



## Spezialwiderstände für Hochspannungs-Generatoren

# Dickschicht macht's möglich

Ohne Präzisions-Messwiderstände könnten die Hochspannungs-Generatoren in elektrostatischen Lackier- und Flocksystemen nicht realisiert werden. Dabei sorgen diese Dickschicht-Widerstände nicht nur für eine optimal konstante Schichtdicke, sondern auch für die Gesamt-Sicherheit des Systems. *elektronik industrie* zeigt in dem folgenden Beitrag, worauf es beim Hochvolt-Einsatz der passiven Bauelemente ankommt.

Elektrostatisch beschichtete Oberflächen begegnen uns in beinahe allen Bereichen des täglichen Lebens. Sowohl Nass- und Pulverlacke als auch Kunststoff-Fasern (Flock) werden mit Hilfe von elektrostatischen Beschichtungsanlagen aufgetragen. Ein Einsatzbereich dieser Technologie ist das Automobil, dessen Karosserieteile mit elektrostatischen Beschichtungssystemen lackiert werden und dessen Sitze, aber auch Teile der Innenverkleidung aus elektrostatisch aufgebrachtem Flock bestehen. Hochspannungswiderstände in Dick-

schicht-Technologie eignen sich bestens als Mess- und Ableit-Widerstände in Hochvolt-Anwendungen. abgelöst. Dies wird von der Lackier- und Flockindustrie insbesondere auf Grund des direkten Einsatzes auf Robotersystemen gefordert. Dadurch wurden auch die technologischen Anforderungen an die eingesetzten Hochspannungs-Widerstände in Bezug auf Präzision und Spannungsfestigkeit bei gleichzeitiger Verringerung des Bauraumes erhöht.

### Die Technologie

Die Dickschicht-Technologie ist prädestiniert für die Herstellung von Hochspannungs-

Widerständen und Hochspannungs-Messteilern in Hochspannungs-Generatoren. Die optimale Abgleich-Möglichkeiten zur Erreichung der geforderten Präzision.

Beim Layout der Widerstands-Bahn sorgt die Mäander-Form für eine möglichst niedrige Induktivität, um störende Einflüsse auf die Wirkungsweise des Hochspannungs-Generators zu vermeiden. Festgelegte Brennprofile haben die geforderte Stabilität sowie das optimierte Temperaturverhalten zur Folge - und zwar mit Temperaturkoeffizienten von bis zu  $< 10 \text{ ppm}^{\circ}\text{C}$ . Per Laserabgleich werden der absolute Widerstandswert sowie die Toleranz des Teilerverhältnisses zwischen Hochspannungs- und Fußpunkt-Widerstand bei Hochspannungs-Messteilern eingestellt. Während des Abgleichs werden hierzu Abgleichbrücken entfernt.

Damit wird die Spannungsfestigkeit bei optimaler Sicherheit bezogen auf Hochspannungs-Überschläge erhöht. Die Art der Anordnung der Abgleichbrücken ist so gewählt, dass eine möglichst große Präzision bei gleichzeitig hoher Spannungsfestigkeit erreicht wird.

Die Abdeckung des Widerandes im Hochspannungs-Generator dient insbesondere als Schutz bei Transport und Handhabung, wobei als Abdeckung entweder eine Glaspassivierung oder ein speziell entwickelter Lack dient. Diese Glas-Passivierung wird im Siebdruck-Verfahren aufgebracht und mit einem  $550^{\circ}\text{C}$ -Profil eingebrannt. Sie kommt in Hochspannungs-Generatoren zum Einsatz, die in Epoxyharz vergossenen sind. Der speziell entwickelte Lack wiederum ist gegen das in Hochspannungs-Generatoren zur Isolation eingesetzte Transformatorenöl resistent. Hochspannungs-Widerstände in Hochspannungs-Generatoren kommen oftmals zum Einsatz, wenn es um die Steuerung von sicherheits- und qualitätsrelevanten Funktionen geht. ►

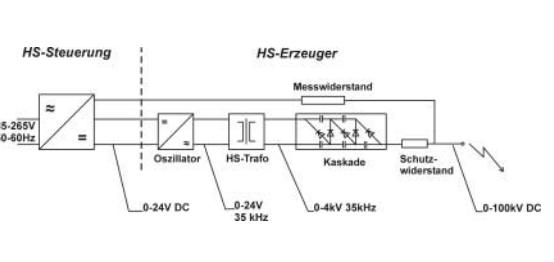


Bild 1: Dickschicht-Widerstände eignen sich bestens als Mess- und Ableit-Widerstände in Hochvolt-Anwendungen.

schicht-Technologie erfüllen die hohen Anforderungen an Präzision und Spannungsfestigkeit bei einer gleichzeitigen Verringerung des Bauraums.

