

## Projektbeschreibung

### Ergebnisanalyse des Durchschlagstests einer Durchführung

#### Ausgangslage

Zwei Typen von Transformatorendurchführungen meines Kunden wurden einem speziellen Test unterzogen. Es wurde überprüft, wie sich die Durchführungen beim einem Durchschlag im Isolator verhalten und ob durch den Kurzschluss das Öl im Transformator in Brand geraten könnte.

Beide Durchführungstypen bestanden den Test nicht. Die Gründe für das Versagen der Durchführungen sollte ich mit Hilfe von Simulationen eruieren und, mit dem so erhaltenen Wissen, Verbesserungen erarbeiten.

#### Umsetzung

Für die Simulation der schnellen Vorgänge während des internen Durchschlags in der Durchführung habe ich LS-Dyna gewählt - ein explizite Simulationsmethode. Die Energie, die durch den Durchschlag in der Durchführung deponiert wird habe ich mit einer Ambient-Bedingung verwirklicht die mit eine Zustandsgleichung eines Gases gekoppelt ist. Die Idee dahinter ist, dass das Isolationsmaterial im Plasmakanal in einem gasförmigen Zustand befindet.

Die Energie im Plasmakanal wird durch die Gastemperatur repräsentiert. Diese habe ich mit einem komplexen Modell in LT-Spice berechnet, welches die verschiedenen zeitlichen Phasen des Funkenwiderstands detailliert darstellt. Da die Vorgänge recht schnell von statten gehen, und daher im umgebenden Isolationsmaterial die Temperatur kaum ansteigt, kann ein sehr grosses Temperaturreervoir angenommen werden. Die Wärmeleitung vom Plasma zum Reservoir habe ich mit einer konstante Schichtdicke berücksichtigt. Dies führt zu einer Plasmatemperatur von mehreren Tausend Kelvin die aber nach der ersten Viertel Periodendauer nahezu konstant bleibt. Dies in Übereinstimmungen von Beobachtungen in hochenergetischen Wasserdurchschlägen<sup>1</sup>.

Der zeitliche Temperaturverlauf habe ich als Eingangsparameter in LS-Dyna für die Zustandsgleichung gesetzt. Um Zeit und Lizenzgebühren zu sparen, ist nicht die gesamte Durchführung modelliert worden sondern nur ein Abschnitt. Während ich für den Plasmakanal den Euler-Formalismus vorgesehen habe verwenden die Komponenten der

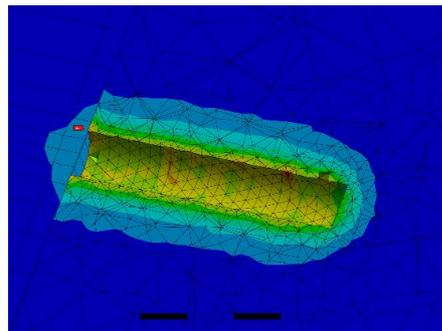
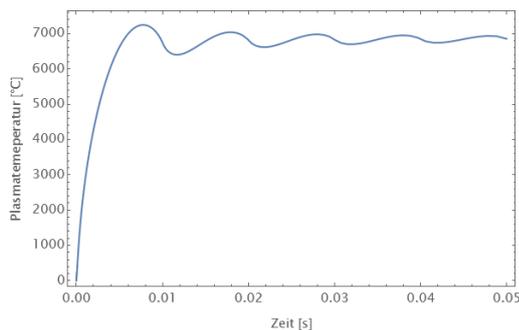
---

<sup>1</sup> R. Zange – Anwendungsbezogenes Prozessmodell der Wandlung elektrischer Energie in Energie des Leistungsschallimpulses – Dissertation Universität Magdeburg (2000)



Durchführung die Lagrangian-Methode. Dies bedingte eine grosse Aufmerksamkeit für die Kopplung zwischen den beiden Regime.

Durch die Simulation konnte das beobachtete Versagensverhalten grob reproduziert werden. Somit konnte ich Massnahmen vorschlagen, die die Wahrscheinlichkeit des Versagen minimieren würden. Zusätzlich habe ich Testparameter im Rahmen der gegebenen Textbedingungen gefunden, die einen erfolgreichen Test wahrscheinlicher machen sollten.



## Ziele und Kennzahlen



- ✓ Plasmatemperatur aus Testparameter berechnet
- ✓ LS-Dyna-Modell der Durchführung mit Euler-, Lagrangian-Methode und deren Kopplung erstellt und simuliert
- ✓ Verbesserungsprinzip und optimierte Testparameter vorgeschlagen



August - September 2023



Budget 14'000 CHF



Selbstständige Projektarbeit



Energietechnik

## Testimonial

«Herr Müller-Siebert hat dieses Projekt seriös und interessiert durchgeführt. Er arbeitete sehr selbstständig und suchte die notwendigen und fehlende Angaben in der Literatur.

Ohne die Mitarbeit von Herr Müller-Siebert hätten wir, wegen fehlender Kapazitäten und Kompetenzen, diese wertvollen Ergebnisse nie gehabt. Er lieferte die Ergebnisse in einem professionellen Bericht.»

Entwicklungsleiter (Kunde will anonym bleiben)

