



Schnell wie der Blitz

© Martin Fally - Fotolia.com

Hochgeschwindigkeitskamera spürt Hochspannungsüberschlag auf

Auf dem Versuchsfeld der Maschinenfabrik Reinhausen in Regensburg werden Laststufenschalter für Leistungstransformatoren unter Extrembedingungen getestet und präzise von Hochgeschwindigkeitskameras überwacht. Mit 10.000 Bildern pro Sekunde spüren diese Überschläge auf. Ein Triggersignal zeigt an, auf welchen Bildern der Überschlag sichtbar ist.

Der Laststufenschalter liefert einen grundlegenden Beitrag zum Funktionieren unseres Stromnetzes und damit letztlich zum reibungslosen Ablauf unseres modernen Lebens: 50 % der gesamten Energie weltweit fließt über Laststufenschalter der Maschinenfabrik Reinhausen (MR). Wenn man sich den Stromfluss in unseren Netzen als Auto vorstellt, dann bildet der Stufenschalter dessen Getriebe. Im Hochspannungsnetz wird kontinuierlich an verschiedenen Stellen Strom produziert. Transportiert man diesen z. B. über eine Überlandleitung, muss die Spannung von einem Transformator zunächst auf 380.000 Volt erhöht und dann – vor der Ankunft beim Endverbraucher – stufenweise wieder auf 230 Volt herabtransformiert werden. Wenn nun aber die Spannung im Netz plötzlich schwankt, würde der entsprechende Transformator und damit auch die Strom-

versorgung zusammenbrechen. Genau hier kommt der Stufenschalter ins Spiel: Dieser kann das Übersetzungsverhältnis im Transformator verändern und die Spannung im Netz bleibt konstant – solange der Schalter zuverlässig funktioniert.

Zuverlässigkeit, das A&O

„Ein Laststufenschalter besteht aus einem Wähler und einem Lastumschalter. In dem Wähler befinden sich zwei ‚Arme‘, die stromlos z. B. von Anzapfung 7 auf Anzapfung 8 schalten. Darüber befindet sich der Lastumschalter, bestückt mit Vakuumröhren, die den Stromfluss unterbrechen. So entsteht kein Lichtbogen im Öl“, erläutert Marco Hörl, einer von sieben Versuchsleitern im Hochspannungslabor des Versuchszentrums der MR in Regensburg.

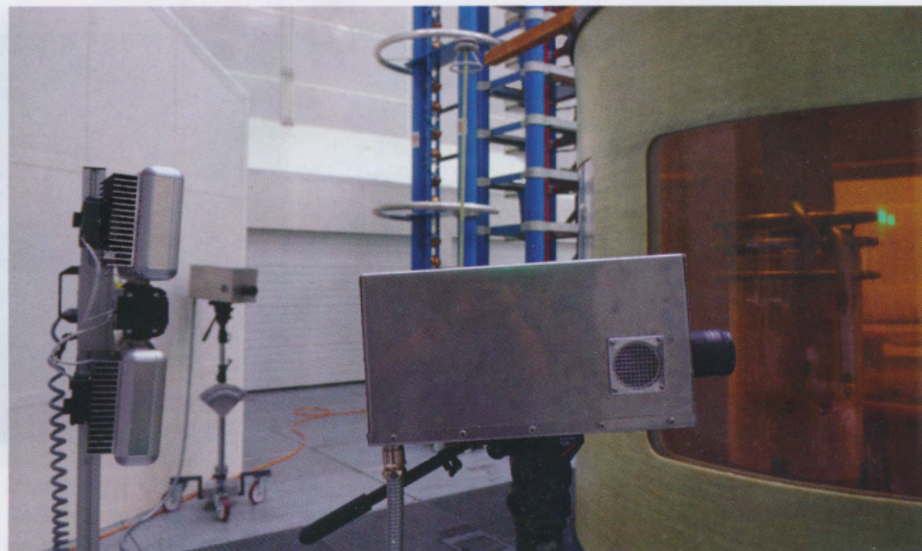
„Es handelt sich hier um eine sehr bewährte und vor allem zuverlässige Technik,

