

Verfahren zum Ermitteln wichtiger Anlagendaten

H.-G. Beese, Berlin

Vorschriftsmäßiges Planen, Errichten, Instandhalten und Prüfen von Starkstromanlagen erfordert verlässliche und dokumentationsfähige Berechnungsverfahren. Diese Anforderungen erfüllt z. B. eine Zusammenstellung von Planungswerkzeugen, die eine aus Diagrammen bestehende Arbeitsmappe sowie eine herstellerunabhängige Berechnungssoftware in verschiedenen Ausführungen umfasst.

1 Nützliche Planungs- und Dokumentationswerkzeuge

Mit den vorgestellten rationellen Verfahren zum Nachweis von Kurzschlussfestigkeit, Selektivität, automatischer Abschaltung im TN-Netz, Grenzlängen von Kabel/Leitungen, Spannungsfall und Leistungsverlust erhält man innerhalb kurzer Zeit die notwendigen genauen Ergebnisse, die neben der Darstellung in einer Excel-Datei zusätzlich in praktischen, aussagekräftigen und wieder verwendbaren „Ruck-Zuck-Diagrammen“ dargestellt bzw. dokumentiert werden können. Die Abhängigkeit der interessierenden Daten von den Einflussparametern kann in der grafischen Darstellung auf einen Blick erfasst und besser verfolgt werden. Diese Diagramme erklären sich selbst und stellen eine gute Grundlage bei schnellen Entscheidungen, Beratungen vor Ort, Variantenvergleichen sowie für die Ermittlung der kostengünstigsten Lösung usw. dar. Der Einarbeitungsaufwand ist sehr gering. Die Verfahren werden bereits von vielen EVUs, Ing.-Büros, Installationsfirmen, Industriebetrieben sowie im Wohnungsbau aber auch in Hoch- und Fachschulen genutzt und haben sich gut bewährt. Es handelt sich dabei um herstellerunabhängige neutrale Verfahren, die praxis- und aufgabenbezogen auf der Basis von DIN EN 60909-0 (VDE 0102) [1] weiterentwickelt wurden. Im Handwerk kann nur mit dem geeigneten Werkzeug Qualitätsarbeit geleistet werden. Ebenso sind auch zur Erstellung von genauen rechnerischen Nachweisen bzw. Ermittlung von Kurzschlussströmen und Netzverlusten sowie für die dazugehörigen Dokumentationen geeignete Planungswerkzeuge erforderlich. Aus diesem Grund wurden die folgenden fünf Verfahren bzw. Tools entwickelt:

Arbeitsmappe. Sie beinhaltet 50 Ruck-Zuck-Diagramme im A4-Format für die gebräuch-

lichsten Fallbeispiele sowie entsprechende lehrbuchartige Beispiele.

CD ROM 1. Hierbei handelt es sich um eine Anwendersoftware für die reine Berechnung verschiedenster Fallbeispiele von Kabel und Leitungen per PC.

CD ROM 1.1. Softwareversion 1.1 dient zur Berechnung von Kabeln und NS-Freileitungen der Netzbetreiber bzw. EVU und eignet sich für gemischte Netze.

CD ROM 2. Bei dieser Variante stehen die gleichen Funktionen wie bei der CD ROM 1 zur Verfügung. Es besteht jedoch zusätzlich die Möglichkeit, die Vorzüge der so genannten Ruck-Zuck-Diagramme zu nutzen.

CD ROM 3. Diese Ausführung entspricht der CD ROM 2, jedoch zusätzlich mit editierbaren Impedanzen, z. B. bei abnormen Kabeln. Dabei können verwendete Impedanzen ausgetauscht werden.

