

Neuartige simultane Oberwellenanalyse (iSHA) in der magnetinduktiven Wirbelstromprüfung

Herbert BAUMGARTNER*

* ibg Prüfcomputer GmbH, Pretzfelder Str. 27, 91320 Ebermannstadt
Tel. 09194-7384-0, www.ibgndt.de

Kurzfassung

Seit den 60er Jahren ist die Oberwellenanalyse als Erweiterung der klassischen magnetinduktiven Wirbelstromprüfung zur Ermittlung von Gefüge-, Härte- und Festigkeitsveränderungen an metallischen Werkstoffen bekannt. Allerdings wird sie bis heute eher selten als Ergänzung der weithin etablierten Grundwellenanalyse genutzt trotz signifikanter Vorteile bei der Unterdrückung von Störeinflüssen wie Chargenstreuung, Teilegeometrie und -temperatur oder Positioniereffekten. Die begrenzenden Faktoren für einen breiten Einsatz waren dabei sicher der nicht ausreichende Entwicklungsstand von Mess- und Auswerteelektroniken sowie die irrige Annahme, der zufolge Oberwellen nur unter dem Einfluss möglichst starker Magnetfelder bei niedrigen Frequenzen entstehen können.

Oberwellen entstehen aber durch jede Hysteresis der Magnetisierungskurve eines Prüflings in der Spulenordnung. Der sinusförmige Strom in der Erregerspule führt zu einer sinusförmigen Feldstärke, die einen magnetischen Fluß im Prüfling auslöst. Dessen zeitlicher Verlauf ist jedoch (je nach Ausbildung der Permeabilität) nicht mehr sinusförmig. Daher induziert der zeitliche Verlauf des magnetischen Flusses in der Empfängerspule auch schon bei kleinen Feldstärken eine verzerrte, vom reinen Sinus abweichende Spannung. Nach der Fourieranalyse dieser Spannung zeigen sich neben der Grundwelle Anteile höherer Frequenzen, nämlich Oberwellen der 3-, 5-, 7- oder auch 9-fachen Frequenz. Die Auswertung der Oberwellen liefert ein noch genaueres Bild der magnetischen Eigenschaften des Prüflings und damit genauere Informationen über die Ausbildung der Gefügestruktur. Die Signale der Oberwellen sind aber sehr klein und es bedarf großer elektronischer Anstrengung, um diese kleinen Signale überhaupt aus dem Rauschen hervorheben und darstellen zu können.

Ein innovativer und erstmalig von ibg mit der neuen eddyvisor-Gerätefamilie erfolgreich beschrittener Weg ist die Digitalisierung der Messwerte bereits unmittelbar am Eingang des Messgerätes und die Verarbeitung der gewonnenen Samples in einem Digitalen Signal Prozessor. Eine wesentliche Neuerung ist dabei die iSHA-Technologie (ibg's Simultaneous Harmonic Analysis) in Verbindung mit der seit Jahrzehnten für hohe Prüfsicherheit sorgende PMFT. Sie ermöglicht bei acht Frequenzen die simultane Berechnung der Vektoren von Grundwelle und zweier Oberwellen ohne Verlängerung der erforderlichen Prüfzeit. Zusätzlich verwendet sie auch hohe Frequenzen und ihre



Oberwellen für eine bessere Auflösung selbst kleinster Gefügeunterschiede. Damit erweitert iSHA die Möglichkeiten der bewährten präventiven Mehr-Frequenz-Prüfung (PMFT) nachhaltig.

