

Optimale Verknüpfung von Wärmeströmen auf Basis der Diskreten Fourier Transformation

Industrie (7)

Christoph SEJKORA¹⁽¹⁾, Andreas PFEIFER⁽¹⁾, Lukas KRIECHBAUM⁽¹⁾,
Thomas KIENBERGER⁽¹⁾

⁽¹⁾ Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Motivation und zentrale Fragestellung

Um die für die Einhaltung des Pariser Klimaabkommens [1] notwendigen Einsparungen an Treibhausgasen zu erreichen, müssen einerseits die fossilen Energieträger durch erneuerbare Alternativen substituiert werden. Andererseits muss es zu einer signifikanten Verbrauchsreduktion kommen. Um neben einer effizienten Endenergienutzung auch Verluste der Energieumwandlung zu minimieren, ist eine exergieeffiziente, sektorübergreifende und kaskadische Energienutzung unerlässlich [2].

Für Unternehmen im produzierenden Sektor ist eine der zukünftigen Herausforderungen, die bisherige Produktion auf eine erneuerbare, teilweise fluktuierende, Energieversorgung umzustellen und zusätzlich den Gesamtenergiebedarf zu senken. In diesem Zusammenhang ist die Berücksichtigung von nicht kontinuierlich betriebenen Prozessen entscheidend. Zur Planung sowie zum Betrieb zukünftiger industrieller Energiesysteme werden daher neuartige Tools und Methodiken benötigt. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Methodik, basiert auf der Diskreten Fourier Transformation, vorgestellt und anhand eines Beispiels zur Optimierung eines industriellen Energiesystems mit nicht kontinuierlichen Prozessen verwendet.

Methodische Vorgangsweise

Die Diskrete Fourier Transformation (DFT) ermöglicht es, ein zeitdiskretes Signal vom Zeitbereich in den Frequenzraum zu transformieren, indem die dem Signal zugrundeliegenden Frequenzkomponenten ermittelt werden. Jede dieser Komponenten setzt sich aus einer Frequenz, einer Amplitude sowie einer Phasenverschiebung zusammen, wie in Abbildung 1 ersichtlich. [3]

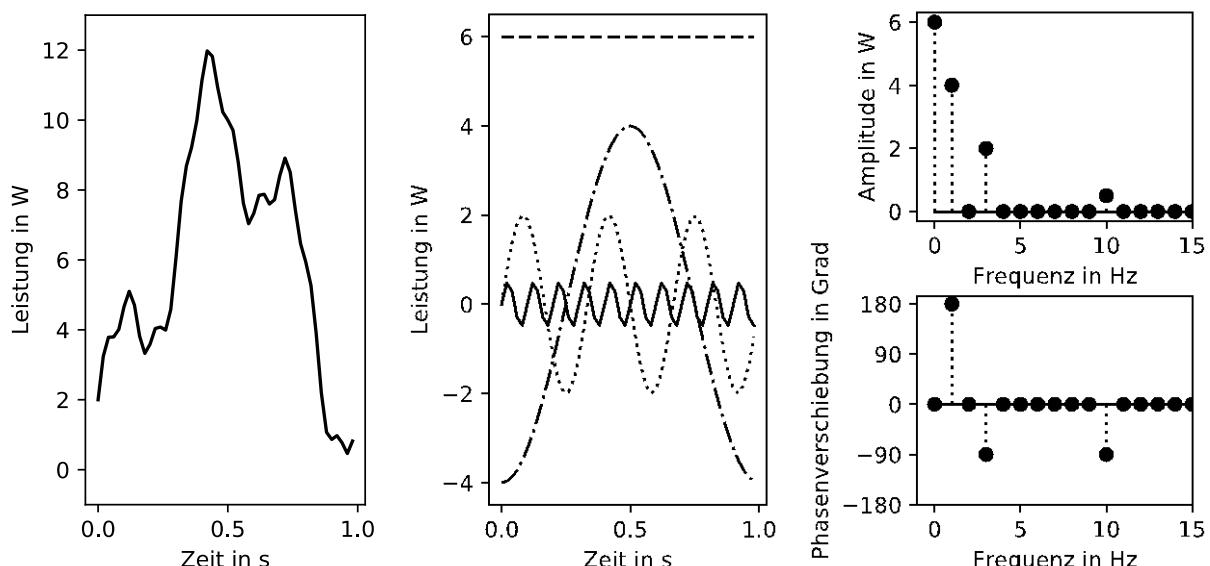


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Funktionsweise der DFT. Gesamtsignal (links), welches durch eine Überlagerung verschiedener Schwingungen beschrieben werden kann (mittig) sowie die Abbildung des Gesamtsignals im Frequenzraum mit Amplitude (rechts oben) und Phasenlagen (rechts unten).

