichtbogenlöschung erforderliche Löschmitteldruck wird während der Ausschaltbewegung durch die Blaskolbeneinrichtung in der Unterbrechereinheit erzeugt. Das leistungsfähige Doppeldüsensystem der Unterbrechereinheit beherrscht den Ausschaltstrom von 40 kA sicher [5]. Infolge des angewandten Schaltprinzips in Verbindung mit dem elektrohydraulischen Antrieb zeichnet sich der Leistungsschalter durch geräuscharme Arbeitsweise aus [6].

4.2 Trenner

Die Trenner sind mit einheitlichen Strombahn- und Kontaktsystemen ausgeführt. Die Antriebswellen der drei Pole eines Trenners sind durch Kuppelstangen miteinander verbunden und werden von einem Motorantrieb betätigt, der an einem Aussenpol montiert ist. Die Schaltstellung ist an einem mechanisch zwangsläufigen Schaltstellungsanzeiger zu erkennen und wird zudem elektrisch von Hilfsschaltern gemeldet.

4.3 Erdungstrenner

Die Erdungstrenner sind entweder mit einem Trenner in einem Baustein kombiniert oder als Erdungstrenner-Baustein ausgeführt. Die Arbeitserdungstrenner werden von einem

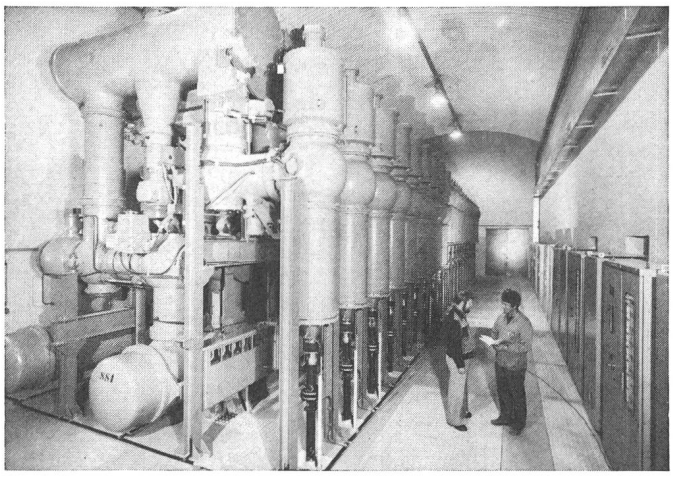

Fig. 4 Die vollgekapselte SF_6-Schaltanlage Grimsel II

Motorantrieb in der gleichen Weise wie die Trenner betätigt. Der einschaltfeste Kabelerdungstrenner (Schnellerder) ist mit einem Motorsprungantrieb ausgerüstet.

4.4 Strom- und Spannungswandler

Die Stromwandler sind als Durchführungswandler mit zwei Ringkernen ausgeführt, wobei der Kern I in der Genauigkeitsklasse 0,5 für Messzwecke und der Kern II in der Klasse 5P20 für Sekundärschutz-Relais verwendet wird.

Für die Spannungsmessung in den Leitungsfeldern sind einpolig isolierte, induktive Spannungswandler angebaut, deren Hochspannungsisolation aus SF_6 besteht.

4.5 Kabelanschluss

Die Strombahn im Kabelanschluss kann so aufgetrennt werden, dass sowohl die Prüfspannung für die Prüfung der Schaltanlage als auch jene für die Prüfung der angeschlossenen Hochspannungskabel eingeführt werden kann.

4.6 Steuereinheit und Gasüberwachungsschrank

Die Steuereinheit enthält alle zu Baugruppen zusammengefassten Geräte für die Überwachung und Steuerung des Hydraulikantriebes und der SF_6-Gasfüllung des Leistungsschalters. Die Baugruppen sind übersichtlich und gut zugänglich in einem Schrank zusammengefasst.

Die Anschlüsse und Handventile zum Füllen, Entleeren, Evakuieren und Messen des SF_6-Gasdruckes und die zur Überwachung der Gasräume des Schaltfeldes vorgesehenen Kontaktmanometer sind im Überwachungsschrank angeordnet.

Die beiden Schränke sind am Schaltfeld angebaut.

4.7 Steuerschrank

Jedem Schaltfeld ist ein Steuerschrank zugeordnet, der im Bedienungsgang an der Wand aufgestellt ist. Er enthält ein zuverlässiges Schaltfehler-Schutzgerät [7] für die Steuerung und Rückmeldung und zur Verhinderung von Fehlschaltungen sowie Messinstrumente und Geräte für Überwachung, Fernsteuerung und Fernmessung.

4.8 Schutzeinrichtungen

Sammelschienenfehler in metallgekapselten SF_6-Schaltanlagen sind zum Glück selten, aber sie können wegen der Energiekonzentration zu grossen Schäden und Betriebsunterbrüchen führen. Daher wurde bei der Auswahl der Schutzeinrichtungen besonderer Wert auf minimale Auslösezeiten, Betriebssicherheit und Selektivität gelegt. Die Schaltanlage Grimsel wird durch den elektronischen Sammelschienenschutz nach dem Stromrichtungsprinzip Typ INX 2 in Kombination mit dem Schalter-Reserveschutz SIX 109b überwacht [8].