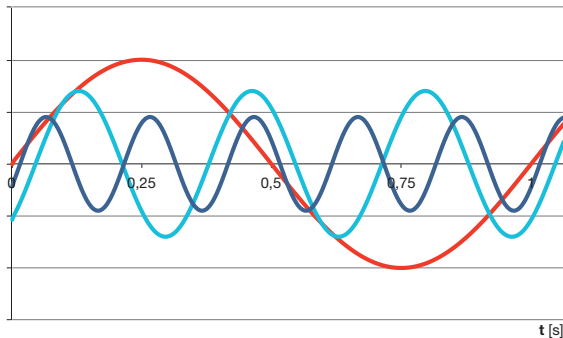
Der Vortrag stellt die Grundlagen der modernen Oberwellenanalyse auf Basis aktueller Erkenntnisse dar, und zeigt anhand von Beispielen aus der industriellen Anwendung Einsatzbereiche und Potential der PMFT+iSHA-Technologie im harten Prüfalltag bei der Produktion von sicherheitsrelevanten Komponenten auf.

Neuartige simultane Oberwellenanalyse (iSHA) in der magnetinduktiven Wirbelstromprüfung

H. Baumgartner, ibg Wirbelstrom Prüfsysteme, Ebermannstadt

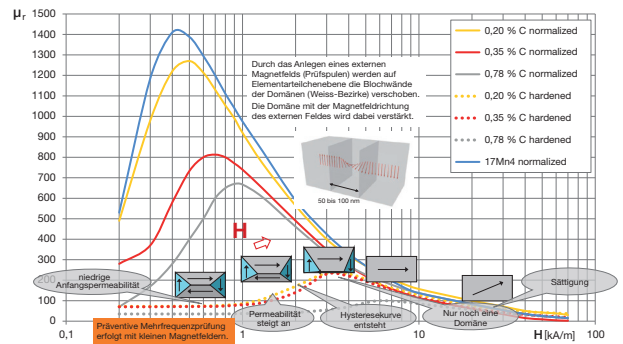


Wirbelstrom
Prüfsysteme



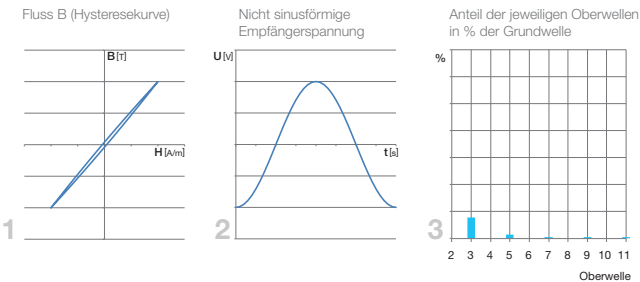
Was sind Oberwellen?

Sinussignale mit 1 Hz, 3 Hz und 5 Hz mit unterschiedlicher Amplitude. 3 Hz und 5 Hz sind die 3. und 5. Oberwelle von 1 Hz.



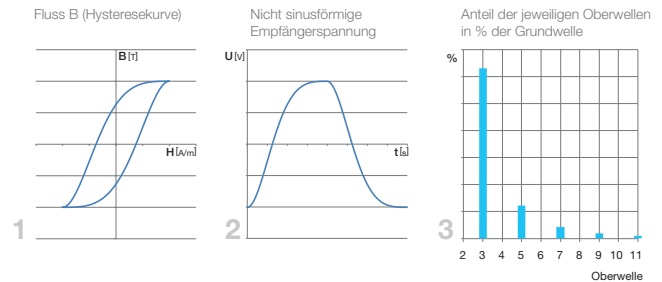
Die relative Permeabilität $[\mu_r]$ wird durch Wärmebehandlung stark beeinflusst. Gehärtete Gefüge weisen eine geringere Permeabilität auf als weiche Gefüge. Da bei der ibg eigenen Präventiven Mehrfrequenzprüfung PMFP nur mit kleinen Magnetfeldern geprüft wird, treten bei gehärteten i.O.-Teilen keine Sättigungseffekte auf. Man bewegt sich dort im linearen Bereich der Hystereseurve.

