

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Anwendung der Thermografie
zur Diagnose in der Instandhaltung
Elektroanlagen

Application of thermography
to maintenance diagnostics
Electrical systems

VDI/VDE 2878

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	2
2 Begriffe	5	2 Terms and definitions	5
3 Grundlagen des Diagnoseverfahrens	6	3 Principles of the diagnostic method	6
3.1 Randbedingungen und Einflussgrößen bei der Infrarotmessung	6	3.1 Boundary conditions and parameters for infrared measurements	6
3.2 Einsatzmöglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Thermografie in elektrischen Anlagen	10	3.2 Fields of application and limits to the application of thermography within electrical systems	10
4 Spezielle Anforderungen bei der Anwendung des Diagnoseverfahrens an elektrischen Anlagen	11	4 Special requirements for the application of the diagnostic method on electrical systems	11
4.1 Ausbildungsvoraussetzungen	11	4.1 Educational requirements	11
4.2 Verwendete Messgeräte	12	4.2 Applied measurement instruments	12
4.3 Randbedingungen	12	4.3 Boundary conditions	12
4.4 Sicherheitsmaßnahmen	15	4.4 Safety measures	15
5 Durchführung des Messverfahrens	16	5 Application of the measurement method	16
5.1 Einsatzgebiete für das Diagnoseverfahren	16	5.1 Fields of application for the diagnostic method	16
5.2 Festlegung des Untersuchungszyklus	24	5.2 Determination of the examination interval	24
5.3 Voraussetzungen für die Durchführung des Diagnoseverfahrens	26	5.3 Requirements for the implementation of the diagnostic method	26
5.4 Vorgehensweise bei der Durchführung des Diagnoseverfahrens	27	5.4 Implementation procedure of the diagnostic method	27
6 Auswertung	28	6 Evaluation	28
6.1 Bewertungsverfahren	28	6.1 Evaluation method	28
6.2 Mögliche Maßnahmen zur Fehlerbehebung	30	6.2 Possible measures for fault remedy	30
7 Dokumentation	32	7 Documentation	32
Anhang A Ablaufdiagramm einer thermografischen Untersuchung	35	Annex A Flow chart of a thermographic examination	36
Anhang B Musterbericht zur thermografischen Messung	37	Annex B Sample report for a thermographic measurement	38
Schrifttum	42	Bibliography	42

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2878.

Einleitung

Diese Richtlinie richtet sich an Instandhalter im Bereich elektrischer Anlagen und an Thermografen, die Untersuchungen in elektrischen Anlagen durchführen. Die Richtlinie soll einen Überblick über die Anwendungsbereiche, die Grundlagen und die Durchführung des Verfahrens geben. Darüber hinaus wird auf die Auswertung der durchgeführten Messungen und die zu erstellenden Dokumente sowie deren notwendigen Inhalt eingegangen.

Heute stehen preisgünstige Infrarotmesssysteme zur Verfügung, die einfach und unkompliziert bedient werden können. Ein Anwendungsgebiet ist die Überprüfung von Energieübertragungs- und -verteilungsanlagen bei Energieversorgungsunternehmen, in Industrie- und Produktionsbetrieben sowie Infrastrukturanlagen. Diese Überprüfungen werden im Regelfall von den entsprechend ausgebildeten und qualifizierten Instandhaltungsabteilungen selbst durchgeführt oder an externe Dienstleister vergeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie ist ein Leitfaden für Betreiber von Elektroanlagen mit dem Ziel, die Voraussetzungen für die Thermografie und deren Einsatzbedingungen als Messtechnik in der Instandhaltung dieser Anlagen, einschließlich der Inbetriebnahme als Standardmessverfahren, zu erläutern.

Die thermografische Überprüfung von elektrischen Anlagen kann in allen Spannungsebenen eingesetzt werden. Abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall werden unterschiedliche Anforderungen an das ein-

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2878.

Introduction

This standard addresses maintenance engineers in the field of electrical systems and thermographs, who carry out investigations on electrical systems. This standard should give an overview on the application fields, the fundamentals and the implementation of the procedure. In addition, the analysis of the measurements, the documents, which have to be compiled, as well as the necessary content of these documents are shown.

Nowadays there are cost-effective infrared measurement systems for easy and straightforward operation. One field of application is the examination of energy transmission and energy distribution systems of power supply companies, industrial plants and production plants as well as infrastructure facilities. These examinations are normally carried out directly by trained and qualified maintenance departments or they are given to external service providers.

1 Scope

This standard for electrical systems operators aims at explaining the prerequisites for thermography and the application conditions for thermography as measurement technology in the maintenance of these systems including its commissioning as a standard measurement method.

