

Gemäß EN 60034-1 sind Temperaturfühler soweit es die Betriebssicherheit zulässt, an den Stellen anzubringen, an denen die höchste Temperatur zu erwarten ist. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Temperaturfühler über die gesamte Wicklung in geeigneter Weise verteilt sind, gegen direkten Kontakt mit dem primären Kühlmittel geschützt sind und eine gute thermische Anbindung an die Wicklung sowie eine geringe eigene Wärmekapazität haben. Je inniger die Temperaturfühler mit der Wicklung verbunden sind, desto besser folgen sie der Wicklungstemperatur, vor allem bei schnellen Temperaturänderungen.

Bei mehrphasigen Wicklungen oder Betriebsmittel mit mehreren Wicklungssystemen ist jede an die Versorgungsspannung angeschlossene Phase in jedem Wicklungssystem mit mindestens einem Temperaturfühler zu versehen. Die Leitungen sind so zu verlegen und zu fixieren bzw. zu befestigen, dass sie ausreichend von drehenden und unter Spannung stehenden Teilen distanziert sind.

Abhängig von der Auslegung und der Konstruktion der Maschine ist die höchste Temperatur der Wicklung im Wickelkopf oder in den Wicklungsnuten zu erwarten. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist für den Einbau von Temperaturfühlern zwischen Niederspannungswicklungen und Hochspannungswicklungen zu unterscheiden. Als Temperaturfühler kommen in der Regel Kaltleiter oder PT100 zum Einsatz. Temperaturfühler in der Zündschutzart Eigensicher „i“ müssen immer in einer geerdeten Umgebung eingebaut werden.

1. Niederspannungswicklungen (Bemessungsspannung bis 1000 V)

1.1 Einbau in Wicklungsnuten:

Die Temperaturfühler sind mittig im Nutquerschnitt (bei Mehrschichtwicklungen zwischen zwei Spulenlagen) an der axialen Position einzubauen, an der die höchste Temperatur erwartet wird. Ein direkter Kontakt mit dem Blechpaket ist zu vermeiden.

1.2 Einbau im Wickelkopf:

Die Temperaturfühler sind in der Mitte des Wickelkopfes so einzubetten, dass sie von den Wicklungsdrähten allseitig umgeben sind. Dazu werden die vorgeformten Wickelköpfe an der Abluftseite der Maschine mit einem Hilfswerkzeug aufgeweitet, um die Temperaturfühler einzulegen. Es ist darauf zu achten, dass die Wicklungsdrähte direkt am Temperaturfühler anliegen. Die Anschlussleitungen der Temperaturfühler sollen von der Mitte des Wicklungsstranges aus, wenn möglich, mindestens 40 mm lang parallel zu den Wicklungsdrähten verlegt werden. Für explosionsgeschützte Maschinen, die ausschließlich über eingebaute Temperaturfühler geschützt werden, ist der Einbau in der Bescheinigungsdokumentation zu beschreiben.

Erstellt von Prepared by	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition	Seite Page
AG 3.63		2	1 von 5

	Merkblatt zum Einbau von Temperaturfühlern in Maschinenwicklungen Instructions for installation of temperature sensors into machine windings	ExTL MB-05
---	---	-----------------------

Übermäßige mechanische Beanspruchung der Fühler beim Nachformen des Wickelkopfes durch heftiges Schlagen oder starkes Pressen sowie ziehen an den Anschlussleitungen ist zu vermeiden.

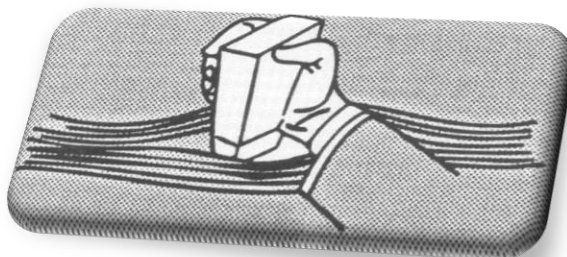
Wicklungen mit dickeren Wicklungsdrähten passen sich weniger gut der Form des Temperaturfühlers an. Um in diesem Fall Hohlräume zu vermeiden, sollten die Temperaturfühler vor dem Einlegen in die Wicklung mit einem gut wärmeleitenden, weichen Gießharz umhüllt werden. Dem Gießharz können zum Verbessern der Wärmeleitung wärmeleitende Stoffe beigemischt werden, z.B. Quarzmehl. Beim Zusammendrücken des Wicklungsstranges quetscht sich das Gießharz in die Hohlräume der Wicklungsdrähte und des Temperaturfühlers. Größere Mengen Gießharz sind zu vermeiden.