2 Entwicklung von den Diagrammen zur Software

Die ersten sogenannten Ruck-Zuck-Diagramme wurden mit geprüften Rechenprogrammen für die häufig vorkommenden Anwendungen mit speisenden Transformatoren der Leistung von 250 kVA bis 1600 kVA sowie 2 · 250 kVA

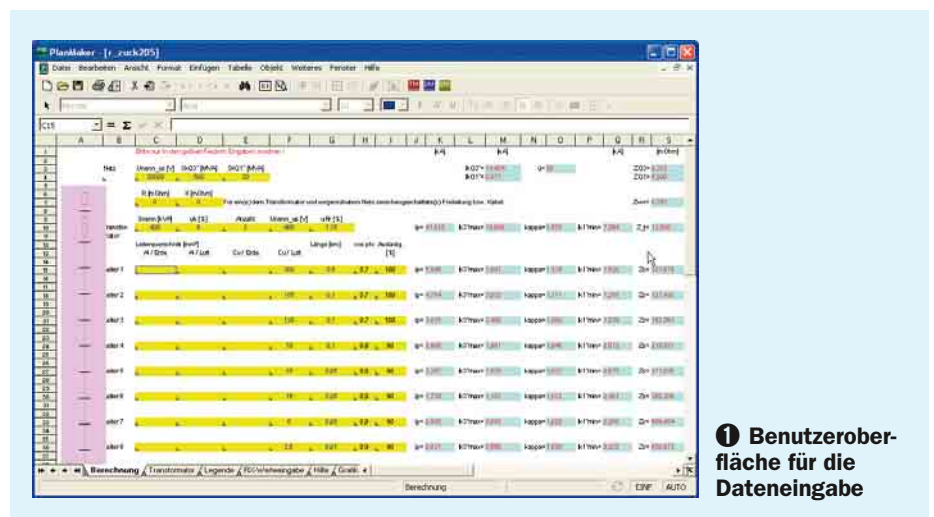
bis 2 · 1600 kVA erstellt. Sie wurden für die schnelle Ermittlung von Kurzschlussströmen und Netzverlusten mit relativ guter Genauigkeit entwickelt. Das Motto lautete: „Im Ruck-Zuck-Verfahren schnell und genau zu Netzdaten“. Die Diagramme zeigen, welche Kabelquerschnitte zur Einhaltung eines geforderten Abschaltstromes verwendet werden müssen. Weiterhin lassen sich auch folgende Daten der vorhandenen Kabel/Leitungen ablesen:

- Kurzschlussstrom,
 - Spannungsfall,
 - Leistungsverlust bzw. Schleifenimpedanz.
- So wie der Strom in der Realität nacheinander verschiedene Kabelquerschnitte und -längen zum Verbraucher durchfließt, geht man in gleicher Weise nacheinander auf den entsprechenden Querschnitts-Kennlinien in den Ruck-Zuck-Diagrammen entlang und kann dann an jeder Stelle des Netzes bzw. der Anlage die interessierenden Werte ablesen – alles ohne zu rechnen. Die Berechnungen sind für die jeweils speisenden Transformatoren schließlich bereits sorgfältig durchgeführt worden.

Der Nachteil dieses Hilfsmittels war, dass für kleinere, größere und abnorme Transformatoren sowie Grenzfälle keine Diagramme zur Verfügung standen. Somit wurde eine Software erforderlich, mit der sich alle vorkommenden praktischen Fälle berechnen lassen.

2.1 Basisversion der Berechnungssoftware

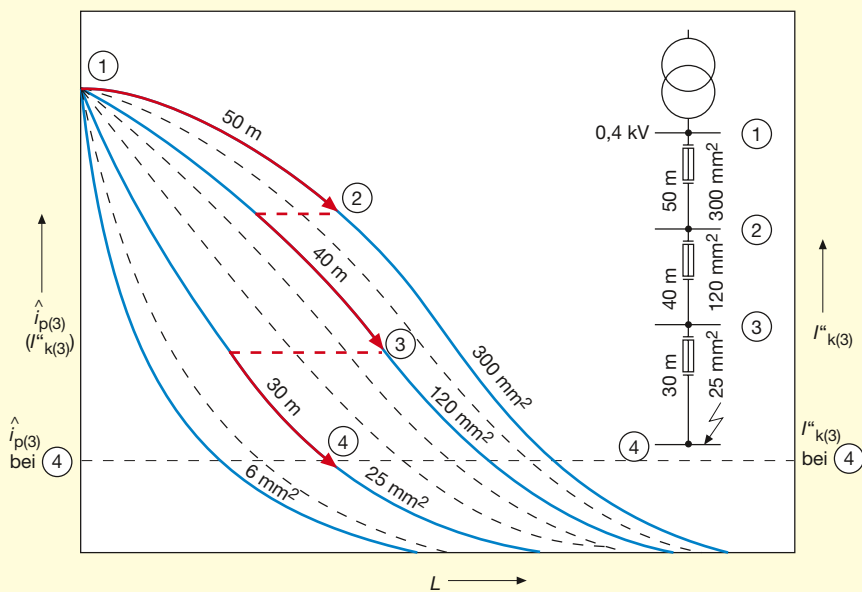
In einer Excel-Datei auf der CD ROM 1 stehen nunmehr gelbe Eingabefelder zur Verfügung, in die man die tatsächlich vorhandenen Kurzschlusswerte des vorgeordneten bzw. speisenden Netzes, die technischen Daten der speisenden Transformatoren, Kabel- bzw. Leitungsquerschnitte unter Beachtung der entsprechenden Verlegungsarten (Erde oder Luft) und deren Längen eintragen kann (Bild 1). Für Freileitungen und Kabel, sogenannte gemischte Netze, wurde mit der CD ROM 1.1 ein spezielles praxisorientiertes Verfahren mit Auswahl der vorzusehenden Absicherung für die einzelnen Abgänge einer Verteilung entwi-



