

Oberschwingungen: Verstehen, messen und Ergebnisse interpretieren

Von kleinen Abschaltungen der Steuerung bis zu Ausfällen von Kompressoren und Transformatoren – Oberschwingungen können alle Arten von HLK-Anlagen beeinträchtigen.



Ein Techniker dokumentierte vor Kurzem die Fehlercodes, die ihm nach der Abschaltung eines Kühlkreislafs übermittelt wurden. Ein genauer Blick auf den Kühler enthüllte, dass die angezeigten Fehler nicht zu dem passten, was innerhalb des Geräts vor sich ging. Die Diagnose ergab, dass im Kühler eine „Phasenumkehr“ stattgefunden hatte und es anschließend zu einer Überlastung des Kompressormotors kam. Außerdem wurde eine Warnung „condenser pump variable speed drive fault“ (Fehler im Antrieb der Kondensatpumpe) übermittelt.

Es ist höchst unwahrscheinlich, dass eine Phasenumkehr stattgefunden hat – dies ist im Allgemeinen ein Installationsproblem. Die Untersuchung ergab, dass sowohl der Kompressor als auch der Antrieb der Kondensatpumpe normal zu funktionieren schienen. Das Problem, das diese Auslösung des Leistungsschalters verursacht, könnte bei einer Komponente im Schaltschrank selbst liegen. Eine weitere Möglichkeit, die häufig übersehen wird, könnten jedoch Oberschwingungen sein.

Oberschwingungsströme und das Energieverteilungssystem

Oberschwingungsströme fließen in einem Stromkreis mit Vielfachen der Grundfrequenz von 60 Hz (Anmerkung: das beschriebene HLK-System wird in den USA betrieben und mit der dortigen Netzfrequenz von 60 Hz versorgt). Beispielsweise stellt ein Strom, der mit 180 Hz in einem Stromkreis fließt, die dritte Oberschwingung dar. Solche Ströme werden nicht direkt von Multimetern angezeigt und werden üblicherweise erst dann entdeckt, wenn ungewöhnliche Steuerungs- und Geräteprobleme aufzutreten beginnen. Ein Vergleich

der Strommesswerte eines Mittelwert-Messgeräts mit den Werten eines hochwertigen Echteffektivwert-Messgeräts im gleichen Stromkreis ist hilfreich für die Aufdeckung von Problemen mit Oberschwingungen. Das Mittelwert-Messgerät zeigt nur den Strom mit der Grundfrequenz 60 Hz an, das Echteffektivwert-Messgerät dagegen zeigt eine Kombination der Ströme der Grundfrequenz und der Oberschwingungen an.

Die Erzeugung dieser Oberschwingungsströme und ihre Reflektion in das Energieverteilungssystem können zu Problemen führen. Hier einige Beispiele für Oberschwingungsprobleme:

- fehlerhafter Betrieb von Steuerkreisen
- falsche Abschaltungen von elektronisch gesteuerten Kühlern und Luftaufbereitungsanlagen
- Überhitzung von Magnetspulen, die infolgedessen ersetzt werden müssen
- Überhitzung von Transformatoren, die HLK-Systeme versorgen
- Überhitzung von Motoren für Gebläse und Kaltwasserpumpen

Mit Wissen über Oberschwingungsprobleme können professionelle Techniker und Ingenieure die Ursachen erkennen und deren Auswirkungen durch Austauschen des störenden Elements oder den Einbau eines Oberschwingungsfilters verringern.

Moderne elektronische Schaltungen müssen die Versorgungsspannung mit 60 Hz Grundfrequenz in Gleichspannung wandeln, da die Elektronik mit Gleichspannung betrieben wird. Die Signalform des von diesen elektronischen Lasten aufgenommenen Stroms zeigt, dass das Stromsignal nicht mit dem angelegten Spannungssignal korrespondiert. Daher werden solche elektronischen Lasten als „nichtlineare“ Lasten bezeichnet. Diese nichtlinearen Lasten produzieren die Oberschwingungsströme, die in das System reflektiert werden. Die Oberschwingungsströme treten in einem großen Spektrum auf, ihre

Amplituden nehmen jedoch üblicherweise mit steigender Frequenz ab. Siehe **Abbildung 1**.

Verschiedene Oberschwingungsfrequenzen erzeugen in einem Stromkreis ihren eigenen charakteristischen Effekt. Wenn man sie kombiniert, kommt es zu einer Verzerrung der ursprünglichen 60-Hz-Sinussignale. Ein verzerrter Strom am Eingang des elektronischen Geräts kann zu versehentlichem Abschalten und gelegentlich auftretenden Alarmen in Steuerkreisen führen. Manche Oberschwingungsströme sorgen für eine übermäßige Hitzeentwicklung. Andere Oberschwingungen erzeugen bei Motoren ein Drehmoment gegen die Drehrichtung, das zu einer Reduzierung des Wirkungsgrads und einer Überhitzung von Motoren führt.

