



Innovatives SF₆-Recycling

ABB eröffnet das erste
SF₆-Recyclingzentrum
der Welt

BRETT ALEXANDER, DUNCAN ROBBIE, MARCUS MARENGHI, MICHELLE KIENER – ABB hat eine patentierte Technologie zur Wiederaufbereitung von verunreinigtem Schwefelhexafluoridgas (SF₆) mithilfe eines neuen, energieeffizienten kryogenischen Verfahrens entwickelt. Zum Einsatz kommt diese Technik im neu eröffneten SF₆-Recyclingzentrum von ABB im australischen Sydney. Das mit dem neu entwickelten Verfahren gereinigte SF₆-Gas besitzt eine Reinheit von ca. 99,99 %, was dem technischen Reinheitsgrad gemäß IEC 60376 (die Norm für neues Gas) entspricht. Auf diese Weise kann SF₆ stets wiederverwendet werden, was zu einer Reduzierung des CO₂-Ausstoßes beiträgt und Kosteneinsparungen von bis zu 30 % ermöglicht.



ABB hat viele Jahre lang an einer Möglichkeit zum Recycling von SF₆ aus elektrischen Schaltanlagen und Leistungsschaltern geforscht.

Schwefelhexafluorid (SF₆) ist ein in der Elektrotechnik weit verbreitetes Inertgas, das zur dielektrischen Isolierung und Stromunterbrechung in Leistungsschaltern, Schaltanlagen und anderen elektrischen Betriebsmitteln verwendet wird. Ein Vorteil von SF₆ ist, dass es im Vergleich zu anderen Isoliermedien die Übertragung höherer Leistungen in kompakteren Anlagen ermöglicht. Dies spielt besonders bei Unterstationen in Städten oder Offshore-Windparks eine wichtige Rolle. Gasisolierte Schaltanlagen (GIS), in denen unter Druck stehendes SF₆ für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb sorgt, sind mit der Zeit immer kompakter und gleichzeitig leistungsfähiger geworden. Da SF₆ eine wesentlich höhere Durchschlagfestigkeit besitzt als Luft oder trockener Stickstoff, kann die Ausrüstung erheblich kompakter gebaut und unter beengten Platzverhältnissen

installiert werden. GIS sind zudem widerstandsfähiger gegen raue Betriebsbedingungen und bieten daher auf lange Sicht eine höhere Betriebszuverlässigkeit.

Trotz der Vorteile von SF₆ ist seine Verwendung nicht ganz einfach. Auch ist die vorschriftsgemäße Handhabung von SF₆ mit erheblichen Kosten verbunden, insbesondere bei der Außerbetriebnahme alter Schaltanlagen. Laut dem zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen IPCC besitzt SF₆ ein um 22.800-mal höheres Treibhauspotenzial als CO₂ (verglichen über einen Zeitraum von 100 Jahren) und ist damit das wirksamste aller untersuchten Treibhausgase [1]. In Europa unterliegt der Einsatz von SF₆ seit Januar 2008 in allen Anwendungsbereichen einschließlich Schaltanlagen strengen Auflagen [2]. Obwohl die Nutzung von SF₆

mit erheblichen Herausforderungen verbunden ist, bleibt es dennoch ein äußerst vorteilhaftes, nützliches und wertvolles Produkt, das möglichst erhalten werden sollte. Dies macht das Lebenszyklusmanagement von SF₆ zu einer schwierigen Aufgabe für Nutzer in der Elektrizitätswirtschaft und der Industrie.

Das mit dem neu entwickelten Verfahren gereinigte SF₆-Gas besitzt eine Reinheit von ca. 99,99 %. So kann SF₆ stets wiederverwendet werden.

Entwicklung der neuen SF₆-Recyclinganlage

Ausgehend von ökologischen Gesichtspunkten und dem Ziel, ihren Kunden Komplettlösungen zu bieten, hat ABB viele Jahre lang an einer Möglichkeit zum Recycling von SF₆ aus elektrischen Schaltanlagen

Titelbild

Das ABB SF₆-Recyclingzentrum in Sydney, Australien



und Leistungsschaltern geforscht. Zunächst wurde ein manuelles kryogenisches Verfahren zur Reinigung von SF₆ entwickelt, das jedoch mit gewissen Einschränkungen verbunden war. Diese bezogen sich vor allem auf die Reproduzierbarkeit der Produktqualität und die Sicherheit im Hinblick auf den Kontakt des Bedienpersonals mit flüssigem Stickstoff.

Daraufhin wurde ein neues Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Entwicklung eines sichereren, besser kontrollierbaren und weitgehend automatisierten Verfahrens ins Leben gerufen, das schließlich zum Bau der ersten vollautomatischen kryogenischen SF₆-Reinigungsanlage der Welt führte. Das gesamte Projekt stellt eine Innovation für sich dar, die unter anderem folgende Neuerungen beinhaltet:

- eine neuartige Gasabscheidekammer, in der SF₆ unter kryogenischen Bedingungen eingefroren wird,
- ein automatisiertes Prozessleitsystem, das für ausgeglichene Mengenverhältnisse im System sorgt und Leckagen verhindert.