5. Aspekte der Sicherheit [3]

Wie Erfahrungen zeigen, sind auch in metallgekapselten Schaltanlagen Störlichtbögen nicht völlig auszuschliessen. Die hochfeste Stahlkapselung widersteht der thermischen Wirkung eines Störlichtbogens mit grosser Sicherheit. Besondere Abschalteinrichtungen oder Kurzschliesser sind deshalb nicht erforderlich.

Die Stahlkapselung bietet in Verbindung mit einem hochwertigen Dichtungssystem ausserdem ein Höchstmass an Gasdichtigkeit (Erfahrungswert für Gasverlust je Gasraum kleiner 0,5 % pro Jahr). Auf diese Merkmale wurde bei der in einer Kaverne aufgestellten Schaltanlage besonderer Wert gelegt.

Die Schaltfelder sind nach betrieblichen Belangen durch gasdichte und lichtbogenfeste Durchführungen in Schotträume aufgeteilt. Ein Störlichtbogen bleibt dadurch auf den betroffenen Gasraum begrenzt. Die einzelnen Schotträume werden durch Kontaktmanometer zentral überwacht. Definierte Überdrucksicherungen in Form von Brechplatten verhindern eine unzulässig hohe Druckbeanspruchung der Gehäuse. Durch Umlenkbleche sind Personen im Bedienungs- und Kontrollgang gegen ausströmende Gase geschützt.

Die Leiter der dreipolig gekapselten Sammelschienen sind von Isoliertraversen und die Strombahnen der einpolig gekapselten Baugruppen von konischen Durchführungen getragen. Traversen und Durchführungen sind mit Rippen ausgeführt. Dadurch ist die Gefahr eines Überschlages durch Montageverschmutzung, die unter Baustellenbedingungen nicht völlig ausgeschlossen werden kann, vermindert.

6. Betriebserfahrungen

Die sehr guten Erfahrungen mit den seit über 11 Jahren in Betrieb befindlichen SF_6-isolierten Schaltanlagen lassen auch für die beschriebene Anlage eine hohe Betriebssicherheit erwarten [9].

Die aussergewöhnliche Gasdichtigkeit und die in jedem Gasraum eingebauten Filter lassen Revisionsintervalle von 10 Jahren für die kleine und 20 Jahre für die grosse Revision zu. Bei den bisher durchgeführten Wartungsarbeiten in anderen Schaltanlagen zeigte sich, dass der Verschleiss von Anlageteilen äusserst gering ist.

7. Prüfungen beim Hersteller

Die Einhaltung aller garantierten Daten der Anlage und die Erfüllung der einschlägigen Vorschriften, Regeln und Empfehlungen wurde mit Typenprüfkontrollen und durch Stückprüfungen bei Abnahmen in den Werken nachgewiesen.

Erwähnenswert sind die über die Vorschriften hinausgehenden Stoßspannungsprüfungen an einem Leistungsschalter und an zwei Baugruppen, die eine mit Sammelschiene und Sammelschienentrennern, die andere mit Stromwandler, Erdungstrenner und Winkelverbindung. Bei dieser Prüfung mit Stossspannung (1050 kV, Welle 1,2/50) wurden 15 Stösse mit posi-

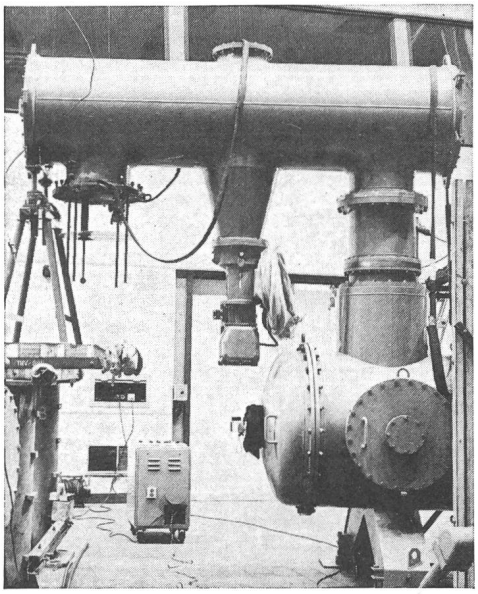

Fig. 5
Prüfaufbau des Leistungsschalters im Werk

tiver und 15 mit negativer Polarität durchgeführt. Im Anschluss daran wurden die Baugruppen einer Wechselspannungsprüfung (460 kV, 50 Hz, 1 min) unterzogen. Fig. 5 zeigt den Prüfaufbau des Leistungsschalters.