Fehlersuche

Fehlersuche bedeutet in jedem Schaltkreis die richtige Ermittlung der Ursache des Problems und deren Behebung. Wenn durch Routine-messungen in einem elektronischen Schaltkreis mit nichtlinearen Lasten das Problem nicht ermittelt werden kann, sollten Sie nach Oberschwingungen suchen.

Führen Sie eine erste Messung zur Anwesenheit von Oberschwingungen mit einer Strommesszange durch, die die gesamte harmonische Verzerrung (THD) anzeigen kann. Die THD ergibt eine Abbildung, in der die Summe der anwesenden Oberschwingungen angezeigt wird. Die THD für Spannung sollte 5 % nicht übersteigen und kann leicht von einer Strommesszange abgelesen werden. Die THD für den Strom wird beträchtlich höher sein. Übermäßige THD für Spannung bedeutet, dass jedes der zuvor erwähnten Probleme auftreten kann und Korrekturmaßnahmen ergriffen werden sollten. Verwenden Sie für detailliertere Untersuchungen einen Netz- und Stromversorgungsanalysator, um das Ausmaß und die Auswirkungen der einzelnen Oberschwingungen weiter zu erkunden.

Der Netz- und Stromversorgungsanalysator misst den Pegel jeder Oberschwingung und erfasst viele andere Probleme im Zusammenhang mit der Netzqualität. Netz- und Stromversorgungsanalysatoren sind für einphasige und dreiphasige Stromkreise erhältlich. Sie werden im Allgemeinen für eine gewisse

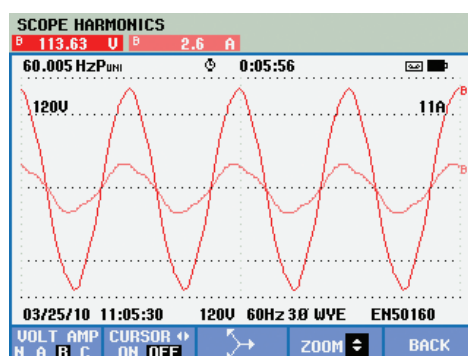


Abbildung 1. Nichtlineare Last. Einphasige Spannungs- und Stromsignale, die an einer nichtlinearen Last aufgenommen wurden, zeigen, dass das Stromsignal (unten) nicht mit dem angelegten Spannungssignal korrespondiert. Solche nichtlinearen Lasten erzeugen Oberschwingungsströme, die in das Energieverteilungssystem fließen.

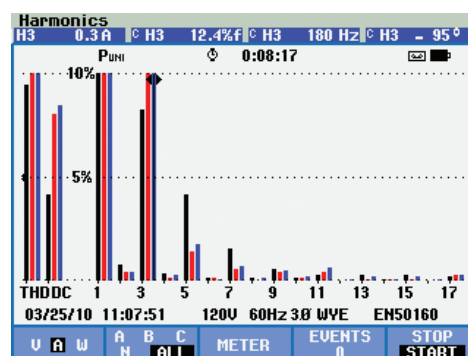


Abbildung 2. Oberschwingungen. In diesem Bildschirmfoto des Netz- und Stromversorgungsanalysators werden die Oberschwingungsfrequenzen auf der x-Achse angezeigt. Der prozentuale Anteil der jeweiligen Oberschwingung im Vergleich zum Signal mit der Grundfrequenz von 60 Hz wird auf der y-Achse angezeigt. Der Cursor wurde über der dritten Oberschwingung platziert, die Amplitude beträgt ca. 12,4 % der Amplitude des Signals mit der Grundfrequenz.

Zeit in den Versorgungsschaltkreis eingebunden, um Störungen von Spannungen und Strömen aufzuzeichnen. Die Daten können später zur Analyse auf einen PC heruntergeladen werden.

Zusätzlich zur Messung der Oberschwingungen zeichnen Netz- und Stromversorgungsanalysatoren auch andere Störungen auf, die zu einer Fehlfunktion der Steuerkreise führen können. „Spannungsüberhöhungen“ beispielsweise sind Spannungsanstiege über die jeweiligen Nennwerte, die zu Schäden am Gerät führen können. Bei Spannungseinbrüchen sinkt die angelegte Spannung ab, was zu versehentlichen Abschaltungen und falschen Alarmen in Stromkreisen von Frequenzumrichtern oder SPS führt.

