

【7 章 演習問題 解答】

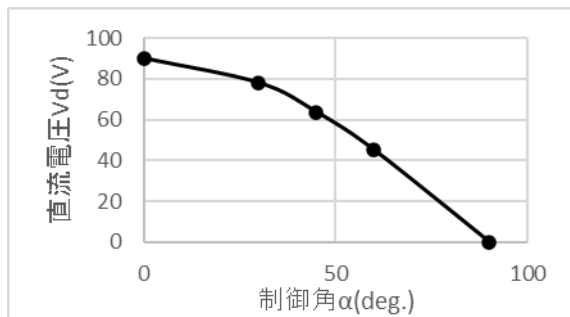
□7.1 【解答】

サイリスタ単相変換器において、

$$\begin{aligned}
 V_d &= \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} v_s d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \sqrt{2} V_s \sin \theta d\theta = \frac{\sqrt{2} V_s}{\pi} [(-\cos \theta)]_{\alpha}^{\pi+\alpha} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_s \{\cos(\pi + \alpha) + \cos \alpha\} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_s (\cos \alpha + \cos \alpha) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s (\cos \alpha) \\
 &\cong 0.900 V_s (\cos \alpha)
 \end{aligned}$$

であるから、交流電圧実効値 $V_s = 100 \text{ V}$ を代入すると下表および問図 7.1 のようになる。

$\alpha(\text{deg.})$	$V_d(\text{V})$
0	90.0
30	78.0
45	63.7
60	45.0
90	0



問図 7.1

□7.2 【解答】

サイリスタ単相変換器において L_{ac} があると、 $X_s = \omega L_{ac}$ として、直流側電圧 V_d は次式で計算できる。

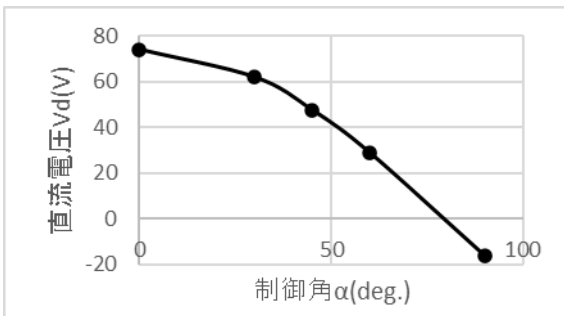
$$V_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_s \{ \cos \alpha + \cos(\alpha + u) \} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_s \left\{ \cos \alpha + \cos \alpha - \frac{X_s}{\sqrt{2} V_s} I_d \right\} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s \cos \alpha - \frac{X_s}{\pi} I_d$$

$$= V_{d0} - \frac{X_s}{\pi} I_d$$

で計算できる。 $X_s = \omega L_{ac} = 5\Omega$ のとき、 $X_s / \pi = 1.59$ となる。交流電圧実効値 $V_s = 100\text{ V}$ とすると下表および問図 7.2 のようになる。

α (deg.)	V_d (V)
0	74.1
30	62.1
45	47.7
60	29.1
90	-15.9

《解説》 制御角 $\alpha=0^\circ$ では X_s の無い場合に比べて直流電圧が大きく低下している。制御角 $\alpha=90^\circ$ では負の電圧になるが、実際には 0 V 以下では動作できない。制御角 $\alpha=80^\circ$ 付近が電流 10 A での整流器動作の運転限界となる。



問図 7.2

□7.3 【解答】

サイリスタ三相変換器において、

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{LL} \cos \alpha \cong 1.35 V_{LL} \cos \alpha$$

であるから、交流線間電圧実効値 $V_{LL} = 1\text{kV}$ とすると下表のようになる。

なお、線間電圧実効値 V_{LL} と相電圧実効値 V_s の関係は次式のとおりである。

$$V_{LL} = \sqrt{3} V_s$$

$\alpha(\text{deg.})$	$V_d(\text{kV})$
0	1.35
30	1.17
60	0.675
90	0.000
120	-0.675
150	-1.17

□7.4 【解答】

重なり角 u と直流電圧 V_{dx} の式は、

$$u = \cos^{-1} \left(\cos \alpha - \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{X_s}{V_s} I_d \right) - \alpha$$

$$V_{dx} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{LL} \cos \alpha - \frac{3}{\pi} X_s I_d$$

であるから、直流電流 $I_d = 10\text{A}$ 、交流線間電圧実効値 $V_{LL} = 1\text{kV}$ 、交流リアクタンス $X_s = 5\Omega$ とすると下表のようになる。

$\alpha(\text{deg.})$	$u(\text{deg.})$	$V_{dx}(\text{kV})$
0	21.7	1.30
30	7.32	1.12
60	4.58	0.627
90	4.05	-0.0477
120	4.80	-0.722
150	9.51	-1.22

《解説》 制御角 $\alpha=0^\circ$ では X_s の無い場合に比べて直流電圧が 4%低下している。制御角 $\alpha=90^\circ$ では負の電圧になるので、インバータ動作となっている。制御角 $\alpha=150^\circ$ 付近で重なり角が 10° 近くとなり、 180° までの余裕角が 20° 程度となっている。交流電圧の低下による転流失敗を防止するため、インバータ動作の制御角限界はこのあたりになる。