

電力潮流による経済性を考慮した  
分散的な動的電力価格決定に関する研究

2016年8月

大 川 佳 寛

## 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	大 川 佳 寛
主 論 文 題 目 :			
電力潮流による経済性を考慮した分散的な動的電力価格決定に関する研究			
(内容の要旨)			
<p>本論文では、次世代電力網における電力潮流による経済性を考慮した分散的な動的電力価格決定問題を扱う。動的な電力価格決定とは、電力価格を時刻ごとに変更する価格決定手法であり、電力網における分散的な電力需給管理手法として注目されている。本研究においては、地域間の電力潮流量を含む電力網における電力需給量の一致と、電力需要家および電力供給者の利益からなる社会全体の利益最大化または費用最小化による電力網における経済性向上を達成するための、電力市場取引における動的電力価格決定アルゴリズムを提案した。</p> <p>第1章では、本研究の背景、目的について概説した。第2章では、本研究で取り扱う動的電力価格決定問題における問題設定として、電力需要家および電力供給者の市場取引における経済行動モデルの構築と交流電力網モデルについての説明を行った。</p> <p>第3章では、第2章で構築した経済行動モデルを有する各電力市場参加者との前日市場における1日前取引に関して、各地域の電力価格を適切に設定することにより、地域間の電力潮流量を含む電力需給量の一致と社会全体の利益最大化が達成されることを示した。また本章では、これらの最適な電力価格の導出を、各市場参加者の利益関数の情報を用いずに分散的に達成するための、勾配法に基づく電力価格決定アルゴリズムならびに市場参加者の交互意思決定に基づいた分散型電力価格決定アルゴリズムを提案した。そして両手法の有効性を数値シミュレーションにより検証した。</p> <p>第4章では、当日の市場参加者の電力価格に対する不確かな電力消費および発電行動による影響を抑制しつつ、各地域の電力需給偏差解消を達成することを目的として、各地域の電力価格更新のための <math>H_\infty</math> 制御器を設計した。更に、設計した <math>H_\infty</math> 制御器を用いることで、当日市場におけるリアルタイム市場取引に対する地域別動的電力価格更新アルゴリズムを提案し、その有効性を数値シミュレーションにより検証した。</p> <p>第5章では、当日市場における時間前取引に関して、需要家の電力需給調整に対する能動的な参加と電力需給調整費用最小化を達成するための、ネガワット取引における最適インセンティブ価格決定手法を提案した。加えて、本需給調整を市場参加者間で金銭的な過不足なく行うための、供給者に対するペナルティ価格設計手法を示した。さらにこれらの価格を分散的に導出するための、インセンティブ価格決定アルゴリズムを提案した。そして提案手法の有効性を数値シミュレーションにより検証した。</p> <p>第6章では、第5章で取り扱った電力需給調整問題に関して、発電電力量の超過および不足の両問題に対処するために、蓄電設備の充放電を考慮した電力需給調整手法を提案した。本手法では、発電予測情報に対して確率的な制約条件を用いて電力需給調整費用最小化問題の定式化を行うことで、蓄電設備の計画的な運用を達成した。さらに本問題に対する最適インセンティブ価格設計手法ならびにその導出アルゴリズムを提案した。そして提案手法の有効性を数値シミュレーションにより検証した。</p> <p>第7章では、結論として、本研究の成果を要約し、今後の課題について言及した。</p>			

## SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	SURNAME, Given name OKAWA, Yoshihiro
<p>Title</p> <p style="text-align: center;">A Study on Distributed Dynamic Pricing of Electricity Considering Economic Efficiency with Power Flow</p>		
<p>Abstract</p> <p>Dynamic pricing is one of the most effective methods to achieve distributed energy management in a smart grid. In the dynamic pricing, electricity prices change in a short time interval according to power supply-demand balances in a power grid. This study proposes some novel dynamic pricing algorithms to maximize social welfare and improve its economic efficiency by considering power flow in a power grid. In particular, the proposed pricing algorithms derive the optimal regional electricity prices or the optimal incentive prices for consumers in day-ahead and real-time electricity market trading.</p> <p>This thesis is organized as follows. Chapter 1 describes the background and purpose of this study. Then, behavior models of power consumers and generators in market trading and a power grid model are explained as the problem formulation in Chapter 2.</p> <p>Chapter 3 presents a dynamic pricing algorithm in a day-ahead market trading. The proposed algorithm derives the optimal hourly and regional electricity prices without any information of private functions of power consumers and generators. This chapter also shows a dynamic pricing algorithm based on an alternating decision making among market participants to improve its convergence speed. Finally, the validities of the proposed pricing algorithms are shown with numerical simulation.</p> <p>In order to reduce the effects of uncertainties in market participants' behavior in real-time market trading, Chapter 4 presents a dynamic pricing algorithm based on <math>H_\infty</math> control. This chapter constructs a generalized plant of the dynamic pricing problem and shows how to design the <math>H_\infty</math> controller to update locational electricity prices. In addition, a dynamic pricing algorithm using this designed <math>H_\infty</math> controller is shown and its effectiveness is verified through the numerical simulation results in this Chapter.</p> <p>Chapter 5 discusses the power adjustment problem in a real-time market through negawatt trading. This chapter shows the optimal incentive design method for consumers to minimize the power adjustment cost including power reduction by consumers. In addition, in order to guarantee the non-deficiency in the real-time market trading, the penalty price design method is discussed in this chapter. Also, this chapter presents the real-time market algorithm to derive these optimal incentive prices and its numerical simulation results.</p> <p>Chapter 6 extends the power adjustment problem discussed in Chapter 5 to deal with the problems caused by both power excess and shortage in a power grid. The proposed method in this chapter adjusts power imbalances using energy storage systems in a power network through market trading. This chapter also shows the optimal incentive design method and its power adjustment algorithm in negawatt trading. Finally, the effectiveness of the proposed algorithm is verified with numerical simulation results.</p> <p>Chapter 7 concludes this study and describes its future work.</p>		