„Hochgeschwindigkeitskameras eröffnen beim Testen der Laststufenschalter ganz neue Analysemöglichkeiten.“

die jahrzehntelang wartungsfrei arbeiten kann. Zuverlässigkeit ist für einen Stufenschalter das A&O“, so der Versuchsleiter weiter. Denn der Schalter wird von den Transformatorenherstellern fest im Innern verbaut. Kommt es zu einem sog. Stufenkurzschluss, muss der Transformator abgeschaltet und der Stufenschalter ausgetauscht werden. Auch wenn ein Ersatzschalter nur einen Bruchteil der Investitionssumme eines Transformators ausmacht, so sind doch die Folgekosten



Halle für Hochspannungsprüfungen im Versuchszentrum Regensburg der Maschinenfabrik Reinhausen: Herunterlassen eines Prüflings in den mit Öl gefüllten Prüfbehälter



Die Hochgeschwindigkeitskamera in der eigens entwickelten Box zur Abschirmung gegen elektromagnetische Störfelder. Das Objektiv – ein 24 bis 85 mm Zoom mit F-Mount – ragt aus der Box heraus. Das Scharfstellen erfolgt manuell. Das Stativ kann auf Rollen frei in der Versuchshalle bewegt werden. Anschlüsse für die Stromversorgung und die Übertragung des Triggers sind dreifach vorhanden.

der Reparatur – etwa die tagelange Zwangsabschaltung eines Kraftwerks – enorm.

Dem Überschlag auf der Spur

Entsprechend viel investiert MR in die Prüfung der eigenen Produkte. Auf 4.800 m² werden im Versuchszentrum elektrische und

mechanische Belastungsprüfungen durchgeführt: „Hier in der Hochspannungsprüfung haben wir eine Wechselspannungskaskade, die 700.000 Volt mit 50 Hertz erzeugen kann sowie einen Blitzstoßgenerator, der Normblitze bis zu 1,8 Millionen Volt und damit den Einschlag eines echten Blitzes ins Strom-

netz simuliert“, erklärt Hörl. Einem solchen Blitzeinschlag müssen die Stufenschalter der MR in jedem Fall standhalten. Sollte es doch zu einem Überschlag kommen, machen Hörl und das übrige Team sich daran, die Schwachstelle aufzuspüren.

Fortsetzung auf S. 26



Be brilliant...

Bigger faster images with the new ORCA®-Flash4.0LT

Introducing the newest member of Hamamatsu's Gen II scientific CMOS camera family, the ORCA-Flash4.0 LT.

The ORCA-Flash4.0 LT makes it easy to be brilliant – delivering excellent image quality and high reliability. It provides 2x the speed, 3x the field of view and up to 5x the signal-to-noise of even the best interline CCD cameras.

Designed to be an ideal workhorse digital camera and to bring research-grade performance to every imaging project.

The ORCA-Flash4.0 LT delivers the high performance of sCMOS technology at the price of a scientific CCD.

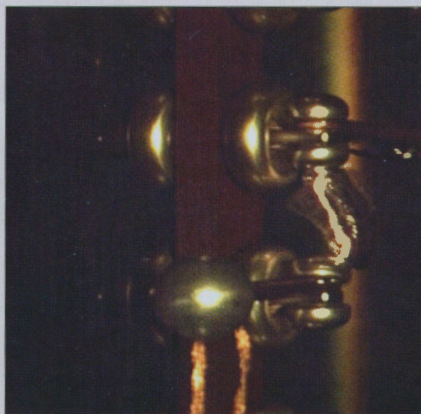
HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

www.hamamatsu.com





Hochgeschwindigkeitsaufnahme einer Funkenstrecke mit der pco.dimax. Es handelt sich hier um eine Materialprüfung beim Stab eines Wählers. Überraschenderweise erfolgte der Überschlag nicht an der zu erwartenden kürzesten Strecke zwischen den beiden geprüften Elektroden, sondern vom Kopf der Hochspannungselektrode ausgehend im Öl.



Hochgeschwindigkeitsaufnahme eines Spannungsüberschlags zwischen zwei Elektroden mit der pco.dimax, aus Illustrationsgründen in Farbe

Ein Normblitz dauert etwa 100 µs. Entsprechend schwierig zu erfassen ist der resultierende Überschlag. Im Versuchszentrum kommen deshalb neben zahlreichen elektrischen Messgeräten seit 2011 auch digitale Hochgeschwindigkeitskameras als eine entscheidende Komponente bei der Analyse von Prüfungsreihen zum Einsatz.

Aufnahme mit Hochgeschwindigkeit

Bis zu zwei Kameras des Typs pco.dimax von PCO filmen den Prüfling. Sollte es während der Prüfung zu einem Überschlag kommen, hält die Hochgeschwindigkeitskamera die Funkenstrecke im Bild fest und eröffnet Hörl und seinen Kollegen ganz neue Analysemöglichkeiten: „Bis vor einigen Jahren haben wir noch mit Analogkameras auf VHS-Basis gearbeitet. Eine zeitliche Abfolge des Ereignisses, wie wir sie jetzt in der Hochgeschwindigkeitsaufnahme haben, war mit dieser Technik nicht erkennbar“, so Hörl.

Die Aufnahmen mit der Hochgeschwindigkeitskamera erfolgen in schwarzweiß. Die Farbinformation wird für die Prüfung nicht benötigt. Wichtiger jedoch ist, dass die Kamera auf diese Weise etwa um den Faktor drei lichtempfindlicher wird. Die Aufnahme des Blitzes erfolgt mit 10.000 Bildern pro Sekunde. Durch die Wahl eines hochkant stehenden rechteckigen Bildausschnitts (ROI,

Region of Interest) für den quadratischen CMOS-Sensor (Diagonale 32 mm, Auflösung 4 MP) reizen die Experten die Leistung der Kamera gut aus. „Doch es gibt noch Luft nach oben“, wie Christoph Brachner, Marketing & Sales bei PCO, ergänzt: „Mit einer waagrechten Einstellung des ROI könnte man hier durchaus noch etwa 30 bis 50 % schneller arbeiten.“

Relevantes Bild schnell auffindbar

Ein wichtiger Schritt bei der Integration der Kameras in die Versuchsanordnung war die Entwicklung eines geeigneten Aufbaus zur Übermittlung des sog. Triggers. Dieses Signal markiert auf dem internen Ringspeicher der Kamera den Moment, in dem ein relevantes Ereignis aufgetreten ist – in diesem Fall der elektrische Überschlag. Ohne den Trigger müsste man nach Ende des Versuchs über 30.000 Einzelbilder sichten, wobei der Durchschlag auf nur drei bis vier Bildern zu sehen ist.

Die Realisierung eines funktionierenden Triggers erwies sich als anspruchsvolle Problemstellung. Gelöst wurde das Problem gemeinsam mit dem Vertriebspartner von PCO, High Speed Vision, der für die konkrete Realisierung vor Ort zuständig war. Dabei musste nicht nur die Signalübertragung sichergestellt werden, sondern auch

„Kommt es während der Prüfung zu einem Überschlag, hält die Hochgeschwindigkeitskamera die Funkenstrecke im Bild fest.“

die störungsfreie Verarbeitung des Triggers in der Kamera. Deshalb entwarf und realisierte man eine Box, welche die Kamera von den starken elektromagnetischen Feldern in der Versuchshalle abschirmt. Die Lösung: „Im Erdfeld“, erzählt Hörl, „den der Blitz durchlaufen muss, befindet sich eine Spule. Diese erkennt den Stromanstieg. Dahinter befindet sich ein Bauteil, das den Impuls in ein Lichtwellenleitersignal umsetzt. Dieser Lichtimpuls geht dann zu unserer Anlage und setzt dort über die Box den Trigger.“ Die Reaktionszeit liegt bei einer 10.000tel-Sekunde und das relevante Bild mit der Aufnahme des Durchschlags kann schnell gefunden werden.

„Wir sind selbst überrascht und froh, dass die Kamera mit den Extrembedingungen bei MR so gut zurechtkommt“, hebt Christoph Brachner hervor, „denn deren Betrieb unter derartigen Bedingungen zu testen, könnte PCO gar nicht leisten“. Insofern ist der Einsatz der Kamera hier nicht nur eine gelungene Anwendung, sondern auch ein erfolgreicher Härtestest.



Versuchsleiter Marco Hörl im Überwachungsraum der Hochspannungsprüfung

Autoren

Dr. Gerhard Holst, Forschungsleiter, PCO
Dr. Oliver Grasmück, Storymaker

Kontakt

PCO AG, Kehlheim
Tel.: +49 944120 05 0
info@pco.de
www.pco.de

Weitere Informationen

www.hsvision.de
www.reinhausen.com