A thermographic examination of electrical systems can be carried out in all voltage levels. Depending on the individual case of application, there are different requirements for the applied measurement system.

gesetzte Messsystem gestellt. Auf diese Anforderungen wird in den weiteren Abschnitten näher eingegangen.

Mit dem Messsystem wird die von der Oberfläche des Prüfobjekts emittierte Strahlung gemessen und die Temperaturverteilung auf der Oberfläche des Prüfobjekts dargestellt. Anhand der Temperaturverteilung auf der Oberfläche können auffällige Temperaturen am Prüfobjekt ermittelt werden. Auffällige Temperaturen werden z.B. an Stellen festgestellt, an denen bei elektrischen Verbindungsstellen ein erhöhter Übergangswiderstand vorliegt, oder an elektrischen Leitern, die mit einem zu hohen Strom belastet sind.

Des Weiteren kann man auch durch Messungen innerhalb von Schaltschränken Aussagen zum fachgerechten Aufbau und/oder zu der idealen Anordnung von aktiven und passiven Einbauten und deren optimalem Zusammenspiel treffen. Hier können ungünstige Bauteilabstände oder eine inkorrekte Luftführung zu Überhitzung und damit zum Ausfall der Anlagen führen, insbesondere auch im Hinblick auf die Auswirkungen von Luftströmungen in Verbindung mit Klimatisierungskomponenten. Die thermografische Analyse von solchen Systemen ist somit auch ein Indikator für die richtige Art der Schaltschrank-Klimatisierung und die korrekte Luftführung in solchen Anlagen.

Erhöhte Übergangswiderstände treten an nicht ordnungsgemäß hergestellten Verbindungen oder an gealterten Verbindungen auf. Verbindungen lassen sich in ruhende (z.B. verschraubte, verpresste, vernietet, verschweißte) und in bewegliche Verbindungen (z.B. Schaltkontakte, Trennstellen, Steckverbindungen) unterteilen. Ein erhöhter Übergangswiderstand führt zu einer höheren Verlustleistung an der Verbindungsstelle. Als Folge der höheren Verlustleistung steigt die Temperatur der Verbindungsstelle. Durch die höhere Temperatur steigen der Übergangswiderstand und damit die Verlustleistung an der Verbindung weiter an. Eine höhere Verbindungstemperatur führt zu einer schnelleren Alterung der Verbindung. Im Extremfall kann die Verbindung infolge einer immer weiter ansteigenden Temperatur im Lauf der Betriebszeit ausfallen. Vor dem eigentlichen Ausfall der Verbindung können angrenzende Isolierstoffe bereits in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Beschädigung der Isolierstoffe kann einen Kurzschluss an den Betriebsmitteln verursachen und zu einem Störlichtbogen führen, der einen Brand und gegebenenfalls die Zerstörung kompletter Einrichtungen bewirken kann.

Die thermografische Überprüfung von elektrischen Anlagen kann unter verschiedenen Gesichtspunkten eingesetzt werden:

These requirements will be discussed in greater detail in the following sections.

The measurement system measures the radiation, which is emitted by the surface of the test object, and it shows the temperature distribution on the surface of the test object. Based on the temperature distribution on the surface, irregular temperatures on the test object can be detected. Irregular temperatures can be detected e.g. on spots, where the electrical connections show increased contact resistance or on electrical conductors, which are loaded with excessive current.

Furthermore, statements with regard to the professional assembly and/or the ideal position of active and passive enclosures and their optimal interaction can be made by measurements within electrical enclosures. Unfavourable distances between components or an incorrect airflow can lead to overheating and thus, to a failure of the system, in particular with regard to the influence of airflows in connection with cooling components. Therefore, the thermographic analysis of such systems is also an indicator for the correct cooling of electrical enclosures and for the right airflow in such systems.

Connections, which are old and/or not assembled correctly, show excessive contact resistances. Connections can be divided into static (e.g. bolted, pressed, riveted, welded) and mobile connections (e.g. switching contacts, connections, plug connections). An excessive contact resistance leads to a higher power loss at the connection, which leads to a temperature increase of the connection. The contact resistance and, thus, the power loss at the connection is further increased by the higher temperature. A higher connection temperature leads to faster aging of the connections. In extreme cases, a constantly increasing temperature can result in the failure of the connection during the course of operation. Before the actual failure of the connection, adjacent insulation materials can already get affected, too. Damages in the insulation material can trigger short-circuit on the operating equipment and lead to an arch flash, which can cause a fire and possibly the destruction of entire facilities.

The thermographic examination of electrical systems can be applied from various different perspectives: