Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 91 (2000)

Heft: 18

Artikel: Einfluss der Liberalisierung des Strommarkts auf die Betriebszuverlässigkeit und die Sicherheit der Produktionsanlagen

Autor: Chevroulet, Gaston G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855593

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Einfluss der Liberalisierung des Strommarkts auf die Betriebszuverlässigkeit und die Sicherheit der Produktionsanlagen

Die Strommarktliberalisierung rollt trotz all ihrer Unzulänglichkeiten und trotz ihrer menschenverachtenden Auswirkungen unaufhaltsam wie eine Dampfwalze. Strommarktliberalisierung heisst im Klartext, die Produktionskosten so rasch wie möglich zu senken; einerseits durch Reduktion des Personals, andererseits durch Reduktion der Investitionen für die Erneuerung und den Unterhalt der Anlagen. Das ganze Augenmerk ist dabei vor allem auf die ökonomischen Aspekte konzentriert; die Technik wird als erworbenes Gut betrachtet, das selbstverständlich unterhalten und betriebsfähig bleiben soll, trotz reduzierter, sogar teilweise stark reduzierter, finanzieller Mittel.

■ Gaston G. Chevroulet

Sparmassnahmen bei der Produktion suchen

Die aktuelle Bedeutung der wirtschaftlichen und politischen Aspekte soll nicht vergessen lassen, dass, bevor Strom verkauft werden kann, Strom produziert werden muss. Die Stromerzeugung verlangt technische Mittel, deren Verfügbarkeit von ihrem guten Zustand abhängt, das heisst von der Pflege und dem Unterhalt, den man diesen technischen Mitteln zukommen lässt.

Die etwas provokative Einführung ist gewollt, damit in Kürze, wenn nicht die aktuelle Situation, wenigstens eine Tendenz aufgezeigt werden kann. Diese Äusserung ist nicht als Kritik zu verstehen, sondern die Feststellung einer Tatsache gegen die es kein Wunderheilmittel gibt. Solange der Markt vom Wirtschaftlichkeits- und Wirksamkeitsdenken allein diktiert wird, und die moralischen und sozialen Aspekte an die Grenzen zurückgedrängt werden, wird man durch diesen Zwiespalt gehen müssen, um auf dem Markt bestehen zu können.

Die Verantwortlichen unserer Stromproduktions- und Stromtransport-Gesellschaften sehen sich beim Verkauf ihres Stroms mit Marketingproblemen konfrontiert durch eine immer stärker werdende Preiskonkurrenz, besonders auch vom Ausland her. Diese Sachlage ist neu für sie und verlangt ausserdem noch finanzielle Mittel, gerade jetzt, wo der **Produktpreis**, um konkurrenzfähig auf dem Markt zu bleiben, **gesenkt werden muss**. Diese Tatsache zwingt die Stromerzeuger nach Sparmassnahmen unter anderem bei der Produktion zu suchen.

Es ist klar, dass auf der Suche nach Sparpotenzial das Augenmerk sich auf das Betriebspersonal und die Investitionen für die Erneuerung und den Unterhalt der Anlagen richtet. Zurzeit ist der Maschinenpark, auch wenn dieser 30-jährig und mehr ist, grundsätzlich in sehr gutem Betriebszustand dank dem Wohlwollen eines motivierten und kompetenten Personals, das bis anhin über ein zwar begrenztes, jedoch ausreichendes Budget verfügt hat. Dies ist übrigens nicht der alleinige Grund, warum heute unsere Stromversorgung so sicher und zuverlässig ist. Sie ist es auch dank der ununterbrochenen Bemühungen der Stromproduzenten, ihre Anlagen zu renovieren und zu modernisieren.

