



ITIS GmbH
Werner-Heisenberg-Weg 39
85579 Neubiberg

Gesellschafter:
Institut für Technik Intelligenter Systeme (ITIS e.V.)
an der Universität der Bundeswehr München

ITIS GmbH · 85579 Neubiberg · Germany

Vorname Name	Andreas Köster
Funktion	Geschäftsführer
Telefon:	+49 89 6004-3399
Telefax	+49 89 6004-2648
E-Mail	andreas.koester@unibw.de

Neubiberg, 15.12.2021

—

Untersuchungsbericht

“ Hochstromtests an MKD Montageklemmen ”

Versuche am 14. Dezember 2021

für
PUK Group GmbH & Co. KG
Nobelstraße 45-55
12057 Berlin

Der Bericht umfasst 8 Seiten

Neubiberg, 16. Dezember 2021

Prof. Dr.-Ing. F. Heidler

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufgabenstellung	3
2. Hochstrom-Testgenerator	3
2.1 Prüfströme	3
2.2 Tandem-Generator zur Erzeugung des Prüfstroms	3
3. Versuchsanordnung	5
3.1 Prüfobjekte	5
3.2 Prüfstrom	6
4. Ergebnisse	6
5. Literatur	7
Anhang: Fotos der Prüflinge nach jeweils 3 Prüfstrom-Belastungen	8

1. Aufgabenstellung

Die Blitzstromtests dienen für den Nachweis der Blitzstromtragfähigkeit von Montageklemmen vom Typ MKD 21. Dazu wurden die Montageklemmen mit Blitzströmen von 100 kA gemäß DIN EN 62561-1, Klasse H beaufschlagt [1].

2. Hochstrom-Testgenerator

2.1 Prüfströme

Die Untersuchungen wurden nach DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1:2017-12), Klasse H durchgeführt [1]. Der Prüf-Stoßstrom von Klasse H hat ein Strommaximum $i_{\max} = 100 \text{ kA}$ und eine Spezifische Energie $W/R = 2,5 \text{ MJ}/\Omega$. Das Strommaximum muss innerhalb von $50 \mu\text{s}$ erreicht werden. Die Übertragung der Spezifische Energie muss innerhalb einer Zeit von 5 ms erfolgen, d.h. die Zeitdauer des Stromimpulses darf $t_{\text{end}} < 5 \text{ ms}$ nicht überschreiten. **Tabelle I** enthält eine Zusammenstellung der Stromparameter einschließlich der zulässigen Toleranzen.

Testparameter	Anforderung nach DIN EN 62561-1, Klasse H
Strommaximum, I_{\max}	$100 \text{ kA} \pm 10 \%$
Spezifische Energie, W/R	$2,5 \text{ MJ}/\Omega \pm 35 \%$
Zeit bis zum Strommaximum, t_{\max}	$< 50 \mu\text{s}$
Zeitdauer des Stromimpulses, t_{end}	$< 5 \text{ ms}$

Tabelle I: Testparameter nach DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1:2017-12), Klasse H

2.2 Tandem-Generator zur Erzeugung des Prüfstroms

Um den hohen Prüfstrom von 100 kA zu erzeugen, wird ein Tandem-Stoßstromgenerator eingesetzt, der aus zwei getrennten Stoßstromgeneratoren besteht, die parallel geschaltet ihren Strom zeitgleich über das Testobjekt entladen. Jeder dieser beiden Stoßstromgeneratoren besteht aus einer Kondensatorbank von $30 \mu\text{F}$ ($12 \times 2,5 \mu\text{F}$) mit nachgeschaltetem Entladekreis zur Stromformung. Um den geforderten unipolaren Prüfstrom zu erzeugen, ist jeder Generator mit einem separaten Crowbar-Schalter ausgestattet. Die Größe des Prüfstroms (Maximalwert) wird mit der Spannung eingestellt, auf die die Kondensatorbänke geladen werden. **Bild 1** zeigt eine fotografische Aufnahme des Tandem-Stoßstromgenerators mit eingebautem Testobjekt (Montageklemmen vom Typ MKD 21).

Die Strommessung erfolgte im Strompfad des Testobjektes durch einen Strommonitor vom Typ Pearson 2093. Der Strom wurde aufgezeichnet mit dem digitalen Messsystem HighVolt MIAS.