Bei Formspulwicklungen, bei denen die Temperaturfühler nur an die Wicklungsoberfläche angebracht werden, können, sind die Temperaturfühler besonders gegen den Einfluss des primären Kühlmittels zu schützen.

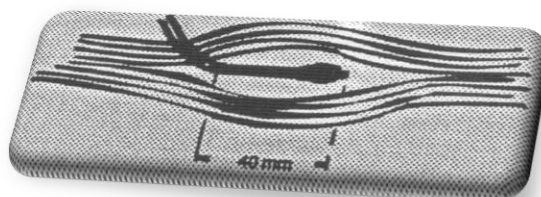
Anschließend wird der Wickelkopf bandagiert und die Wicklung imprägniert. Lufteinschlüsse beim Imprägnieren müssen weitest gehend vermieden werden.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 2 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

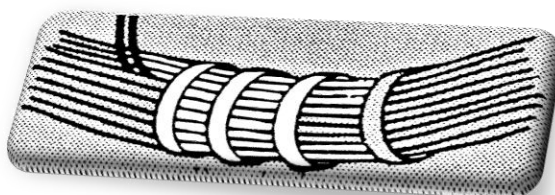
Aufweiten

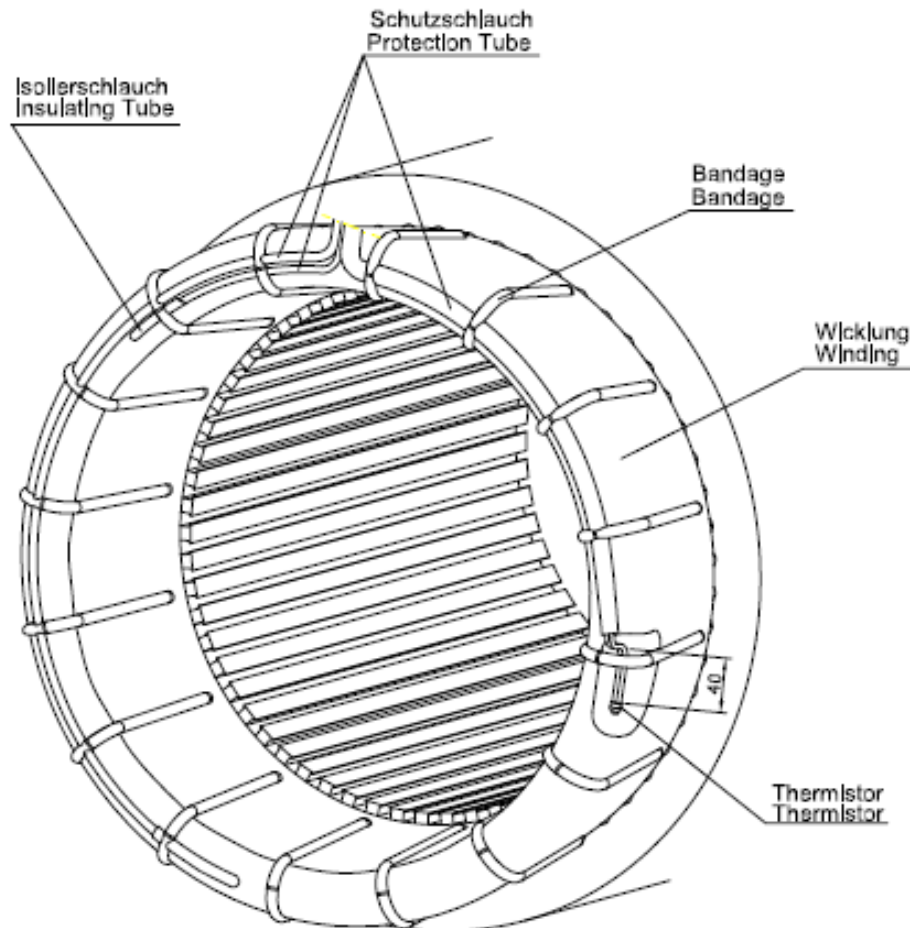


Einbetten



Bandagieren





Bemerkungen / Observation

1) Eine Kaltleitergruppe besteht aus 3 Widerständen
(1 Widerstand je Phase)