Maschinenpark grundsätzlich in sehr gutem Betriebszustand

Da die aktuellen Strukturen gut bis sehr gut sind, geht man – wenigstens nicht kurzfristig – kein grosses Risiko

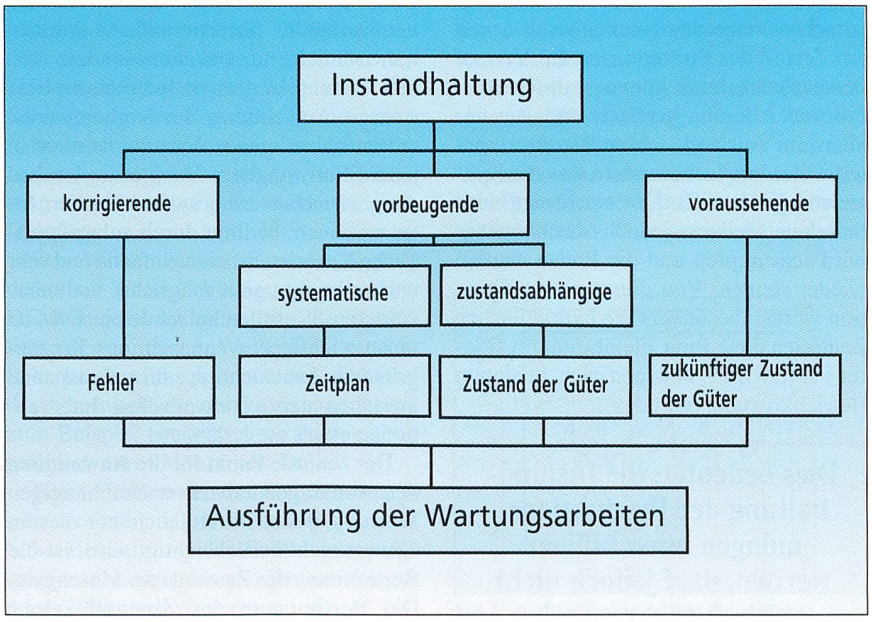


Bild 1 Prinzipien der Instandhaltung.

Adresse des Autoren
Gaston G. Chevroulet, Ing. HTL
Special Engineering
Melchbühlweg 20A
3006 Bern

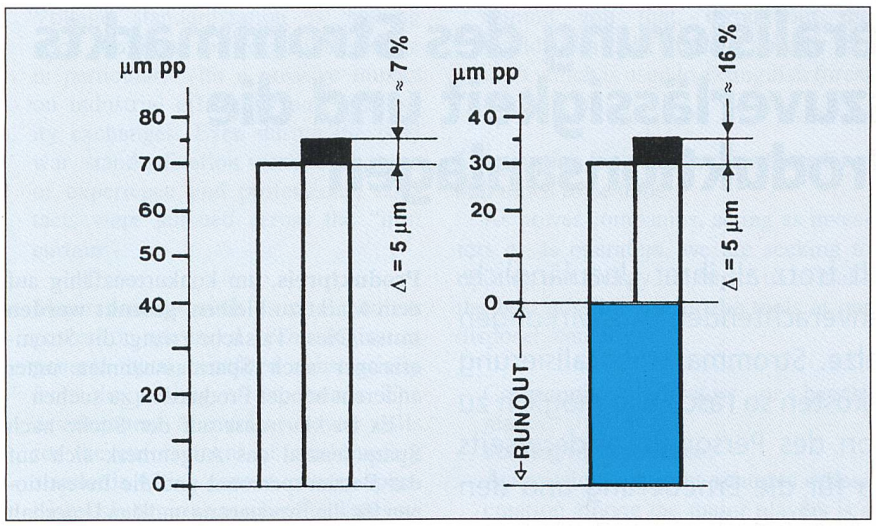


Bild 2 Der «Runout» kann bedeutende Werte aufweisen, die die Auswertung der Messergebnisse verfälschen.

ein, wenn man bei der Instandhaltung spart, umso mehr wenn diese bis anhin sorgfältig ausgeführt worden ist. Es ist aber ein zweischneidiges Schwert. Fährt man mit dem teuren Unterhalt weiter, wird man weiterhin über sehr gute Anlagen verfügen, den Markt jedoch aus Preisgründen verlieren. Reduziert man den Unterhalt zu Gunsten des Produktpreises, wird man wohl Märkte gewinnen, jedoch die Gefahr besteht, dass die Anlagen gerade dann störanfällig werden, wenn man sie sehr dringend braucht.