THD und Pegel der Oberschwingungen sollten am Netzananschlusspunkt (PCC) gemessen werden. Bei der Fehlersuche ist der Netzananschlusspunkt der Punkt, an dem nichtlineare Lasten, die als Ursache des Problems in Frage kommen, mit dem Rest des Energieverteilungssystems verbunden sind. Eine schnelle Prüfung im Motorsteuerungsbereich beispielsweise, wo ein Frequenzumrichter versorgt wird, bringt Klarheit darüber, ob der Antrieb die Ursache für ein Oberschwingungsproblem ist. Suchen Sie nach Spannungen, bei denen sich der THD 5 % nähert, und prüfen Sie nach einem Vorhandensein und den Pegeln verschiedener

Oberschwingungsfrequenzen. Siehe **Abbildung 2**. Die vom Frequenzumrichter ausgehenden Oberschwingungen variieren mit seiner Leistung. Es kann erforderlich sein, den Netz- und Stromversorgungsanalysator einzurichten, damit Werte für einen gewissen Zeitraum aufgezeichnet werden, weil sich die Anforderungen des Lüftungssystems verändern.

Was ist zu tun, wenn Sie ein Übermaß an Oberschwingungen feststellen?

Wenn Sie ein Übermaß an Oberschwingungen feststellen, müssen Sie jeden Fall einzeln betrachten und eine entsprechende Entscheidung treffen. Sie können Oberschwingungsfilter kaufen und diese so nah wie möglich an dem Gerät platzieren, von dem die Oberschwingungsströme ausgehen. Es empfiehlt sich, den Gerätehersteller oder einen externen Technikberater zu kontaktieren, um den besten Oberschwingungsfilter für das Problem zu finden. Bei derartigen Filtern gibt es keine Universallösung. Sie müssen die Größe der Last und die einzelnen erzeugten Oberschwingungen berücksichtigen.

Eine weitere Alternative zur Isolierung des problematischen Geräts besteht in der Verwendung eines Trenntransformators. Das Versetzen

der nichtlinearen Last, die das Problem verursacht, oder des betroffenen Schaltkreises zu einer anderen Unterverteilung könnte helfen. Wenn beispielsweise die betroffenen Steuerungen von derselben Unterverteilung wie die nichtlineare Last, die das Problem verursacht, versorgt werden, kann eine Versetzung des Steuerkreises zu einer anderen Unterverteilung eine Verringerung des Problems bewirken. Oberschwingungsprobleme verringern sich oft in Abhängigkeit von der Entfernung zur nichtlinearen Last.

Zusammenfassung

In modernen elektrischen HLK-Anlagen versorgen dreiphasige Frequenzumrichter in den Motorsteuerungen die Gebläsemotoren, Kompressoren, Wasserpumpen und Kühlturmventilatoren. Steuerkreise enthalten SPS und proprietäre elektronische Schaltungen, die Temperaturen, Durchflussraten und Drücke regeln. Siehe Abbildung 3. Während Frequenzumrichter

Beispiele für nichtlineare Lasten sind, die viele Oberschwingungsprobleme verursachen, reichen andere Quellen für Oberschwingungen von Kopiergeräten in Bürobereichen bis zu einem benachbarten Betrieb an derselben Versorgungsleitung.

Die Auswirkungen von Oberschwingungen auf HLK-Anlagen können Fehlauslösungen an Steuerungen oder schwerwiegende Motor- oder Transformatorausfälle sein. Durch erste Messungen mit zwei Strommesszangen können potenzielle Probleme mit Oberschwingungen einfach erkannt werden. Jedoch ist der Netz- und Stromversorgungsanalysator der Schlüssel zum Messen, Isolieren und Korrigieren von Oberschwingungsproblemen. Bei modernen HLK-Anlagen müssen Ingenieure und Techniker Ursache und Wirkung von Oberschwingungen und die Methoden verstehen, wie Oberschwingungswerte gemessen und interpretiert werden, wenn damit zusammenhängende Probleme gelöst werden müssen.

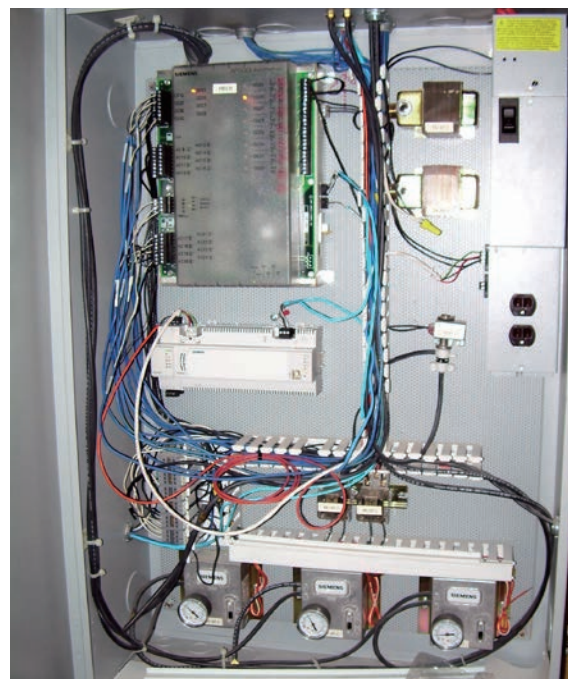


Abbildung 3. Lüftungssteuerungen, wie z. B. Elektronik und SPS auf der linken Seite dieses Schaltschranks, können durch Oberschwingungen beeinträchtigt werden, was zu einem fehlerhaften Betrieb der gesteuerten Geräte führt.

