

Plasmavorgänge im engen Spalt beim Ableiten hoher Stoßströme bis 25 kA

Bernd Schottel

Tag der mündlichen Prüfung: 17.06.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Ernst Gockenbach, Leibniz Universität Hannover

Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Plasmavorgänge im engen Spalt beim Ableiten hoher Stoßströme bis 25 kA“ beschäftigt sich mit den Auswirkungen eines eingepprägten Stoßstromes auf das Plasma in einer Funkenstreckenordnung.

Die normgerechte Prüfung des Ableitvorganges eines Überspannungsschutzes im Niederspannungsbereich sieht eine Arbeitsprüfung des Überspannungsschutzes mit einem Stoßstrom und einem nachgelagerten Netz vor. Der Einfluss des Stoßstromes auf das Plasma als Leitkanal wird in der Literatur bisher vernachlässigt.

Die Untersuchungen in der Arbeit beschäftigen sich mit der Beschreibung der Plasmavorgänge bei eingepprägtem Stoßstrom. Hierzu wird eine Modellfunkenstrecke verwendet, die grundlegende Untersuchungen durch einfache Modifikation des Aufbaus ermöglicht. Es ergibt sich durch das Plasma eine Wechselwirkung mit den seitlich anliegenden Kammerwänden und den Elektroden. In dieser Arbeit werden u.a. die Kammerwände untersucht und deren Einfluss auf das Plasma sowie die Wirkung des Plasmas auf die Kammerwände. Die Untersuchungen zeigen, dass die Geometrie der Plasmakammer, vorgegeben durch die Elektrodenform, dabei eine dominante Rolle spielt. Um eine Abhängigkeit von Plasmaspannung und Geometrie der Plasmakammer herauszuarbeiten, werden die Spaltweite, der Elektrodenabstand und die Elektrodenform variiert.

Die Plasmaausbreitung steht aufgrund des dominanten Einflusses auf die Plasmaspannung im Vordergrund der Untersuchungen. Durch eine Farbschnellbildkamera mit hoher Bildwiederholungsrate wird eine Visualisierung der transienten Plasmavorgänge, insbesondere der Plasmaausbreitung über den Verlauf des Stoßstromes, erreicht. Eine segmentierte Strommessung an den Elektroden erlaubt eine Bestimmung der Stromstärke in den unterschiedlichen Bereichen der Plasmaausbreitung. Die Spuren des Plasmas in der Kammer (Elektroden und Kammerwand) werden durch Rastermessungen eines Oberflächenscanners visualisiert. Durch weitere Mikroskop- und Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen wird die Wechselwirkung erläutert. Daraus folgt eine Beschreibung der Ansatzstellen des Plasmas an der Elektrode. Diese weisen kein Wanderungsverhalten auf, sondern breiten sich mit dem Plasma über den gesamten Spaltbereich aus. Die Entstehung geschieht innerhalb weniger Mikrosekunden. Plasmaparameter wie elektrische Leitfähigkeit und Temperatur werden mit Hilfe der Messungen bestimmt. Daraus wird der magnetische und gaskinetische Einfluss auf das Plasma abgeleitet.

In dieser Arbeit ist es gelungen, den Einfluss des Stoßstromes auf das Plasmaverhalten herauszuarbeiten. Durch eine physikalische Modellvorstellung ist eine Beschreibung des Plasmaverhaltens erbracht. Durch die Kenntnis der Plasmaausbreitung, der Plasmaspannung und der Intensität des Stoßstromes können durch die Modellvorstellungen weitere Parametervariationen berechnet werden.

Plasma processes in the narrow gap in deriving high surge currents up to 25 kA

The present work titled „Plasma processes in the narrow gap when deriving high surge currents up to 25 kA“ relates to the effects of an applied surge current on the plasma in a spark gap arrangement.

The standardized inspection of the discharge process provides an operating duty test of the surge protection (spark gap) with a surge current and a parallel energy grid. The influence of the surge current with its plasma propagation on the discharge process has been neglected in the previous literature.

The research of this work is therefore focused on the description of the plasma for an applied surge current. For this purpose, a model spark gap is used which permits basic investigations through simple modifications of the arrangement. This results in an interaction of the plasma with the lateral chamber walls and the electrodes. The chamber walls and their influence on the plasma are examined and the effect of the plasma on the chamber walls is taken into consideration. Re-search shows that the geometry of the plasma chamber, determined by the electrode shape, plays a dominant role. The gap width, electrode separation and electrode shape are varied in order to determine a relation between plasma voltage and geometry of the plasma chamber.

The plasma propagation is a key aspect of the research due to the dominant influence on the plasma voltage. A visualization of the transient process and the plasma propagation over the path of the surge current is achieved through a fast color camera with a high repetition rate. A segmented current measurement at the electrodes permits a determination of the amperage in the different areas of the plasma propagation. The tracks of the plasma are also visualized through raster measurements of a surface scanner. The relationship is described through additional microscope and scanning electron microscope images. This results in a description of the spots of the plasma at the electrode. Additional plasma parameters such as electrical conductivity and temperature can be determined using the aforementioned plasma data. The magnetic influence and the influence on gas kinetics on the plasma can be derived therefrom.

The investigations show new discoveries in undefined areas of research. Therefore, new words are introduced which represent the current state of the discoveries.

The results of the investigations show a plasma behavior which has been ignored in the investigation of the derive process of the previous literature. In this work it is successful managed, to determine the influence of the current surge on the plasma behavior. The descriptions of plasma behavior are in harmony with physical processes. The plasma propagation, the plasma voltage and the intensity of the surge current can be connected through the model concepts.