Bild 2 zeigt das Ersatzschaltbild des Tandem-Stoßstromgenerators. Zunächst werden die Kondensatorbänke (C) auf die erforderliche Ladespannung (U_0) aufgeladen. Sobald dies geschehen ist, wird der Stoßstromgenerator durch Betätigen der Zünd-Funkenstecke (SG), die als Einschalter für den Generator dient, ausgelöst. Dadurch schließt sich der Stromkreis und der Stoßstrom beginnt über das Prüfobjekt zu fließen. Ein wesentliches Bauelement des Generatorkreises ist das Ventil, das unmittelbar nach der Zünd-Funkenstecke eingebaut ist. Das Ventil fungiert als sogenannter Crowbar-Schalter, der aus zwei Diodensäulen mit jeweils 25 Hochleistungsdiode vom Typ Infineon D2601 besteht. Der Widerstand des Prüfkreises, der sich aus den Einzelwiderständen R_i , R_{ex} und R_L zusammensetzt, ist sehr klein, so dass sich ohne diesen Crowbar-Schalter ein schwach gedämpfter Strom ergeben würde.

Durch den Einsatz des Crowbar-Schalters kommutiert jedoch der Strom nach Erreichen des Strommaximums in den Crowbar-Kreis. Dadurch ergibt sich am Prüfling ein mit der Zeitkonstante $\tau = L/R$ abklingender unipolarer Strom. Hierbei setzt sich die Induktivität (L) aus den Einzel-Induktivitäten L_{Ventil} , R_{ex} und R_L und der Widerstand (R) aus den Einzelwiderständen R_{Ventil} , R_{ex} und R_L des Crowbar-Kreises zusammen. Ein langsam abklingender Strom wird durch eine relativ hohe Zeitkonstante τ erreicht. Dazu ist es erforderlich, dass der Widerstand (R) hinreichend klein ist.

Da bei jedem Prüfling die Zuleitungs-Induktivität und der Widerstand verschieden sind, ist eine individuelle Anpassung des Hochstrom-Testgenerators bei jeder Prüfung erforderlich. Um den Generator einzustellen, wird daher vor jeder Prüfung eine Voruntersuchung bei reduziertem Strom durchgeführt.

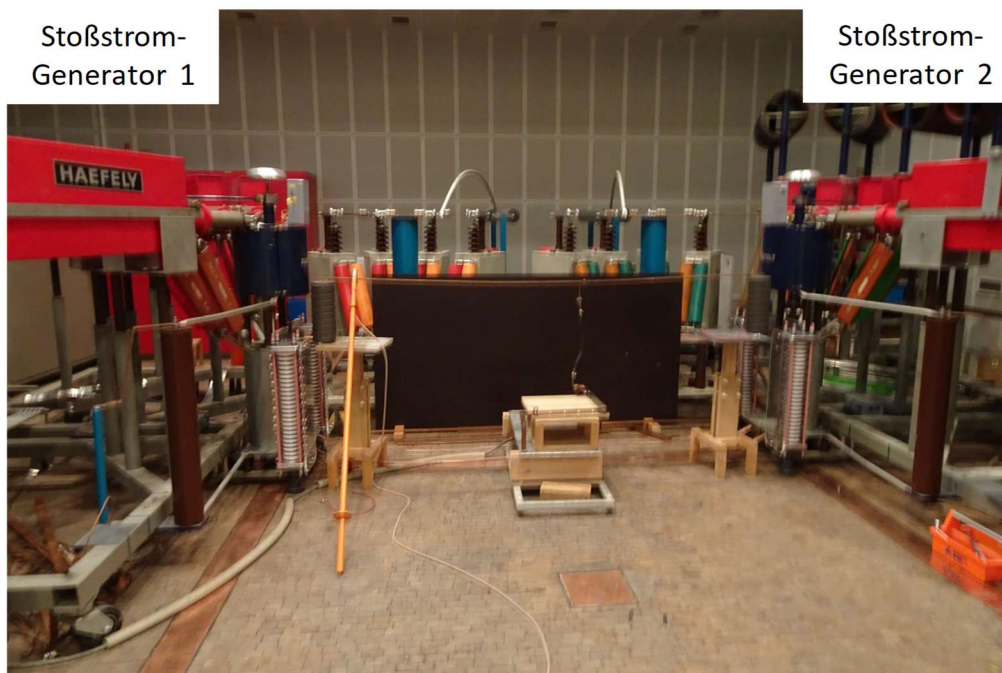


Bild 1: Tandem-Stoßstromgenerator mit Prüfling (Montageklammern vom Typ MKD 21)