A group of resistors consists of 3 resistors
(1 resistance per phase)

2) Wahlweise eine Kaltleitergruppe in Reserve

Optimal a group of resistors in reserve

3) Ableitungen durch Glasseldenschlauch mechanisch geschützt und durch das Bandagieren an den Wickelkopf zugentlastet

Mechanical protection of cables with insulating tubes of glass fiber and with the bandage in the head of the winding for pull relief

4) Kaltleiter nach DIN 44080 bzw. DIN 44081 oder -082

Thermistors according to DIN 44080 resp. DIN 44081 or -082

5) Einbau vor dem Tränken

Assembly before impregnation

Erstellt von
Prepared by

AG 3.63

Weitere Infos / further information:

<https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html>

Ausgabe
Edition

2

Seite
Page

4 von 5

2. Hochspannungswicklungen (Bemessungsspannung über 1000 V)

Da die Anschlussleitungen der Temperaturfühler üblicherweise durch das Maschinengehäuse geführt werden, besteht bei höheren Spannungen in der Wicklung die Gefahr der Potentialverschleppung. Deshalb müssen die Temperaturfühler in einer geerdeten Umgebung eingebaut werden. Dies kann z.B. durch Verwendung von Außenglimmschutz der betreffenden Spulenteile oder durch Einbettung in ein leitfähiges, geerdetes Vlies sichergestellt werden. Die Anschlussleitungen sind möglichst „Erdnah“ zu verlegen.

Das Isolationssystem muss die Anforderungen der EN 60034-15 erfüllen. Dies muss in geeigneter Weise dokumentiert sein. Wenn dies erfüllt ist, kann auf die Verwendung von Überspannungsableitern in den Messkreisen verzichtet werden.

2.1 Einbau im Wickelkopf:

Aufgrund der Anforderung einer geerdeten Einbauumgebung ist der Einbau von Temperaturfühlern im Wickelkopf von Hochspannungsmaschinen nicht üblich. Sollten dennoch Temperaturfühler im Wickelkopf angeordnet werden, so ist dies nur bei besonderer Bauform der Temperaturfühler (metallisch gekapselt und geerdet) sowie mit erhöhtem Isolationaufwand im Wickelkopf möglich. Diese Maßnahmen haben aber negativen Einfluss auf die thermische Anbindung der Fühler an die Wicklung. Der Einbau ist auch nur dann zulässig, wenn das bei der bestandenen Zündprüfung gemäß EN 60079-7 oder EN 60079-15 verwendete Modell entsprechend ausgeführt und dokumentiert war.

2.2 Einbau in Wicklungsnuten:

Die Temperaturfühler sind mittig im Nutquerschnitt (bei Mehrschichtwicklungen zwischen zwei Spulenlagen) an der axialen Position einzubauen, an der die höchste Temperatur erwartet wird. Ein direkter Kontakt mit dem Blechpaket ist zu vermeiden.

3. Allgemein:

Die Messleitungen sind zum Schutz vor Beschädigungen innerhalb sowie außerhalb vom Maschinengehäuse in Schutzschläuchen zu verlegen.

Bei Verwendung von eigensicheren "i" Temperaturfühlern ist der Schirm innerhalb der Maschine bzw. des Hilfsklemmenkastens zu erden. Mehrfach-Erdung ist nicht zulässig. In der Betriebsanleitung der Maschine muss auf die erforderliche Erdung gesondert hingewiesen werden. Bei Verwendung von Temperaturfühlern in der Zündschutzart „e“ wird ebenfalls eine geschirmte Ausführung empfohlen.

Nach Fertigstellung der Wicklung sollte eine Funktionsprüfung der Temperaturfühler erfolgen. Zur Durchgangsprüfung des Temperaturmesskreises ist eine Prüfspannung zu verwenden, die eine Zerstörung der Temperaturfühler ausschließt.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 4 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

Bei der Isolationsprüfung des fertigen Betriebsmittels entsprechend EN 60079-0 ist der Fühlerkreis mit einzubeziehen. Bei der Prüfung der Wicklung ist dabei der Fühlerkreis leitend mit dem Gehäuse zu verbinden.

Bei der Hochspannungsprüfung der Temperaturfühler ist darauf zu achten, dass die zu prüfenden Messfühlerkreise während der Prüfung kurzgeschlossen sind.

4. Hinweise für den sicheren Betrieb:

Bei Maschinen der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" ist die thermische Ausnutzung der Wicklung entsprechend EN 60079-7 reduziert. Da die Temperaturfühler bei Hochspannungsmaschinen in der Regel nicht für die Bemessungsspannung der Ständerwicklung isoliert sind, und die nach EN 60079-11 geforderte Trennung der eigensicheren Stromkreis von den übrigen Stromkreisen bei Wicklungen nicht praktikabel ist, ist aus sicherheitstechnischen Gründen eine Reduzierung der thermischen Ausnutzung der Wicklungen auf die Grenzwerte der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit „e“ auch bei Maschinen der Zündschutzarten Überdruckkapselung "p", Druckfeste Kapselung "d" und Ölkapselung „o“ zu empfehlen.

Wenn bei Maschinen in der Zündschutzart Überdruckkapselung "p" die Schutzart aufgehoben ist, darf ein unbescheinigtes Thermometer nicht weiter betrieben werden.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 5 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

According to EN 60034-1 temperature sensors shall be installed where the highest temperature is expected, as far as the operational safety permits. In this case due care has to be taken, that the temperature sensors are distributed across the entire winding in a suitable way, are protected against direct contact with the primary coolant and have a good thermal connection to the winding as well as a low own thermal capacity. The more the temperature sensors are connected to the winding the better they follow the winding temperature, particularly at rapid temperature changes.

When using multiphase windings or equipment with multiple winding systems every phase which is connected to the supply voltage in every winding system should be equipped with at least one temperature sensor. The cables should be fixed respectively fastened in a manner that there is a sufficient distance to rotating and energized parts.

Depending on the design and the construction of the machine, the highest temperature of the winding may be expected in the winding head or in the winding slots. From the point of view of safety engineering it is necessary to distinguish between low voltage windings and high voltage windings with respect to the installation of temperature sensors. Normally PTC thermistors or PT100 temperature sensors are used.

Installation of temperature sensors designed to Intrinsic Safety “i” type of protection should only be done in an earthed surrounding.

1. Low Voltage Windings (Rated voltage up to 1000 V)

1.1 Installation into Winding Slots:

The temperature sensor shall be installed in the center of the slot cross-section (in case of multi-layer windings between two coil layers) at the axial position at which the highest temperature shall be expected. Direct contact with the laminated core shall be avoided.

1.2 Installation into the winding head

The temperature sensors shall be embedded in the centre of the winding head in such a way, that they are completely surrounded by the winding wires. For this purpose the preformed winding heads are expanded with an auxiliary tool at the exhaust air side of the machine to insert the temperature sensors. Due care should be taken that the winding wires fit closely to the temperature sensor. The connection cables of the temperature sensors should possibly be laid at least 40 mm long parallel to the winding wires from the middle of the winding phase. For the explosion protected machines, which are solely protected by installed temperature sensors, the installation shall be described in the certification documentation.

Excessive mechanical stress by violent impact or exerting of strong pressure to the sensors during reconstruction of the winding head as well as pulling on the connection cables shall be avoided.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 1 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

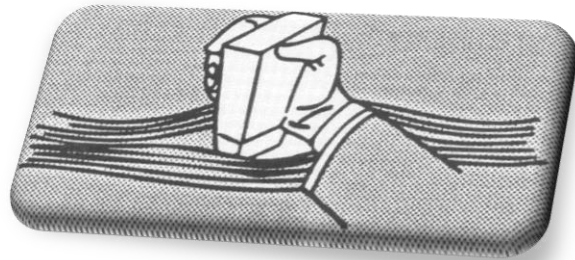
It is difficult to fit windings with thick wires to the form of the temperature sensor. The temperature sensors should be covered with cast with a high thermal conductivity before being embedded in the winding to prevent cavities in this case. To improve thermal conductivity heat-conducting material can be added to the cast, i.e. quartz powder. When pressing the winding phase the cast is squeezed into the cavities of the winding wires and the temperature sensor. Larger quantities of cast should be avoided.

