

VVVF Control System for Hearth Roll Drive in Continuous Annealing Line

(Hiromasa Yamamoto) (Gunji Sakamoto) (Masateru Shimada) (Fumiya Yanagishima) (Yuji Shimoyama)

---

:

KM-CAL (Kawasaki Steel Multipurpose CAL)

VVVF

VVVF

600m/min

---

Synopsis :

Strip tension control is one of the key factors for the CAL control system. In the conventional CAL, however, the strip tension is not controlled directly. So troubles frequently occurs such as heat buckling and instability of tacking. In order to prevent these troubles, the VVVF control system was adopted to KM-CAL's hearth roll driving. The system allow control of strip tension directly and precisely, and consequently, high speed operation (600m/min which is the world record) has been realized.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

# 鋼帯連続焼鈍炉ハースロールの交流可変速制御 VVVF Control System for Hearth Roll Drive in Continuous Annealing Line

山本博正\*  
Hiromasa Yamamoto

坂本軍司\*  
Gunji Sakamoto

島田雅照\*\*

柳島章也\*\*\*

下山雄二\*\*\*\*  
Yuji Shimoyama

**Synopsis:**

Strip tension control is one of the key factors for the CAL control system. In the conventional CAL, however, the strip tension is not controlled directly. So troubles for smooth annealing such as heat buckling and instability of

び電源装置（インバータ）を個々の電動機ごとに設置することとした。この方式によれば、従来技術  
 一な応力によって鋼板に縦じわのはいる連続焼鈍工程特有の品質欠陥）が発生し、また逆に低すぎ

術の直流電動機制御方式に比べブラシレスにより、るとロールがスリップして疵がはいったり、ある

著しく保全性が向上するのは勿論のこと、炉内張、いけ鋼板が蛇行オス、レナ、エ

力の安定化に大きく寄与することが期待できる。しかし、従来の制御方式では張力を直接制御し

ポンプやブローアの省エネルギーを目的とし、そのためには、従来の制御方式とは異なり、

る速度制御であるから上記の AVR 制御の問題点

は、(1) 速度制御の AVR 制御の問題点である。

AC 260 V 3 phase

F

Table 1

|                     | Converter                                 | Inverter   |
|---------------------|---|--|
| Input               | AC 260 V 3 phase                          | DC 270 V   |
| Output              | DC 270 V                                  | VVVF<br>$V_{max} = AC 200 V$<br>$F_{max} = 120 Hz$ |
| Capacity & Quantity | 60kVA×1<br>80kVA×1<br>90kVA×1<br>140kVA×2 | 10kVA×81   |
| Control             | AVR<br>(Automatic voltage regulation)     | PWM<br>(Pulse width modulation)                    |

### 3.2 VVVF化のための問題点<sup>2)</sup>

制御性および保全性の向上や設備費の削減のためにはVVVF制御は有望な手段ではあるが、その採用にあたり事前に検討すべき事項について概説する。

#### 3.2.1 機械系の共振対策

インバータによって駆動されるモータは高周波トルクリップルを含み、電源周波数の6倍の周波数成分が最も優勢に含まれる。通常、機械系の固有周波数は数10Hzもしくはそれ以下であるため、低周波領域での共振が問題となる。

一般に振動系に正弦波外力が作用するとき、こ

$$T_{Max} = T_C + AT_R$$

となる。つまり減速機、継手などの機械的強度が上記 $T_{Max}$ に十分耐えられるものでなければならない。

振幅比 $A$ を小さくするためには $\lambda(=\omega/\omega_0)$ を大きく、すなわち $\omega_0$ を小さくすればよいが、そのためには系のねじり剛性を小さくするのが最も効果的である。KM-CALでは共振の可能性のある一部のロールについて継手をフレキシブルなものとするにより、 $\omega_0$ を当初設計値の1/3程度に下げ共振を避けている。

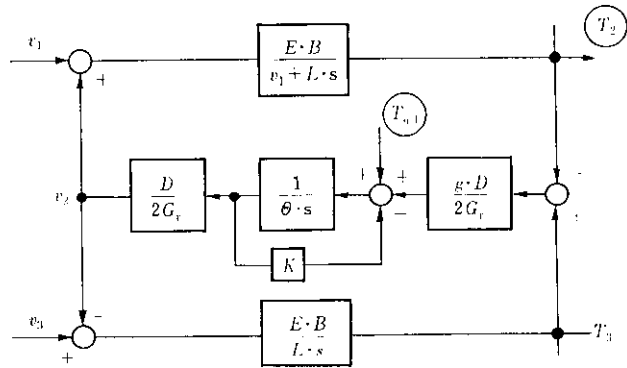
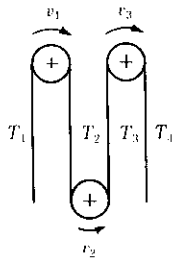
#### 3.2.2 鋼板の張力変動に対する影響<sup>2)</sup>

