

Bewertung und Optimierung des Instandhaltungsaufwands elektrischer Verteilungsnetze

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 Markus Obergünner
aus Grevenbroich

Berichter: Universitätsprofessor Dr.-Ing. Hans-Jürgen Haubrich
 Universitätsprofessor Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Kay Hameyer

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Januar 2005

„D 82 (Diss. RWTH Aachen)“

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes	iv
1 Einleitung	1
1.1 Aktuelle Einwirkungen auf den Betrieb elektrischer Verteilungsnetze	1
1.2 Bewertung der Netzkosten	2
1.3 Stand der Forschung	4
1.4 Ziel und Aufbau der Arbeit	4
2 Analyse der Aufgabenstellung	7
2.1 Begriffsbestimmungen	7
2.1.1 Instandhaltung	7
2.1.2 Instandhaltungsaufwand	7
2.2 Abgrenzung des Systems und der zu betrachtenden Aufgaben	9
2.3 Eigenschaften von Mittelspannungs- und Niederspannungsverteilungsnetzen	11
2.3.1 Netzstrukturen	11
2.3.2 Betriebsmittel	13
2.3.3 Sternpunktbehandlung und Störungsgeschehen	19
2.3.4 Schutz- und Fernwirktechnik	23
2.4 Instandhaltungspraxis	24
2.4.1 Gesetzliche Vorgaben	24
2.4.2 Instandhaltungsstrategien	25
2.4.3 Durchführung der Instandhaltung	26
2.5 Störungsbeseitigung	29
2.5.1 Aufgaben bei der Störungsbeseitigung	29
2.5.2 Fehlerortung und Wiederversorgung bei Fehlern mit Schutzauslösung	30
2.5.3 Fehlerortung und Freischaltung bei stehendem Erdschluss	32
2.5.4 Personal- und Materialbedarf für die Störungsbeseitigung	33

2.6 Personaleinsatz	34
2.6.1 Personalqualifikation	34
2.6.2 Freiheitsgrade beim Personaleinsatz	34
2.7 Anforderungen an Modelle und Verfahren zur Bewertung des Instandhaltungsaufwands	35
3 Modelle und Verfahren	37
3.1 Übersicht	37
3.2 Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs	38
3.2.1 Modellierung von Instandhaltungsmaßnahmen	38
3.2.2 Zusammenfassung von Einzelmaßnahmen zu Maßnahmenpaketen	42
3.2.3 Mengengerüstbasierte Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs	45
3.3 Ermittlung des optimalen Personaleinsatzes	45
3.3.1 Verfahrensauswahl	45
3.3.2 Entscheidungsvariablen	47
3.3.3 Nebenbedingungen	48
3.3.4 Zielfunktion	50
3.4 Instandhaltungsaufwand	50
4 Ergebnisse	51
4.1 Übersicht	51
4.1.1 Gliederung der Untersuchungen	51
4.1.2 Eigenschaften des betrachteten Netzbereichs	51
4.1.3 Betriebsstrategie	53
4.1.4 Betrachtungszeitraum	53
4.2 Referenz	54
4.2.1 Instandhaltungsbedarf des betrachteten Netzbereichs	54
4.2.2 Optimal gedeckter Instandhaltungsbedarf	57
4.3 Einfluss der Mittelspannungsnetzstruktur	65
4.3.1 Ländliche vs. städtische Gebiete	65
4.3.2 Einschleifung vs. Stichanschluss von Netzstationen	67
4.3.3 Eigensicherheit von Umspannstationen	70
4.4 Einfluss der Netzausstattung	72
4.4.1 Betriebsmitteltypen	72
4.4.2 Ausstattung mit Schaltgeräten	74
4.4.3 Fernwirktechnik	76
4.4.4 Sternpunktbehandlung	78

4.5 Einfluss äußerer Randbedingungen	80
4.6 Einfluss der Betriebsstrategie	81
4.6.1 Störungsbeseitigung in Mittelspannungsnetzen	81
4.6.2 Instandhaltungsstrategie	83
4.6.3 Personalstrategie	85
4.7 Schlussfolgerungen	85
5 Zusammenfassung	89
6 Literatur- und Quellenverzeichnis	91
7 Anhang	101
Anhang A - Mengengerüst des betrachteten Verteilungsnetzbereichs	101
Anhang B - Eigenschaften der repräsentativen Abgänge	104
Anhang C - Instandhaltungsstrategie und Störungsgeschehen	107
Anhang D - Eigenpersonalkosten und -verfügbarkeit	126