In case that in windings with preformed coils the temperature sensor can only be mounted at the top of the winding, the temperature sensor should be specially protected against the effect of the primary coolant.

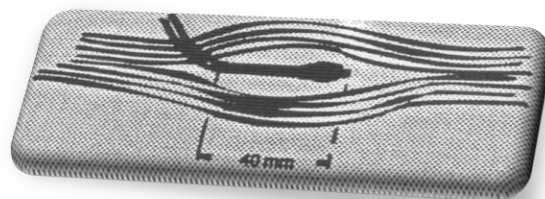
Then the winding head is bandaged and the winding impregnated. During impregnation air inclusions shall be avoided as far as possible.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 2 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

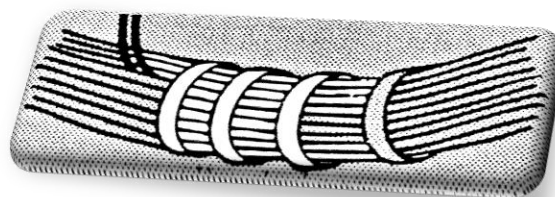
Panding

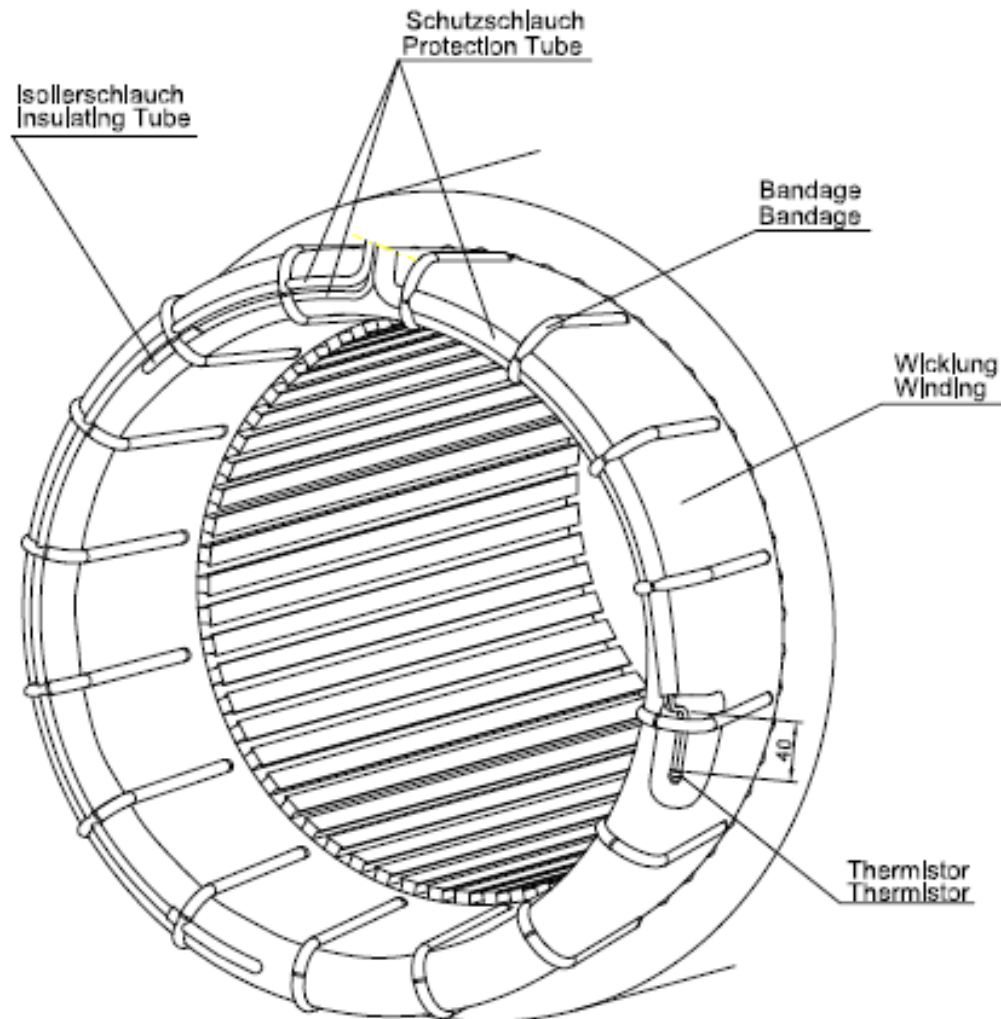


Embedding



Bandaging





Bemerkungen / Observation

1) Eine Kaltleitergruppe besteht aus 3 Widerständen
(1 Widerstand je Phase)