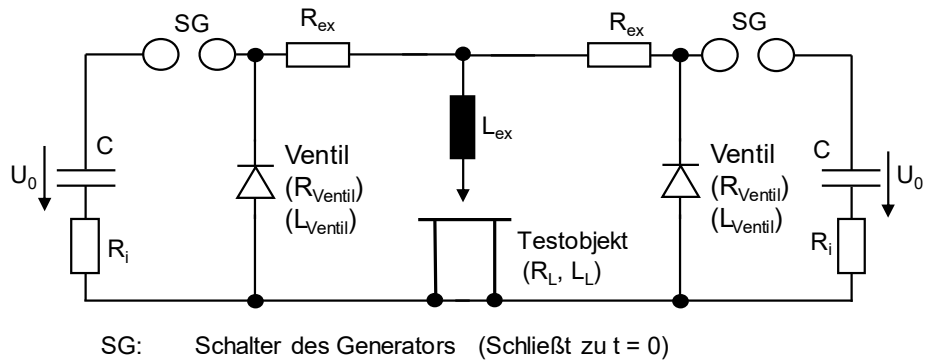
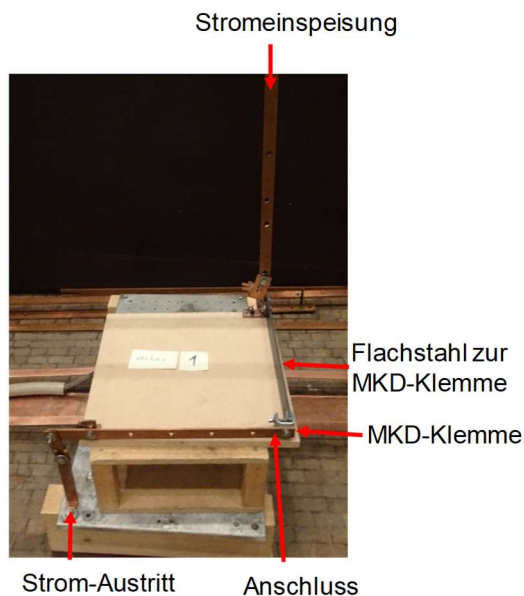


Bild 2: Ersatzschaltbild des Hochstrom-Testgenerators (Tandem-Stoßstromgenerator)

3. Versuchsanordnung

3.1 Prüfobjekte

Untersucht wurde die Montageklemme vom Typ MKD 21. Von jeder Montageklemme standen drei Prüflinge zur Verfügung. Die Montageklemme wird nach Produktinformation [2] an einem Stahlträger mit einer Druckplatte flächig befestigt. Bei den Untersuchungen wurde der Stahlträger durch eine entsprechende Schiene aus Flachstahl ersetzt. **Bild 3** zeigt die Prüfanordnung. Der Prüfaufbau erfolgte entsprechend der Vorgaben in DIN EN 62561-1 auf einer Holzplatte. Der Testimpuls wurde über eine Kupferschiene zur Stahlschiene, an dem die Montageklemme befestigt war, geleitet (siehe **Bild 3a**). Von dort wurde der Testimpuls über eine weitere Kupferschiene, die an die MKD-Montageklemme angeschraubt war, zu einer Masseplatte abgeleitet. **Bild 3b** zeigt den Anschluss der MKD-Montageklemme.



a) Der Prüfaufbau auf einer Holzplatte



b) Anschluss der MKD-Montageklemme

Bild 3: Prüfanordnung

3.2 Prüfstrom

Bild 4 zeigt einen exemplarischen Verlauf eines Prüfstroms der Klasse H. Bei allen Versuchen betrug die Zeit bis zum Strommaximum $t_{\max} = 20 \mu\text{s}$. Sie war somit deutlich kürzer als die maximal zulässige Zeit von $50 \mu\text{s}$. Die Zeitdauer des Stromimpulses betrug $t_{\text{end}} \approx 2 \text{ ms}$. Sie war ebenfalls deutlich kürzer als die maximal zulässige Impulsdauer von 5 ms (siehe Tabelle I).