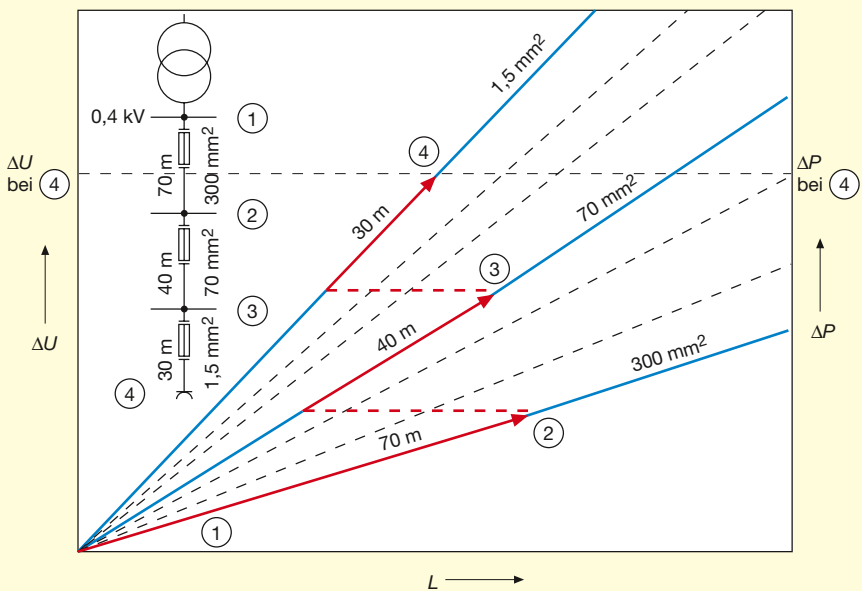
1 Benutzeroberfläche für die Dateneingabe

Autor

Dipl.-Ing. Hans-Georg Beese, Berlin, hat in der Planung und Projektierung sowie für Driescher Wegberg gearbeitet und ist jetzt selbstständig tätig.



2 Prinzipdarstellung zum Nachweis der mechanischen und thermischen Kurzschlussfestigkeit



3 Prinzipdarstellung zur Überprüfung des Spannungsfalls und des Leistungsverlustes

Quellen: www.ruck-zuck-netzdaten.de

ckelt. Zur Dokumentation von Objektbezeichnungen, Bearbeitern, Verteilungsbezeichnungen, Kabelstrecken und Kabelnummern u. Ä. stehen grüne Eingabefelder zur Verfügung. Die Ergebnispalette in den türkisfarbenen Feldern besteht aus 1-poligen und 3-poligen Kurzschlussströmen, dem Stoßfaktor (Kappa), der Schleifenimpedanz, dem 1- und 3-poligen Spannungsfall sowie dem Leistungsverlust. Kurzschlussströme und Spannungsfall sind temperaturabhängig. Daher können die zu beachtenden Temperaturen beliebig vorgegeben werden. Die Software ermöglicht es auch, mit gemessenen Impedanzen von

davor befindlichen Netzabschnitten weiter zu rechnen.

