

サイリスタ負荷の無効電力の検出とその制御

Detection and Control of Reactive Power Required by Thyristor Loads

坪井邦夫*・稲葉 博*・原島文雄*

Kunio TSUBOI, Hiroshi INABA and Fumio HARASHIMA

1. はじめに

最近の半導体技術の急速な進歩により大電力用サイリスタ素子などの開発が進み、電力変換機器に盛んに利用されるようになってきた。これら電力用半導体では電力損失を少なくするためにON—OFFのスイッチング特性を主に利用している。従って必然的に高調波を含む無効電力を発生し、これが電力系統の障害になる。このため、電力用半導体の利用分野と量の拡大に伴い、各種障害の防止策が重要な問題になっている。

筆者らは無効電力の瞬時値を実時間で計算し、これに追従して無効電力を補償していく装置を考案した¹⁾²⁾。図1はこの装置の構成図である。この方式は補償電流の設定値を計算する検出系と実際の補償電流を作り出すフィードバック制御系の動特性によって補償可能な周波数帯域と負荷流の変動に対する応答の良否が決定される。本稿では無効電力の瞬時値を電源の半サイクル毎に計算する方式を用いた無効電力補償装置の過渡特性について実測したので、その概要を報告する。

2. 無効電力の瞬時値の検出

交流電源の電圧 E とサイリスタ負荷などに流れる電流は一般に(1)式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} E_t &= A \sin \omega t \\ I_\ell &= B \sin \omega t + C \cos \omega t + \sum_{n=2}^{\infty} B_n \sin(n\omega t) \\ &\quad + \sum_{n=2}^{\infty} C_n \cos(n\omega t) \end{aligned} \right\} (1)$$

従って、電源には基本波と高調波無効電流が流れる。ここで(2)式に示す補償電流を供給できれば、電流の無効分は相殺されて電源には有効分のみが流れ、電源の力率が改善できる。

$$I_c = B \sin \omega t - I_\ell \quad (2)$$

この補償電流 I_c を算出する回路のブロック図が図2である。この回路の原理はフーリエ級数展開の \sin の $n=1$ 項の係数の計算である。(2)式の係数 B すなわち負荷電流の有効分の振幅は、負荷電流 I_ℓ と電源電圧 E_t を乗

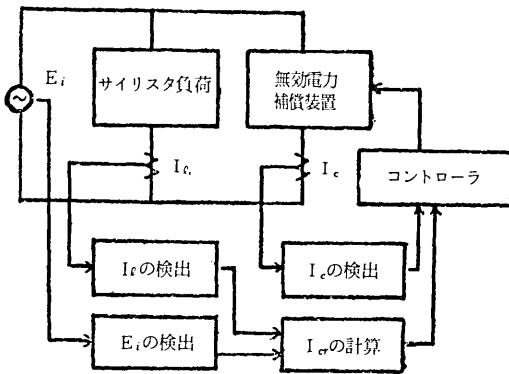


図1 本方式の構成図

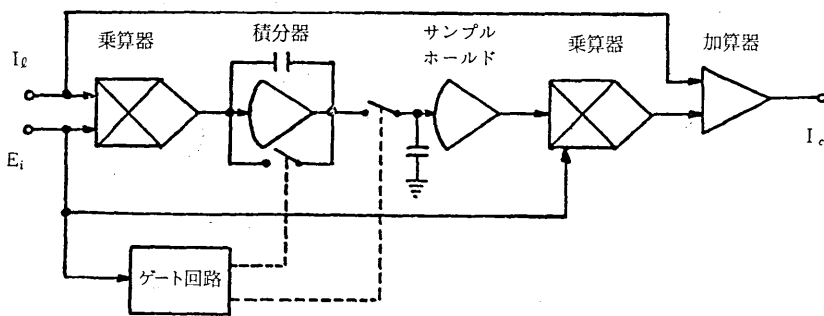


図2 補償電流設定値の算出回路

* 東京大学生産技術研究所 第3部

研究速報

算器で乗算し、さらに積分器にかけた値を電源周期の半周期毎にリセット&サンプルホールドして求める。この B に電源電圧 E_i を利用して $\sin\omega t$ を乗算すれば(2)式の第一項が求まる。この値から負荷電流 I_L を減ずれば、補償電流 I_c が求められる。このようにして求めた I_c を無効電力補償装置の制御回路の目標値 I_{cr} として入力し、 I_{cr} に補償電流が追従するように制御する。

補償電流の目標値 I_{cr} は、このように電源周波数の半サイクル毎に更新されるから、負荷の急変動に対しても本装置は半サイクルで応答することができる。たとえば図3に示すように I_L が急変すれば I_{cr} はそれに速かに応答して新しい設定値を制御系に与える。

3. フィードバック制御系の応答

図4—図6は、それぞれ目標値 I_{cr} に従って補償装置を制御するフィードバック制御系のブロック図、ボード線図、ステップ応答を示している。図7は補償精度のグラフである。図5のボード線図から、ある周波数での制御系のゲインと位相ずれを求めて図7上にプロットすれば、その周波数に対する補償精度がわかるよう

になっている。

4. 負荷変動に対する過度応答

図8は負荷変動に対して電流がどう応答するかの実測結果である。 I_L の変動に対して設定値 I_{cr} 、補償電流 I_c が半サイクルで応答し、その結果電源電流 I_i が E_i に

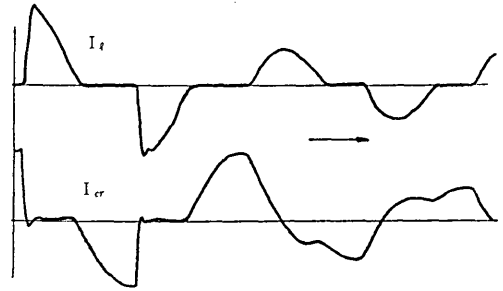


図3 負荷変動に対する I_{cr} の応答

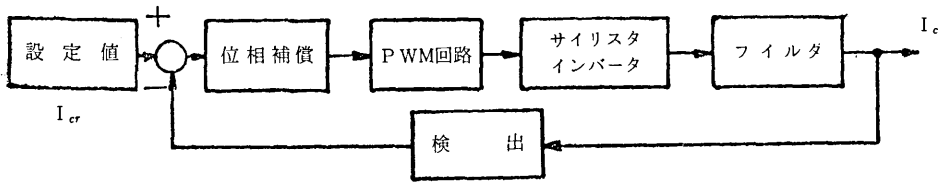


図4 フィードバック制御系

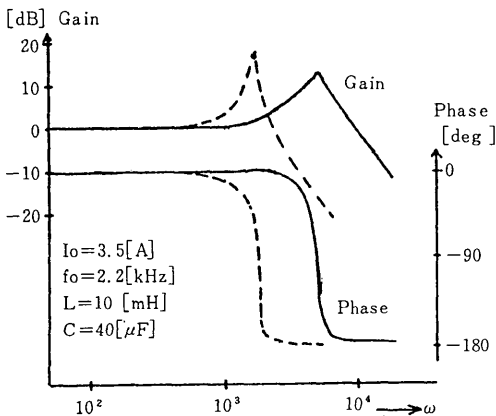


図5 制御系のボード線図

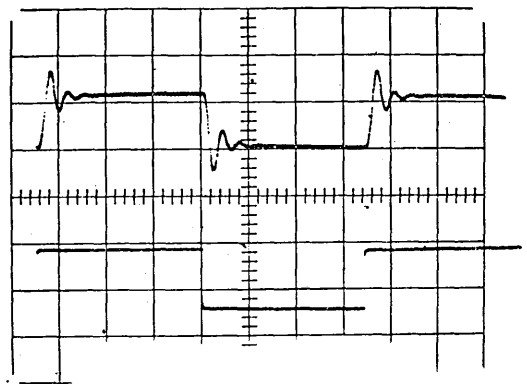


図6 制御系のステップ応答

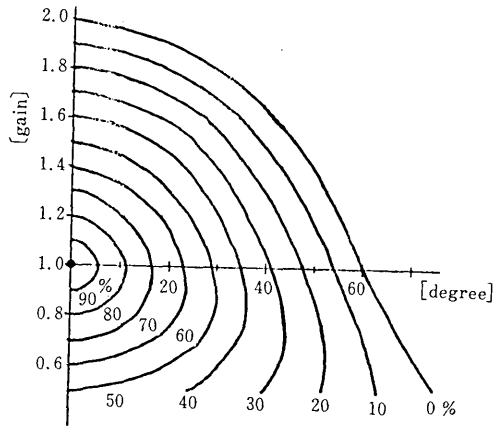


図7 制御系のゲイン—位相と補償精度の関係

対して位相差0で、ほぼ正弦波を保っていることがわかる。

5. おわりに

以上、追従制御方式を用いた無効電力補償装置の過渡特性について述べたが、この方式は基本波はもとより高調波まで良い精度で補償でき、負荷の急変に対してもすぐれた応答を示している。現在実用化を目標にサイリスタ・インバータおよびフィルタの最適設計化をすすめると共に、三相無効電力補償装置についても検討中である。

(1975年8月15日 受理)

参考資料

- 1) 小山, 原島 ; サイリスタ負荷の力率制御に関する研究, 第13回SICE学術講演会予稿集325/326 (1979.4)
- 2) 原島, 稲葉, 小山 ; 追従制御方式によるサイリスタ負荷の力率改善, 昭和50年電気学会全国大会予稿集896/897(1975.4)

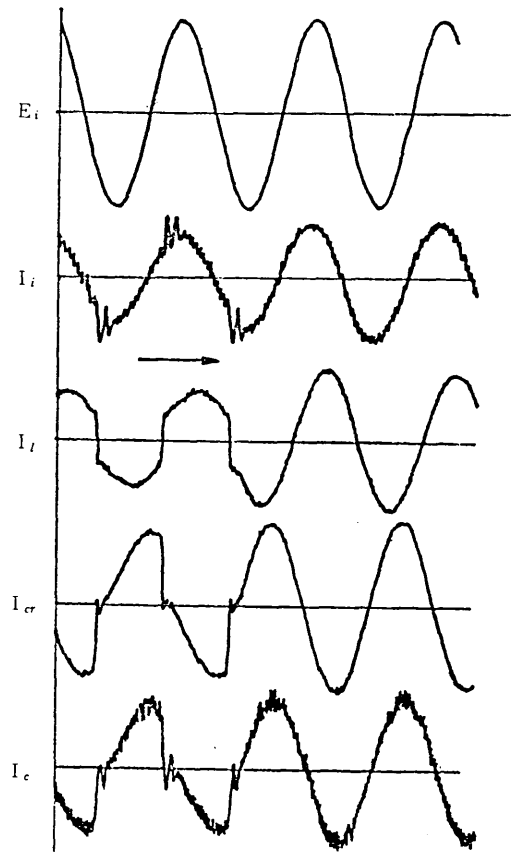


図8 負荷変動に対する各部の波形