

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560304

研究課題名（和文）LC共振による新しい回路トポロジーを有する PFC  
－高力率コンバーターの研究

研究課題名（英文）A Study of PFC Converters Having Novel Circuit Topology by LC Resonance

研究代表者

松井 景樹（MATSUI KEIJU）

中部大学・工学部・教授

研究者番号：70131167

研究成果の概要：高性能・高機能化を要求する時代の流れに伴い、各種家電機器・OA機器をはじめ電力容量の増加する産業用に至るまで非線形半導体素子の応用が盛んになされている。これにともない電力系統の電圧・電流波形がひずみ、高調波電流、特に五次や七次等の低次成分が増大し、進相コンデンサ等電力用機器の障害さえも生じた例もあることは、広く知られている。本研究は配電系統において、非線形な半導体電力変換回路に基づいて発生する高調波の低減化を目的とし新しい回路トポロジーの研究を行ったものである。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力変換・電気機器

キーワード：パワーエレクトロニクス

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 様々な電気機器には非線形回路がよく用いられこれらが系統の電圧を歪ませ商用周波数より高い各種の高調波を発生させているのは承知の通りである。このため資源エネルギー庁の主導により高調波を抑制するためのガイドラインが策定された。

(2) このため低ひずみで且つ高力率である、PFC-Power Factor Correction -高力率コンバータが多数研究され、提案されている。電力半導体であるスイッチング素子によって入力電流を正波化しようとするこれら高性能電力変換器を求める時代の要求が背景にある。

## 2. 研究の目的

(1) 著者は倍電圧単相整流回路を適用したパッシブ素子による新規なトポロジーを有する PFC 回路を提案した。これを受け LC の共振による新規な PFC など優れた方式も提案してきた。本研究はこれらの研究展開を行うことを目的としている。

(2) 本研究では商用周波の LC 共振現象を利用し、パッシブ素子を用いて入力電流を正弦波化する更に新規な回路トポロジーを展開し研究することを目的としている。

## 3. 研究の方法

構想の提案の LC 共振形整流回路では高調波低減を目的に、入力リアクトル  $L$ 、共振用コンデンサを用い入力電流を商用周波で共振させて正弦波状とし、通電角の広い入力電流を得ることができる。これが基本的に解決する方法とする考えである。以上の基本構想をコンピュータを用いた精密解析法で最適値を求めた後実験で検証していった。

## 4. 研究成果

(1) 従来の倍電圧整流回路と組み合わせたものを更に展開し、コンデンサを分割化した新たな方式の試作を行った。商用周期毎にコンデンサ電圧は 0 まで放電するため高電圧への LC 共振が極めて容易で、通電角が広がるため入力電流が正弦波化し本着想の実現を図ることが出来た。

(2) 独創的な特長を有しており、厳密な回路の微分方程式をたて、コンピュータでの解析を進めて検証し、新たな動作・特性など今後に結びつく成果を得ることが出来た。

(3) この構想の回路トポロジーは単相、三相の両者とも様々な応用展開ができ三相回路においても国際会議などでも発表した。

(4) その一つが直流高電圧発生回路である。検証を行い、その特性を実験で確認した。医

療用や放電加工機等の各種電子装置は幅広く利用されているがこれらの中で用いられる電力変換装置に特殊な高圧直流電源がある、更なる高電圧要請に対しては、コッククロフト・ワルトン回路(CW 回路)を検討し解析を行った。

(5) CW 回路は多くの素子を縦続接続し、これを加算して直流高電圧を得る方式である。この回路を具体的回路として、素子を大幅に減少した方式を考案し、検証した。すなわち本構想方式は LC 共振で容易に昇圧できるためこの現象を利用して新方式を提案した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① 「Design of Robust Current Controller to Position Estimation Error for Position Sensor-less Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Motors under High Speed Drives」 M.Hasegawa, Keiju Matsui 電気学会論文誌 D vol.128-D, No.9, pp.560-568, (2008 年 9 月) 査読有
- ② 「ラダー形フィルタを用いた PFC 回路の検討」 松井景樹、竹内宣人、小島広雄、山本勇、長谷川、上田、森、パワーエレクトロニクス学会誌、vol.33, pp.115-124 (2008-3) 査読有
- ③ 「高周波注入を利用した適応オブザーバによる IPMSM のインダクタンス同定」 福澤明彦・長谷川勝、松井景樹、パワーエレクトロニクス学会誌、vol.33, (2008-3) 査読有
- ④ 「IPMSM Position Sensorless Drives Using Robust Adaptive Observer on Stationary Reference Frame」 Masaru Hasegawa, Keiju Matsui Transaction on Electrical and Electronic Engineering, Trans., pp120-127

