

Mittelspannungs-Schaltanlagen im Einsatz unter Extrembedingungen

Im Sommer 2002 wurden in Folge extremer Witterungsbedingungen große Versorgungsgebiete entlang der Elbe, der Mulde und der Weißeritz über mehrere Wochen überschwemmt. Über die verheerende Wirkung dieser Naturkatastrophe wurde weltweit in den Medien berichtet. Nicht nur direkte materielle Schäden (Zerstörung von Gebäuden, Straßen, Brücken, Bahnanlagen usw.) sondern auch indirekte Schäden (Betriebsunterbrechungen in der Energieversorgung, Stilllegung oder lange Unterbrechung von Produktionsabläufen, Sperrung von Straßen und Bahnstrecken über Wochen und Monate) trugen zu erheblichen wirtschaftlichen Problemen bei. In mitten dieser Katastrophe kam der schnellen Wiederherstellung der elektrischen Energieversorgung eine hohe Bedeutung zu. Gerade unter diesen widrigen Umständen haben sich Investitionen in absolut klima- und damit auch witterungsunabhängige Schaltanlagen in der primären wie auch sekundären Verteilungsebene als zukunftsorientierte Entscheidungen erwiesen.

Dipl. Ing. (FH) **Herbert Soens** ist Portfolio-Manager für gasisolierte Leistungsschaltanlagen im Siemens-Bereich Power Transmission and Distribution, Erlangen.

Burkard Ortner ist im Siemens-Bereich Power Transmission and Distribution, Erlangen, zuständig für Sales & Marketing Mittelspannungs-Schaltanlagen.

Dipl.-Ing. **Ralf Bachmann** ist bei der Stadtwerke Dresden GmbH Hauptsachbearbeiter für das Stromnetz.

Michael Meyer ist bei der Stadtwerke Dresden GmbH Sachgebietsleiter für Umspannwerke.

Siemens PTD M entwickelt und liefert seit Jahren typgeprüfte Innenraumschaltanlagen für die Spannungsebene von 7,2 kV bis 40,5 kV mit den folgenden Vorgaben:

- Größt mögliche Umweltunabhängigkeit
- Absolute Wartungsfreiheit
- Größt mögliche Kompaktheit

Für die sekundären Verteilungsetzwerke entstanden dabei die Schaltanlagenbaureihen 8DJ (*Bild 1*) und 8DH, für die primären Verteilungs-



Bild 1: Schaltanlage 8DJ20

netze die Schaltanlagenbaureihen NXplus C (*Bild 2*), 8DA/B und NXplus.

Gerade die Beachtung der Umweltunabhängigkeit (eines der wichtigen Merkmale ist der Schutzgrad IP65 des Schaltfeldbehälters, d. h. staubdicht, geschützt gegen Strahlwasser aus allen Richtungen

und Berührungsschutz gegen gefährliche Teile mit einem Draht > 1 mm Durchmesser) und der Wartungsfreiheit des Primärteiles bei der Entwicklung und Herstellung von Schaltanlagen minimierte die Ausfalldauer und den damit verbundenen gesamten wirtschaftlichen Schaden. Anschaulich wird dies am folgenden Beispiel.

Wassereintrich in das Schalt-haus eines Umspannwerkes der Stadt Dresden

In der Nacht vom 12. zum 13. August 2002 wurde durch die Flutwelle der Weißeritz auch das Umspannwerk Dresden-Mitte unter Wasser gesetzt (*Bild 3*) und musste gegen 10.15 Uhr freigeschaltet werden. Dabei stand unter anderem auch die 20-kV-Schaltanlage vom Typ 8DC11 (Vorgängerversion der NXPLUS C) rd. 30 cm unter Wasser. Damit war die Energieversorgung für große Teile der

Haushalte der Dresdner Innenstadt unterbrochen. Der normale Leistungsbedarf für dieses Gebiet beträgt rd. 36 MW.

Am 14. August 2002 nach Rückgang der Fluten wurde mit den Aufräumarbeiten im Umspannwerk begonnen. Nach dem ersten Abpumpen durch die Feuerwehr wurden die Kabelanschlussräume der 20-kV-Schaltanlage mit Hochdruckwasserstrahl gereinigt und anschließend manuell getrocknet. Die Winkelstecker der Kabel wurden ebenfalls einer Reinigung unterzogen. Trotz Restwasser unter-

halb des gestelzten Fußbodens (*Bild 4*) und hoher Luftfeuchte im Schalthaus konnte die Schaltanlage am 14. August 2002 am späten Nachmittag ohne Probleme wieder zugeschaltet werden.