Der Hoffnung gewisser Stromproduzenten, ihren Strom aus hydraulischen Zentralen zu einem etwas höheren Preis mit einem ökologischen Label absetzen zu können, droht eine Illusion zu bleiben, trotz der sinnvollen Idee und des Muts, diese Idee zu verteidigen.

Der aktuelle Stromüberfluss des europäischen Netzes hat einen grossen Anteil am Zerfall des Strompreises. Im Verlauf der nächsten Jahre könnte – durch Ausfall und Alterung gewisser Anlagen vor allem im Ausland – eine Wende eingeleitet werden, insbesondere was die Spitzenenergie betrifft. Die Nachfrage wird bestehen bleiben, jedoch das Angebot wird schrumpfen und die Preise werden wieder steigen. Von dieser neuen Situation werden besonders die hydraulischen Zentralen dank ihrer Flexibilität profitieren, sofern ihre Anlagen sich in gutem Betriebszustand befinden.

Dies bedeutet: die Instandhaltung der Produktionsanlagen muss billiger werden, darf jedoch nicht weniger wirksam sein.

Zusammengefasst kann man sich fragen: **bedeutet die Reduktion der Mittel für die Instandhaltung ein erhöhtes Risiko für den Betreiber und den Versicherer, der auch unter dem Druck des Marktes steht?** Die Antwort ist: «Nein, nicht unbedingt», sofern gewisse Massnahmen berücksichtigt werden.

In der Folge geht es um die Instandhaltung rotierender Maschinen, die in der Stromerzeugung eine sehr wichtige Rolle spielen.

Instandhaltung rotierender Maschinen

In Bild 1 sind die verschiedenen Prinzipien der Instandhaltung dargestellt. Dass die vorbeugende zustandsabhängige Wartung das beste Preis/Wirksamkeitsverhältnis für rotierende Maschinen hat, ist nicht nur bekannt, sondern von den Spezialisten auch anerkannt. Eine strenge Anwendung der vorbeugenden zustandsabhängigen Wartung ist nicht in jedem Fall möglich. Doch eine Anwendung zwischen zwei systematischen Interventionen, bedingt durch anlagespezifische Kriterien, ist eine einfache und sehr wirksame Art, sich möglichst vor unerwarteten Störfällen zu schützen. Dies ist umso wichtiger, wenn man aus Kostengründen beabsichtigt, die Zeitspanne zwischen den systematischen Interventionen etwas zu verlängern.

Der zentrale Punkt für die Anwendung der vorbeugenden zustandsabhängigen Wartung, der so oft vielleicht aus diesem Grund nicht berücksichtigt wird, ist die Bestimmung des Zustands der Maschinen. Die Bestimmung des **Zustands einer Maschine** basiert auf einer interdisziplinären **Multiparameter-Überwachung**, deren **wichtigster Parameter das Schwingverhalten** ist.

Zentraler Aspekt: Analyse des Schwingverhaltens

Der grösste Teil der stromerzeugenden Maschinen ist – jedenfalls in der Schweiz – mit Schwingungsüberwachungen ausgerüstet. Dies vorbeugend für den Schutz gegen erhöhte Schwingungen, wie von den Normen ISO 2372 und ISO 7919 (oder VDI 2056 und VDI 2059) empfohlen. Der Schwingpegel in einem breiten Frequenzband ist zwar ein guter Schutz gegen übermässige Schwingungen und ist ein Parameter, der das Verhalten der Maschine charakterisiert. Er liefert jedoch keine Informationen über den Zustand der Maschine, das heisst über die Ursache eines eventuellen abnormen Verhaltens. Nur der Frequenzinhalt der Schwingsignale liefert die nötigen Anzeichen einer Fehlerdiagnose. Die neuen Normen berücksichtigen diese Tatsache (Beispiel ISO 10816, Ersatz für die ISO 2372).

