UDC 621.314.63.025.3.062.4: 621.3.018.32

直流電流リップルをもつ三相サイリスタブリッジ整流回路の交流側高調波電流計算法

正員 作井正昭・正員・柳瀬秋夫・正員 藤田 宏 (富山大)

研究開発
ノート
58 - B18

三相サイリスタブリッジ整流回路において、直流電流が完全平滑で重なり角が0という理想的な場合を考えると、交流側高調波電流の含有率は $1/n$ (n : 高調波の次数) になる。しかし、実際の場合は直流電流のリップルや重なり角のため、高調波電流の含有率が理想的な場合の値とかなり離れた値になる⁽¹⁾。そこで、これらを考慮して高調波電流を計算する必要がある。

従来、整流回路の特性計算法としては、微分方程式から出発し、時間領域で取り扱う方法がよく用いられるが、高調波電流を対象とした場合は、周波数領域で扱うフーリエ級数による方法が便利であると考えられる。しかし、これまでに直流電流リップルを考慮して交流側高調波電流を計算するのに、周波数領域で扱った例が見当たらない。本報告では、周波数領域での計算法について述べる。なお、計算法の把握を容易にするため、重なり角の影響のほうは無視し、直流側に対しては定電圧電源とみなせる理想的な場合を考える。

整流回路の直流側のインピーダンスを $\hat{Z}(m)=R_d+jmX_d$ 、 $X_d \rightarrow \infty$ とした場合の直流電流を I_d とおくと、 $X_d \neq \infty$ の場合の直流電流 i_d は、フーリエ級数で表示した直流高調波電圧⁽²⁾を用いて次式で表わされる。位相原点は制御遅れ角 α の時点とする。

$$i_d = I_d + \sum_{m=6}^{\infty} I_m \sin(m\theta - \varphi_m) \dots\dots\dots (1)$$

但し、

$$I_m = \frac{2\sqrt{1+m^2 \tan^2 \alpha} E_{d0} \cos \alpha}{(m^2-1)|\hat{Z}(m)|}$$

$$\varphi_m = \tan^{-1} \left(\frac{1}{m \tan \alpha} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{mX_d}{R_d} \right)$$

$$m=6, 12, 18, 24, \dots$$

$$E_{d0}: \text{無負荷無制御時の直流平均電圧}$$

交流側の電流 i_a は、時間区分が

$$0 \leq \theta < 2\pi/3: i_a = i_d, \quad 2\pi/3 \leq \theta < \pi: i_a = 0$$

の対称波となるから、 i_a の波形をフーリエ級数に展開すると次式のように表わされる。

$$i_a = \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_{n0} + \sum_{m=6}^{\infty} \Delta a_n \right) \cos n\theta + \sum_{n=1}^{\infty} \left(b_{n0} + \sum_{m=6}^{\infty} \Delta b_n \right) \sin n\theta \dots\dots\dots (2)$$

A Method of Calculation for Line Harmonic Current of Three-Phase Thyristor Bridge with D. C. Current Ripple. By Masaaki Sakui, Member, Akio Yanase, 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
柳瀬秋夫: 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

表1 計算結果

Table 1. Calculated results.

高調波次数 n	高調波電流 I_n/I_d			
	$\alpha=30^\circ$		$\alpha=60^\circ$	
	理論値	計算値	理論値	計算値
1	1.0086	1.0086	1.0144	1.0144
5	0.3306	0.3306	0.4189	0.4189
7	0.0143	0.0143	0.0992	0.0992
11	0.0893	0.0893	0.0896	0.0896
13	0.0185	0.0185	0.0230	0.0230
17	0.0482	0.0482	0.0415	0.0415
19	0.0175	0.0175	0.0074	0.0074
23	0.0324	0.0324	0.0251	0.0251
25	0.0153	0.0153	0.0022	0.0022

但し、

$$a_{n0} = \frac{4I_d}{\pi n} \sin\left(\frac{n\pi}{3}\right) \cos\left(\frac{n\pi}{3}\right), \quad b_{n0} = \frac{4I_d}{\pi n} \sin^2\left(\frac{n\pi}{3}\right)$$

$$\Delta a_n = \frac{2}{\pi} I_m \sin\left(\frac{n\pi}{3}\right) \left\{ \frac{1}{n+m} \sin\left(\frac{n\pi}{3} - \varphi_m\right) - \frac{1}{n-m} \sin\left(\frac{n\pi}{3} + \varphi_m\right) \right\}$$

$$\Delta b_n = \frac{2}{\pi} I_m \sin\left(\frac{n\pi}{3}\right) \left\{ \frac{1}{n-m} \sin\left(\frac{n\pi}{3} + \varphi_m\right) - \frac{1}{n+m} \cos\left(\frac{n\pi}{3} - \varphi_m\right) \right\}$$

$$n=1, 5, 7, 11, \dots$$

従って、 i_a の n 次調波の実効値 I_n は次式となる。

$$I_n = \sqrt{\left(a_{n0} + \sum_{m=6}^{\infty} \Delta a_n \right)^2 + \left(b_{n0} + \sum_{m=6}^{\infty} \Delta b_n \right)^2} \dots\dots\dots (3)$$

表1に $E_{d0}=\pi/3$, $P_d=0.1$, $X_d=0.1$, $I_d=1$, $\alpha=30^\circ$ と 60° の場合について I_n を計算した結果を示す。表では $X_d \rightarrow \infty$ とした場合の基本波実効値 $I_0 (= \sqrt{6} I_d / \pi)$ で無次元化してある。また、理論値は時間領域で扱う方法⁽³⁾によって得られた計算値である。両者は完全に一致する。重なり角による影響については稿を改めて報告したい。

(昭和58年5月23日受付, 同58年7月25日再受付)

文 献

- (1) 久下・小山・浅川・増田:「三相サイリスタブリッジ整流回路の交流側異常高調波電流」昭57電気学会全大 No. 443
- (2) サイリスタ・エレクトロニクス編集委員会編:「サイリスタ回路」p.104, 丸善
- (3) L. Willner: "Berechnung transientser Ströme in netzgeführten 6-pulsigen Stromrichtern", Archiv für Elektrotechnik, 57, 3, 103 (1975)