Auch bis zum heutigen Zeitpunkt konnten noch keine negativen Auswirkungen an der 20-kV-Schaltanlage festgestellt werden, was für die



Bild 2: Schaltanlage NXplus C
(Weiterentwicklung der 8DC11)

hohe Klima- und Witterungsunabhängigkeit der Anlage spricht.

Kritischer ist die Wiederinbetriebnahme zu sehen, wenn der Antrieb des Leistungsschalters oder sogar der Niederspannungsschrank der Anlage direkt unter Wasser gestanden haben. Dann ist mit größeren Reparaturen bzw. Austausch von Geräteteilen zu rechnen. Ein Notbetrieb ist durch den geschützten Primärteil auch hier möglich.

Weitere mögliche Umweltbelastungen

Gasisolierte Schaltanlagen werden für alle normalen Betriebsbedingungen entwickelt und hergestellt. Zusätzlich sind sie nicht nur für den Einsatz unter plötzlich eintretenden, unvorhersehbaren Umweltbelastungen wie z. B. Hochwasser, sondern auch unter normalen Betriebsbedingungen nicht auszu-schließende Belastungen, wie:

- hohe Temperaturschwankungen und hohe Luftfeuchtigkeit (z. B. in feuchtwarmen Klimazonen),
- Einsatz bei hohen oder auch extrem niedrigen Umgebungstemperaturen (z. B. Wüstengebiete oder Polarzonen),
- belastete Umgebungsluft mit natürlichen Stoffen (salzhaltige Luft in Seenähe, staubhaltige Luft in Industriebetrieben) oder chemisch aktiven Fremdstoffen (Chemiebetriebe, Raffinerien),
- häufiges Auftreten von Kleintieren jeglicher Art,

- Erdbeben in den entsprechend gefährdeten Zonen oder dauernde Rüttelbelastungen auf Braunkohleförderanlagen

bestens geeignet. Dadurch werden eventuelle Schäden innerhalb der Schaltanlagen mit vergleichbaren Betriebsunterbrechungen und damit verbundene Folgekosten ausgeschlossen.

Mögliche Störungen durch Umwelteinflüsse

Aus häufig auftretenden Temperaturschwankungen resultieren Betauung und damit auch Korrosion von Komponenten in Mittelspannungsschaltanlagen. Die Betauung in Verbindung mit Staubablagerungen führt auf allen isolierenden Bauteilen, wie z. B. Stützer oder Durchführungen, zu Teilentladungen und damit zur Minderung des Isoliervermögens. Werden diese Teilentladungen nicht durch das Reinigen der Schaltanlage beseitigt, so wird der Vorgang irreversibel und führt am Ende zwangsläufig zu einem inneren Störlichtbogen mit den nachfolgenden Betriebsstörungen.

Die entstandene Korrosion an Metallteilen blockiert oder verlangsamt langfristig die Schaltgeschwindigkeit der Antriebe der verwendeten Schaltgeräte oder mechanisch bewegte Teile bzw. zerstört langfristig die gesamte Schaltanlage.

Die typgeprüften Schaltanlagen für Innenraumaufstellung sind nach IEC 60694 bzw. VDE 0670 Teil

1000 einsetzbar für den Temperaturbereich von -5 bis $+50$ °C. In der Praxis können zum Teil niedrigere als auch höhere Dauertemperaturen vorkommen. Dies wird bei der Entwicklung und Projektierung dann auch entsprechend den in den genannten Normen maximal zulässigen Temperaturobergrenzen berücksichtigt.

Diese Temperaturgrenzen können durch falsche Auslegung der Strombahn, durch zu hohe Umgebungstemperaturen oder durch zu hohe Betriebsströme überschritten werden. Dies lässt eine oder mehrere Kontaktstellen der Strombahn überhitzen, was ebenfalls bis zur Zerstörung der Schaltanlage durch einen inneren Störlichtbogen führen kann.

Bei extrem niedrigen Temperaturen liegt die Hauptproblematik in der funktionsfähigen Auslegung der unterschiedlichen Antriebsarten (Hand-, Motor-, Sprung- bzw. Speicherantrieb) für Leistungsschalter, Trennschalter, Erdungsschalter.

Hinsichtlich Einsatz von Mittelspannungsschaltanlagen in salz-, staubhaltiger oder auch chemisch aggressiver Atmosphäre bieten gasisolierte Schaltanlagen in hermetisch geschlossener Ausführung optimalen Schutz gegen mögliche Betriebsstörungen. Die Schaltfeldbehälter werden mit SF₆-Gas bei 150 kPa Bemessungsdruck bei 20 °C befüllt. Durch diese Gasisolation und Kapselung aller hochspannungsführenden Teile durch den Schaltfeldbehälter in Verbindung mit berührungssicherer Kabelanschluss-technik werden jegliche Einflüsse der Atmosphäre ausgeschlossen. Unter anderem belegt dies der extrem hohe Schutzgrad IP 65 für den Anlagenbehälter, wie vorstehend beschrieben.