Ausser wenigen Ausnahmen (Nuklearkraftwerke und einige wichtige hydraulische Einheiten) ist **der Frequenzinhalt** der gemessenen Schwingungssignale wahrscheinlich aus Informations- und Ausbildungsgründen **schlecht oder überhaupt nicht bekannt**. Dies, **obwohl** die auf den Maschinen **eingebauten Schwingungsgeber diese Frequenzinformation liefern**, die oft auch als Rohsignal auf den Monitoren vorhanden ist. Das heisst, dass die unter Umständen vor vielen Jahren **getätigte Investition** für die Schwingungsüberwachung heute immer noch **schlecht genutzt** ist. Es ist richtig, dass die Anschaffung eines Frequenzanalysators vor 10 bis 15 Jahren eine für den Kraftwerkbetreiber relative hohe Investition (Material und Ausbildung) darstellte. Heute hat sich die Lage stark geändert. Für weniger als 10000 Franken kann man einen einfachen Frequenzanalysator anschaffen. Mit einem Budget von 15000 bis 20000 Franken erhält man jetzt eine Ausrüstung bestehend aus Datensammler/Analysator mit Software für die nachträgliche Datenbearbeitung auf einem PC.

Die oft gehörte Begründung, dass die Anschaffung einer solchen Ausrüstung nicht rentabel für so wenig Maschinen sei, auch wegen der wenigen Messungen, die durchgeführt werden, verliert je länger je mehr ihre Glaubwürdigkeit. Einerseits ist die finanzielle Investition bescheiden geworden, andererseits werden

durch die Fusion von Gesellschaften die Interessengemeinschaften immer grösser, so dass der Einsatz einer solchen Ausrüstung, die nur von einer kleinen Gruppe von ein bis drei Personen verwaltet und bedient wird, und die noch dazu entsprechend ausgebildet ist, sich rechtfertigt.

Ein anderer, oft unerkannter wichtiger Aspekt der Analyse des Schwingverhaltens ist die Tatsache, dass sie nicht ausschliesslich nur für die Fehlerdiagnose eingesetzt werden kann. Durch den Vergleich von Messresultaten kann sie im Gegenteil die Bestätigung eines stabilen und wiederholbaren Verhaltens der Maschine liefern, also einen «gesunden» Zustand. Dies natürlich nur, wenn das Schwingverhalten der Maschine im störungsfreien Zustand bekannt war.

Die periodische Messung und Analyse der Schwingungen der Maschinen ist somit ein Schutz vor erkennbaren Schäden und eine wirksame Hilfe für die Fehlerdiagnose.