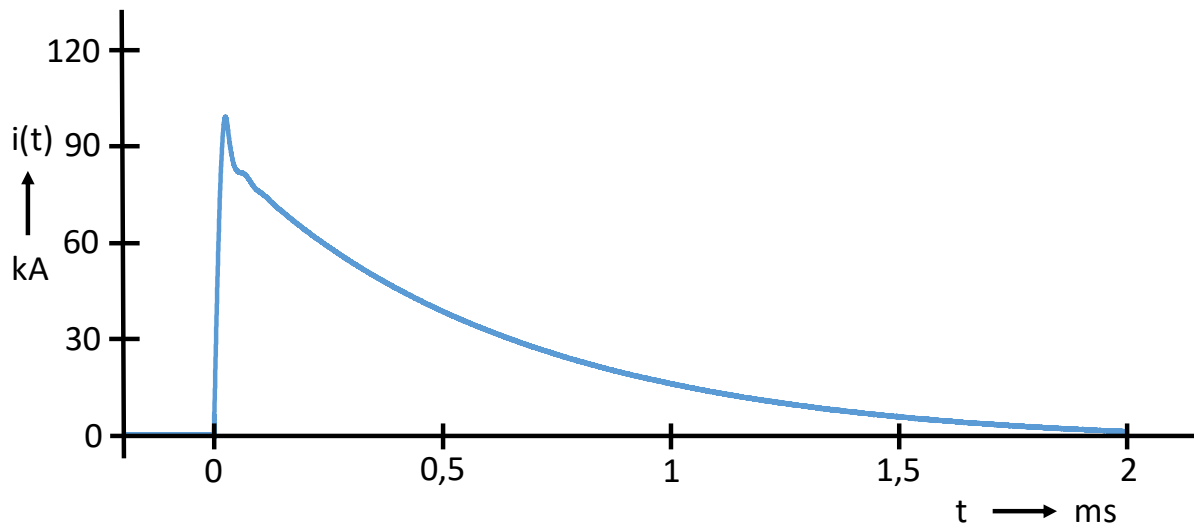


Bild 4: Exemplarischer Verlauf eines Prüfstroms der Klasse H

4. Ergebnisse

Die Prüflinge wurden jeweils mit drei Prüfströmen der Klasse H beaufschlagt. Vor und nach der Belastung mit den drei Prüfströmen wurde der elektrische Übergangs-Widerstand an der Klemmstelle bestimmt. Der Übergangs-Widerstand wurde durch Messen des Spannungsfalls nahe an der Klemme bei einem Gleichstrom von 20 A bestimmt. Gemäß DIN EN 62561-1 soll der Übergangs-Widerstand nach der Prüfung einen Wert von $1 \text{ m}\Omega$ nicht übersteigen.

Nach der Prüfstrombelastung wurden die Lösedrehmomente der Schrauben bestimmt. Gemäß DIN EN 62561-1 soll das Lösedrehmoment größer als das 0,25-fache und kleiner als das 1,5-fache des Anzugsdrehmoments sein. Das Anzugsdrehmoment der Montageklemme vom Typ MKD 21 ist mit 4 Nm angegeben (siehe [2]).

Die Prüfstromparameter, die Übergangswiderstände vor der Prüfung ($R_{\text{ü/vor}}$) und nach der Prüfung ($R_{\text{ü/nach}}$) sowie die Lösedrehmomente (M) der durchgeführten Versuche sind in Tabelle II zusammengefasst.

Bei der MKD-Klemme zeigten sich nach den Prüfstrom-Beaufschlagungen (leichte) Brandspuren an den Auflagepunkten an der Stahlschiene. Die Übergangswiderstände und die Lösedrehmomente lagen jedoch innerhalb der Anforderungen nach DIN EN 62561-1. Durch die flächige Auflage der Druckplatte wurde ein „breiter“ Kontakt mit der Stahlschiene geschaffen. Dies dürfte die Ursache sein, dass die Übergangswiderstände sowohl vor als auch nach erfolgter Prüfung den sehr kleinen Wert von 1 mΩ nicht überschritten.

Bei Prüfling 1 wurde eine sehr leichte mechanische Verformung festgestellt. In Anhang sind die Fotos der Prüflinge nach jeweils 3 Prüfstrom-Belastungen zusammengestellt.

Wie aus Tabelle II entnommen werden kann, liegen die Werte für das Strommaximum (I_{max}) und die spezifische Energie (W/R) -- nur mit geringer Abweichung vom Nennwert -- innerhalb der zulässigen Toleranzen (siehe Tabelle I).

Prüfling	Prüfstrom		Übergangswiderstand		Lösedrehmoment
	I_{max} [kA]	W/R [MJ/Ω]	Rü/vor [mΩ]	Rü/nach [mΩ]	M [Nm]
1	99,5	2,32	0,1	0,1	≈ 2
	99,6	2,34			
	99,5	2,33			
2	99,6	2,34	0,1	0,1	≈ 4
	99,6	2,35			
	99,6	2,34			
3	99,6	2,32	0,1	0,1	≈ 2,5
	99,6	2,33			
	99,7	2,33			

Tabelle II: Ergebnisse für die Montageklemme vom Typ MKD 21

5. Literatur

- [1] DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1:2017-12), „Blitzschutzsystembauteile (LPSC) - Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile“, Deutsche Fassung von EN 62561-1:2017.
- [2] Produktinformation MKD Montageklemme, „Montageklemme mit genieteteter Druckplatte zur Klemmbefestigung an Stahlträgern“, PUK Group, 2021.

Anhang: Fotos der Prüflinge nach jeweils 3 Prüfstrom-Belastungen

Prüfling 1:



Prüfling 2:



Prüfling 3:

