



DREHZÄHLERFASSUNG

Treten unerwünschte Geräusche bei drehenden Systemen auf, so sind häufig die verschiedenen rotierenden Teile dafür verantwortlich. Will man diese Geräusche eliminieren, so bieten sich zur Identifikation dieser Geräuschquellen verschiedene Analyseverfahren an.

Alle diese Analyseverfahren haben eines gemeinsam: Sie müssen eine Drehzahl erfassen, um den Bezug zwischen den verschiedenen Basismessgrößen (Schalldruck, Beschleunigung etc.) und der Rotation herstellen zu können. Abhängig vom verwendeten Verfahren ist es mehr oder weniger entscheidend, wie exakt diese Drehzahl erfasst wird. Dieses White Paper beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Möglichkeiten, Drehzahlen zu erfassen und auf welche Besonderheiten dabei zu achten ist.

Sensoren und Signaltypen

Die Abkürzung TTL steht für Transistor-Transistor-Logik und ist eine Schaltungstechnik, welche in bestimmten Sensoren verbaut ist. Diese Sensoren geben **TTL-Signale** aus, die zwei verschiedene Amplituden annehmen können: ‚High‘ oder ‚Low‘. Der Wert dieser Amplituden und der Übergang zwischen diesen beiden Pegeln können je nach verwendetem Sensortyp unterschiedlich ausfallen.

Ein Beispiel für ein TTL-Signal ist in Abbildung 1a dargestellt. Ein Übergang zwischen den Pegeln ‚High‘ und ‚Low‘ findet immer dann statt, wenn bestimmte Drehzahlsensoren eine Markierung detektieren. Sensoren, die TTL-Signale ausgeben, sind z. B. induktive Sensoren, welche die einzelnen Zähne an einem drehenden Zahnrad detektieren oder auch optische Sensoren, welche optische Marker oder die Markierungen von Streifenbändern erkennen können. Da bei einem TTL-Signal jeder Impuls einzeln erfasst wird, eignet sich dieser Signaltyp besonders gut für Analysen, die auf einer möglichst exakten Drehzahlerfassung basieren, wie z. B. die Drehschwingungsanalyse oder einer winkelbasierten Analyse. Auch die Kurzzeit-Analyseformen (z. B. Wavelet-Analyse) finden bei anderen Problemstellungen ihre Anwendung. Dieses White Paper betrachtet die FFT-Analyse genauer.

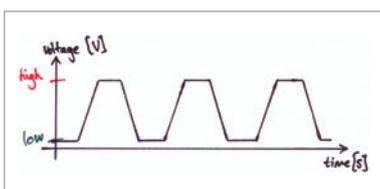


Abbildung 1a:
TTL-Signal

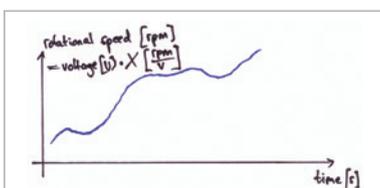


Abbildung 1b:
Spannungsproportionales
Drehzahlsignal

Ein spannungsproportionales Drehzahlsignal wird meist von Sensoren ausgegeben, die schon mit einer Vorverarbeitung für TTL-Signale versehen sind. Auch Prüfstandssteuerungen geben meist diese Art von Signalen aus. Hier wird ein Spannungsverlauf über der Zeit bereitgestellt und die Spannung direkt mittels eines Kalibrierfaktors [rpm/V] in eine Drehzahl übersetzt. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 1b dargestellt. Da bei dieser Art der Drehzahlerfassung keine Erkennung einzelner Pulse möglich ist, ist eine weiterführende Analyse, wie die Drehschwingungsauswertung oder die winkelbasierte Analyse, nicht möglich. Für eine Darstellung verschiedener Basismessgrößen über einer Drehzahl oder für die Ordnungsanalyse (eine Ordnung ist ein Vielfaches der Drehzahl) ist dieses Signal jedoch hinreichend.

Eine weitere Möglichkeit, Drehzahlen zu erfassen, ist die Verwendung von digitalen Bussen (CAN, FlexRay™, ...). Unabhängig vom physikalischen Prinzip der verwendeten Drehzahlsensoren werden die Daten vorverarbeitet und über den jeweiligen Bus direkt als Verlauf der Drehzahl über der Zeit bereitgestellt. Aufgrund der meist geringen Abtastrate, mit der Daten über einen Bus bereitgestellt werden, und der sich ändernden Verzögerung, die aufgrund der Architektur der Busse vorliegt, ist es nicht zu empfehlen, diese Art von Signalen für weiterführende Analysen zu verwenden. Sie bieten jedoch einen ersten Überblick über einen Drehzahlverlauf. Oft werden sie aufgrund der einfachen Erfassung mit aufgezeichnet, wenn ein digitaler Bus vorhanden ist.

Parameter der Pulserfassung

Um aus einem vorliegenden TTL-Signal ein Drehzahlsignal gewinnen zu können, sind verschiedene Schritte notwendig, die mittels unterschiedlicher Parameter einen direkten Einfluss auf die Qualität des Drehzahlsignals haben.

Triggerschwellen: Um ein TTL-Signal in einen Pulsverlauf über der Zeit zu übersetzen, wird mit zwei verschiedenen Triggerschwellen gearbeitet. Man unterscheidet hierbei das eigentliche ‚**Trigger-Level**‘ und das sogenannte ‚**Arming-Level**‘. Wird das ‚Trigger-Level‘ vom TTL-Signal überschritten, so wird im Pulsverlauf am selben Zeitpunkt ein Puls abgelegt. Um möglichst unempfindlich gegenüber der sich ändernden Steilheit der TTL-Flanken zu sein, empfiehlt es sich, das ‚Trigger-Level‘ an der steilsten Stelle einer TTL-Flanke zu setzen. Da bei dieser Stelle allerdings auch Störungen auftreten können, arbeitet man zusätzlich mit dem ‚Arming-Level‘. Damit der Trigger überhaupt auf eine Flanke reagiert, muss zuerst das ‚Arming-Level‘ erreicht werden. Es sollte so gewählt werden, dass es einen möglichst großen Abstand zum ‚Trigger-Level‘ besitzt, dabei aber noch zwischen ‚High‘- und ‚Low‘-Pegel des TTL-Signales liegt. Dadurch wird eine große Toleranz gegenüber Fehlern im Signal erreicht, die ansonsten einen Puls im Pulsverlauf erzeugen würden.

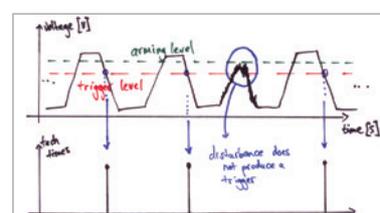


Abbildung 2:
Triggerung des TTL-Signals und
Erzeugung des Pulssignals

Pulse pro Umdrehung: Die Anzahl der Pulse, die pro Umdrehung vorliegen, richtet sich nach der Anzahl der Markierungen, die auf einem rotierenden Teil angebracht sind. Im Falle eines induktiven Sensors, der jeden Zahn eines Zahnrades einzeln erfasst, ist dies die Anzahl der Zähne des Zahnrades. Im Falle eines optischen Sensors muss die Anzahl der Marken, die auf das drehende Teil angebracht wurden, gezählt werden. Die Pulszahl für induktive Sensoren lässt sich nicht beeinflussen. Es kommt vielmehr auf die Bauart des zu untersuchenden Systems an. Dahingegen kann die Pulszahl durch die Anbringung optischer Marken für einen optischen Sensor willkürlich gewählt werden. Dies kommt besonders bei Verfahren zum Tragen, die aus einer hohen Zahl von Impulsen pro Umdrehung profitieren. Die Pulszahl ist wie ein Kalibrierfaktor für Drehzahlsensoren zu verstehen, der den Zeitverlauf der Pulse über einen Faktor Pulse/Umdrehung in eine Drehzahl [rpm] umrechnet.