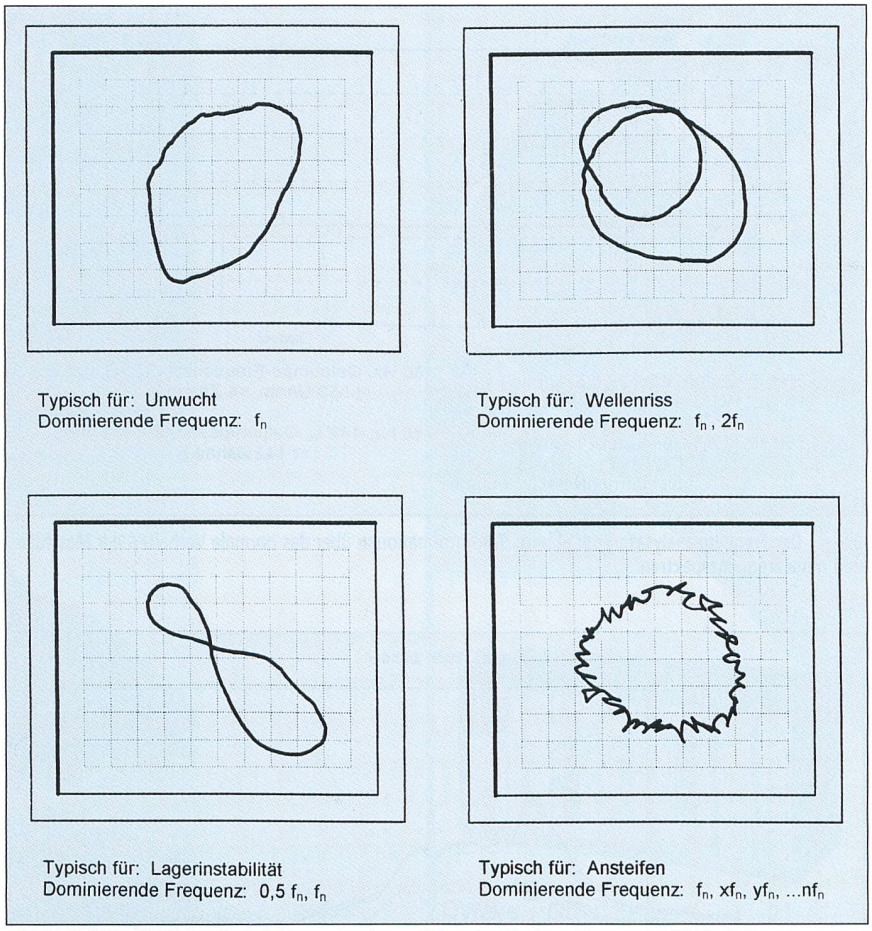


Bild 3 Rohsignale der Wellenschwingungsgeber auf dem Oszilloskop: Die von der Wellenbahn angenommene Form liefert Informationen über das Verhalten der Maschine.

Unentbehrliches Werkzeug: Frequenzanalysator

Der Frequenzanalysator wird zum quasi unentbehrlichen Werkzeug für die Steuerung der Instandhaltung. Es ist zu erwähnen, dass wichtige von den Schwingungsüberwachungsanlagen gelieferte Informationen, insbesondere die der Wellenschwingungs-Systeme, die ohne Frequenzanalysatoren ausgewertet werden können, sehr oft nicht genutzt werden.

Ein typisches Beispiel ist das Wissen um den «Runout-Anteil» der angezeigten Werte der Wellenschwingungen (triboelektrischer Effekt und geometrischer Fehler der Welle). Der Runout kann bedeutende Werte aufweisen, die die Auswertung der Messergebnisse verfälschen. Das passiert vor allem bei älteren Maschinen, die erst nachträglich mit Schwingungsüberwachungssystemen ausgerüstet worden sind. Wenn, wie Bild 2 es deutlich macht, der bis jetzt angezeigte Wert von 70 µmpp eines Tages auf 75 µmpp ansteigt, was einer Zunahme von 5 µmpp entspricht, kann man an eine Änderung von ≈ +7% denken. Wenn aber der Runout einen Wert der Grössenordnung 40 µmpp aufweist, beträgt die reelle Wellenschwingung 30 µmpp und eine Erhöhung von 5 µmpp bedeutet eine Änderung von ≈ +16%. Die Verhaltens- bzw. Zustandsänderung der Maschine ist bedeutender, als ohne Kenntnis dieses Phänomens angenommen werden kann.

Ein anderes Beispiel ist die in den meisten Fällen auch nicht bekannte kinetische Wellenbahn (Orbit), obwohl zur Aufzeichnung ein einfaches Zweistrahl-Oszilloskop genügt. Die Rohsignale der Wellenschwingungsgeber X und Y (um 90° versetzt) werden auf das Oszilloskop geschaltet. Die von der Wellenbahn angenommene Form liefert Informationen über das typische, aber nicht unbedingt abnorme Verhalten der Maschine. Die Betrachtung der Entwicklung der Wellenbahnform kann, wenn eine Zustandsänderung festgestellt wird, von Bedeutung sein. Bild 3 zeigt klassische Beispiele dafür.

Das Wissen darum, dass die Signale derselben Wellenschwingungsgeber eine DC-Komponente haben, die die Ermittlung der mittleren Wellenlage ermöglicht, ist ebenfalls sehr nützlich, denn bei der Überwachung der Lagerausrichtung zum Beispiel benötigt diese Auswertung lediglich einen Voltmeter (DC).