Messen und Interpretieren von Oberschwingungen unterschiedliche Ordnung

Die Ordnungszahl der Oberschwingungen ergibt sich aus dem Verhältnis der jeweiligen Oberschwingung zur Grundschiwingung (60 Hz). Zur Ermittlung der Frequenz des Oberschwingungsstroms muss die Ordnungszahl der Oberschwingung mit der Grundschiwingungsfrequenz von 60 Hz multipliziert werden.

Auswirkungen von Oberschwingungen

Alle Oberschwingungen verzerren das 60-Hz-Sinussignal der Grundschiwingung. Die gesamte harmonische Verzerrung (THD) des Sinussignals der Spannung sollte bei Messung mit einem Netzqualitätsanalysator einen Wert von 5 % nicht überschreiten.

Heutzutage werden bei vielen Frequenzumrichtern 6-Puls-Gleichrichter genutzt (sechs Halbleiterschalter in den Wandlerstromkreisen). Bei diesen Frequenzumrichtern entstehen Oberschwingungen der 5., 11., 13., 17., 19. usw. Ordnung. Falls bei diesen Frequenzen hohe Spannungswerte auftreten, sollte am Stromversorgungsseingang des Frequenzumrichters ein Filter angeordnet werden.

Grundlegende Schritte zur Ermittlung von Oberschwingungen

ACHTUNG: Die Fehlersuche muss an spannungsführenden Stromkreisen vorgenommen werden. Daher sind die Anforderungen der Norm NFPA 70E zur elektrischen Sicherheit am Arbeitsplatz® einzuhalten.

- Suche nach Ursachen, die nicht mit Oberschwingungen zusammenhängen:
 - Eingänge und Ausgänge von elektronischen Steuerungen
 - defekte Relais, Sensoren usw.
- Suche nach Oberschwingungen im Energieverteilungssystem mithilfe einer Strommesszange, mit der auch die gesamte harmonische Verzerrung (THD) gemessen werden kann.
- Ermittlung der Oberschwingungsfrequenzen und deren Amplituden mit einem Netzqualitätsanalysator. Aufzeichnung des zeitabhängigen Verlaufs der Werte an der Einspeisung der Anlage.
- Überprüfung, ob die gesamte harmonische Verzerrung (THD) der Spannung nicht mehr als 5 % beträgt. Dies ist der allgemein als zulässig betrachtete Maximalwert, dessen Überschreitung auf mögliche Probleme hinweisen würde.
- Zu den Abhilfemaßnahmen zählt oftmals ein speziell für diesen Zweck beschaffter Filter, der am Stromversorgungsseingang der Last angeordnet wird, die die Oberschwingungen erzeugt. Dadurch werden die zurück in das Energieverteilungssystem reflektierten Oberschwingungsströme auf ein Minimum begrenzt.

Ordnung der Oberschwingung	Frequenz des Oberschwingungsstroms
1.	60 Hz (Grundfrequenz)
2.	120 Hz
3.	180 Hz
4.	240 Hz
5.	300 Hz
6.	360 Hz
7.	420 Hz

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.

Fluke Deutschland GmbH
In den Engematten 14
79286 Glottertal
Telefon: 0 69 2 2222 0203
Telefax: 0 76 84 800 9410
E-Mail: CS.Deutschland-ELEK@Fluke.com
E-Mail: CS.Deutschland-INDS@Fluke.com
Web: www.fluke.de

Technischer Beratung:
Beratung zu Produkteigenschaften,
Spezifikationen, Messgeräte und
Anwendungsfragen
Tel.: +49 (0) 7684 8 00 95 45
E-Mail: techsupport.dach@fluke.com

Fluke Austria GmbH
Liebmannstraße 101
2345 Brunn am Gebirge
Telefon: +43 (0) 1 928 9503
Telefax: +43 (0) 1 928 9501
E-Mail: roc.austria@fluke.at
Web: www.fluke.at

Fluke (Schweiz) GmbH
Industrial Division
Hardstrasse 20
CH-8303 Bassersdorf
Telefon: +41 (0) 44 580 7504
Telefax: +41 (0) 44 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.ch
Web: www.fluke.ch

©2011, 2015 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten.
Änderungen vorbehalten.
12/2017 4141181b-ger

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.