

Constanze Troitzsch

Netzfehler in vermaschten HGÜ-Netzen

Ein Verfahren zur Berechnung, Detektion,
Fehlerklärung



Universitätsverlag Ilmenau
2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	3
2.1	Klassifikation von DC-Netzfehlern.....	3
2.2	Aufbau und Anforderungen an Netzschutzsysteme	4
2.3	Fehlerstromberechnung in Gleichspannungssystemen	5
2.4	Fehlerdetektion in HGÜ-Systemen	6
2.5	Fehlerklärung in HGÜ-Systemen.....	8
2.6	Wanderwellenvorgänge in elektrischen Übertragungssystemen	13
2.7	Zusammenfassung und Fazit.....	16
3	Fehlerstromanalyse in HGÜ-Systemen	19
3.1	Modellierung der Fehlerstelle	19
3.2	Fehlerstromsynthese durch Wellenüberlagerung.....	20
3.3	Systemmodell.....	23
3.3.1	Umrichter	23
3.3.2	Übertragungsleitung.....	26
3.4	Berechnung der Fehlerströme	28
3.4.1	Pol-Pol-Fehler	28
3.4.2	Pol-Erde-Fehler bei starrer Systemerdung.....	31
3.4.3	Pol-Erde-Fehler bei hochohmiger Umrichtererdung	33
3.5	Einflüsse auf die Fehlerströme	37
3.5.1	Vorbemerkung	37
3.5.2	Betriebsspannung.....	40
3.5.3	Leitungsparameter	42
3.5.4	Fehlerort.....	47
3.5.5	Systemausdehnung.....	50
3.5.6	Fehler- und Erdwiderstand.....	51
3.5.7	Innenwiderstand des Umrichters	52
3.6	Zusammenfassung.....	53
4	Detektion von DC-Leitungsfehlern	55

4.1	Anforderungsanalyse und Systemaufbau	55
4.2	Methoden zur Fehleridentifikation und -detektion.....	56
4.2.1	Auslösekriterium Stromanstieg.....	56
4.2.2	Auslösekriterium Spannungsänderung.....	59
4.2.3	Auslösekriterium Erdstrom.....	62
4.2.4	Auslösekennlinien.....	62
4.3	Bestimmung des Fehlerortes auf der fehlerbehafteten Leitung.....	64
4.4	Detektionsalgorithmus.....	66
4.5	Fallstudien	69
4.5.1	Netzmodell.....	69
4.5.2	Übertragungstechnologie	71
4.5.3	Kopplung der Übertragungsleitungen.....	74
4.5.4	Systemspannung.....	75
4.5.5	Fehlerort.....	76
4.5.6	Längsfehler.....	79
4.5.7	Betriebszustandswechsel.....	81
4.5.8	Netztrennung eines Umrichters.....	81
4.6	Zusammenfassung.....	83
5	Fehlerklärung.....	85
5.1	Begrenzung des Fehlerstromanstiegs durch eine Drossel	85
5.2	Auswirkungen der DC-Fehlerklärung auf ein unterlagertes AC-Netz.....	87
5.2.1	Einführung und Systemmodell.....	87
5.2.2	Fehlerklärungsszenarien bei DC-Leitungsfehlern.....	89
5.2.3	Vergleichende numerische Fallstudie	90
5.3	Zusammenfassung.....	93
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	95
7	Literaturverzeichnis	98
A	Anhang.....	102
B	Abkürzungsverzeichnis	110
C	Formelzeichenverzeichnis	111

D	Abbildungsverzeichnis	116
E	Tabellenverzeichnis	121