コンデンサ併用の交流アークの溶接機の コンデンサ容量について*

安 藤 弘 平**

Condenser Capacity Connected Continuously Parallel to A.C. Arc Welder*

By Kohei Ando**

Abstract

It is proved that the optimum current or kVA of condenser connected continuously parallel to A.C. welder, which is used intermittently with duty cycle α is equal to time averaged reactive wattless current or kVA of the welder proper, to minimize the copper loss in the distribution line. In equations (3), (6), which show the result above mentioned, I_c , I_0 , I_a mean the condenser current, no load magnetizing current, primary compensating arc load current respectively, I_W , I_{WL} being components of I_a .

1. は し が き

交流アーク溶接機は アークの安定の見地から 洩れ変圧器が使用されており、これに電力を供給する電源から見れば 力率の悪い負荷であるが、これが改善策として アーク溶接機に並列にコンデンサを入れる方式が最近わが国においても ようやく普及しかけている。この場合 並列に入れるべきコンデンサ容量は 種々なる見地から考察検討されるべきものであるが、本文は 電源配電線中の損失を最小ならしめる見地から 最適コンデンサ容量を考察したものである。

その結果は後述のとおりであって、わが国において現在行なわれているコンデンサ容量は 上の見地に立つかぎり多少大きすぎるといえる***。

2. 計算および考察

(a) アーク負荷が一定で、使用率 α で断続する場合

まず もっとも簡単な場合として 標題のように アーク発生中の電流は一定で、1周期1のうち α 期間はアークを発生し、 $(1-\alpha)$ 期間はアークを発生していない場合を考える。アークを発生していない期間では 電源にはコンデンサの進相電流 I_c と溶接変圧器の励磁電

流 I_0 との合成が流れる*。今 簡単のため変圧器鉄損を無視すると、無負荷時には $(I_c - I_0)$ たる進相無効電流が流れることになる。アーク負荷に対する一次補償電流を I_a とし、その有効分、無効分を I_W , I_{WL} とするとアーク負荷時に電源に流れる電流は

$$\left. \begin{array}{l} \text{有効分: } I_W \\ \text{無効分: } I_{WL} + I_0 - I_c \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

したがって1周期中の発生熱はつぎの量に比例する。

$$I_e^2 = \{I_W^2 + (I_{WL} + I_0 - I_c)^2\} \cdot \alpha + (I_c - I_0)^2 \cdot (1 - \alpha) \dots\dots (2)$$

ここに I_e は等価実効電流である。

上式において 負荷の状態—— I_W , I_{WL} , I_0 , α ——が与えられていて I_c を適当に選定して 上式を最小ならしめる条件は、上式を I_c について微分して零とおけばよく

$$\frac{dI_e^2}{dI_c} = -2(I_{WL} + I_0 - I_c)\alpha + 2(I_c - I_0)(1 - \alpha) = 0$$

$$\therefore I_c - I_0 = \alpha \cdot I_{WL} \dots\dots\dots (3)$$

上式は つねに流れ続けている無効進相電流 $(I_a - I_0)$ が断続する無効遅相電流 I_{WL} の時間的平均値 $\alpha \cdot I_{WL}$ に等しく、結局 全期間についての無効電流の代数的時間積分（あるいは時間的平均）が零なる場合に I_e^2 が最小となることを示している。

* 原稿受付 昭和38年5月11日

** 正 員 大阪大学工学部 Member, Faculty of Engineering, Osaka University

*** 念のため誌すに、コンデンサの最適容量は その目的に応じて異なるはずで、本稿に求めた値が他の目的に対して必ずしも最適値でないことはいうまでもない。

* コンデンサの併用方式としてはアーク発生時のみコンデンサが入り、無負荷時にはコンデンサ回路も遮断する方式も考えられるが、ここではコンデンサは無負荷時においても入っている場合を考えている。