Beim Fehlen eines Frequenzanalysators erlaubt das Oszilloskop die zeitliche Betrachtung der Schwingungssignale, unabhängig ob es sich um Lager- oder Wellenschwingungen handelt. Damit kann das Grundmotiv der Zeitsignale bei verschiedenen Betriebsbedingungen festgehalten werden (Bild 4). Diese Referenz erlaubt, ein stabiles und wiederholbares Verhalten der Maschine zu bestätigen, oder im Gegenteil eine Abweichung gegenüber dem bekannten Bild aufzuzeigen, also ein erstes Indiz über ein abnormes Verhalten zu liefern.

Der Frequenzanalysator erlaubt einerseits die Beschaffung von detaillierten Basisinformationen über das normale Verhalten der Maschine (gesunder Zustand), andererseits liefert er bei Abweichung von den Basisinformationen neue

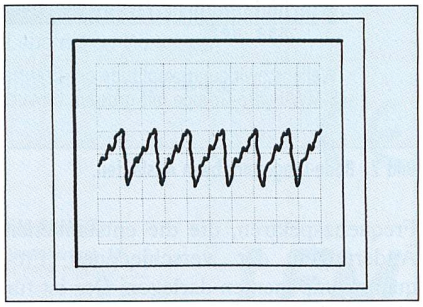


Bild 4 Das Oszilloskop erlaubt die zeitliche Betrachtung der Schwingungssignale.

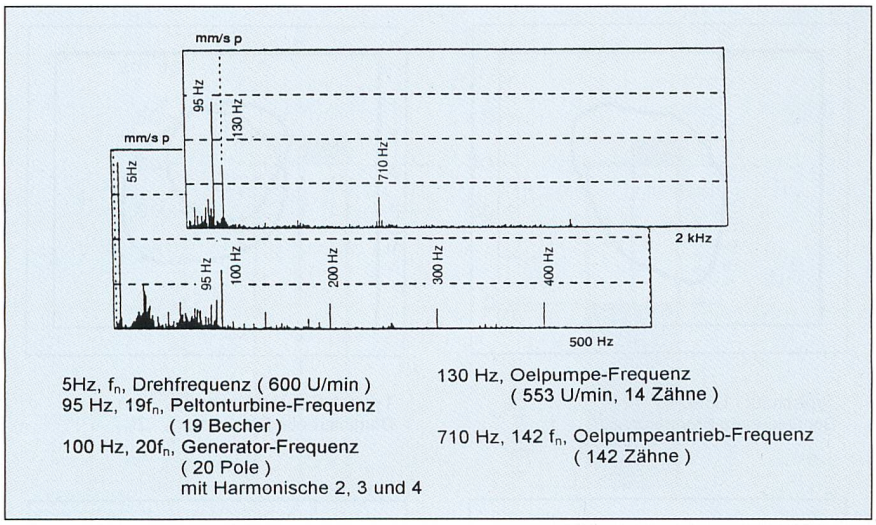


Bild 5 Der Frequenzanalysator: detaillierte Basisinformationen über das normale Verhalten der Maschine und neue Frequenzspektren.