2.2 Ruck-Zuck-Diagramme in erweiterter Software-Version

Auf Basis der mit der CD ROM 1 ermittelten Berechnungsergebnisse können nunmehr die „Ruck-Zuck-Diagramme“ für die Kurzschlussströme und Netzverluste mit der Software CD ROM 2 erstellt werden (Bilder 2 und 3). Für überschlägige Berechnungen mit guter Genauigkeit lassen sich diese Diagramme immer wieder verwenden. So werden Variantenvergleiche für optimale Lösungen bezüglich

der Sicherheit und der Kosteneinsparung schnell möglich, denn diese Diagramme sind wesentlich aussagefähiger, übersichtlicher und informativer als lange Zahlenkolonnen. Außerdem können die Abhängigkeiten der interessierenden Größen von den Einflussparametern in einer grafischen Darstellung besser verfolgt werden.

2.3 Editierbare Impedanzen in erweiterter Software-Version

Oftmals sind noch alte, abnorme 3½-Leiter-Kabel mit Bleimantel u. Ä. in vorhandenen Starkstromanlagen von Industriebetrieben vorzufinden, deren Impedanzen von heute gebräuchlichen Impedanzen mehr oder weniger stark abweichen. Um zu genauen Ergebnissen zu kommen, müssen dann die bisher verwendeten Impedanzen für die handelsüblichen Kabel ausgetauscht bzw. editiert werden. Dazu dient eine Tabelle der CD ROM 3. Sie enthält alle bisher verwendeten Impedanzen, die aber auch mit den tatsächlich vorhandenen, neuen Impedanzen überschrieben werden können. Damit wird es möglich, das Verfahren auch überschlägig für das Berechnen von Mittelspannungsleitungen (Kabel/Freileitung) zu verwenden, wenn deren Impedanz-Werte eingegeben werden. Schließlich macht [1] bei der Berechnung von Kurzschlussströmen keinen Unterschied zwischen Niederspannung und Mittelspannung.

3 Zusammenfassung

Die fünf beschriebenen neutralen bzw. herstellerunabhängigen Planungshilfen dienen als nützliches Werkzeug für den in der Planung, Projektierung, Errichtung, Instandhaltung sowie in Überwachungseinrichtungen von Starkstromanlagen tätigen Praktiker. Die jeweils vorliegende Arbeitsaufgabe bestimmt dabei das einzusetzende Planungswerkzeug. Je nach Arbeitsplatzausstattung, vorhandenen Bedingungen und Ansprüchen kann man mit diesen Verfahren in kurzer Zeit für die meisten praktischen Fälle in Niederspannungsnetzen bzw. -anlagen der Netzbetreiber, der Industrie sowie des Gesellschafts- und Wohnungsbaus Nachweise erbringen über:

- Kurzschlussstromfestigkeit,
- Selektivität,
- automatische Abschaltung im TN-Netz,
- Spannungsfall,
- Leistungsverlust und
- Grenzlängen.

Anhand dieser Nachweise lässt sich dann die optimale und kostengünstigste Variante auswählen.

Literatur

[1] DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07 Kurzschlussströme in Drehstromnetzen; Berechnung der Ströme. ■

Blitz- und Überspannungsschutz für ein Wasserwerk

Sicherung der Trinkwasserversorgung für Frankfurt (Oder) durch die Anwendung eines Blitzschutz-zonen-Konzeptes

W. Weigt, Rüdnitz; F. Rusch, Frankfurt (Oder); C. Kausch, Berlin

Aufgrund zunehmender Unwetter und Gewitter in der Oder-Region entschloss sich die Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft, die Trinkwasserversorgung gegen von außen einwirkende Gefahren abzusichern. Demzufolge wurden die bereits vorhandenen Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen auf ihre allseitige Wirksamkeit überprüft und gemäß DIN EN 62305-1 bis 4 ein Risikomanagement durchgeführt sowie ein Blitzschutz-zonen-Konzept mit eingeschränktem LEMP-Schutzsystem erarbeitet.

