



## Analyse und Bewertung der Anforderungen an das Leistungsvermögen der Betriebsmittel im Falle von temporären Netzzuständen mit Spannungen oberhalb von $U_m$

Oktober 2019

**Analyse und Bewertung der Anforderungen an das  
Leistungsvermögen der Betriebsmittel im Falle von  
temporären Netzzuständen mit Spannungen oberhalb  
von  $U_m$**

Prof. Dr.-Ing. C. Neumann



Prof. Dr.-Ing. V. Hinrichsen



Oktober 2019

# Analyse und Bewertung der Anforderungen an das Leistungsvermögen der Betriebsmittel im Falle von temporären Netzzuständen mit Spannungen oberhalb $U_m$

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen .....	3
Zusammenfassung.....	5
1. Einleitung .....	11
2. Betrieb mit Spannungen $>U_m$ aus Sicht der Vorschriften und Richtlinien .....	12
2.1. Begriffe und Definitionen in den VDE-Vorschriften .....	12
2.2. Internationale und nationale Network Codes .....	13
3. Randbedingungen für den Betrieb mit Spannungen $>U_m$ : Betrieb bei temporären Überspannungen, Zeitdauer, kritische Situationen .....	15
3.1. Sichtung und Analyse der Erfahrungswerte bei Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern .....	15
3.1.1. Übertragungsnetzbetreiber.....	15
3.1.2. Verteilnetzbetreiber .....	17
3.2. Szenarien für das Auftreten von betriebsfrequenten Spannungen $>U_m$ .....	18
3.2.1. Zuschaltung von langen Kabelstrecken oder Hybrid-Leitungen (Szenario 1)...	19
3.2.2. Wegfall von Erzeugungseinheiten (Szenario 4).....	20
4. Grundsätzliche Auslegung von Betriebsmitteln, Prüfvorschriften und angenommene Randbedingungen.....	22
5. Mögliche Einschränkungen der Funktionalität von Betriebsmitteln bei Betrieb mit Spannungen $>U_m$ .....	24
5.1. Freileitungen .....	24
5.2. Freiluft-Schaltanlagen .....	25
5.3. GIS-Anlagen.....	25
5.4. Schaltgeräte.....	26
5.4.1. Leistungsschalter, Schalten von Kurzschlussströmen .....	26
5.4.1.1. <i>Klemmenkurzschluss</i> .....	27
5.4.1.2. <i>Abstandskurzschluss</i> .....	30
5.4.1.3. <i>Teilkurzschlussströme</i> .....	32
5.4.2. Leistungsschalter, Schalten von kapazitiven Strömen.....	32
5.4.2.1. <i>Ausschalten von Leitungen</i> .....	32
5.4.2.2. <i>Einschalten von Leitungen</i> .....	35
5.4.3. Ausschalten von kleinen induktiven Strömen .....	36
5.4.3.1. <i>Stromabriss</i> .....	36

---

5.4.3.2. Überspannungen.....	37
5.4.3.3. Einschwingspannung.....	39
5.4.3.4. Wiederezündungen.....	41
5.4.4. Trennschalter.....	41
5.4.4.1. GIS-Trennschalter.....	41
5.4.4.2. Freiluft-Trennschalter.....	43
5.5. Transformatoren.....	43
5.6. Drosselspulen.....	45
5.7. Strom- und Spannungswandler.....	45
5.7.1. Genauigkeit.....	45
5.7.2. Kippschwingungen.....	45
5.8. Überspannungsableiter.....	48
5.9. Kabelanlagen.....	49
5.10. Zusammenfassende Bewertung.....	50
6. Einfluss von Spannungen $> U_m$ auf das Langzeit- und Alterungsverhalten abhängig von Dauer und Häufigkeit des Auftretens.....	54
6.1. Szenario 1: Zweimal pro Woche für jeweils 30 min Beanspruchung mit einer zeitweiligen Überspannung von $1,05 \cdot U_m$ über eine Betriebszeit von 40 Jahren.....	54
6.1.1. Freileitungen.....	54
6.1.2. Freileiluft-Schaltanlagen.....	54
6.1.3. Schaltgeräte.....	54
6.1.4. GIS-Schaltanlagen.....	55
6.1.5. Strom- und Spannungswandler.....	57
6.1.6. Leistungstransformatoren.....	57
6.1.7. Überspannungsableiter.....	60
6.1.8. Kabelanlagen.....	60
6.2. Zusammenfassende Bewertung der Lebensdauer von Betriebsmitteln des 380-kV-Netzes sowie des 220-kV- und 110-kV-Netzes bei kurzzeitiger Beanspruchung mit $1,05 \cdot U_m$ .....	63
6.3. Szenario 2: Mögliche Alterung bzw. Lebensdauerverkürzung durch zeitweilige Überspannung von $1,025 \cdot U_m$ mit längerer Beanspruchungsdauer.....	63
6.3.1. GIS-Schaltanlagen.....	63
6.3.2. Leistungstransformatoren.....	64
6.3.3. Kabelanlagen.....	65
6.4. Zusammenfassende Bewertung der Lebensdauer von 420-kV-Betriebsmitteln bei längerer Beanspruchung mit 102,5% der dauernd zulässigen Betriebsspannung.....	66
7. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen.....	67
8. Schrifttum.....	69
Anhang: Zu den Autoren.....	72