

Inhalt

1 Anwendungsbereich	8
2 Begriffe und Abkürzungen	8
2.1 Begriffe.....	8
2.2 Abkürzungen	9
3 Weiterentwicklung der F-Gase-Verordnung und Überblick über Normen und Fachpublikationen	11
3.1 Weiterentwicklung der europäischen F-Gase-Verordnung.....	11
3.2 Weitere Regularien und Normen	13
3.3 Literatur zu elektrischen Betriebsmitteln mit SF ₆ - oder alternativer Gasisolation	15
3.4 Auszüge aus ausgewählten Literaturstellen.....	15
4 Pilotprojekte und Erfahrungen mit SF₆-Alternativen	19
4.1 Einleitung.....	19
4.2 Übersicht zu Alternativen für Hochspannungsanwendungen	20
4.3 HV Anwendungen.....	22
4.3.1 Einleitung	22
4.3.2 Anwendungen mit C4-FN/CO ₂ /O ₂ /N ₂ Gasmisch	22
4.3.3 Anwendungen GIS mit C5-FK/CO ₂ /O ₂ Gasmischung	23
4.3.4 Anwendungen synthetischer Luft (N ₂ /O ₂) als Isolier- und Vakuum als Schaltmedium	23
4.3.5 Anwendungen (CO ₂ /O ₂) als Isolier- und Schaltmedium	25
4.4 Mittelspannungsanwendungen	26
4.4.1 Unterscheidung von Mittelspannungsschaltanlagen	26
4.4.2 Übersicht zu GIS- und Hybrid-Anwendungen in der primären Verteilebene.....	29
4.4.3 Übersicht zu GIS- und Hybrid-Anwendungen in der sekundären Verteilebene ...	29
5 Sicht der Anwender	30
6 Frageliste für Anwender von SF₆-freien Lösungen	33
6.1 Aufbau und Zweck der Frageliste	33
6.2 Überblick zu den Kriterien und Anforderungen	33
7 Literaturverzeichnis	36
Anhänge	37
A. Literaturliste.....	37
B. Übersicht zu Anwendungen mit Produktreifegrad 7	38
B.I. HS Schaltanlagen mit C4-FN Gemischen.....	38
B.II. HS GIS-Schaltanlagen mit Vakuumschaltechnik und synthetischer Luft.....	39
B.III. HS Schaltanlagen mit C5FK Gemischen	40
B.IV. HS Gasisolierte Leitungen (GIL/GIB) mit C4FN Gemischen	41
B.V. HS Gasisolierte Leitungen (GIL/GIB) mit synthetischer Luft	41
B.VI. HS Leistungsschalter mit CO ₂ Gemischen als Isolier- und Schaltmedium	42
B.VII. HS Leistungsschalter mit C4FN Gemischen.....	42

B.VIII. Leistungsschalter mit Vakuumschalttechnik und synthetischer Luft	42
B.IX. Wandler mit synthetischer Luft	44
B.X. MS Schaltanlagen (primär) mit synthetischer Luft	45
B.XI. MS Schaltanlagen (primär) mit C5-FK Gemischen	46
B.XII. MS Schaltanlagen (primär) mit O ₂ , N ₂ , CO ₂ Gemischen	46
B.XIII. MS Schaltanlagen (sekundär) mit C5-FK Gemischen.....	47
B.XIV. MS Schaltanlagen (sekundär) mit synthetischer Luft	47
B.XV. MS Schaltanlagen (sekundär) mit O ₂ , N ₂ , CO ₂ Gemischen.....	48
B.XVI. MS Schaltanlagen (sekundär) mit O ₂ , N ₂ Gemischen	48
B.XVII. MS Schaltanlagen (sekundär) mit O ₂ , N ₂ & Umgebungsluft.....	49
B.XVIII. MS GIS-Hybrid Schaltanlagen (primär & sekundär) mit Umgebungsluft.....	49
C. Frageliste für Anwender von SF ₆ -freien Lösungen.....	51

Bildverzeichnis

Bild 1: Ausgelieferte Einheiten von SF ₆ -freien Alternativen nach Spannungsebene	21
Bild 2: Kumulierte Anzahl an ausgelieferten Einheiten von SF ₆ -freien Alternativen nach dem Jahr der Auslieferung.....	21
Bild 3: Strahlendosis (dose rate) in Abhängigkeit der Prüfspannung am Beispiel eines 145 kV Vakuumleistungsschalters mit geöffneten Kontakten [14]	24
Bild 4: Unterscheidung von Mittelspannungsschaltanlagen	26
Bild 5: Einsatzschwerpunkte von Schaltanlagen im Verteilungsnetz	29
Bild 6: Treiber zur Einführung von SF ₆ -freien Alternativen (Mehrfachnennungen möglich)....	31
Bild 7: Hindernisse für den Einsatz von SF ₆ -freien Alternativen (Mehrfachnennungen möglich)31	
Bild 8: Einkaufskriterien Kriterien der Kunden in EU und DE (Mehrfachnennungen möglich) 32	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick zu Artikeln und Anhängen im Vorschlag für eine neue F-Gase Verordnung vom 5. April 2022 in Bezug auf die in Tabelle 2 gelisteten Gase [2]	11
Tabelle 2: Treibhauspotenzial von reinen fluorierten Gasen, die für elektrische Betriebsmittel verwendet werden (in Anlehnung an den Vorschlag einer neuen EU F-Gase VO vom 05. April 2022).....	13
Tabelle 3: Klassifizierung der Einsatzfähigkeit SF ₆ -freier Alternativlösungen nach Produktrefegrad	19
Tabelle 4: Übersicht zu Alternativen für Hochspannungsanwendungen von Herstellern mit europäischer Fertigung	20
Tabelle 5: Kategorisierung von Schaltanlagentypen für Mittelspannungsanwendungen	27
Tabelle 6: Übersicht zu Alternativen für Mittelspannungsanwendungen - primäre Verteilebene von europäischen Herstellern.....	29