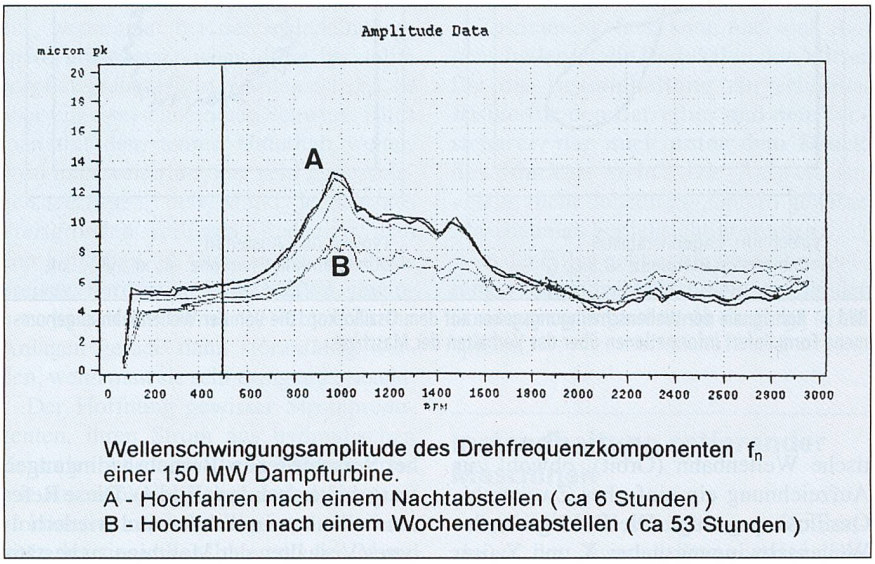


Bild 6 Bode-Diagramm beim Anlaufen.

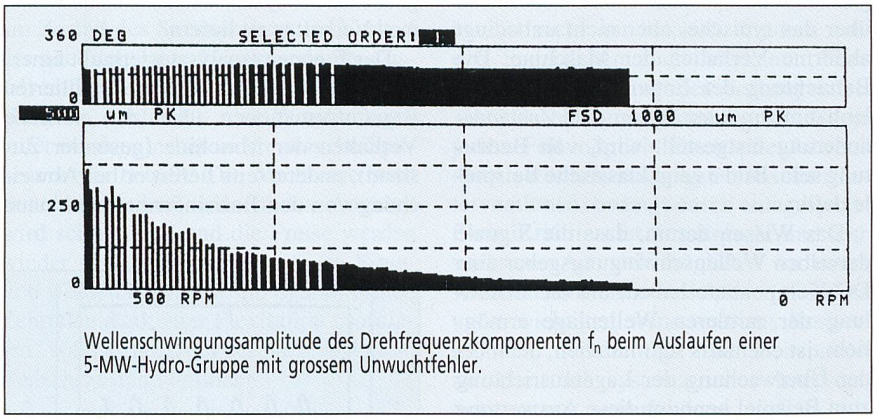


Bild 7 Bode-Diagramm beim Auslaufen.

Frequenzspektren, die die entstandenen Änderungen der verschiedenen Frequenzkomponenten darlegen. Das ist für die Lokalisierung und Identifikation der wahrscheinlichen Quelle der Vorkommnisse wesentlich. Bild 5 liefert ein Beispiel dafür.

Eine andere sehr wirksame Informationsquelle über den Zustand einer Maschine ist das aufgenommene Bode-Diagramm beim An- bzw. Auslaufen. Diese Messung, die ein Drehzahlsignal benötigt, ist bei allen modernen Frequenzanalysatoren möglich. Mit einer entsprechenden Software für die nachträgliche Bearbeitung der Daten können die Bode-Diagramme von mehreren An- bzw. Ausläufen verglichen werden.

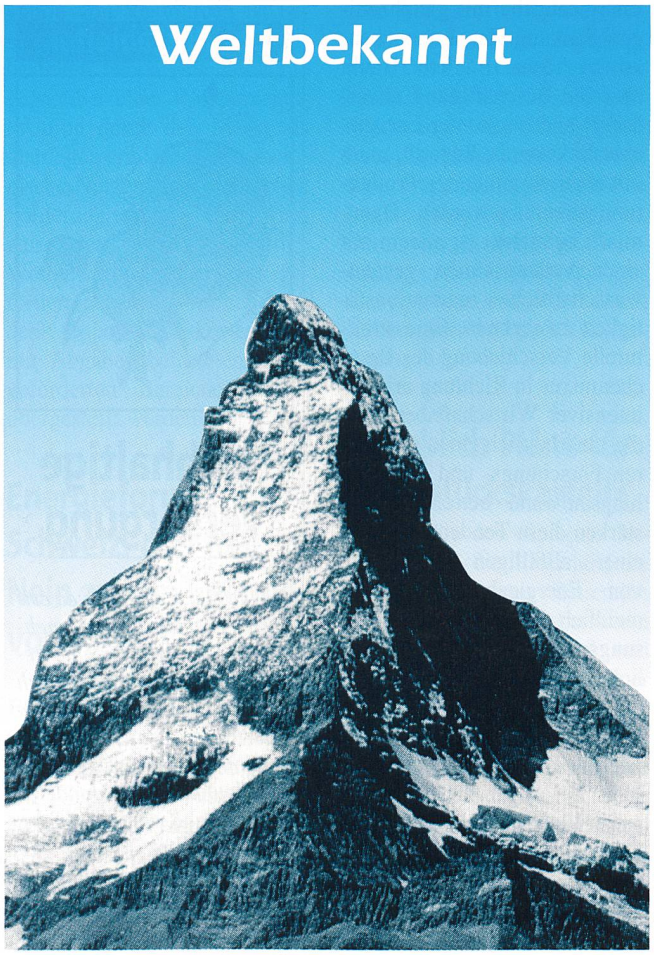
Dieses Vorgehen, das mehr im Gebiet der thermischen Maschinen bei Dampf- und Gasturbinen verbreitet ist, eignet sich ebenfalls gut für hydraulische Maschinen, speziell für das Auslaufen (Rundown). Zwei Beispiele sind in den Bildern 6 und 7 dargestellt.

