

Projektbeschreibung

Optimierung Funkenstreckenelektroden

Ausgangslage

Mein Kunde produziert in einem medizinischen Gerät durch eine Funkenstrecke Schockwellen. Die Schlüsselparameter der medizinischen Diagnostik variierte aber währenden Betriebs ausserhalb der tolerierbaren Grenzen. Es sollte herausgefunden werden, ob die Ursache in der Zündcharakteristik der Funkenstecke liegt und wenn ja welche Massnahmen zur Verbesserung führen.

Zusätzlich war der Abbrand der Elektroden sehr hoch und limitierte die Lebensdauer des Geräts. Es sollte ein besseres Material für die Elektroden gefunden werden.

Umsetzung

Für eine genaue Analyse des Geräts habe ich meinen Kunden eine simultane Messung der elektrischen Entladungs- und mechanischen Schockwellencharakteristik in einer statisch relevanten Anzahl vorgeschlagen. Er hat für vier unterschiedlichen Geräten bei jeweils hundert Entladungen die Spannungen an allen Elektroden und die Laufzeiten der Schockwellen aufgezeichnet.

Im ersten Schritt habe ich die Daten mit der Software Mathematica gesichtet und Schlüsselparameter wie Zündverzugszeiten, maximale Spannungen, Entladeinduktivität und Widerstand, effektive Entladungsenergie, Laufzeit der Schockwelle, die maximale Schockwellenamplitude und die maximale Amplitudensteigung der Schockwelle berechnet. Dabei wurden die Rohdaten umgeformt und im Zeitraum mit einem Least-Square-Fit an einem selbst entwickelten theoretischen Modell angepasst.

Zur effizienten Auswertung alle 400 Datensätze habe ich ein Skript in Mathematica geschrieben. Diese lud alle Datensätze automatisch ein hat die oben genannten Schlüsselparameter extrahiert und die Ergebnisse in ein Excel-lesbaren Format abgespeichert. Mit diesen Ergebnissen habe ich Korrelation der unterschiedlichen Schlüsselparameter erstellt, um den Grund der grossen Fluktuation in der medizinischen Diagnostik einzugrenzen.

Obwohl die Zündverzugszeit stark variierte blieben alle Laufzeitmessungen der Schockwelle sehr konstant. Somit konnte das Entladungsverhalten als Grund für die hohe Variationen in der medizinischen Diagnostik ausgeschlossen werden.

Nach den Messungen wurde, auf mein Anraten, die existieren Elektrodenkonfigurationen aller vier Geräte vom Kunden fotografiert. Es stellten sich

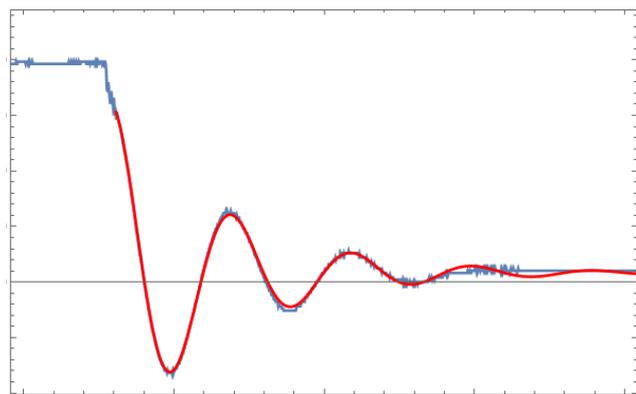
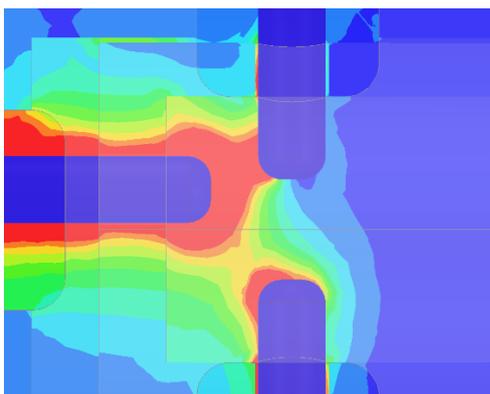


grosse Unterschiede in den Abständen zwischen den Elektroden heraus, die die teils grossen Zündverzugszeiten erklären.

Obwohl die grossen Zündverzugszeiten keinen Einfluss auf die medizinische Diagnostik haben, belasten sie die internen Komponenten und sollten vermieden werden. Ich habe zwei Konzepte erarbeitet, die mit möglichst geringen Modifikationen die Zündverzugszeiten stark reduzieren sollten. Die elektrischen Felder der Konzepte habe ich mit einer 3D-Simulation überprüft.

Der starke Abbrand der bisherigen Elektroden ist durch den Herstellungsprozess bestimmt, was ich nach intensiver Diskussion mit dem Hersteller herausfinden konnte. Für die Auswahl eines geeigneten Elektrodenmaterials muss das Stromlastintegral bekannt sein. Aus den gemessenen Spannungen wurden die Entladekreisparameter (Induktivität, Widerstand, Kapazität und maximale Spannung) mittels eines FIT im Zeitraum bestimmt. Mit diesen Parametern und einem LT-Spice-Modell konnte der Entladestrom und das Stromlastintegral berechnet werden. Somit konnte die voraussichtliche Lebensdauer der Elektroden für verschiedene Materialien angegeben werden.

Mit der Wahl des optimalen Materials und einer optimierten Form der Elektrodenspitze konnte die Lebensdauer der Elektrode um den Faktor 1.8 gesteigert werden. Ausserdem kann mit diesem Material eine reproduzierbare Form der Elektrodenspitze erreicht werden und ein Verarbeitungsschritt gespart werden.



Ziele und Kennzahlen



- ✓ Schlüsselwerte für die Analyse definiert.
- ✓ Mathematica-Skript für die effiziente Analyse der grossen Datenmengen erstellt.
- ✓ Nach dem Ausschlussprinzip die Quelle für die hohen Variationen eingeschränkt.
- ✓ Zwei Konzepte entwickelt, um die Zündverzugszeiten zu reduzieren.
- ✓ Mit Hilfe von LT-Spice-Modellen das Stromlastintegral bestimmt und damit die Lebensdauer der Elektroden für verschiedene Materialien abgeschätzt.
- ✓ Durch Materialwechsel und optimierte Elektrodenform eine um 1.8 längere Lebensdauer erreicht.



April – Juni 2024



Budget 16'000 Euro



Selbstständige Projektarbeit



Medizinaltechnik