前項で求めたトルクリップル $AT_R$ が鋼板張力に与える影響について検討するためにFig. 5のモデルを考える。

Fig. 5において $T_{a1}$ (モータの発生するトルク)の変動が $T_2$ (鋼板張力)にどの程度の変動を与えるかを検討する。 $T_{a1}$ と $T_2$ に着目してFig. 5のブロック図を変形するとFig. 6のブロック図が得られる。この系は2次遅れ系であり伝達関数 $G(s)$ は、

$$G(s) = \frac{K}{1 + 2\zeta sT + s^2T^2}$$

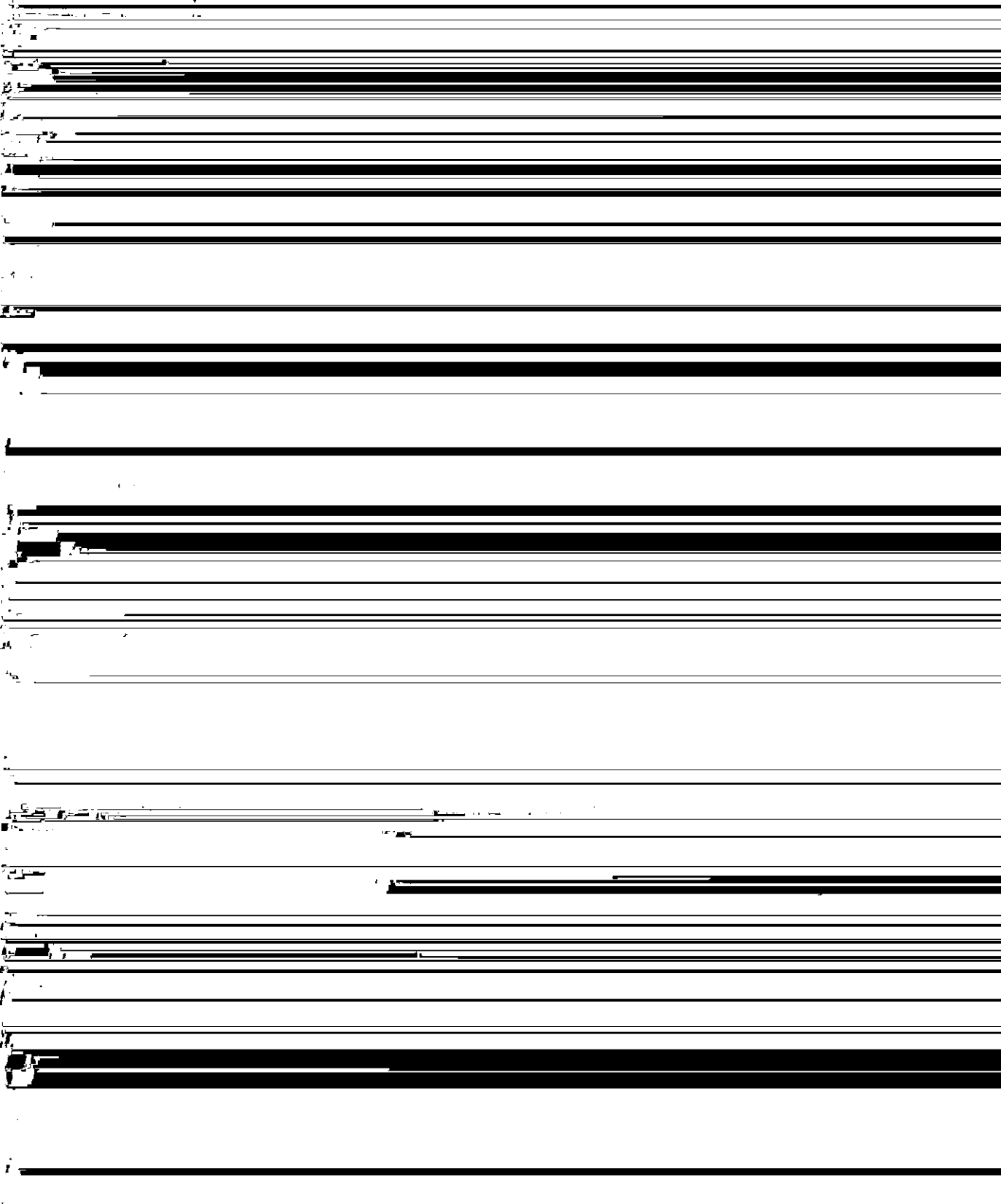
の形で表わすことができる。



[  $E$  : Young's modulus     $G$  : Gear ratio.     $T$  : Strip tension

(1) 伝達率の制御

Y





に伝播せず最大5%程度であることがわかる。 高速の操業が可能となったばかりでなく、ヒート

同様に5%程度である(実操業においては Fig.10 揮している。