(2008-3) 査読有

- ⑤ 「Parameter Identification Scheme for Induction Motors Using Output Inter-Sampling Approach」 Masaru Hasegawa, Daisuke Ogawa and Keiju Matsui, Asian Power Electronics Journal, Vol.2, No.1 pp.15-22 (2008-4) 査読有

[学会発表] (計33件)

- ① 「CW回路を用いた電気二重層キャパシタ用電圧均等化充電方式(その1)」松井景樹、嶋田裕人、鈴木孝佳、辻敏明、長谷川勝 第5回FC EXPO 2009 国際水素燃料電池フォーラム、東京ビッグサイト (2009年2月25日)
- ② 「一石フォワードコンバータを用いた電気二重層キャパシタの電圧均等充電回路における検討と動作解析」嶋田裕人、松井景樹、長谷川勝、電気学会半導体電力変換研究会資料、SPC-09-70、p.43～49、琉球大学 (2009年3月3日)
- ③ 「微小パルス注入法による配電線のインピーダンス測定」川島圭介・鈴木智博・松井景樹・長谷川勝、平成21年電気学会全国大会講演論文集、vol.4,4-047,p.82 北海道大学 (2009年3月17日)
- ④ 「高周波注入を利用した適応オブザーバによるIPMSMのインダクタンス同定」福澤明彦・長谷川勝、松井景樹、パワーエレクトロニクス学会第168回定例研究会、JIPE-33-9 大阪府立大学 (2007-6-2)
- ⑤ 「LC Resonant Boost Converter having Regenerative Functions」Hiroto Shimada, Keiju Matsui, Zhehuan Wu, Masaru Hasegawa, Isamu Yamamoto The International Conference on Electrical Engineering 2007, Hong Kong, Proceedings of ICEE 2007 pp.ICEE-058-01

～06 (2007-7-9)

- ⑥ 「A Novel Measurement Technique for Distribution Line Impedance by High Frequency Inverter」Keisuke Kawashima, Takashi Ito, Keiju Matsui, Masaru Hasegawa, Fukashi Ueda, The International Conference on Electrical Engineering 2007, Hong Kong, Proceedings of ICEE 2007 pp.ICEE-052-01～06 (2007-7-9)
- ⑦ 「Experiments of IPMSM Position Estimation Using Un-known Input Observer Based on Output Inter-sampling Approach」Satoshi Yoshioka, Masaru Hasegawa, Keiju Matsui, The International Conference on Electrical Engineering 2007, Hong Kong, Proceedings of ICEE 2007 pp.ICEE-535-01～06 (2007-7-9)
- ⑧ 「Robust Stability Evaluation of Current Control System for IPMSM Position Sensor less Drives」OHASHI, Yu HASEGAWA, Masaru MIZUNO, Yasuhiro MATSUI, Keiju, The International Conference on Electrical Engineering 2007, Hong Kong, 1 2 Proceedings of ICEE 2007, ICEE-537, pp.ICEE-537-01～06 (2007-7-9)
- ⑨ 「ラダー形フィルタを用いたPFC回路の特性」竹内宣人、松井、小島広雄、山本、長谷川 パワーエレクトロニクス学会第169回定例研究会、JIPE-33-14、北九州学術研究都市 (2007-8-4)
- ⑩ 「A Novel High DC Voltage Generator by LC Resonance in Supply Frequency」K.Matsui, I.Yamamoto, K.Ando, Erdong Guan, 12th European Conference on Power Electronics Applications, Aalborg,