Die 50-Hz-Technik im Bereich der Hochspannungs-Generatoren für elektrostatische Beschichtungssysteme wird mittelfristig durch die Mittelfrequenz-Technik

Cermet-Leiterbahnen und Widerstands-Pasten dienen als Basis für diese Präzisions-Bauelemente. Diese Pasten werden bei  $850^{\circ}\text{C}$  eingebrannt und anschließend individuell mittels Laser abgeglichen. Substrat und Bauform des Widerstands inklusive der Abdeckung beziehungsweise Umhüllung hängen vom Einsatzgebiet ab. Vorwiegend werden aus Kostengründen flache Substrate verwendet, aber wegen des verbesserten Feldverhaltens im Hochspannungs-Generator kommen auch zylindrische Körper zum Einsatz.

Die Auslegung des Designs der Widerstands-Bahn ist in erster Linie verantwortlich für eine ausreichend hohe Spannungsfestigkeit mit entsprechendem Sicherheits-Potenzial bei gleichzeitig op-

### AUTOREN



Marcus Herzog ist Produktmanager der Metallux AG in Korb bei Stuttgart



Olav Schnier ist Geschäftsführer der Schnier Elektrostatisch GmbH in Gomaringen



# all-electronics.de

ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

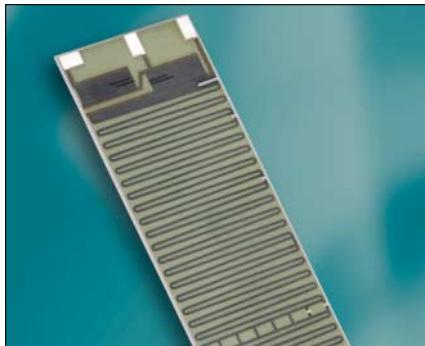


## Die Messfunktion

Hochspannungs-Widerstände werden in Hochspannungs-Generatoren als Messwiderstände zur Strom- und Spannungsmessung eingesetzt. Die zu messende Gleichspannung beim ER10/16 von Schnier Elektrostatik beträgt 100 kV. Diese wird aus einer Eingangsspannung zwischen 0 und 24 V per Hochspannungstrafo und Kaskadenprinzip erzeugt.

Dabei wird über einen Spannungsteiler in Dickschicht-Technologie (**Bild 2**) die abfallende Spannung am Fußpunkt des Messsteilers gemessen. Eine Weiterleitung findet über den Messumformer an die Steuerung statt, die für die Regelungs- und Überwachungs-Funktionen sorgt.

Der eingesetzte Messteiler besteht aus in Reihe geschalteten Hochspannungs-Widerständen, die jeweils für eine Betriebsspannung von 30 kV ausgelegt sind, sowie einem Fußpunkt-Widerstand. Die neueste Generation enthält einen Hochspannungs-Messteiler, der auf einem Substrat integriert ist.



**Bild 2:** Jedes Einzel-Element eines Hochspannungs-Spannungsteilers ist für 30 kV ausgelegt. Diese Elemente sind in Reihe geschaltet.

Die geforderte Präzision des Spannungsteilers liegt bei bis zu 0,1% mit einem Temperaturkoeffizient von 25 ppm/°C. Das Teilverhältnis wurde mit 1:10 000, bei einem Gesamtwiderstand von 3 GΩ festgelegt. Die hohe Präzision bei gleichzeitig geringer Restwelligkeit ist nötig, um Spannung und Strom auf einem konstanten Wert zu halten, denn nur so erzielt die Maschine ein optimales Lackier-/Flockergebnis.