Mittelung: Verwendet man ein Signal mit mehreren Pulsen pro Umdrehung zur Drehzahlerfassung, so enthält es neben der momentanen Drehzahl auch noch den Drehschwingungsanteil. Um das Drehschwingungsverhalten zu analysieren, ist es unabdingbar, diesen Anteil zu betrachten. Bei anderen Analysen kann es allerdings von Vorteil sein, diesen Anteil durch Mittelung der Drehzahl außer Acht zu lassen. Die Pulszahl ist über eine definierte Anzahl von Umdrehungen zu mitteln und nicht über ein Zeitintervall, da für eine Umdrehung fest definiert ist, wie viele Pulse vorliegen müssen. Bei einer sich ändernden Drehzahl ist nicht bekannt, wie viele Pulse in einem Zeitintervall vorliegen müssen.

Zusammenfassung

Um rotierende Systeme zu untersuchen, ist es notwendig die Drehzahl des Systems zu erfassen. Je nach weiterer Analyse muss die erfasste Drehzahl unterschiedliche Anforderungen erfüllen.

- TTL-Signal: geeignet für jede weitere Analyse. Drehschwingungs- oder winkelbasierte Analyse: hohe Anzahl von Pulsen pro Umdrehung wünschenswert
- Spannungsproportionales Drehzahlsignal: Überblick über die momentane Drehzahl, geeignet für die Ordnungsanalyse
- Drehzahlsignal von digitalen Bussen (CAN, FlexRay™ etc.): Überblick über den Drehzahlverlauf

Um ein TTL-Signal für hochgenaue Analysen verwenden zu können, muss es richtig parametrisiert werden. Diese Parametrisierung dient dazu, aus dem Signal am Ausgang des Sensors einen Zeitverlauf von Pulsen zu erzeugen, aus dem sich wiederum eine Drehzahl berechnen lässt.

- Triggerschwellen: ‚Trigger-Level‘ an der steilsten Stelle der TTL-Flanke setzen; ‚Arming-Level‘ in möglichst großem Abstand, aber noch innerhalb der Grenzen (‚High‘, ‚Low‘) des TTL-Signals
- Pulse pro Umdrehung: ‚Kalibrierfaktor‘, um einen Pulsverlauf in eine Drehzahl übersetzen
- Mittelung: Um Drehschwingungsanteile aus dem Signal zu entfernen, unbedingt über eine fest definierte Anzahl von Umdrehungen mitteln, nicht über ein Zeitintervall

Die PAK-Software bietet umfangreiche Möglichkeiten der Datenakquise und -analyse, insbesondere bei Akustik-, Schwingungs-, Struktur- oder Rotationsanalysen. PAK liefert für alle Anwendungen ein flexibles, effizientes und kompaktes Werkzeug. PAK ist erfolgreich im Einsatz bei hochstandardisierten, genormten Aufgaben, der Qualitätsprüfung und dem Troubleshooting.

Einen vertiefenden Einblick in die Signalanalyse und weitere Themen rund um die Analysewerkzeuge von Müller-BBM VibroAkustik Systeme erhalten Sie im Rahmen eines von uns angebotenen Praxistrainings. Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.muellerbbm-vas.de/service/training>.

Müller-BBM VibroAkustik Systeme ist einer der führenden Anbieter für vibroakustische Messtechnik. Wir sind Know-how-Träger für die Interpretation dynamischer oder physikalischer Daten, insbesondere in den Bereichen NVH, Festigkeit und Komfort. Im Fokus unserer Systemkompetenz stehen innovative Lösungen, die sich nahtlos in gegebene Systemumfelder integrieren.

Weiterführende Literatur

- [1] Müller, Gerhard; Möser, Michael: Taschenbuch der Technischen Akustik, 2012
- [2] Zeller, Peter: Handbuch Fahrzeugakustik, 2009

Kontaktdaten

Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH

Robert-Koch-Straße 13, 82152 Planegg

Tel. +49-89-85602-400

Fax +49-89-85602-444

E-Mail: sales@MuellerBBM-vas.de

www.MuellerBBM-vas.de | www.MuellerBBM-vas.com