

Mittelspannungsschaltanlagen: Zum Verständnis der Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership)

Überblick

Wir leben in einem vielfältigen und komplexen Ökosystem. Der Klimawandel ist längst Realität, und es ist dringend notwendig, etwas gegen schädliche Umweltpraktiken zu unternehmen. Andernfalls werden die Temperaturen weiter ansteigen, und die Häufigkeit von extremen und katastrophalen Wetterereignissen wird zunehmen. Diese werden weltweit zu verheerenden Schäden führen.

In Anbetracht der weltweiten Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels haben sich Eaton und mehrere andere Unternehmen der [Green-Switching-Bewegung](#) angeschlossen, deren Ziel es ist, die Verwendung von SF₆-Gas in Mittelspannungsschaltanlagen einzustellen.

Einleitung

Eaton hat sich zum Ziel gesetzt, die Lebensqualität zu verbessern und die Umwelt durch die kontinuierliche Entwicklung und den Einsatz von Energiemanagement-Technologien und -Dienstleistungen wie den Xiria-Mittelspannungsschaltanlagen (MS) zu schützen. Die Xiria-Anlage macht den Einsatz von umweltschädlichem SF₆-Gas überflüssig und ist ein Beispiel dafür, wie man mit intelligentem Design und hervorragender Technologie die Herausforderungen des Klimawandels bewältigen und gleichzeitig die volle Funktionalität zum Trennen, Schützen und Schalten von Stromnetzen aufrechterhalten kann.

Xiria: In nachhaltige Lösungen investieren

Eaton feierte kürzlich sein 60-jähriges Jubiläum als Branchenführer bei der Entwicklung und Implementierung von vakuum- und luftisolierten Schaltanlagen. Bei der Erreichung der Vorreiterrolle von Eaton in der Branche haben die Geschichte des Unternehmens und sein Engagement für Innovation und Entwicklung eine große Rolle gespielt.

Im Jahr 2002 brachte Eaton die Xiria Ortsnetzstation auf den Markt, eine völlig moderne Schaltanlage, die metallgekapselt ist, ein dielektrisches intelligentes Design aufweist und Vakuumtechnologie verwendet. Die Verwendung von Vakuumtechnologie anstelle von SF₆ macht die Xiria-Anlage nicht nur umweltschonend, sondern minimiert auch den Wartungsaufwand. Die MS-Schaltanlage Xiria erhöht die Betriebssicherheit, steigert die Anzahl der sicheren Schaltvorgänge erheblich und vermeidet teure Entsorgungsverfahren am Ende der Lebensdauer.

SF₆-befüllte Schaltanlage

SF₆ oder Schwefelhexafluorid ist ein künstlich hergestelltes farb- und geruchloses Gas. Dieses Gas besitzt bestimmte elektrische Eigenschaften, durch die es sich als Isolations- und Schaltmedium in Schaltanlagen zur Stromverteilung eignet. SF₆ ist in der Elektroindustrie weit verbreitet, um Kurzschlüsse und Unfälle zu verhindern. Als Unterbrechungsmedium eingesetzt, kann es den Lichtbogen löschen. Es ist nicht entflammbar und auch nicht explosionsgefährlich.

Laut dem Weltklimarat der Vereinten Nationen steht Schwefelhexafluorid (SF₆) an der Spitze der Liste der schädlichsten Treibhausgase (THG), da es 23.500 mal stärker ist als CO₂ und 3.200 Jahre lang in der Atmosphäre bleibt.