¹ Jungautor, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 5410,
E-Mail: christoph.sejkora@unileoben.ac.at, Web: evt.unileoben.ac.at

Durch einen geschickten Frequenzkomponentenvergleich verschiedener fluktuierender Erzeugungs- und Abwärmeprofile mit den Profilen des Bedarfs wird ermittelt, welche Kombinationen von Profilen die größten Übereinstimmungen aufweisen. Durch eine größtmögliche Übereinstimmung wird sichergestellt, dass das Angebot bestmöglich genutzt und gleichzeitig der Flexibilitätsbedarf minimiert wird.

Je größer die Amplitude einer Frequenz, desto größer ist der Einfluss der entsprechenden Komponente. Entscheidend ist neben der Beachtung der Amplitude auch die Berücksichtigung der Phasenverschiebung je Frequenz. Dies ist notwendig, da einerseits die Phasenverschiebung maßgeblich entscheidend ist, ob und wann es bei der Überlagerung von zwei oder mehreren Schwingungen zu konstruktiver bzw. destruktiver Interferenz kommt. Andererseits ist die Phasenverschiebung auch bestimmend, ob ein spezifisches Lastprofil von einem spezifischen Angebotsprofil gedeckt werden kann. Selbst wenn das Angebotsprofil bei allen Frequenzen des Lastprofils ausreichend größere Amplituden aufweist, als die Amplituden des Lastprofils, ist ein Ausgleich entsprechend der Phasenverschiebung zwischen Angebot und Bedarf, z.B. über Speicherelemente, vorzusehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Fall eine Phasenverschiebung eine zeitliche Verschiebung einer Schwingung beschreibt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In der gezeigten Arbeit werden im Rahmen einer Fallstudie drei Abwärmeprofile sowie ein Wärmelastgang eines Industriebetriebs mithilfe dieser Methodik analysiert. Dabei wird jede Kombination aus Abwärmequelle und Verbraucher, unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperaturniveaus, bewertet. Da es trotz der bestmöglichen Zuordnung Zeitpunkte geben kann, bei welchen der Verbrauch größer ist als das Angebot, werden Speicher benötigt. Im Rahmen dieser Fallstudie erfolgt ebenso die Dimensionierung dieser Speicher.

Dieser Ansatz auf Basis der diskreten Fourier Transformation ermöglicht ein besseres Verstehen der Periodizität von verschiedenen Last-, Abwärme- oder Erzeugungsprofilen. Dieses Wissen soll in einer verbesserten Speicherauslegung resultieren, welche sich an der Anzahl der Zyklen orientiert. Des Weiteren soll diese Methode in Zukunft auch auf hybride industrielle Energiesysteme angewendet werden, um Prozesse wie beispielsweise KWK-Anlagen richtig abgebildet zu können.

Literatur

- [1] UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION OF CLIMATE CHANGE (Hrsg.): *United Nations Framework Convention on Climate Change : Adoption of the Paris agreement*. Paris : United Nations, 2015
- [2] MOSER, Simon ; GOERS, Sebastian ; DE BRUYN, Kathrin ; STEINMÜLLER, Horst ; HOFMANN, Rene ; PANUSCHKA, Sophie ; KIENBERGER, Thomas ; SEJKORA, Christoph ; HAIDER, Markus ; WERNER, Andres ; BRUNNER, Christoph ; FLUCH, Jürgen ; GRUBBAUER, Anna: *Renewables4Industry : Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren*. Diskussionspapier (Endberichtsteil 2 von 3). 2018
- [3] OPPENHEIM, Alan V. ; SCHAFER, Ronald W. ; BUCK, John R.: *Zeitdiskrete Signalverarbeitung*. 2., überarb. Aufl. München, Boston : Pearson Studium, 2004 (Elektrotechnik : Signalverarbeitung)