

Spezifikation für die Wiederverwendung von SF₆ und seinen Mischungen in elektrischen Betriebsmitteln

Inhalt		Seite
1	Anwendungsbereich.....	5
2	Normative Verweisungen.....	5
3	Begriffe.....	6
3.1	Allgemein.....	6
4	Verunreinigungen und ihre Ursachen.....	7
4.1	Einleitung.....	7
4.2	Verunreinigungen aus der Handhabung und aus dem Betrieb.....	7
4.3	SF ₆ -Verunreinigungen in einem Betriebsmittel nur mit Isolierfunktion.....	7
4.4	SF ₆ -Verunreinigungen in Schaltgeräten.....	8
4.5	SF ₆ -Zersetzungsprodukte aufgrund interner Lichtbögen.....	8
4.6	Spezifische Zersetzungsprodukte von SF ₆ -Gemischen.....	8
5	Anforderungen für aufbereitetes SF ₆	9
6	Anforderungen für SF ₆ -Gemische.....	9
7	Aufbereiten von SF ₆ und SF ₆ -Gemischen.....	10
7.1	Machbarkeit und Verfahren.....	10
7.2	Prüfverfahren zur Bestimmung der Gasqualität.....	13
7.2.1	Einleitung.....	13
7.2.2	Vor-Ort-Analyse.....	13
7.2.3	Laboranalyse.....	14
8	Handhabung, Lagerung und Transport (informativ).....	15
9	Sicherheit und Erste Hilfe.....	15
9.1	Allgemeine Sicherheitsregeln.....	15
9.1.1	Einleitung.....	15
9.1.2	Personenschutz.....	16
9.1.3	Umgang mit kontaminierten Schutzausrüstungen und Werkzeugen.....	17
9.1.4	Druckgeräte und Werkzeuge oder Messgeräte.....	18
9.1.5	Persönliche Sicherheits- und Schutzausrüstung.....	18
9.1.6	Einrichtungen und Ausstattung.....	19
9.2	Zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen im Falle einer anormalen Freisetzung von SF ₆ aufgrund eines externen Feuers oder eines Störlichtbogens.....	19
9.3	Erste-Hilfe-Ausrüstung und -Behandlung.....	20
9.3.1	Einleitung.....	20
9.3.2	Reizung der Haut.....	20
9.3.3	Reizung der Augen.....	21

	Seite
9.3.4 Atemschwierigkeiten	21
10 Umweltaspekte	21
Anhang A (informativ) Beschreibung der Analysemethoden (vor Ort und im Labor)	22
A.1 Probennahme	22
A.1.1 Probenahmeverbindung vor Ort	22
A.1.2 Probenzylinder für die Laboranalyse	22
A.1.3 Probenahmeverfahren für die Laboranalyse	23
A.1.3.1 Verfahren mit einem Probenzylinder	23
A.1.3.2 Verfahren mit zwei Probenzylinder	23
A.2 Vor-Ort-Analyse	24
A.2.1 SF ₆ -Konzentrationsmessgerät	24
A.2.2 Hygrometer	24
A.3 Laboranalyse	25
A.3.1 Gaschromatographie	25
A.3.1.1 Gaschromatographie mit Detektorsystemen mit einer linearen Genauigkeit über mindestens 3 Jahrzehnte, als Beispiel hier der Wärmeleitfähigkeitsdetektor (TCD)	25
A.3.1.2 Beispiel für die Gaschromatographie mit Massenspektrometer (MS)	26
A.3.1.3 Ionenchromatographie	27
A.3.2 Infrarot-Spektroskopie	27
A.3.2.1 Kurzbeschreibung	27
A.3.2.2 FTIR-Spektrometer	28
A.3.2.3 Absorptionszelle	28
A.3.2.4 Analyse	28
A.3.2.5 Absorptionsfrequenzen von Gasen	28
Anhang B (informativ) Zersetzungsprodukte von SF ₆ und seinen Gemischen	30
B.1 Zersetzung von SF ₆ und seinen Gemischen	30
B.1.1 Einleitung	30
B.1.2 Verhalten von SF ₆ in einem elektrischen Lichtbogen	30
B.1.3 SF ₆ -Zersetzung mit geringen Entladungen	32
B.1.4 Katalytische Zersetzung von SF ₆ (Verhalten bei hoher Temperatur)	32
B.2 Korrosionsverhalten von SF ₆ und seinen Zersetzungsprodukten	32
B.3 Maßnahmen zum Entfernen von Zersetzungsprodukten	32
B.4 Physiologische Eigenschaften der Zersetzungsprodukte	32
Anhang C (informativ) Verfahren zur Bewertung der potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen von Zersetzungsprodukten von SF ₆ und seinen Gemischen	33
C.1 Einleitung	33
C.2 Bildung und Gesundheitsauswirkungen von SF ₆ -Zersetzungsprodukten	33

