

[質問2] live zero 方式で、4~20mADC の統一電流信号方式が世界標準になった経緯を教えてください。

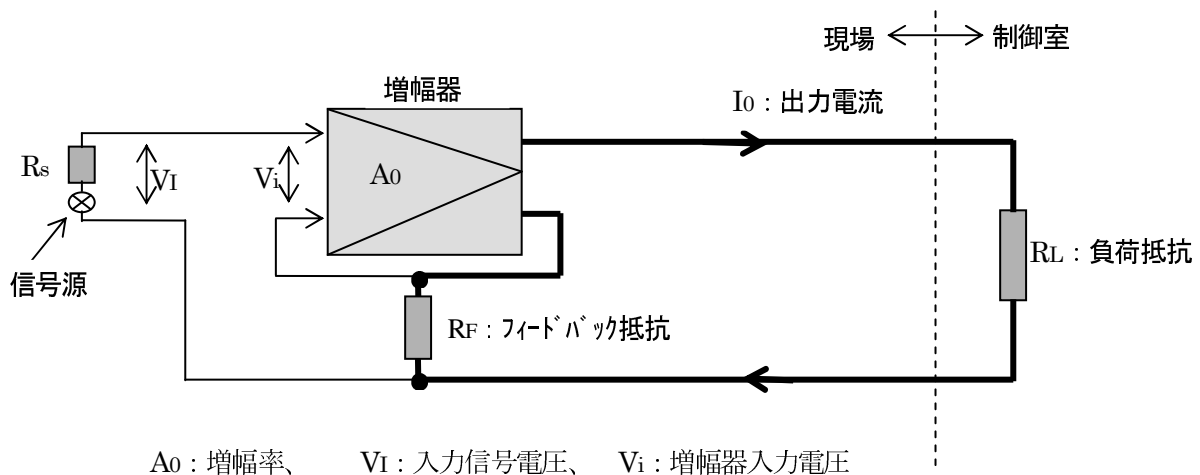
- (1) live zero 方式の掲げられている3つ利点の中で、②はよく理解できるのですが、①の利点が理解できません。電源を供給できるとありますが、何から何へ電力が供給できるのですか？なぜできるのですか？そのどこが良いのですか？その方式だとなぜ2本線で事足りるのでしょうか？3線式と比較して、どのようなメリットがあるのですか？

利点の多い live zero 方式ですが、世の中で dead zero 方式が採用されている場合もあるのでしょうか？その場合、live zero 方式と比較して、どのようなメリットがあるのでしょうか？

- (2) なぜ4~20mADC なのですか？本文中に「アナログ信号を誤差なしに長距離伝送するために直流電流信号が用いられ、耐ノイズ性と消費電力を考慮して、～」とありますが、なぜ誤差がなく長距離伝送可能なのでしょう？耐ノイズ性・消費電力とありますが、4~20mADC 方式だとノイズが少なくかつ消費電力を抑えられる理由をお聞かせ下さい。

[回答(1)] live zero 方式が世界標準になった理由は本文中にあるように、この方式が次の3つの大きな特長を持っているためです。

- (i) 2本の線で電源供給と信号伝送が同時にできる2線式伝送器を実現できること。(経済性：線が2本で配線コストが安い)
- (ii) 正常な時には4mADC以上の電流が流れていなければならないので、電流が0mADCとなった時は「異常」ということになる。つまり、「電源断」や「伝送線異常」などの異常検知ができる。(安全性：異常検知によって、ガスなどを緊急遮断するなどの安全なシステムを構築出来ます)
- (iii) 調節弁を使用しないときには、電流信号を強制的に0mADCにすると、4mADCに相当する締め込みができ、調節弁のリークを抑制することができる。(安全性・省資源・省エネルギーに貢献)



### 増幅器による電流信号の伝送

上図に電流直列フィードバックをかけた増幅器で、入力信号電圧  $V_i$  ですが、出力として着目しているのは出力電圧ではなくて出力電流  $I_o$  です。増幅器の入力と出力の関係は(2.1)式になります。

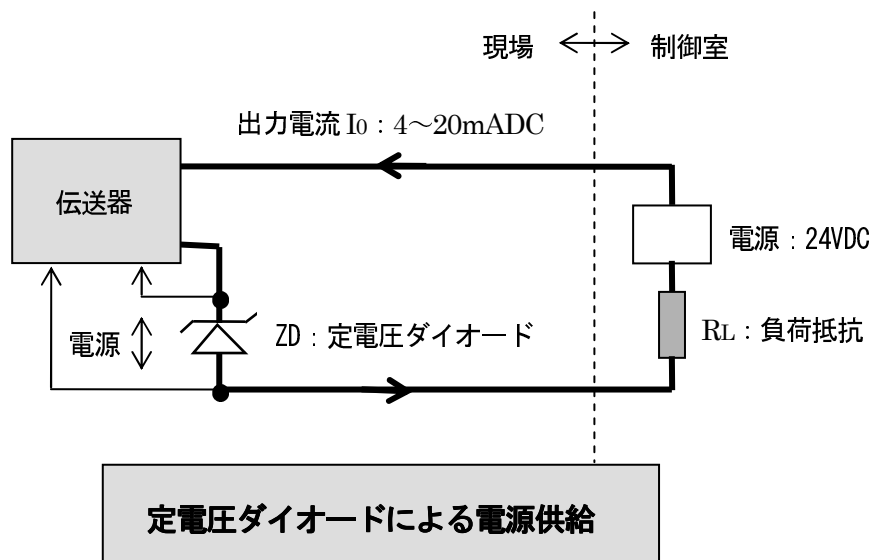
$$(V_i - R_f \times I_o) \times A_0 = (R_L + R_f) \times I_o \quad (2.1)$$