Powering Business Worldwide

Kosten für die Anschaffung einer MS-Schaltanlage

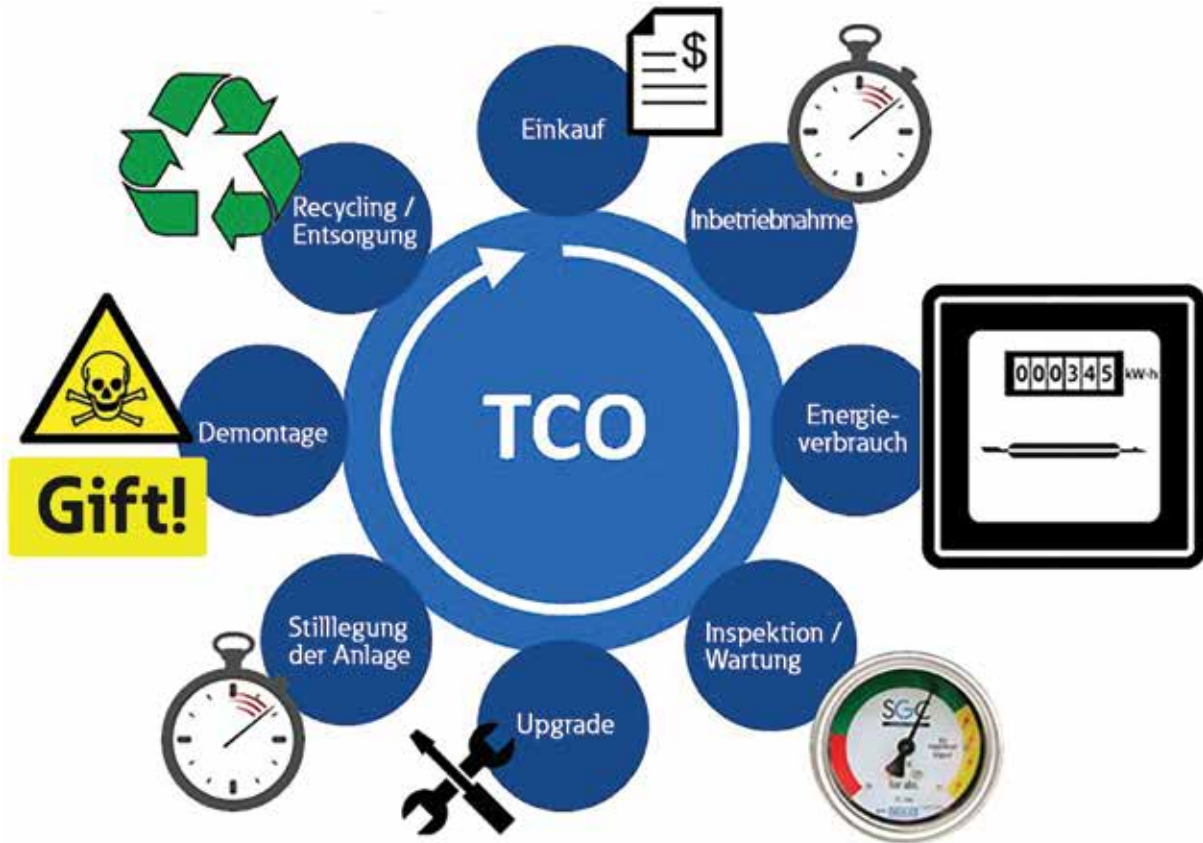
Sichtbare Kosten

Bei den Xiria-Systemen von Eaton handelt es sich um eine neue Generation von Ortsnetzschtaltanlagen, die sich durch ein hohes Maß an Betriebssicherheit auszeichnen und für Anwendungen bis zu 24 kV geeignet sind. Die Xiria-Anlagen sind kompakt und können mit zwei, drei, vier oder fünf Feldern geliefert werden. Der Kaufpreis ist der wichtigste Kostenfaktor bei der Anschaffung, da die Xiria nur minimale Wartung erfordert und keine besonderen Recycling- oder Entsorgungsverfahren am Ende der Lebensdauer erforderlich sind.

Xiria-Systeme sind eine umweltfreundliche Alternative zu Schaltanlagen mit SF₆. Im Durchschnitt kosten SF₆-freie Schaltanlagen etwa 5-20% mehr als SF₆-befüllte Schaltanlagen, aber der Preisunterschied wird sich verringern, wenn mehr SF₆-freie Schaltanlagen produziert und verkauft werden.

