中性線電流分離合成法による無効電力補償

学生員 村 瀬 剛 (東京工芸大学)

学生員 戸 賀 澤 智 (東京工芸大学)

正 員 中 野 博 民 (東京工芸大学)

正 員 難 波 江 章 (東京工芸大学)

Reactive Power Compensation based on Neutral Line Current Separating and Combining Method

Tsuyoshi Murase, Student Member, Satoshi Togasawa, Student Member

Hirokami Nakano, Member, Akira Nabae, Member (Tokyo Institute of Polytechnics)

キーワード：無効電力補償、三次元クロスベクトル、三相四線式系統、中性線電流分離合成法

1. 緒論

先に筆者らは、三相三線系統の瞬时无効電力補償装置にクロスベクトル理論を適用することにより、その制御システムが極めてシンプルになることを示した。⁽³⁾⁽⁴⁾

しかしながら、三相四線式系統へクロスベクトル理論を単に適用すると、制御システムのシンプル化が効果的でないという問題があった。⁽⁴⁾

そこで、本論文では、三相四線式系統へのクロスベクトル理論の適用法として、中性線電流分離合成法を提案する。それにより、三相三線式系統の場合と同様に、制御システムのシンプル化が効果的に計れることを理論的に示し、実験によりその有用性を検証する。

2. 中性線電流分離合成法

無効電力に寄与する瞬时无効電流空間ベクトル $i_{\perp}$ の一般式は、瞬時電圧空間ベクトル e ($e = e_u \cdot x + e_v \cdot y + e_w \cdot z$) と瞬時電流空間ベクトル i ($i = i_u \cdot x + i_v \cdot y + i_w \cdot z$) とのベクトル積である三次元クロスベクトル C により次式で表わされる。⁽⁴⁾

$$i_{\perp} = \frac{C \times e}{e \cdot e} \quad \dots\dots(1)$$

(1) 式を、各相の成分で表わすと次式になる。

$$i_{\perp} = \frac{\begin{bmatrix} \{i_u(e_v^2 + e_w^2) - e_u(e_v i_v + e_w i_w)\} x \\ + \{i_v(e_w^2 + e_u^2) - e_v(e_w i_w + e_u i_u)\} y \\ + \{i_w(e_u^2 + e_v^2) - e_w(e_u i_u + e_v i_v)\} z \end{bmatrix}}{e_u^2 + e_v^2 + e_w^2} \quad \dots\dots(2)$$

三相四線式系統においては、三相各相の電圧の和は零であるが、電流の和が零でない ($i_u + i_v + i_w \neq 0$) 場

合には、各相の電流には中性線電流成分が含まれる。その為、(2) 式を簡略することは困難である。

そこで、まず各相の電流より中性線電流成分を分離させ、分離後の各相の電流を用いて三相三線式の瞬时无効電流検出回路で各相の三相三線式の瞬时无効電流を検出する。そして、その検出された各相の電流に中性線電流成分を合成して、三相四線式の瞬时无効電流を得る。その原理図を図1に示す。

(2) 式に上記の方法を適用すると、以下ようになる。中性線電流成分を i_n とすると各相の電流は、次式となる。

$$i_u = i_u' + i_n, \quad i_v = i_v' + i_n, \quad i_w = i_w' + i_n$$

(但し、 $i_u' + i_v' + i_w' = 0$ である。)

ここで、上式を(2)式に代入すると次式となる。

$$i_{\perp} = \frac{(e_u i_v' - e_v i_u') \times \{(e_w - e_v) x + (e_u - e_w) y + (e_v - e_u) z\}}{2 \{(e_u + e_v)^2 - e_u e_v\} + i_n (x + y + z)} \quad \dots\dots(3)$$

図1 中性線電流分離合成法原理図

Fig.1. Neutral Line Current Separating and Combining Method

3. 瞬时无効電流検出回路

図2は、(3)式に基づいた瞬时无効電流検出回路である。同図の点線内は、同式の第1項に基づき構成されてい

図2 瞬时无効電流演算ブロック図

Fig.2. Block Diagram of detecting circuit

る三相三線式の瞬时无効電流検出回路であり、また、 i_{CN} は中性線電流を示す。

4. 実験のシステム構成と結果

図3に瞬时无効電力補償装置の主回路構成を、図4に三相半波整流回路を負荷とした過渡状態での実験結果を示す。

図4より、過度状態であっても瞬時力率は常に1で、補償後の系統電流は、ほぼ正弦波状の良好な結果が得られていることが分る。

図3 瞬时无効電力補償装置の主回路

Fig.3. Main Curcuit of the instantaneous reactive power compensator

図4 実験結果

Fig.4. Experimental result

5. 結論

本論文では、三相四線式系統における瞬時の無効電力補償を行うにあたり、クロスベクトル理論の拡張として中性線電流分離合成法なるものを用い、これにより非常にシンプルな制御システムが得られたことを、理論と実験により検証した。

(平成6年2月25日受付)

文献

- (1) 高橋勉・藤原謙一郎・難波江章：「他励サイリスタ変換器を用いた障害電流補償システム」
電学論B. 101 (昭56-3)
- (2) 赤木家文・金澤喜平・藤田光悦・難波江章：「瞬时无効電力の一般化理論とその応用」
電学論B. 103 (昭58-7)
- (3) 戸賀澤智・中野博民・難波江章：「クロスベクトルを用いた無効電力補償」
平成5年電気学会産業応用部門全国大会 No. 97
- (4) 戸賀澤智・村瀬剛・中野博民・難波江章：「クロスベクトル理論を用いた無効電力補償システム」
電気学会半導体電力変換研究会 SPC-93-61 (平成5年)
- (5) 村瀬剛・戸賀澤智・中野博民・難波江章：「クロスベクトル理論の応用」
電気学会半導体電力変換研究会 SPC-94-3 (平成6年)

村瀬 剛 (学生員)

昭和46年10月7日生。平成2年北海道道立帯広三条高等学校卒業。同年4月東京工芸大学工学部電子工学科入学。現在に至る。

戸賀澤 智 (学生員)

昭和46年1月8日生。平成5年3月東京工芸大学工学部電子工学科卒業。同年4月同大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程入学。現在に至る。

中野 博民 (正員)

昭和32年7月31日生。同55年3月長岡技術科学大学電子機器工学課程卒業。同57年3月同大学院工学研究科修了。同62年3月名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了。平成5年東京工芸大学助手。工学博士。半導体電力変換器、無効電力補償システムの研究に従事。

難波江 章 (正員)

大正13年9月13日生。昭和22年9月東京大学電気工学科卒業。同26年9月(株)東芝入社。同58年4月長岡技術科学大学教授。平成2年東京工芸大学教授。工学博士。IEEE Fellow。昭和60年、平成3年電気学会論文賞。'91IEEE-IAS Tr. Paper Award。平成5年電気学会業績賞。