Prüfungen hinsichtlich Erdbebenfestigkeit entsprechend internationaler Normen bzw. Einsatz unter andauernden Rüttelbelastungen mit mehrjähriger Praxiserfahrung liegen für die gasisolierten Schaltanlagen vor. Damit werden auch diese Beanspruchungen be-



Bild 3 (links):
Überflutetes
Umspannwerk



Bild 4 (rechts):
Schaltanlage
wieder in
Betrieb,
Kabelkeller noch
überflutet

herrscht.

Schlüsseltechnologien gasisolierter Schaltanlagen

Bei den gasisolierten Schaltanlagen der Siemens AG werden produktspezifisch die Entwicklungs-, Fertigungskompetenzen und Qualitätsprüfungen in den im folgenden beschriebenen Schlüsseltechnologien gebündelt.

Einsatz des Isoliermediums SF₆

SF₆ isoliert etwa dreimal so gut wie Luft. Die dadurch gewonnenen Platzvorteile erlauben extrem kompakte und damit wirtschaftliche Gebäudeplanungen. Die Schaltanlagenbehälter werden bei einem Bemessungsdruck von 150 kPa mit Gas gefüllt und dann entsprechend dem hermetisch abgeschlossenen Drucksystem hergestellt. Dadurch wird jegliches Eindringen von widrigen Umwelteinflüssen ausgeschlossen.

Laserschweißtechnologie zur Herstellung hermetisch verschweißter Edelstahlbehälter

Die Laserschweißtechnologie erlaubt die dichtungslose Herstellung der Behälter. Diese dichtungslosen Behälter verhindern das Eindringen von Feuchtigkeit in schädlichem Umfang über die gesamte Lebensdauer der Anlage. Damit entsprechen die Schaltanlagen dem hermetisch geschlossenen Drucksystem nach IEC 60694 bzw. VDE 0670 Teil 1000. Dieses maschinelle Schweißverfahren schließt Toleranzen durch manuelle Bearbeitung aus und garantiert Unempfindlichkeit der Schweißnähte gegen Temperatur- und Druckschwankungen, die Dichtigkeit des Behälters und damit Umweltunabhängigkeit.

Gasdichtigkeitsprüfung

Die Dichtigkeit der Behälter wird durch eine integrale Lecksuchanlage (Bild 5) an jedem einzelnen



Bild 5: Integrale Lecksuchanlage

Behälter überprüft. Dadurch übertrifft die Betriebssicherheit der Gasfüllung die zu erwartende Lebensdauer um ein Vielfaches.

Antriebstechnologie, Durchführungen, Betriebsbereitschaftsanzeige, Kapazitive Spannungsanzeige (Bild 6)

Die Übertragung der erforderlichen Antriebsenergien von außerhalb des Anlagenbehälters nach innen zum Schalten der Vakuumröhren eines Leistungsschalters oder zum Schalten des Dreistellungstrennschalters geschieht über millionenfach in der Praxis bewährte, in die Behälterwand eingeschweißte Faltenbälge.

Die im Behälter eingebauten elektrischen Bauteile werden nach außen zum Kabel und je nach Anlagentyp zur Sammelschiene über eingeschweißte Durchführungen verbunden.

Ohne jegliche Öffnungen im Schaltfeldbehälter ist über eine berührungslos magnetisch gekoppelte Anzeige jederzeit die Betriebsbereitschaft der Schaltanlage von außen temperaturkompensiert kontrollierbar.

Gleichartige Druckentlastungstechnologie

Generell wird produktübergreifend eine gleichartige Druckentlastungsvorrichtung in den Schaltfeldbehältern eingeschweißte, die bei einem inneren Lichtbogen den ent-