Bei den Abnahmen war Gelegenheit zu einer umfassenden Information über werksinterne Prüfungen und Qualitätskontrollen an Einzelteilen und Baugruppen der laufenden Produktion. Diese umfangreichen Prüfungen zum Nachweis der Fertigungsgüte sind Voraussetzung für die hohe Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlage.

8. Transport

Für die Anlieferung wurden, soweit es die Verhältnisse beim Transport und auf der Baustelle zuliessen, die Bauteile der einzelnen Felder zu fertig montierten Baugruppen zusammengesetzt. Die Lieferungen wurden mit 17 Lkw von den Werken über die Grimsel-Paßstrasse und den 2500 m langen Zugangsstollen direkt vor die Schaltanlagenkaverne transportiert. Für die Entladung der Lkw stand der Montagekran der Kaverne zur Verfügung, der in den Zugangsstollen ausgefahren werden kann. Mit Rücksicht auf die begrenzte Lagermöglichkeit in der Schaltanlagenkaverne und um einen rationellen Montageablauf zu ermöglichen, wurde die Lieferung nach einem Transportprogramm in zwei Transportabschnitten im Abstand von einem Monat durchgeführt. Da für den Transport auf der Paßstrasse Polizeibegleitung vorgeschrieben war, wurden Transportkolonnen gebildet.

9. Montage und Prüfungen vor Ort

Beim Zusammenbau der Baugruppen musste erhöhtes Augenmerk auf Verunreinigungen gelegt werden, da das Eindringen von Steinstaub und Dieselabgasen in die Kaverne, verursacht durch Baustellenverkehr im Zugangsstollen, nicht ganz vermieden werden konnte.

Nach dem Zusammenbau der Baugruppen und nach Abschluss der übrigen Montagearbeiten wurden vom Hersteller unter Mitwirkung des Betreibers die üblichen Prüfungen der Steuerung, der Überwachung und Verriegelung sowie Funktions- und Sichtkontrollen durchgeführt. Gleichzeitig wurde nach der Gasfüllung die SF_6-isolierte Anlage folgenden Prüfungen unterzogen:

- Kontrolle der Dichtigkeit der Anlage (Lecksuche)
- Messung des Luftanteils in jedem Gasraum
- Messung der Gasfeuchtigkeit

Im Rahmen der Prüfungen wurde ausserdem die Eintauchtiefe der Trenner- und Erdungstrennerkontakte kontrolliert.

Um mögliche Montagefehler an Elektroden oder Verunreinigungen durch leitende oder nichtleitende Teile, die während des Transportes oder der Montage entstehen können, zu erfassen, wurde die komplett zusammengebaute Anlage einer Hochspannungsprüfung unterzogen. Diese Prüfung am Aufstellungsort wurde ersatzweise mit Gleichspannung durchgeführt, da aus transporttechnischen Gründen keine Wechselspannungsprüfung möglich war. Aus Prinzipversuchen ist jedoch bekannt, dass die Gleichspannung bei geeigneter Spannungshöhe eine gute Aussage über den Zustand der Isolation liefert.

Literatur

[1] *W. Ehrismann:* 220-kV-Ölkabelanlage des Pumpspeicherwerkes Grimsel II der Kraftwerke Oberhasli AG. Kabel –(1979)14, S. 3...10.

[2] *H. Beer* und *W. Olsen:* Metallgekapselte, SF_6-isolierte Schaltanlage 8D.4 für 245/300 kV Nennspannung. Siemens Z. 47(1973)4, S. 247...249.

[3] *W. Olsen* und *F. Rimpp:* Metallgekapselte SF_6-isolierte Hochspannungs-Schaltanlagen von Siemens. STZ 68(1971)24/25, S. 546...553.

[4] *H. Beier, H. Marin* und *D. Noack:* Siemens-BK-Schalter, eine neue SF_6-Schalter-Generation. Siemens Z. 47(1973)4, S. 239...243.

[5] *R. Bitsch, F. Richter* und *H.-H. Schramm:* Siemens-BK-Schalter mit erhöhtem Schaltvermögen. Siemens Z. 49(1975)9, S. 600...605.

[6] *E. Pflaum* und *R. Kugler:* Geräuscharme Hochspannungs-Leistungsschalter. ETZ Archiv –(1979)1, S. 15...21.

[7] *G. Bonin* und *E. Tischer:* Schaltfehlerschutzgeräte 8TJ2 in Bausteintechnik. Siemens Z. 49(1975)4, S. 250...253.

[8] *C. de Veer:* Sammelschienenschutz und Schalterreserveschutz: Typenauswahl und Anwendungen. Brown Boveri Mitt. 65(1978)6, p. 388...398.

[9] *F. Rimpp:* Betriebserfahrungen mit metallgekapselten, SF_6-isolierten Hochspannungs-Schaltanlagen und -Rohrleitern. Siemens Z. 50(1976)5, S. 293...297.

Adresse des Autors

W. Regez, Ing. HTL, Kraftwerke Oberhasli AG, 3862 Innertkirchen.