I_c が上式を満足している場合には 2 式の I_e^2 は

$$I_e^2 = I_W^2 \cdot \alpha + I_{WL}^2 \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha) \dots\dots\dots (4)$$

$$= I_A^2 \cdot \alpha - I_{WL}^2 \cdot \alpha^2 \dots\dots\dots (5)$$

つまりコンデンサを入れることによって (5) 式の第 2 項だけ配電線の損失が小さくなる。

(b) アーク負荷が任意に変化する場合

アーク負荷電流が変化する場合、任意の瞬間の一次補償電流を $I_A = I_W + jI_{WL}$ とすると、その瞬間の電源電流は (2) 式と同様の形にかけられる。したがって周期を T とすると、1 周期中の電源の発熱を示す量は

$$I_e^2 = \frac{1}{T} \int I_W^2 \cdot dt + \frac{1}{T} \int (I_{WL} + I_0 - I_c)^2 dt$$

上式*においてアーク負荷の時間的変化はすでに与えられているとして、 I_c を適当に選んで I_e^2 を最小ならしめる条件は

$$\frac{dI_e^2}{dI_c} = -2 \frac{1}{T} \int (I_{WL} + I_0 - I_c) \cdot dt$$

$$= 2(I_c - I_0) - \frac{2}{T} \int I_{WL} dt = 0$$

$$\therefore I_c - I_0 = \frac{1}{T} \int I_{WL} \cdot dt \dots\dots\dots (6)$$

上の結果は (3) 式を一般化したもので、無効電流の進相分と遅相分との時間的代数的平均値が零となるときが最適条件であることを示している。

(c) 数値例

アーク溶接機は 普通 その出力電流が 30~100 % に調整できるようになっている。また使用率の規格値はたとえば 60 % である。しかしこの使用率は保証値であっ

て、実際にはこれよりも低い使用率で使用せられていることが多い (これがため 最近の JIS 規格では 小容量機については 使用率の定格値も 40 % に改められた)。今 実際の使用率として

$$\alpha = 0.30 \dots\dots\dots (6)$$

をとり、電流は調整範囲 30~100 % の間に平均して使用されるとして 平均 65 % であるとする。アーク発生時のアーク溶接機自体の力率を 50 % とすると

$$\frac{I_{WL}}{I_e} = \sqrt{1 - 0.5^2} = 0.865 \dots\dots\dots (7)$$

これらの仮定のもとでは (3)、(6) 式による I_c は溶接機の定格電流を基準にとると

$$I_c - I_0 = 0.865 \times 0.65 \times 0.3 = 0.169 \dots\dots\dots (8)$$

したがって今 励磁電流を全負荷電流の 5 % とすると

$$I_c = 0.169 + 0.05 = 0.219 \dots\dots\dots (9)$$

つまりコンデンサ容量 (kVA) は溶接機自体の kVA 容量の 21.9 % が最適容量ということになる。

このようなコンデンサを用いた場合には 最大負荷 (100 % 負荷) に対する kVA は コンデンサを用いない場合に比べて つぎの比率に小さくなる。

$$\sqrt{(0.865 + 0.05 - 0.219)^2 + 0.5^2} = 0.85 \dots\dots (10)$$

上の結果を見ると、コンデンサを入れることによって最大入力に期待 (?) したほどには小さくならないことがわかる。ただし この結果は 初めに述べたように配電線の損失に注目した最適条件であって、最大入力を小さくすることを目的とした場合には コンデンサはさらに大きな値とせられることはいうまでもない。いわば上の結果は並列に入れるべきコンデンサの下限を与えていることになる。

* この式において I_W , I_{WL} , I_0 , I_c など はすべて実効値を指しており、正弦波の瞬時値ではない。 dt は交流電源の 1 サイクルよりも長い時間を単位としている。

【会員の皆さんへ】

正員会費 (昭和38年下半期) 請求の件

昭和38年度下期分 (9~2月) の会費の請求が、皆様のお手許に届いていると思いますが、未払いの方はご納入下さい。会社一括扱いの方は世話人を通じて、ご請求いたしておりますから、世話人の方までお払込み下さい。

なお、上期以前の未納の方は至急ご納入下さい。金額につきましては各会員宛に御通知済みですが、御不審の点がありましたら、学会経理までお問い合わせ下さい。

溶接学会 経理課