- Denmark, Proceedings EPE 2007,p.0493-1  
~8 (2007-9-5)
- ⑪ 「A Novel Resonant Boost Converter with  
Double Switches Improved by PLL」  
I.Yamamoto, K.Matsui, M.Hasegawa, 12th  
European Conference on Power Electronics  
Applications, Aalborg, Denmark,  
Proceedings EPE 2007,p.0701-1~8  
(2007-9-5)
- ⑫ 「High Voltage LC Resonant Rectifier  
Without Transformer」 I.Yamamoto,  
K.Matsui, Erdong Guan, M.Hasegawa,  
IEEE Eurocon 2007, The International  
Conference on Computer as a Tool,  
Proceedings of IEEE Eurocon 2007  
Warsaw Poland, pp.1506-1511, (2007-9-10)
- ⑬ 「A Novel Low DC Voltage Generator  
Without Switching Devices」 K.Matsui,  
Erdong Guan, I.Yamamoto,  
M.Hasegawa, K.Ando, IEEE Eurocon  
2007, The International Conference on  
Computer as a Tool, Proceedings of IEEE  
Eurocon 2007, Warsaw, Poland, pp.1318~  
1823 (2007-9-10)
- ⑭ 「Simple Utility Interactive Power  
Conditioning System for Domestic  
Applications」 I.Yamamoto, K.Matsui,  
M.Hasegawa, IEEE Eurocon 2007, The  
International Conference on Computer as  
a Tool, Proceedings of IEEE Eurocon 2007,  
Warsaw, Poland, pp.1310-1317 (2007-9-10)
- ⑮ 「Performance Improvements of IPMSM  
Position Sensor less Control for Low-speed  
Operation Using  $\varepsilon$  1-Modification  
Approachline」 Hiroki Yamauchi, Masaru  
Hasegawa, Keiju Matsui, The 2nd IEEE  
International Conference on Power and  
Energy (PEcon), Johor Bahru, Malaysia,  
Proceedings of IEEE-PECon2008, pp.259 -  
264 (2008-12-1)
- ⑯ 「A Novel DC Power Supply Generating  
Low Output Voltage by Passive Devices  
Only」 K. Ando, K.Matsui, E. Guan, I.  
Yamamoto, M. Hasegawa, The 29th  
International Telecom- munications  
Energy Conference, Rome, Italy,  
Proceedings of IEEE-Intelec-2007, P6,  
pp.811~817 (2007-10-1)
- ⑰ 「Simple High DC Voltage Generator Using  
Single Phase LC Resonant Circuit」 K.  
Matsui, E. Guan I. Yamamoto, M.  
Hasegawa, K. Ando, F. Ueda, H. Mori,  
The 29th International  
Telecommunications Energy Conference,  
Rome, Italy, Proceedings of IEEE-  
Intelec-2007, P7, pp.818~823 (2007-10-1)
- ⑱ 「Utility-interactive Power Conditioning  
System by Using Conventional Forward  
Converter With Single High Frequency  
Switching Device」 I.Yamamoto, K.Matsui,  
M.Hasegawa, K.Ando, The 29<sup>th</sup>  
International Telecommunications Energy  
Conference, Rome, Italy, Proceedings of  
IEEE-Intelec-2007, P9, pp.832-839,  
(2007-10-1)
- ⑲ 「A Novel Rectifier to Obtain Low DC  
Voltage Without Switching Devices」  
K.Matsui, Erdong Guan, I.Yamamoto,  
M.Hasegawa, The 33rd Annual Conference  
of IEEE Industrial Electronics, Taipei,  
Proceedings of IEEE -IECON 2007,  
pp.1443~1448 (2007年11月5-8日)
- ⑳ 「ラダー形フィルタを用いたパッシブ形 P F  
C回路」 竹内、松井、山本、長谷川電気学会半  
導体電力変換研究会資料、SPC-08-36、p.25  
~30, 神戸大学 (深江) (2008年1月25日)

