

Use of electric heat pumps flexibility for distribution system congestion management

Engpassmanagement im Verteilnetz mittels der Verwendung von Flexibilität elektrischer Wärmepumpen

Jan Martin Dix

Matriculation Number: 358483

Master Thesis

The present work was submitted to
RWTH Aachen University
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Institute for Automation of Complex Power Systems
Univ.-Prof. Antonello Monti, Ph. D.

Supervisor: Marco Pau, Ph.D.

Aachen, den _____

1. Prüfer

Aachen, den _____

Vorsitzende(r) des Prüfungsausschusses

Kurzfassung

Mit wachsendem Anteil intermittierender dezentraler Stromerzeugung und der zunehmenden Elektrifizierung des Heizungs- und Mobilitätssektors gewinnen intelligente Stromnetze (so genannte Smart Grids) zunehmend an Bedeutung. Wesentliches Ziel der Smart Grids ist die effektive Nutzung der Netzinfrastruktur. Endnutzern wird in diesem Zusammenhang eine zunehmend aktivere Rolle zugesprochen. So können sie beispielsweise ihre Nachfrage aktiv steuern, um den Energieverbrauch zu senken und ihr Nachfrageprofil an variable Strompreise anpassen. Elektrische Wärmepumpen sind ein Beispiel für flexible Lasten, die für Netzdienstleistungen genutzt werden können.

In dieser Arbeit wird die Flexibilität elektrischer Wärmepumpen genutzt, um Engpässen im Verteilnetz entgegenzuwirken. Ziel ist es, die vorhandene Flexibilität zu nutzen und gleichzeitig den thermischen Komfortverlust der Kunden zu minimieren. Um den thermischen Komfort zu gewährleisten, wird ein Mindestmaß an Raumtemperatur nach dem ASHRAE Standard 55 festgelegt, der Vertragskunden zugesichert wird. Vier Demand Response (DR) Konzepte werden vorgeschlagen und analysiert. Sie unterscheiden sich in der Verteilung der Gesamtlastanpassung sowie in dem Grad der Beanspruchung einzelnen Kunden, die mit einer elektrischen Wärmepumpe ausgestattet sind.

Die vorgestellten DR-Ansätze werden in fünf Fallstudien zur Reduzierung der Spitzenlast in einem Szenario von 60 bzw. 120 Häusern bewertet, von denen 30 bzw. 60 mit elektrischen Wärmepumpen ausgestattet sind. Jeder Ansatz stellt eine zuverlässige Maßnahme zur Reduzierung der Spitzenlast dar, um Engpässe zu verhindern. Dabei wird der thermische Komfort für alle Kunden bei allen angewendeten DR-Konzepten gewahrt. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung der Flexibilität einer kleinen Anzahl von Kunden aufgrund des geringeren Rebound-Effektes und einer im Vergleich zu den anderen Ansätzen höheren Präzision der Reduzierung der Spitzenlast auf ein gewünschtes Niveau vorteilhafter sein kann. Wird jedoch die Wahrnehmung einer DR-Maßnahme als Verlust des thermischen Komforts durch den Kunden betrachtet, zeigt die Verteilung der Anforderung zur Reduzierung der Last auf eine große Anzahl von Kunden die besten Ergebnisse, um den Verlust des thermischen Komforts für Kunden zu minimieren.

Stichwörter: Elektrische Wärmepumpen Flexibilität, Demand Response, Engpassmanagement, thermischer Komfort

Abstract

Concerning the increasing share of intermitting distributed generation and the increasing electrification of the heating and the mobility sector, the transition to the so-called smart grids is gaining increasing attention. The main target of the smart grids is the effective use of the grid infrastructure. In this context, end-users are expected to play an increasingly active role. For example, they can actively manage their demand to reduce energy consumption and adapt their demand profile according to changing electricity prices. Electric heat pumps are an example of flexible loads that can be utilized for grid services.

In this thesis, electric heat pumps' flexibility is used to alleviate congestion in the distribution grid. The goal is to exploit the available flexibility while minimizing customers' loss of thermal comfort. To ensure thermal comfort, a minimum level of indoor temperature is defined according to the ASHRAE Standard 55, which is assured for contracted customers. Four Demand Response (DR) schemes are proposed and analyzed. They differ in the distribution of the total load adjustment request as well as the curtailment rate of individual customers equipped with an electric heat pump.

The introduced DR schemes are evaluated in five cases studies reducing the peak load in a scenario of 60 and 120 houses of which 30 respectively 60 are equipped with electric heat pumps downstream a given substation. Each approach demonstrates a reliable measure to reduce the peak load, which in turn prevents congestion. Thereby, thermal comfort is maintained for all customers for all proposed DR schemes. Obtained results show that using the flexibility of a small number of customers can be more advantageous due to the lower rebound effect and a higher curtailment precision compared to the other approaches. However, considering customers' perception of a DR event as the loss of thermal comfort, the distribution of the curtailment request on a large number of customers reveals the best results to minimize customers' loss of thermal comfort.

Keywords: Electric Heat Pump Flexibility, Demand Response, Congestion Management, Thermal Comfort

