

Bewertung des Nutzens einer spannungsebenenübergreifenden Planung von Hoch- und Mittelspannungsnetzen

Von der
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Ingenieur Thorsten Borchard

aus Lemgo

Berichter: Universitätsprofessor Dr.-Ing. Hans-Jürgen Haubrich

Universitätsprofessor Dr. rer. nat. Gerhard Pietsch

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	V
1 Einleitung	1
1.1 Herausforderungen für Verteilungsnetzbetreiber	1
1.2 Stand der Technik bei der Planung elektrischer Verteilungsnetze	2
1.3 Ziel der Arbeit	4
2 Analyse spannungsebenenübergreifender Planung	5
2.1 Systemabgrenzung	5
2.2 Beschreibung der Versorgungsaufgabe	6
2.2.1 Netzkunden	7
2.2.2 Stationsstandorte	8
2.2.3 Trassen	8
2.3 Technische Freiheitsgrade der Netzplanung	9
2.3.1 Betriebsmittelwahl	9
2.3.2 Umspannstationskonzepte	12
2.3.3 Wahl der Spannungsebenen	13
2.4 Wirtschaftliche Bewertung elektrischer Verteilungsnetze	13
2.5 Technische Bewertung elektrischer Verteilungsnetze	15
2.5.1 Zulässige Strombelastbarkeit der Betriebsmittel	15
2.5.2 Kurzschlussleistung	16
	I

2.5.3	Spannungsqualität	17
2.5.4	Versorgungszuverlässigkeit	18
2.6	Stand der Technik in der Hoch- und Mittelspannungsnetzplanung	21
2.7	Spannungsebenenübergreifende Hoch- und Mittelspannungsnetzplanung	23
2.8	Voruntersuchung zur spannungsebenenübergreifenden Planung	28
2.8.1	Anschlussalternativen von Umspannstationen	28
2.8.2	Netzkonzept HS-Netz mit MS-Transportnetz	32
2.8.3	Netzkonzepte mit Reservehaltung über MS-Strangnetze	36
2.9	Fazit	38
3	Methodisches Vorgehen und Verfahren	41
3.1	Technisches Netzmodell	41
3.2	Vorgehensweise	43
3.3	Verfahrensauswahl	44
3.3.1	Exakte Methoden	44
3.3.2	Heuristische Methoden	45
3.3.3	Auswahl des Optimierungsverfahrens zur spannungsebenenübergreifenden Planung	46
3.4	Planungsverfahren für das Netzkonzept HS-Netz mit MS-Transportnetz	47
3.4.1	Verfahrensvorstufe	49
3.4.2	Planung des HS-Netzes und MS-Transportnetzes	52
3.5	Verfahren für Netzkonzepte mit Reservestellung im MS-Strangnetz	58
3.6	Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit	60
3.6.1	Ermittlung der Unterbrechungshäufigkeit	61

Inhaltsverzeichnis

3.6.2	Ermittlung der Unterbrechungsdauer im Mittelspannungs- verteilungsnetz	61
4	Untersuchungsergebnisse	63
4.1	Randbedingungen und Freiheitsgrade	64
4.2	Bewertung des Netzkonzeptes HS-Netz mit MS-Transportnetz	64
4.2.1	Homogene Versorgungsaufgabe mit Lastdichte 1 MVA/km ²	65
4.2.2	Homogene Versorgungsaufgabe mit Lastdichte 5 MVA/km ²	68
4.2.3	Homogene Versorgungsaufgabe mit Lastdichte 10 MVA/km ²	77
4.2.4	Homogene Versorgungsaufgabe mit Lastdichte 20 MVA/km ²	79
4.3	Zusammenhang zwischen Lastdichte und optimaler Stationslast	80
4.4	Bewertung der Netzkonzepte HS-Netz mit MS-Strangnetz sowie HS-Netz mit MS-Strang/Ringnetz	82
4.4.1	Versorgungsgebiet mit einer Lastdichte von 5 MVA/km ²	82
4.4.2	Versorgungsgebiete mit Lastdichten von 1 MVA/km ² und 10 MVA/km ²	88
4.5	Schlussfolgerungen	89
5	Zusammenfassung	91
6	Quellenverzeichnis	95
7	Diplom-, Master- und Studienarbeiten	106
8	Anhang	107
8.1	Allgemeine Daten	107
8.2	Betriebsmittelkenndaten	107
8.2.1	Wirtschaftliche Kenndaten	107
8.2.2	Elektrische Kenndaten	109