- ⑳ 「A Novel PFC Circuit Using Ladder Type Filter Employing only Passive Devices」 Nobuhito Takeuchi, Keiju Matsui, Isamu Yamamoto, Masaru Hasegawa, Fukashi Ueda, Hideki Mori, The IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Apec 2008 Austin, USA, Proceedings of IEEE-APEC 2008, vol.2, pp.1005~1009 (2008-2-28)
- ㉑ 「新しい三相一石コンバータを用いたPFC回路の提案」 松井、竹内、山本、長谷川、上田、森、電気学会半導体電力変換研究会資料、SPC-08-67, p.1~6, 長崎大学 (2008年3月7日)
- ㉒ 「CW回路を用いた電気二重層キャパシタ用電圧均等化充電方式」 松井、嶋田、山本、長谷川、電気学会半導体電力変換研究会資料、SPC-08-76, p.17~22, 北海道大学 (2008年6月7日)
- ㉓ 「Robustness Evaluation of IPMSM Sensorless Control to Magnetic Saturation Using Un-known Input Observer」 Yu Ohashi, Masaru Hasegawa, Keiju Matsui, 19<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics, Electrical Drive, Automation and Motion, Ischia Italy, IEEE Proceedings of Speedam 2008, pp.1059~1064 (2008-6-13)
- ㉔ 「LC Resonant Boost Converter having PFC Functions」 Hiroto Shimada, Keiju Matsui, Masaru Hasegawa, The International Conference on Electrical Engineering 2008, Okinawa, Proceedings of ICEE 2008 pp.P073-01~06 (2008-7-8)
- ㉕ 「A Discussion on Measurement Technique for Distribution Line Impedance by High Frequency Injection」 Keisuke Kawashima, Keiju Matsui, Masaru Hasegawa, Fukashi Ueda, The International Conference on Electrical Engineering 2008, Okinawa, Proceedings of ICEE 2008 pp.P082-01~06 (2008-7-8)
- ㉖ 「A Discussion on LC Resonant Circuit of Induction Hobs」 Keiju Matsui, Youhei Suzuki, Masaru Hasegawa, The International Conference on Electrical Engineering 2008, Okinawa, Proceedings of ICEE 2008 pp.P087-01-06, 2008-7-8
- ㉗ 「Online Inductance Identification of Position Sensorless Controlled IPMSM in Consideration of Magnetic Saturation」 Masaru Hasegawa, Akihiko Hukuzawa, Keiju Matsui, The International Conference on Electrical Engineering 2008, Okinawa, Proceedings of ICEE 2008, pp.P073-01~06 (2008-7-8)
- ㉘ 「電気二重層キャパシタの電圧均等充電方式」 松井、嶋田裕人、長谷川、第3回新エネルギー世界展示会、東京ビッグサイト (2008年7月30日)
- ㉙ 「Improved PFC Circuit Using Ladder Type Filter with Only Passive Devices」 K.Ando, K. Matsui, Nobuhito Takeuchi, M.Hasegawa, 13<sup>th</sup> International Power Electronics and Motion Control Conference Poznan, Poland, Proceeding of EPE-PEMC 2008, ID-135, pp.629~635 (2008-9-2)
- ㉚ 「高周波インバータによる配電線のインピーダンス測定」 川島圭介、松井、長谷川、上田、森、平成20年電気学会産業応用部門大会 YPC 講演論文集、Y-12, p.12, 高知市文化プラザ「カルポート」 (2008年8月27日)
- ㉛ 「ロバスト適応則を用いたIPMSM位置センサレス制御の低速運転性能改善」 山内大喜、長谷川、松井、平成20年電気学会産業応用部門大会 YPC 講演論文集、Y-38, p.38, 高知市文化プラ

ラザ (2008 年 8 月 27 日)

- ③③ 「A Novel PFC Circuit for three Phase Single Switch Having Auxiliary Capacitors」, Nobuhito Takeuchi, K.Matsui, M. Hasegawa, The 30th International Telecommunications Energy Conference, San Diego, USA, Proceedings of IEEE-Intelec-2008, pp.921-925 (2008-9-15)

[図書] (計 2 件)

- ① 「新インターユニバーシティ パワーエレクトロニクス」 堀孝正、鳥井昭宏、植田明照、恩田一、林和彦、松井景樹、石田宗秋  
○HM社、全 161 頁、分担p.104-p.124  
2008
- ② 松井景樹、「ソフトスイッチングとその実用化最新動向」電気学会・半導体電力変換技術委員会、第 1119 号 全 80 頁、分担 p.10-p.15  
2008

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

<2008 年度>

松井 景樹 (MATSUI KEIJU)  
中部大学・工学部・教授  
研究者番号：70131167

<2007 年度>

山本 勇 (YAMAMOTO ISAMU)  
中部大学・工学部・研究員  
研究者番号：70424926

### (2) 研究分担者

<2007 年度>

松井 景樹 (MATSUI KEIJU)  
中部大学・工学部・教授  
研究者番号：70131167