Bei der Entwicklung dieser Innovationen wurden rigorose iterative Designmethoden angewandt. Der erste Schritt bestand in der Auswahl eines Prozesses unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile sowie seiner Eignung im Hinblick auf die konstruktiven Einschränkungen. Dies führte zu einem neuen Prozess mit einem kryogenischen Schritt zur Abscheidung nicht kondensierbarer Gase (vorrangig Stickstoff) aus dem gebrauchten SF₆-Gas sowie einem Filterungsprozess zur Entfernung von

Fremdstoffen wie Wasser, verschiedenen Säuren, toxischen Nebenprodukten und Öl. Danach folgte eine Validierung des Prozessentwurfs mithilfe arithmetischer Modelle, während die Machbarkeit der mechanischen Fertigung mit den Lieferanten geklärt wurde. An dieser Stelle zeigte sich die iterative Eigenschaft des Prozesses, als deutlich wurde, welche Auswirkungen die Wahl der Ausrüstung auf andere Komponenten hatte. So erforderten die nahezu

Das Ergebnis des neuen Forschungs- und Entwicklungsprojekts ist die erste vollautomatische kryogenische SF₆-Reinigungsanlage der Welt.

vollständig neuartigen Behälter für die kryogenische Abscheidung einen engen Dialog mit dem Hersteller, da es noch keine Referenzkonstruktionen oder -beispiele gab. Beim Detailentwurf bildeten die logischen Prozessschritte die Grundlage für das automatisierte SPS-Programm und das Prozesssteuerungskonzept.

Zwei HAZOP/PAAG-Studien lieferten dem erweiterten Team zusätzliches Wissen über den Prozess und sorgten für eine Verbesserung der Operabilität der Anlage.

Der Schwerpunkt bei der Inbetriebnahme der Anlage lag auf den Rohrleitungen, der Elektrik, der Software und den Leitsystemen. Da viele der verwendeten Methoden zur Steuerung des Prozesses und der Druckbehälter für die kryogenische Abscheidung erstmalig entwickelt wurden, entschied man sich für eine konservative Herangehensweise. So wurden die einzelnen Prozesse zunächst mit Stickstoff, dann mit CO₂ und schließlich umfassend mit SF₆ getestet. Diese Tests ermöglichten eine Feinabstimmung der Modelle für die Prozessparameter und zeigten, dass die Technik in der Lage ist, Verunreinigungen aus SF₆-Gas abzuscheiden.

Das Endergebnis wurde in eine vollwertige Prototypanlage umgesetzt, die in der Lage ist, SF₆ mit einem beliebigen Verunreinigungsgrad auf den technischen Reinheitsgrad von neuem SF₆ aufzubereiten → 1, 2.

Positive Ergebnisse

Der mittlerweile aufgenommene SF₆-Gasmanagementbetrieb auf der Grundlage des neu entwickelten Recyclingverfahrens liefert sowohl im technischen und kommerziellen Bereich als auch im Hinblick auf die Sicherheit und Umwelt positive Ergebnisse.

Der größte technische Vorteil des neuen Verfahrens im Vergleich zu vorhandener Technik ist, dass das SF₆ unabhängig von der Art und dem Grad der Verunreinigung aufbereitet werden kann. Keines der bestehenden Verfahren ist in der Lage, alle Verunreinigungen und Verunreinigungsgrade in nur einem Prozess zu behandeln. Darüber hinaus ermöglicht der hohe Automatisierungsgrad des neuen Prozesses einen

2 Von ABB aufbereitetes SF₆-Gas entspricht der IEC 60376.



erheblich höheren Durchsatz und eine höhere Energieeffizienz. Auch wenn SF₆ für seine guten Eigenschaften als Isoliermittel und Löschmedium für Lichtbögen geschätzt wird, kann die Qualität des Gases mit der Zeit abnehmen. Dies gilt besonders, wenn mit der Ausrüstung regelmäßige Schaltvorgänge vorgenommen werden. Eine geringere Gasqualität wirkt sich wiederum negativ auf die oben genannten Eigenschaften aus, was die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Ausrüstung beeinträchtigt. Eine Prüfung der Gasqualität in der Ausrüstung im Rahmen einer präventiven Wartung kann zur Verlängerung der Lebensdauer des Produkts beitragen.

Die qualifizierten und akkreditierten Techniker von ABB sind für eine sichere Analyse und eine sichere Handhabung von vorhandenen Gasbeständen ausgerüstet. Dazu gehört auch die Durchführung von Prüfungen der Gasqualität und -menge. Durch Prüfung der Gasqualität kann sichergestellt werden, dass die Reinheit des Gases in der Ausrüstung die Mindestanforderungen für einen sicheren Betrieb erfüllt. Als führender Hersteller von gasisolierten Anlagen, für den Sicherheit eine zentrale Rolle spielt, besitzt ABB umfangreiche Erfahrungen im sicheren Umgang mit SF₆.