CAPEX sind die bekannten oder sichtbaren, im Voraus anfallenden Kosten für die Anschaffung einer SF₆-gefüllten Schaltanlage.

Die Anschaffung von SF₆-befüllten Schaltanlagen ist kompliziert und mühsam. Die gesamten Lebenszykluskosten sollten berücksichtigt werden und nicht nur der Anschaffungspreis.



Die verschiedenen versteckten Betriebskosten von SF₆-gefüllten Schaltanlagen

Versteckte Betriebskosten

Als versteckte Betriebskosten von SF₆-befüllten Schaltanlagen gelten die Kosten für die Eingriffe während der gesamten Lebensdauer der Schaltanlage.

Verwaltungskosten

Eigentümer und Betreiber von SF₆-befüllten Schaltanlagen tragen Verantwortung, z. B. für die Dokumentation und Aufzeichnung aller SF₆-befüllten Schaltanlagen, für die Bezahlung von Audits der Anlagen, für das Wiegen der Anlagen bei jeder Neubefüllung, um den Gasgehalt festzustellen, und für die Übernahme der endgültigen Verantwortung für die Anlagen, auch nach der Entsorgung.

Sicherheitsausrüstung und Schulung

Die Systemkomponenten von Xiria sind mit einem vollständig geschlossenen Metallgehäuse und einer einphasigen Isolierung aller primären spannungsführenden Teile ausgestattet. Die Sichtfenster ermöglichen einen klaren Blick auf die integrierte Erdung und die EIN/AUS-Stellung. Das typengeprüfte, lichtbogensichere Gehäuse bietet zudem zusätzlichen Schutz für die Mitarbeiter.

Für Mitarbeiter, die mit SF₆-befüllten Schaltanlagen arbeiten, sind eine spezielle Ausbildung und Zertifizierung sowie Sicherheitsausrüstung und PSA vorgeschrieben. Die Angestellten können unter der Aufsicht eines anderen geschulten und zertifizierten Mitarbeiters arbeiten. Für unterschiedliche Schaltanlagen sind unterschiedliche Schulungen erforderlich, aber alle Schulungen sollten auf der Grundlage der örtlichen Vorschriften, der verschiedenen Betriebshandbücher, der

internationalen Normen und gemäß den Anweisungen des Herstellers erfolgen.

Die Schutzkleidung verhindert den Kontakt mit feinkörnigen toxischen Nebenprodukten. Die Mitarbeiter sollten auf ihre Atmung, ihre Atemwege und ihre Augen achten, wenn sie mit SF₆-gefüllten Geräten oder Arbeitsgängen arbeiten. Jede unerwünschte Reaktion sollte notiert und der Betrieb eingestellt werden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) empfiehlt, dass das Personal, welches in oder in der Nähe von Gasräumen arbeitet (Gasräume mit Schalt- oder Störlichtbögen auch geringer Störlichtbogenenergie), geeignete Werkzeuge und Arbeitsgeräte verwenden, geeignete Schutzkleidung tragen, sich selbst und die gesamte Ausrüstung nach dem Gebrauch reinigen (unter Verwendung von Einwegmaterialien) und die Schutzkleidung so bald wie möglich nach dem Entfernen gründlich waschen sollte. Atemschutzmasken und Schutzbrillen sind vorgeschrieben.

Kosten für Service, Wartung und Prüfung

Xiria Primärkomponenten und Antriebe sind in einem hermetisch geschlossenen Gehäuse installiert. Der Schaltmechanismus besteht aus einer minimalen Anzahl von Teilen und ist speziell für das Schalten nach längerer Inaktivität konzipiert, wie es in der Praxis vorkommt. Die Xiria ist wartungsfrei und senkt die Inspektions- und Instandhaltungskosten, ohne die Betriebssicherheit des Verteilungsnetzes zu beeinträchtigen.

Bei typischen SF₆-Schutzschaltern ist die Anzahl der Teile im Hochspannungskreis doppelt so hoch wie bei entsprechenden Vakuum-Schutzschaltern. Das ist von Bedeutung, da bewegliche Teile eine höhere Ausfallrate haben als unbewegliche Teile.