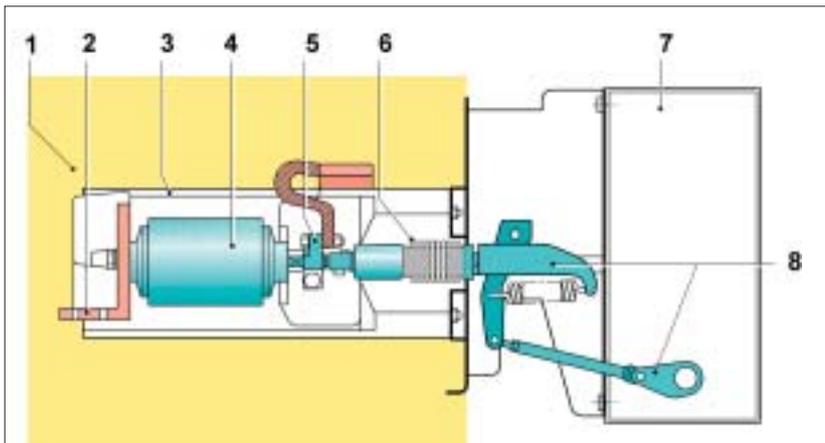


Bild 6: Metallfaltenbalg zur dichtungslosen Übertragung der Antriebsenergie in Behälter eingeschweißt
 Legende: 1 Anlagenbehälter gasisoliert (Prinzipdarstellung), 2 festes Anschlußstück, 3 Polträger, 4 Vakuumschaltröhre, 5 bewegliches Anschlußstück, 6 Metallfaltenbalg, 7 Antriebskasten des Leistungsschalters, 8 Antriebskinematik

stehenden Überdruck ohne Gefährdung des Betriebspersonals entlastet.

Zum Feststellen der Spannungsfreiheit werden in den im Behälter eingeschweißten Durchführungen eingegossene kapazitive Beläge verwendet. Mittels in der Schaltfeldfront eingebauter Buchsen kann so die Spannungsfreiheit von außen jederzeit überprüft werden.

Alle oben beschriebenen Konstruktionsbausteine sichern durch ihre jeweilige Ausführung einen absolut klimaunabhängigen, damit wartungsfreien Betrieb der Schaltanlagen für primäre wie auch sekundäre Verteilungsnetze.

Typ-, Stück- und Klimaprüfungen

Die gasisolierten Schaltanlagen 8DJ, 8DH, NXplus C, 8DA/B und Nxplus sind typgeprüft nach VDE 0670 Teil 6/1000 bzw. IEC 60298/60694. Gemäß diesen Normen werden die jeweiligen Schaltanlagentypen folgenden Typprüfungen unterzogen:

- Dielektrische Prüfungen zum Nachweis des Isoliervermögens,
- Teilentladungsprüfungen zum Nachweis der Isolier-, Material- und Fertigungsqualität,
- Erwärmungsprüfungen zum Nachweis der Stromtragfähigkeit der gesamten Strombahn,

- Stoß- und Kurzzeitstromprüfungen zum Nachweis der dynamischen und thermischen Festigkeit der Strombahn,
- Ein- und Ausschaltvermögen für Leistungsschalter, Lasttrennschalter und Erdungsschalter,
- mechanische Funktionsprüfungen aller vorgegebenen Verriegelungen,
- Schutzgradprüfungen zum Nachweis des Berührungs-, Staub- und Wasserschutzes,
- Druckprüfungen der gasgefüllten Schaltfeldbehälter,
- Prüfungen des Verhaltens bei inneren Fehlern zum Nachweis des Schutzes des Bedienpersonals.

Jedes auszuliefernde Schaltfeld wird nach den obigen Normen stückgeprüft. Damit wird nochmals die Fertigungsqualität vor Auslieferung sichergestellt.

Neben den Typ- und Stückprüfungen belegen die Schutzgradprüfung (Berührungs-, Staub- und Wasserschutz) und weitere spezielle Prüfungen, wie:

- Permeationsmessung des Wasserdampfes durch Isolier- und Dichtmaterialien,
- Taupunktmessungen nach jahrelangem Betrieb unter ungünstigen Klimabedingungen,
- Temperaturwechselprüfungen wesentlicher Bauteile,
- Alterungsprüfungen ganzer Schaltfelder inklusive Sammel-

schienen

- und Temperatur- und Feuchtigkeitswechselprüfungen zum Nachweis der Korrosionsfestigkeit.
- die absolute Umweltunabhängigkeit gasisolierter Schaltanlagen, die nach dem hermetisch abgeschlossenen Drucksystem gemäß VDE 0670 Teil 1000 bzw. IEC 60694 gefertigt werden.

Zusammenfassung

Die grundsätzlichen Konstruktionsprinzipien (Gasisolation, Bauweise nach dem hermetisch abgeschlossenen Drucksystem, berührungssichere steckbare Kabelanschlusstechnik, berührungssichere oder im Gasbehälter integrierte Sammelschienen, eingeschweißte bzw. dichtungslos arbeitende Verbindungselemente von Bauteilen innerhalb des Behälters zu Bauteilen ausserhalb des Behälters) unter Anwendung der beschriebenen Schlüsseltechnologien mit den entsprechenden Prüfaufwendungen erlauben den dauerhaften Betrieb von Schaltanlagen für primäre und sekundäre Verteilungsnetze auch unter widrigsten klimatischen Bedingungen.

herbert.soens@siemens.com

burkhard.ortner@siemens.com

www.siemens.de/ptd