	Seite
C.2.1 Bildung von SF ₆ -Zersetzungsprodukten.....	33
C.2.2 Gesundheitsauswirkungen von SF ₆ -Zersetzungsprodukten	34
C.2.2.1 Einleitung.....	34
C.2.2.2 Gesundheitsauswirkungen von durch Lichtbögen zersetztes SF ₆	34
C.2.2.3 Expositionsdauer und Verdünnung in der Luft.....	34
C.2.3 Quantitative Schätzung von gasförmigen Zersetzungsprodukten	35
C.2.3.1 Einleitung.....	35
C.2.3.2 Schätzung der Entwicklungsraten von SOF ₂ aufgrund von Lichtbogenbildung.....	35
C.2.3.3 Schätzung der Entwicklungsrate von S ₂ F ₁₀ aufgrund von Funkenbildung	36
C.2.3.4 Schätzung der Entwicklungsrate von S ₂ F ₁₀ aufgrund von Teilentladungen	36
C.2.4 Verfahren zur Bewertung des Gesundheitsrisikos.....	36
C.3 Schlussfolgerungen.....	38
Anhang D (informativ) Kryogene Rückgewinnung von SF ₆	40
D.1 Einleitung.....	40
D.2 Anwendungsgebiete.....	40
D.3 Physikalischer Hintergrund	40
D.4 Kryogene Prozesse.....	41
D.5 Beschreibung eines kryogenen Aufbereitungsgeräts [13]	42
Anhang E (informativ) Empfehlungen für die Rückgewinnung.....	44
E.1 Einleitung.....	44
E.2 Empfehlungen für das Filtern	44
E.3 Straßen-Transport von benutztem SF ₆ in Gasflaschen und -behältern	44
Literaturhinweise	45
Bilder	
Bild 1 – Entscheidungs-Flussdiagramm für die Bestimmung des wiedergewonnenen SF ₆	12
Bild A.1. – Aufbau für das Verfahren mit einem Probenzylinder.....	23
Bild A.2. – Aufbau für das Verfahren mit zwei Probenzylindern.....	23
Bild A.3 – Beispiel für ein Gas-Chromatogramm auf einem Ausdruck zur Darstellung der möglichen unterschiedlichen Zersetzungsprodukte	26
Bild A.4 – typisches GCMS-Chromatogramm von zersetztem SF ₆	27
Bild A.4 – IR-Spektrum von verunreinigtem SF ₆	29
Bild C.1 – Verfahren zur Bewertung der potenziellen Gesundheitsauswirkungen durch Lichtbogenbildung	37
Bild C.2 – Verfahren für die Bewertung der potenziellen Gesundheitsauswirkungen aufgrund von Entladungen mit geringer Energie.....	38
Bild D.1 – Druck des gesättigten Dampfes verschiedener Gase als Funktion der Temperatur.....	41
Bild D.2 – Typisches kryogenes Aufbereitungsgerät für die SF ₆ -Rückgewinnung vor Ort.....	42

	Seite
Bild D.3 – Typisches kryogenes Aufbereitungsgerät zum Entfernen von Verunreinigungen.....	43
Tabellen	
Tabelle 1 – SF ₆ -Verunreinigungen.....	7
Tabelle 2 – Anforderungen für aufbereitetes SF ₆	9
Tabelle 3 – Anforderungen für SF ₆ /N ₂ -Gemische	9
Tabelle 4 – Anforderungen für SF ₆ /CF ₄ -Gemische	10
Tabelle 5 – Allgemeine Verunreinigungen und Methoden zur Entfernung.....	10
Tabelle 6 – Übliche Absorber für verschiedene SF ₆ -Verunreinigungen	11
Tabelle 7 – Vor-Ort-Verfahren	14
Tabelle 8 – Labormethoden	15
Tabelle 9 – Maßnahmen bei Arbeiten an mit SF ₆ gefüllten Betriebsmitteln	16
Tabelle 10 – Sicherheitsmaßnahmen beim Öffnen und Betreten von Gasräumen.....	17
Tabelle 11 – Neutralisierende Lösungen.....	18
Tabelle 12 – Zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen.....	20
Tabelle A.2 – Peak-Absorption von SF ₆ und Verunreinigungen.....	29
Tabelle C.1 – AGW für SO ₂ , HF und S ₂ F ₁₀	35
Tabelle C.2 – SOF ₂ -Entwicklungsrate.....	36