Die größere Anzahl beweglicher Teile im SF₆-Schutzschalter kann zur Folge haben, dass er weniger zuverlässig ist als ein Vakuum-Schutzschalter. In einigen Fällen kann eine SF₆-Schaltröhre repariert werden, aber nur im Werk, was in der Praxis bedeutet, dass sie in der Regel eher ersetzt werden muss.

Inspektionen und Druckkontrollen

SF₆-befüllte Geräte erfordern eine regelmäßige Druckprüfung. Vor jeder Wartungsarbeit an elektrischen Betriebsmitteln muss eine gründliche Inspektion durchgeführt werden. Bevor mit den Arbeiten begonnen werden kann, muss das Gerät abgeschaltet und isoliert werden.

Der Zustand der Geräte und der Gasstand müssen dokumentiert werden. Mitarbeiter benötigen für Arbeiten an der Anlage eine schriftliche Genehmigung des Betreibers der Schaltanlage (Eigentümer) und des Dienstleisters, bevor sie damit beginnen.

Sicherungskosten

Die Xiria-Systeme von Eaton basieren auf der bewährten Vakuumschaltröhren-Technologie. Sie erfordert keine Wartung und ein Unterbrecher kann 30000 Schaltvorgänge ausführen. Das macht sie auch umweltfreundlich.

In SF₆-befüllten Schaltanlagen werden häufig Sicherungen als Transformatorschutz verwendet; bei Störfällen müssen die Sicherungen (alle drei) ausgetauscht werden. Da Zwischenfälle nicht vorhersehbar sind, sollten die entsprechenden Sicherungen vor Ort verfügbar sein und gelagert werden.

Leckage

Der Schutzschaltermechanismus in den mit SF₆ befüllten Schaltanlagen kann zum Austreten von SF₆ führen. Wenn die Tanks versiegelt sind, ist die Leckage minimal, aber leider versagen die Dichtungen mit der Zeit, so dass das Gas austritt. Im Durchschnitt ist davon auszugehen, dass bis zu 15% des SF₆-Gases während der Lebensdauer der Anlage, einschließlich des normalen Betriebs der Anlage, austreten. Gas tritt in das Gehäuse oder die Umgebung aus.

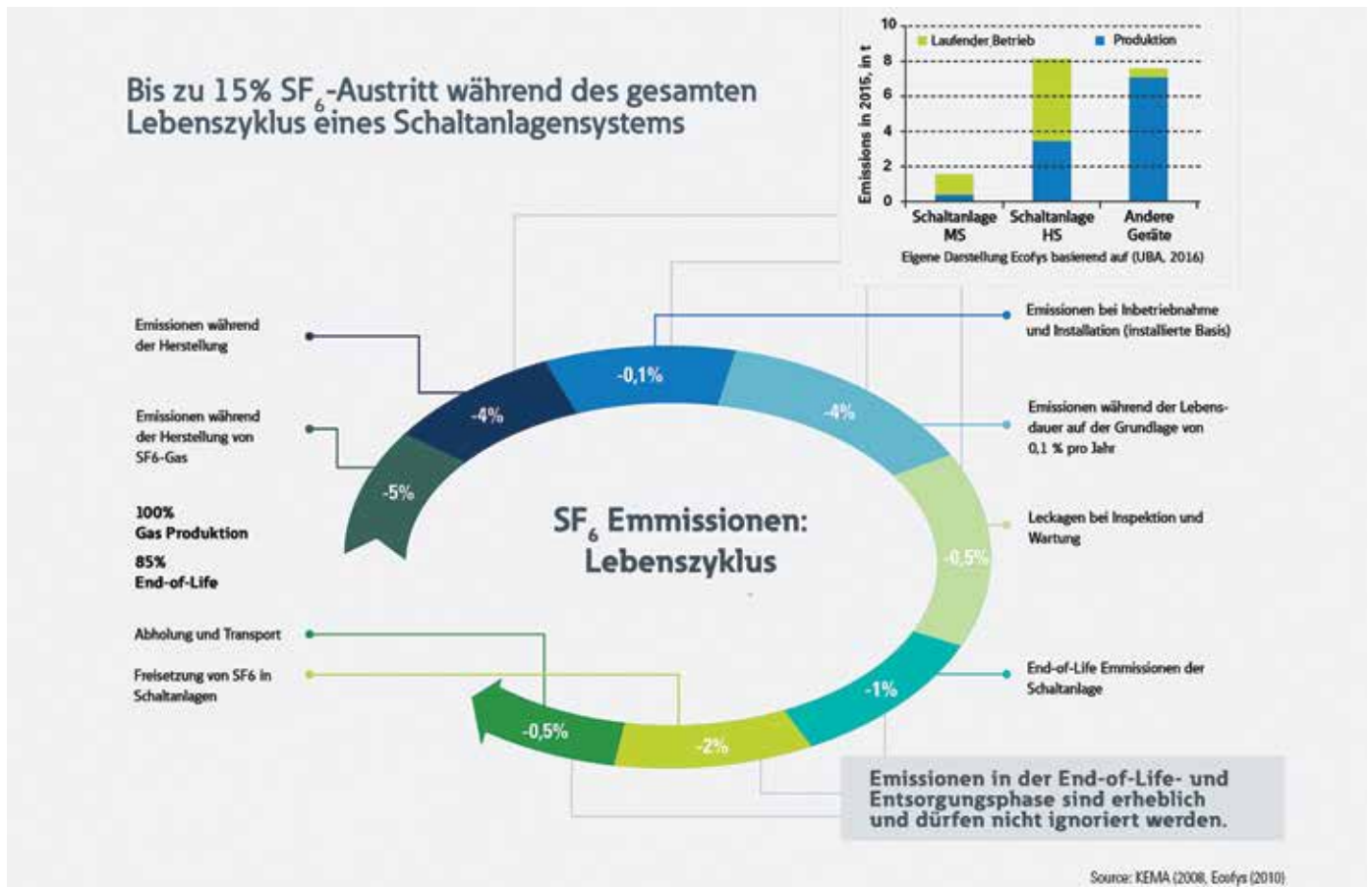


Xiria sealed-for-life, vollständig gekapseltes Gehäuse

Das SF₆ kann auch bei der Erstbefüllung oder bei der Außerbetriebnahme, dem Recycling oder der Entsorgung in die Umwelt gelangen.

In vielen Ländern gibt es keine offiziellen Vorschriften für das Recycling von SF₆-Gas. Die unsachgemäße Handhabung der Ausrüstung bei der Stilllegung erhöht das Risiko, dass das Gas zu diesem Zeitpunkt austritt oder in die Umwelt gelangt.

Die geltenden EU-Vorschriften schreiben vor, dass alle Schaltanlagen, die mehr als sechs Kilogramm SF₆ enthalten, überwacht und etwaige Leckagen gemeldet werden müssen.



Kosten für die Neubefüllung

Xiria erfordert keine Kontrolle oder Wartung des Isolationsniveaus. Die Kombination von Vakuumschaltröhren, fester Isolierung und sauberer Luft als Isoliermedium im abgedichteten Gehäuse sorgt dafür, dass das Qualitätsniveau während der gesamten Lebensdauer der Schaltanlage gleich bleibt.

Ablasskosten

Das Gas in SF₆-gefüllten Schaltanlagen muss bei der Stilllegung abgelassen werden. Die IEC dokumentiert die korrekten Verfahren und legt die Verwendung von Schutzkleidung und -ausrüstung zum Schutz der menschlichen Gesundheit fest. Das Ablassen des SF₆ kann sich auf etwa 1.000 € belaufen.

Energie-Verluste

Elektrische Anlagenschutzeinrichtungen leiten im Normalbetrieb Wärme ab. Je nach Typ, Leistung und Größe der Überstromschutzeinrichtung sind die Verluste unterschiedlich hoch. Die von einem Gerät zusätzlich verbrauchte Energie muss von einer anderen Quelle bezogen werden, um zusätzliche Geräteverluste zu decken. Wenn diese zusätzlichen Geräteverluste reduziert werden, muss weniger Strom bezogen werden. Wenn ein effizienteres Gerät verwendet wird, bedeutet die geringere Energieverschwendung auch, dass weniger Energie an der Quelle erzeugt wird.

Wenn Schmelzsicherungen in Verteilerschränken und Schaltanlagen eingebaut werden, sind diese Schmelzsicherungsgeräte größer als gleich große, durch Leistungsschalter geschützte Geräte, was fast immer dazu führt, dass Schmelzsicherungsgeräte teurer sind als durch Leistungsschalter geschützte Geräte. Mit Leistungsschaltern geschützte Geräte kosten bis zu 10 Mal weniger als Lasttrennschalter mit Sicherungen.

Während des Betriebs können Xiria MS-Schaltanlagen bis zu 90% der Energieverluste im Vergleich zu Schaltanlagen mit Sicherungen einsparen. Zusätzliche Kosten aufgrund der Wärmeabgabe von Sicherungen werden ebenso vermieden wie der Austausch (und die Bevorratung) aller Sicherungen im Falle einer Auslösung. Im Vergleich dazu können Xiria-Systeme, die mit Vakuumunterbrechern und eigenstromversorgten Schutzrelais ausgestattet sind, auch nach einer Auslösung ohne zusätzliche Kosten entweder manuell oder elektronisch mit Fernbedienungsoptionen wieder geschlossen werden.

Recycling- und Entsorgungskosten

Xiria-Systeme sind umweltfreundlich und stellen ein nachhaltiges Energieverteilungssystem dar. Sie bestehen aus umweltfreundlichen Materialien, die alle sofort nach der Ausmusterung der Geräte wiederverwendet oder recycelt werden können.

SF₆-befüllte Schaltanlagen können nicht als Hausmüll entsorgt werden. Für die Entsorgung der mit SF₆ befüllten Schaltanlagen am Ende ihrer Lebensdauer sind spezialisierte Recyclinganlagen und geschultes Personal erforderlich. Da nicht alle Länder über die erforderlichen Einrichtungen verfügen, können die Hersteller um Unterstützung bei der Entsorgung gebeten werden.

Laut IEC sollten alle Demontage- und Recyclingverfahren den örtlichen Vorschriften entsprechen und unter der Verantwortung des Betreibers (Eigentümers) durchgeführt werden. Es sollten alle Maßnahmen ergriffen werden, um Gesundheits- und Umweltschäden zu vermeiden.

Die Verwendung von Luft als Isoliergas erzeugt keine toxischen Nebenprodukte

Elektrische Entladungen (oder Funkenentladungen, Teilentladungen, Schaltlichtbögen und Störlichtbögen) in SF₆-befüllten Schaltanlagen erzeugen giftige Nebenprodukte, die für die menschliche Gesundheit und die Umwelt gefährlich sind. Sollten die Nebenprodukte von Personen eingeatmet oder verschluckt werden, können sie Reizungen der Augen, der Nase oder des Rachens, Lungenödeme oder andere Lungenschäden, Haut- oder Augenverätzungen, verstopfte Nasen, Bronchitis oder Hautausschläge verursachen. Die Nebenprodukte verbleiben im Gehäuse und können bei der Demontage des Geräts oder beim Recycling freigesetzt werden.

Nicht wiederverwendbare Werkzeuge und Geräte, die zur Beseitigung von giftigen und festen Nebenprodukten verwendet werden, sollten entsorgt werden, da sie als kontaminiert gelten. Die ordnungsgemäße Entsorgung der Geräte ist durch die örtlichen Vorschriften geregelt. Wiederverwendbare Werkzeuge

müssen gereinigt und neutralisiert werden.