Es kann vorkommen, dass Kunden über nicht mehr benötigte, nicht spezifikationsgerechte oder verunreinigte Bestände an SF₆-Gas verfügen, weil eine Entsorgung zu teuer oder schlicht nicht möglich ist. Da ABB bestrebt ist, ihre Kunden bei der Reduzierung ihrer Umweltauswirkungen zu unterstützen, nimmt das ABB-Recyclingzentrum SF₆ in jeder Menge und Qualität entgegen, um es mithilfe der neuen paten-

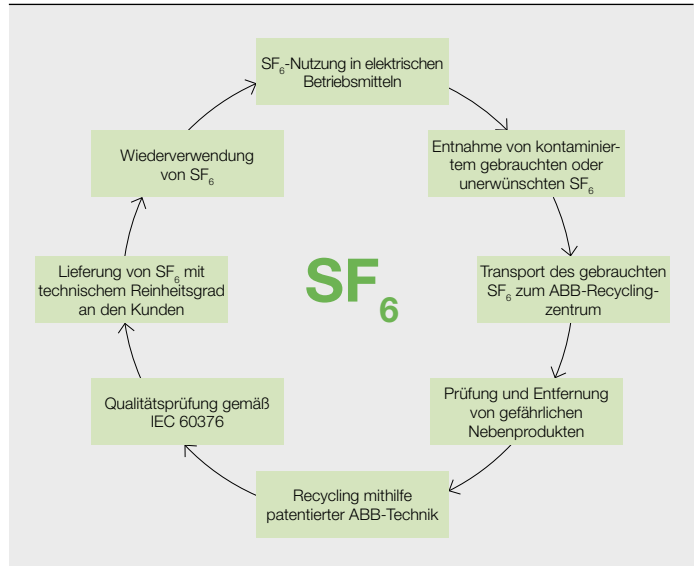
tierten Recyclingtechnik auf einen technischen Reinheitsgrad aufzubereiten.

Der Prozess ist so angelegt, dass zu keinem Zeitpunkt SF₆ verloren geht. Spezielle Messtechnik in Verbindung mit einem automatisierten Prozessleitsystem sorgt dafür, dass mögliche Leckagen aufgrund von menschlichen oder technischen Fehlern erkannt und verhindert werden.

Aus Sicherheitsgründen sind alle Prozesse der Anlage gekapselt, um den Kontakt von Menschen mit SF₆ oder flüssigem Stickstoff zu verhindern. Die Entnahme anderer, nicht gasförmiger Fremdstoffe erfolgt mithilfe von Feststoff-Absorptionsmitteln in abnehmbaren Hochdruckgehäusen, durch die das SF₆ strömt. Die auf diese Weise sicher konzentrierten und eingeschlossenen festen Abfallprodukte können ohne Kontakt zu Menschen oder zur Umwelt entsorgt werden. Außerdem wird die Recyclinganlage nahezu vollständig automatisch betrieben, um die Gefahr von Bedienerfehlern zu reduzieren und eine maximale Sicherheit zu gewährleisten.

Die Komplettlösung von ABB hilft Unternehmen dabei, ihren ökologischen Fußabdruck zu reduzieren und die Kosten für das Management ihrer SF₆-Bestände zu senken. Im Rahmen des neuen Serviceangebots wird das verunreinigte SF₆-Gas auf einen technischen Reinheitsgrad (gemäß IEC 60376) für die Wiederverwendung aufbereitet. So kann der Produktlebenszyklus von SF₆ geschlossen und auf eine energieintensive Verbrennung verzichtet werden. Außerdem bietet das Verfahren Energieversorgungsunternehmen eine praktikable Möglichkeit zur Reduzierung ihrer Bestände an verunreinigtem SF₆ → 3.

3 ABB SF₆-Lebenszyklus



Die technischen, sicherheitsbezogenen, kommerziellen und ökologischen Vorteile der neuen Recyclingtechnik liegen auf der Hand. Das neue Recyclingzentrum liefert die Antwort auf ein Problem, für das es bislang keine wirtschaftliche oder umweltfreundliche Lösung gab. Indem sie den SF₆-Produktlebenszyklus schließt, unterstreicht die neue Technik die Vorteile von GIS, ohne die bisherigen Vorteile dieser wichtigen Komponenten hinsichtlich Sicherheit und Zuverlässigkeit zu mindern. Damit profitieren die Nutzer von GIS nicht nur von kompakteren Anlagen, sondern auch von einem reduzierten ökologischen Fußabdruck.

Brett Alexander

Duncan Robbie

Marcus Marengi

ABB Power Products
Moorebank, Australien
brett.alexander@au.abb.com
duncan.robby@au.abb.com
marcus.marengi@au.abb.com

Michelle Kiener

ABB Review
Zürich, Schweiz
michelle.kiener@ch.abb.com

Literaturhinweise

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group 1, Climate Change 2007, Kapitel 2.10.2.
- [2] Climate: MEPs give F-gas bill a „green boost“. <http://www.euractiv.com/sustainability/climate-meps-give-gas-bill-green-boost/article-145749>. Stand: 15. Februar 2012