Obwohl wenig darüber berichtet wird, sind alle Maschinen für die Energieproduktion ein unentbehrliches und kostbares Kapital, für dessen Unterhalt Fachwissen und finanzielle Mittel notwendig sind. Bevorstehende oder bereits eingeleitete – leider unumgängliche – Personal- und Budgetreduktionen werden den Betrieb und den Unterhalt der Produktionsmaschinen auch tangieren. Deswegen dürfen **vorhandene Informationsquellen** über den Betriebszustand der Maschinen **nicht** wegen fehlenden Fachwissens **ausser Acht gelassen werden**.

De l'influence de la libéralisation du marché de l'électricité sur la fiabilité et la sécurité d'exploitation des installations de production

Le rouleau compresseur de la libéralisation du marché de l'électricité est inexorablement en marche malgré toutes les impondérabilités et, selon certains, même au détriment d'aspects moraux et sociaux. En texte clair, il s'agit de réduire rapidement les coûts de production par le biais de la globalisation, c'est-à-dire par la réduction de personnel et des investissements pour le renouvellement et la maintenance des installations. Tout est concentré sur les aspects économiques et la technique devient un acquis, qui est à maintenir bien entendu, malgré les moyens financiers disponibles réduits, parfois même très réduits.

La version française complète de cet article peut être obtenue auprès de l'auteur.



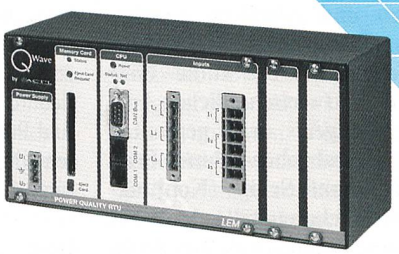
Pfiffner-
Messwandler
auf allen
Kontinenten

SN EN ISO 9001

PFIFFNER

Pfiffner Messwandler AG CH-5042 Hirschthal
Tel. +41 62 739 28 28 Fax +41 62 739 28 10
E-mail: sales@pmw.ch Internet: www.pmw.ch

Vollautomatische Überwachung der Versorgungs-qualität



QWave + QIS

- Spannungseinbrüche, Überspannungen und Unterbrechungen
- Strom- und Spannungsharmonische bis zur 50sten
- Symmetrische und unsymmetrische Komponenten
- Flicker, P, Q, S, D, PF

Leistungsstarke Software QIS

- Automatisches Konfigurieren und Datenfernauslesen
- Ausdruck des Messprotokolls am Arbeitsplatz
- Kein Fachpersonal am Einsatzort nötig
- Messungen gemäß EN50160, EN61000-4-7, EN61000-4-15, EN61000-3-6/7
- Langfristige Statistiken
- Einstellbare Grenzwerte

CE

LEM ELMES
Bahnhofstrasse 15
CH-8808 Pfäffikon, SZ
Tel.: 055/415 75 75
Fax: 055/415 75 55
e-mail: lel@lem.com
www.lem.com

LEM