A group of resistors consists of 3 resistors
(1 resistance per phase)

2) Wahlweise eine Kaltleitergruppe in Reserve

Optimal a group of resistors in reserve

3) Ableitungen durch Glasseldenschlauch mechanisch geschützt und durch das Bandagieren an den Wickelkopf zugentlastet

Mechanical protection of cables with insulating tubes of glass fiber and with the bandage in the head of the winding for pull relief

4) Kaltleiter nach DIN 44080 bzw. DIN 44081 oder -082

Termistors according to DIN 44080 resp. DIN 44081 or - 082

5) Einbau vor dem Tränken

Assembly before impregnation

2. High Voltage Winding (Rated Voltage exceeding 1000 V)

As the connection cables of the temperature sensor usually are conducted through the machine housing, there is a danger of potential differences when higher voltages are in the winding. The temperature sensors have to be installed consequently in an earthed environment. This can be ensured by use of an outer corona shielding of the respective coil parts or by embedding into a conductive, earthed fleece. The connection cables should be laid as "near to earth" as possible. The insulation system shall comply with the requirements according to EN 60034-15. This shall be documented in an appropriate form. If this is fulfilled, an overvoltage arrester is not necessary in the measuring circuits.

2.1 Installation into the head of the winding:

The installation of temperature sensors into the head of the winding of high voltage machines is, according to the requirement of an earthed installation environment, not usual. In case that nevertheless temperature sensors shall be arranged in the head of the winding, specially designed sensors (with metallic encapsulation and earthed) as well as a high degree of insulation inside the winding head are required. These measures have a negative impact on the thermal connection between the sensors and the winding. The installation is only permissible, provided the type having successfully passed the tests according to EN 60079-7 or EN 60079-15 was designed suitably and documented in an appropriate manner.

2.2 Installation into winding slots:

The temperature sensors shall be installed centrally arranged in the slot cross section (when using multi-layer windings between two coil-layers) at the axial position, at which the highest temperature shall be expected. A direct contact with the laminated core shall be avoided

3. General Remarks

The measuring cables shall for the purpose of protection against mechanical damages be laid in protective tubes inside as well as outside of machine housings.

When using temperature sensors with Intrinsic Safety "i" type of protection the shield shall be earthed inside the machine respectively the auxiliary terminal box. Multiple earthing is not permissible. A separate note to the required earthing should be included in the operation instructions. A shielded design is recommended when temperature sensors with "e" type of protection are used.

After completion of the winding a test of the function of the temperature sensor should be performed. For continuity testing of the temperature measuring circuit a test voltage shall be used, that excludes destruction of the temperature sensor.

When testing the insulation of the according to EN 60079-0 completed equipment the sensor circuit shall be included in the tests. When testing the winding the sensor circuit shall be connected conductively with the housing.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 5 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------

When performing the high-voltage test at the temperature sensor it shall be ensured that the sensor circuits are short-circuited during the test.

4. Notes for Safe Operation:

With machines designed to Increased Safety “e” type of protection the thermal use of the winding is reduced according to EN 60079-7. As the temperature sensors for high voltage machines are not insulated for the rated voltage of the stator phase and the according to EN 60079-11 required separation of the intrinsically safe circuit from the remaining circuits is not practicable for windings, for safety reasons a reduction of the thermal use of the windings to the limiting values of increased safety “e” type of protection is recommended also for machines designed to pressurized enclosures “p”, flameproof enclosures “d” and oil immersion “o” type of protection.

In case that for machines designed to pressurezed enclosures “p” type of protection the type of protection is withdrawn, an uncertified thermometer may no longer be used.

Erstellt von Prepared by AG 3.63	Weitere Infos / further information: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-36/ag-363.html	Ausgabe Edition 2	Seite Page 6 von 5
--	---	-----------------------------	------------------------------