Berechnung der Gesamtkosten von MS-Schaltanlagen

Eaton hat einen Rechner zur Ermittlung der Gesamtbetriebskosten von SF₆-befüllten und SF₆-freien MS-Schaltanlagen entwickelt, die Sicherungen oder elektronische Relais verwenden.

Der Online-Rechner ermittelt die Gesamtbetriebskosten sowohl für SF₆-befüllte als auch für SF₆-freie Schaltanlagen. Darin enthalten sind Kosten und Variablen wie Wartung und Inspektion, Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme, Recycling, Arbeitskosten und mehr. Die Kunden können Sicherungen oder elektronische Relais angeben, die erwartete Lebensdauer der Geräte (in der Regel etwa 40 Jahre), die Anzahl der installierten Geräte und den Kaufpreis bestimmen. Im Hinblick auf die Gesamtbetriebskosten bieten SF₆-freie Schaltanlagen wie die Xiria-Systeme den Kunden erhebliche Einsparungen.

Der Rechner berücksichtigt die Kosten für Wartung und Recycling. Sie erhalten Zugang zum Rechner auf unserer Webseite [hier](#).

Anhand einer einfachen Demonstration des Rechners werden die Gesamtbetriebskosten für ein SF₆-freies System mit einem elektronischen Relais und ein SF₆-System mit Sicherungen verglichen. Die nachstehenden Kosten beruhen auf durchschnittlichen EU-Preisen und Lohnsätzen.

Beide Systeme basieren auf:

- Technische Lebensdauer in Jahren: 30 (obwohl ein SF₆-freies System normalerweise eine längere Lebensdauer von bis zu 40 Jahren hat)
- Lohnsatz in der EU von 50 €
- Die installierte Basis von RMUs: 1000

Das nachstehende Szenario zeigt, dass selbst bei einem anfänglichen Kostenunterschied von 20 % die Gesamtbetriebskosten niedriger sind, wenn SF₆-freie Schaltanlagen mit Leistungsschaltern als Transformatorschutz verwendet werden. Der Unterschied wird noch größer sein, wenn man die längere Lebensdauer des SF₆-freien Systems berücksichtigt.

SF ₆ -freies System mit elektronischem Relais		SF ₆ System mit Sicherungen	
RMU Kaufpreis	120%	RMU Kaufpreis	100%
Lebenszeitkosten	31%	Lebenszeitkosten	91%
(Unabhängig von der Notwendigkeit gelten bestimmte Mindestbeträge)			
Gesamtbetriebskosten (TCO)	151%	Gesamtbetriebskosten (TCO)	191%

Im Hinblick auf die Gesamtbetriebskosten bieten SF₆-freie Schaltanlagen wie die Xiria-Systeme den Kunden erhebliche Einsparungen.

SF₆ und die Europäische Kommission

SF₆ ist in Europa für die meisten Anwendungen verboten, aber in den letzten Jahren ist ein zunehmender Trend zu seiner Verwendung in Schaltanlagen zu verzeichnen. Da die dezentralen Stromnetze mit erneuerbaren Energien in Europa zunehmen, werden mehr SF₆-gefüllte Schaltanlagen installiert, um diese anzuschließen. Dies führt zu der paradoxen Situation, erneuerbare Anlagen, die CO₂-neutrale Energie erzeugen, mit Schaltanlagen zu installieren, die das schädlichste Treibhausgas enthalten. Die Europäische Kommission hat die Aufgabe, den aktuellen Stand der Dinge zu untersuchen und geeignete Vorschriften zu empfehlen, um die Verwendung von SF₆ in Schaltanlagen, der letzten Anwendung, in der es noch nicht verboten ist, einzuschränken und schließlich ganz einzustellen.

Im September 2020 empfahl die Europäische Kommission in ihrem Bericht den Ausstieg aus der Verwendung von SF₆ bis 2025. In dem Bericht werden auch Anreize und Maßnahmen gefordert, um die rasche Einführung von Alternativen zu fördern, insbesondere im Falle der „greenfields“ Projekte.

Die Überarbeitung der F-Gas-Verordnung wird für 2022 erwartet.

In Anbetracht der Auswirkungen, die ausgetretenes SF₆ auf die Umwelt hat, ist beim Austausch alternder SF₆-befüllter Schaltanlagen ein sorgfältiger Ansatz für die Stilllegung erforderlich. Da die Länder und Unternehmen den Klimawandel offensichtlich ernst nehmen, sind mutige Entscheidungen und dringende Maßnahmen erforderlich.

Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit

Die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft verlangen, dass die Produktlebenszyklen verlängert, Abfall vermieden, Produkte wiederverwendet, recycelt, demontiert und die Komponenten wiederverwendet werden, um den ökologischen Fußabdruck der Organisation und der Produkte zu verringern. Die Minimierung der Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Schaffung eines nachhaltigen Lebens für alle Lebewesen auf der Erde.

Mit SF₆ befüllte Schaltanlagen stellen eine Herausforderung in Bezug auf Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit dar; die Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit sind potenziell schwerwiegend. Die SF₆-freien Schaltanlagen von Eaton wurden lange vor den UN-Zielen für nachhaltige Entwicklung entwickelt, tragen aber zu

einer erheblichen Verringerung des CO₂-Fußabdrucks von Unternehmen bei, da ein Kilogramm SF₆-Gas Emissionen von fast 24 Tonnen entspricht. Die Design for the Environment (DfE)-Techniken von Eaton stellen sicher, dass unsere Produkte während ihres gesamten Lebenszyklus minimale Auswirkungen auf die Umwelt haben. Im Gegensatz zu SF₆-befüllten Schaltanlagen sind Xiria-Systeme nachhaltiger und wartungsfrei und ersparen den Unternehmen zusätzliche Emissionen und einen größeren CO₂-Fußabdruck.

Die Nachhaltigkeitsziele von Eaton stehen im Einklang mit den UN-Zielen für nachhaltige Entwicklung, insbesondere in Bezug auf Wasserqualität, saubere Energie, Innovation, nachhaltige Städte, verantwortungsvolle Produktion, Klimaschutz und verantwortliche, integrative Institutionen.

ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



Eaton hat sich das Ziel gesetzt, durch den Einsatz seiner Power Management Technologien und Dienstleistungen für mehr Lebensqualität zu sorgen und die Umwelt zu schützen. Nachhaltige Lösungen helfen unseren Kunden, elektrische, hydraulische und mechanische Energie sicherer, effizienter und zuverlässiger zu nutzen. Eaton erzielte im Jahr 2020 einen Umsatz von 17,9 Milliarden Dollar und verkauft Produkte in mehr als 175 Ländern. Weltweit beschäftigt Eaton rund 94.000 Mitarbeiter.

Weitere Informationen finden Sie unter www.eaton.com.

Wir behalten uns das Recht auf Änderungen an den Produkten oder den in diesem Dokument enthaltenen Informationen vor, das gleiche gilt auch für Preise, Fehler und Auslassungen. Verbindlich sind nur die von Eaton erstellten Auftragsbestätigungen und technischen Dokumentationen. Auch Fotos und Abbildungen jeglicher Form sind keine Gewähr für die Gestaltung oder Funktionalität der Produkte. Deren Verwendung in jedweder Weise unterliegt der vorherigen Genehmigung durch Eaton. Dasselbe gilt für Marken (insbesondere Eaton, Moeller und Cutler-Hammer). Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen von Eaton, wie auf den Internetseiten und den Auftragsbestätigungen von Eaton angegeben.

Eaton
EMEA Hauptverwaltung
Route de la Longeraie 7
1110 Morges, Switzerland
Eaton.com

© 2022 Eaton
Alle Rechte vorbehalten
Nummer der Publikation: WP022011DE
Januar 2022

Eaton ist ein eingetragenes Warenzeichen.

Alle anderen Handelsmarken sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.

Folgen Sie uns in den sozialen Medien, um aktuelle Produkt- und Supportinformationen zu erhalten.