Oberwellen eines harten i.O.-Teiles



Oberwellen entstehen durch jede Hysterese der Magnetisierungskurve eines Prüflings in der Spulenanordnung. Der sinusförmige Strom in der Erregerspule führt zu einer sinusförmigen Feldstärke (1), die einen magnetischen Fluß im Prüfling auslöst. Dessen zeitlicher Verlauf ist jedoch (je nach Ausbildung der Permeabilität) nicht mehr sinusförmig. Daher induziert der zeitliche Verlauf des magnetischen Flusses in der Empfängerspule auch schon bei kleinen Feldstärken eine verzerrte, vom reinen Sinus abweichende Spannung (2).

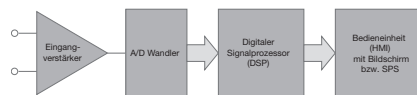
Oberwellen eines weichen N.i.O.-Teiles



Nach der Fourieranalyse dieser Spannung zeigen sich neben der Grundwelle Anteile höherer Frequenzen, nämlich Oberwellen der 3., 5., 7- oder auch 9-fachen Frequenz (3). Die Auswertung der Oberwellen (4) liefert ein noch genaueres Bild der magnetischen Eigenschaften des Prüflings und damit genauere Informationen über die Ausbildung der Gefügestruktur. Zusätzlich bietet sie signifikante Vorteile bei der Unterdrückung von Störeinflüssen wie Chargenstreuung, Teilegeometrie und -temperatur oder Positioniereffekten.

Simultane Oberwellenanalyse iSHA

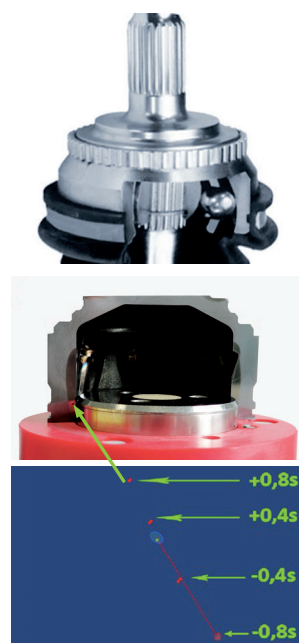
Oberwellen-Signale sind sehr klein. Daher bedarf es großer elektronischer Anstrengung, um sie überhaupt aus dem Grundrauschen hervorheben und darstellen zu können. Der neuartige und von ibg erstmalig mit der digitalen eddyvisor-Gerätefamilie erfolgreich beschrittene Weg ist die Digitalisierung des Signals direkt nach dem Eingangsverstärker und schnellster Signalverarbeitung durch DSP.



Eine wesentliche Neuerung ist dabei die iSHA-Technologie (ibg's Simultaneous Harmonic Analysis) in Verbindung mit der seit Jahrzehnten für hohe Prüfsicherheit sorgende PMFP. Sie ermöglicht bei acht Frequenzen die simultane Berechnung der Vektoren von Grundwelle und zweier Oberwellen ohne Verlängerung der erforderlichen Prüfzeit. Zusätzlich verwendet sie auch hohe Frequenzen und ihre Oberwellen für eine bessere Auflösung selbst kleinster Gefügeunterschiede. Damit erweitert iSHA die Möglichkeiten der bewährten präventiven Mehr-Frequenz-Prüfung (PMFP) nachhaltig.



Applikation: Rht und Lage Härtezone



Die Darstellung der 3. Oberwelle von 1,2 kHz. Die Messergebnisse zeigen eine gute Korrelation zu unterschiedlichen Härtezeiten des Induktors.

Applikation: Randhärte (Rht)

eddyvisor®S digital in der Gefügeprüfung

4

Härteprofil i. O.-Teil

Anzeige i.O.-Teil

Härteprofil mit zu großer Randhärte

Anzeige n.i.O.-Teil „zu große Rht“ beste Trennung bei 80 Hz Grundwelle

Härteprofil mit zu geringer Randhärte

Anzeige n.i.O.-Teil „zu kleine Rht“ beste Trennung bei 3. Oberwelle von 250 Hz