## Ableit- und Dämpfungsfunktion als Sicherheitsinstrument

Ein zweiter Widerstand mit einer anders gelagerten Funktion, der im HV-Generator

verbaut wird, ist der Ableit-Widerstand. Beim Ausschalten der Hochspannung sorgt dieser für ein schnelles Entladen des Hochspannungssystems. In der Oberflächentechnik müssen laut Norm (EN 50177, 50176 für Pulver- /Nasslack-Beschichtung und EN 50223 für Flock-Anwendungen) Hochspannungs-Systeme zum Zeitpunkt einer möglichen Berührung entladen sein. Hierbei sind zwei Werte relevant:

1. Die maximal zulässige Entlade-Energie von 350 mJ gilt. Es handelt sich somit um den Wert, der bei Berührung durch einen Menschen maximal zulässig ist.
2. Der zweite – wesentlich geringere – Wert ist für den Explosionsschutz relevant. Dieser liegt bei 0,24 mJ und muss erfüllt werden, sobald die Lackier- /oder Flockanlage mit lösungsmittelhaltigen Reinigungsmitteln gereinigt wird.

Der Norm entsprechend, erfolgt die Entladung binnen einer Sekunde. Somit werden die eingestellten Werte – beispielsweise 100 kV innerhalb 1 s auf 970 V reduziert. Diese Entladung erfolgt über den Ableit-Widerstand. Ähnlich ist die Aufgabe des so genannten Dämpfungs-Widerstands, der eine hohe Impulsfestigkeit haben muss, um bei Hochspannungs-Überschlägen am Sprühsystem die zur Hochspannungs-Erzeugung genutzte Kaskadier-Schaltung zu schützen.

Im Vordergrund steht in beiden Fällen die Sicherheit: zum einen für den Menschen und Bediener und zum zweiten für die hoch empfindlichen Anlagen. Die geforderte Entladung sowie Entlade-Spannung muss kontinuierlich auch für eine hohe Zyklenanzahl aufrechterhalten werden. Im vorliegenden Beispiel wird vom Widerstand, dessen Wert in dieser Anwendung im Bereich 500 MΩ – 3 GΩ liegt, eine Toleranz in der Größenordnung von ±10 % gefordert, die keinen beziehungsweise nur geringen Abgleichaufwand benötigt.

Der Widerstand ist speziell auf Spannungs- und Impulsfestigkeit ausgelegt. Die Anzahl der Abgleichbrücken wird reduziert beziehungsweise ausgespart. Ein positiver Nebeneffekt ist der geringere Platzbedarf im Generator.

Die integrierten Hochspannungs-Mess- und -Ableitwiderstände von Metallux in

## KOMPAKT

- Arbeitsspannung z. B. 100 kV
- Der Mess-Spannungsteiler (1:10 000; Gesamtwiderstand 3 GΩ) ist bis zu 0,1 % genau bei einem Temperaturkoeffizient von 25 ppm/°C.
- Zur Sicherheit muss beim Abschalten die Hochspannung binnen 1 s auf 970 V fallen

Hochspannungs-Generatoren der neuen Generation tragen zu verbesserten Eigenschaften der Leistungsdaten bei einer gleichzeitigen Reduzierung von Platzbedarf und Gewicht bei. Sie sind sowohl in flachen und zylindrischen Standard-Bauformen als auch in kundenspezifischen Varianten erhältlich.



**Bild 3:** Widerstand mit sichtbarem Trimschnitt. Die Abdeckung des Widerstandes im Hochspannungs-Generator dient primär als Schutz bei Transport und Handling.

So ist der Hochspannungs-Generator HER 16/10 von Schnier Elektrostatik mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Länge von 255 mm sowie einer Ausgangsspannung von 100 kV bei 300 µA etwa 60 % kleiner als ein herkömmlicher 50-Hz-Generator. Das Gewicht beträgt statt 3500 g nur etwa 900 g.

Im Hochspannungs-Generator sorgen die Widerstände für die Strom- und Spannungsmessung, aber auch für die damit verbundenen Sicherheits-Techniken sowie die statische und dynamische Abschaltung bei einer geringen Restwelligkeit der Ausgangsspannung, so dass die Anwender der Lackierungs-/Beflockungs-Anlage Produkte hoher Güte fertigen können. (av)

## KONTAKT

**Metallux**  
[www.metallux.de](http://www.metallux.de)

Kennziffer **313**