増幅器の増幅率  $A_0$  が十分高い、つまり  $A_0 \rightarrow \infty$  としますと、(2.1)式から(2.2)式を得ます。

$$I_0/V_I = 1/R_F \quad (2.2)$$

入力電圧  $V_I$  → 出力電流  $I_0$  への変換比 ( $I_0/V_I$ ) はフィードバック比 ( $1/R_F$ ) のみで定まり、増副器の入力内部抵抗  $R_i$  と出力内部抵抗  $R_o$  はともに無限大とみなすことができます。このことは入力電圧  $V_I$  → 出力電流  $I_0$  への変換比 ( $I_0/V_I$ ) が増幅率  $A_o$  の変化、負荷抵抗  $R_L$  や伝送線抵抗の変化に影響されず、また信号源(センサー)の内部抵抗  $R_s$  の大きさにも関係しないというメリットを持っています。

live zero 方式で、電流信号を採用する利点は2本の伝送線のみで電源供給と信号伝送ができる2線式伝送が実現できることです。下図に示すように、定電圧ダイオード ZD の両端に生ずる電圧降下を伝送器の電源として用いています。このように2線式伝送では現場に電源がない場合でも制御室から電源線を引く必要がないわけです。



[回答(2)] 直流電流信号伝送方式が誤差なしに長距離伝送できる理論的理由は上記 [回答(1)] で説明しましたので、ここでは直流電流方式の環境的優位性となぜ4~20mADCになったかについて説明します。

#### (i) 直流電流方式の環境的優位性

信号伝送線はプラント現場から制御室まで数百 m~数 km の長い距離を引き回され、周辺や併走する電力線などから電磁誘導や電界誘導などの影響を受けます。ノイズには信号伝送線の2線間に発生するノルマルモード・ノイズと信号伝送線と接地点間に生ずるコモンモード・ノイズの2つがあります。直流電圧方式では伝送信号線間のインピーダンスが高くなるので、大きなノルマルモード・ノイズが侵入します。これに対して直流電流方式では、信号伝送線間のインピーダンスが低いのでノルマルモード・ノイズ侵入を大幅に抑制できるというメリットがあります。一般にはノルマルモード・ノイズは信号伝送線をより線にし、シールド線や電線管に入れたりすること、受信側にフィルタを入れることにより除去することができます。コモンモード・ノイズは電力線から配線距離を離したり、シールド線や電線管を使って電磁や電界シールドをし、接地を正しくすることによって低減することができます。

コモンモード・ノイズが発生してしまうと、ノルマルモード・ノイズよりもはるかに対策が難しいので、配線工事する前に信号伝送線の配線環境を良く確認して対応する必要があります。

#### (ii) 4~20mADC になった理由について

統一される前は、4~20mADC のほかに1~5 mADC、2~10mADC、10~50mADC の入力ゼロを出力信号の20%に対応させた live zero 方式と0~10mADC、0~16mADC、0~20mADC、0~50mADC の dead zero 方式が乱立しており、インターフェースで信号の確認・処理が大変で

した。live zero 方式は「異常検知」と「2線式信号伝送」という大きな特長があり、他方 dead zero 方式は時間的積分や補正演算などの信号処理が容易という特長があります。このようにバラバラでは、煩わしくて困るので世界的に標準化の要望が高まり、IEC リコメンデーションにより live zero 方式の 4~20mADC に統一されたという経過があります。これに決まった正確な理由は定かではありませんが、次のように認識しています。

**(a) 「耐ノイズ性」と「消費電力」のトレード・オフから**

電流値を大きくすると、S(信号)/N(ノイズ)比は良くなりますが、消費電力が大きくなります。たとえば、受信信号電圧を同じとして 4~20mADC → 10~50mADC にすると、消費電力は 2.5 倍となり、多数のセンサが必要な大型プラントでは大変な電力消費になります。多種の電流値の大きさのものをプラント制御監視に適用した実績経験から耐ノイズ性から見て 4~20 mADC で大部分のプラントの信号伝送に対して、十分との結論になりリコmendされて決まったものと認識しています。

**(b) プラント運転監視制御システムの安全性から**

プラントが大型化し、その運転自動化範囲が拡大すると、システムの安全性を確保することが重要課題となります。そのためには信号伝送の信頼性確保が基本となります。信号演算処理の容易な dead zero 方式よりも、信号の「異常検知」ができる live zero 方式を選択した先人の見識は素晴らしかったと考えています。

**(c) 本質安全防爆対応から**

多種の電流信号レベルから、だんだんと 4~20mADC または 10~50mADC を採用する傾向が強くなって行き、最終的にはセンサーを本質安全防爆化する上での有利さから、パワーレベルの低い 4~20mADC が国際的な統一電流信号に決まりました。

<以上>