1 Ausgangssituation

Das Wasserwerk Briesen wurde im Jahr 1969 erbaut und umfasst eine Fläche von etwa 60000 m² mit derzeit 13 aktiven Gebäuden bzw. technischen Anlagen. Alle Gebäude sind untereinander drahtgebunden elektroenergetisch und/oder informationstechnisch sowie teilweise über Lichtwellenleiter vernetzt. Die Mehrzahl der Gebäude sind mit äußerem Blitzschutz ausgerüstet, Gebäudeschirmung ist nicht vorhanden. Die letzten Prüfprotokolle für das äußere Blitzschutzsystem (LPS) datieren aus dem Jahr 2006 (Abkürzungsverzeichnis siehe Kasten S. 698). Die Erdungsanlagen sind in Dokumenten aus früheren Jahren festgehalten, mussten aber aufgrund der Ergebnisse der Begehungen zur Bearbeitung in das Gesamtkonzept verwiesen werden. Ebenso war es notwendig, die Trennungsabstände neu zu berechnen und danach zu verändern. Einige zugehörige Funktionsgebäude befinden sich außerhalb des Wasserwerks in weiter Entfernung. Dazu zählen Transformatoren, Sammelbrunnen (SB), Infiltrations-Pumpwerk, Infiltrationsbecken mit Pegelhaus und auch Rohrbruchsicherungen (RBS). In verschiedenen Gebäuden und Anlagen sind elektrischer Potentialausgleich, Blitzschutz-Potentialausgleich (EB) und Überspannungsschutz vorzufinden. Weitere mit dem Wasserwerk korres-

pondierende, aber für sich eigenständige technische Anlagen befinden sich in Frankfurt (Oder) und Umgebung. Eine schematische Gesamtübersicht des Wasserwerks ist in Bild 1 dargestellt.

Die technische Gebäudeausrüstung umfasst die elektrische Energieversorgung mit Mittelspannungseinführung 20 kV, herunter transformierte Anlagen auf 6-kV und Niederspannungsanlagen (230/400 V), USV und Gleichspannungsversorgung sowie Telekommunikations- und Leittechnik für die Trinkwasserproduktion. Im Einsatz sind modernste elektronische Einrichtungen, die eine hohe Verfügbarkeit der Trinkwasserversorgung garantieren müssen. Weder die Gebäude noch deren technische Ausrüstungen sind gegenwärtig einer Ex-Zone zugeordnet, deshalb konnten diesbezüglich alle Betrachtungen für den Blitzschutz entfallen.

Die größte Gefahr für die elektrischen und elektronischen Geräte sind Überspannungen, verursacht durch Blitze (LEMP), Schalteinrichtungen im Energieversorgungsnetz (SEMP) oder elektrostatische Entladungen (ESD) und von Blitzen abgestrahlte magnetische Felder. Um diesen Gefahren erfolgreich zu begegnen, war es notwendig, ein in sich geschlossenes LEMP-Schutzsystem (LPMS) zu entwickeln und für die Praxis aufzubereiten. Von vornherein wurde durch den Betreiber vorgegeben, dass eine nachträgliche Gebäudeschirmung nicht in Frage kommt. Lediglich geschirmte Gehäuse (Schaltschränke, Betriebsmittel, Kabel, Leitungen) waren in Ansatz zu bringen. Damit ließ sich nur ein LPMS mit teilweise geschirmten Leitungen und Geräten sowie Überspannungsschutz an den Übergängen der Blitzschutz-zonen (LPZ) erreichen. Ein wichtiger Aspekt war, die vorhandenen aber lückenhaft und energetisch unkoordinierten Überspannungsschutzgeräte (SPD), fachgerecht in das neue Blitzschutz-zonen-Konzept (BSZK) zu integrieren. Welche Schutzklasse anzusetzen ist und welche Schutzmaßnahmen notwendig sind, musste durch Berech-

Autoren

Dipl.-Ing. *Wolfgang Weigt* ist freier Sachverständiger für Arbeitssicherheit, Erdung, Blitzschutz und Potentialausgleich sowie Obmann des AK Blitzschutz beim ETV im VDE Berlin-Brandenburg, Rüdnitz.

Dipl.-Ing. (FH) *Friedhelm Rusch* ist Koordinator E/MSR-Technik bei der Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH, Frankfurt (Oder).

Dr.-Ing. *Cersten Kausch* ist Eigner und Leiter des Ingenieurbüros für Anlagen der technischen Ausrüstung Kausch, Berlin.