直流フィルタコンデンサをもつ三相ブリッジ順変換回路の直流高調波電流計算法

正員 作井 正昭 (富山大)

正員 藤田 宏 (富山大)

著者らは、さきに三相ブリッジ順変換回路の直流出力電流 i_d の直流分 I_d に対する第 n 次高調波成分 i_{dn} は、次式で与えられることを報告した⁽¹⁾。

$$i_{dn} = e_{dn} / (Z_{on} + Z_n) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 e_{dn} は直流電流平滑時の直流出力電圧の第 n 次高調波成分、 Z_{on}, Z_n はそれぞれ順変換回路出力端からみた交流側および直流側の第 n 次調波に対するインピーダンスである。また、直流出力電流 i_d は断続しないものとする。

(1)式から、図1のように直流側にコンデンサをもつ順変換回路の場合、 Z_n の値が小さくなるため、 Z_{on} の正確さが高調波電流 i_{dn} の計算精度に大きく影響を与えることがわかる。従って、この場合の Z_{on} を決定する際、さきの報告⁽¹⁾で無視していた転流期間の影響を考慮する必要がある。しかし、時変回路のため正確に Z_{on} を決定することは困難であり、本論文では、近似的に決定する方法について述べる。なお e_{dn}, Z_n についてはさきの報告⁽¹⁾から容易に得られる。

電圧の面積が等しいものであれば波形によらず同じ応答を与えると近似的に考えられるので⁽²⁾、転流期間の直流出力電圧をその平均値で扱うと、この電圧を順変換回路に与えたときの電流変化分 ΔI_1 は $di/dt = e/L$ より次式のように与えられる。

$$\Delta I_1 = (E_m / X_a) (\sin(\alpha + u) - \sin \alpha) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 E_m : 電源相電圧の最大値、 α : 制御遅れ角、 u : 重なり角である。同様に、単流期間における電流変化分 ΔI_2 は次式のように与えられる。

$$\Delta I_2 = (\sqrt{3} E_m / 2 X_a) \{ \cos(\alpha + u + \pi/3) - \cos(\alpha + 2\pi/3) \} \quad \dots\dots\dots (3)$$

また、1周期($\pi/3$)にわたる電流変化分を ΔI_t 、直流出力電圧の平均値に対する等価的なリアクタンスを X_{eq} とすると、次式の関係が成立する。

$$\Delta I_t = \Delta I_1 + \Delta I_2 \\ = (\sqrt{3} E_m / 2 X_{eq}) \{ \cos \alpha + \cos(\alpha + u) \} \quad \dots\dots (4)$$

従って、 Z_{on} は(2)~(4)式から次式で表される。

$$Z_{on} = j n X_{eq} = j k_u n X_a \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、

図1 直流側にコンデンサをもつ三相順変換回路
Fig. 1. Three-phase rectifier with a filter capacitor.

図2 直流電流の第6調波含有率($X_d/X_a = 10, X_d/R_d = 2$)
The 6th harmonic content of DC current.

$$k_u = \frac{2 \cos(\pi/6) \cos(u/2)}{\cos(\pi/6 - u/2)}$$

図2に、直流電流 i_d の第6調波含有率 I_{d6}/I_d (実効値) の計算結果を示す。図2では、シミュレーション法⁽³⁾の結果と、更に転流期間の影響を考慮した Z_{on} を用いた本方法の有効性を示すため、(5)式において u を無視した($k_u=2$)場合⁽¹⁾ (これを従来法と呼ぶ) の結果とも比較する。

図2から、本方法の結果(実線)は従来法の結果(一点鎖線)よりもシミュレーション法の結果(●印)に近いことが明らかであり、その理論の妥当性がうかがえる。このことより、交流電源側電流の高調波計算についても、さきの報告⁽¹⁾より更に精度を高めることが可能であると考えられ、別の機会に報告したい。

(平成元年1月25日受付)

文 献

- (1) 作井・柳瀬・藤田：電学論B, 105, 717 (昭60-9)
- (2) サイリスタ・エレクトロニクス編集委員会編：サイリスタ装置, p.13 (昭49) 丸善
- (3) J.S.C. Htsui & W. Shepherd: *IEE Proc.*, 118, 993 (1971)

A Method for Calculating DC Output Current Harmonics of Three-Phase Bridge Rectifier with a Filter Capacitor. By Masaaki Sakui, Member & Hiroshi Fujita, Member (Faculty of Engineering, Toyama University).

作井正昭：正員，富山大学工学部電気工学科

藤田 宏：正員，富山大学工学部電気工学科