

最近のレオナード用制御装置

Recent Static Leonard Control Equipments

斉 藤 奎 二*
Keiji Saitō

神 山 健 三*
Kenzo Kamiyama

竹 村 克 巳**
Katsumi Takemura

要 旨

サイリスタ・レオナードと電子制御素子の急速な発達により、自動制御系の性能は設計性能をそのまま実現しうようになった。一方、確率的に発生する電子部品の故障によるラインの停止に対処するため、MTBFの向上およびMDTの短縮ということが要請される。

ここでは、これらの課題に対処するために完成した標準化シリーズの制御回路のうち、電流制御回路をもった自動速度制御系の特長および解析について述べ、また標準化シリーズの実際の制御系への適用を二、三の例について紹介する。

1. 緒 言

サイリスタ、トランジスタ、ICなど制御素子の急速な発達により、従来の回転増幅器、磁気増幅器がすべてこれら電子制御素子に代わり、その結果制御装置は高性能でかつ理論と実績とが全く一致し、設計性能をそのまま実現しうようになってきた。しかしながら、一方においては電子部品の部品点数の増加により確率的故障件数が増加し、制御対象を運転できず、ラインを停止させる懸念が増大してきた。これらの故障をいかに少なくするか、またいったん発生した場合にはいかに短時間に復旧させるかが大きな課題である。すなわちMTBF (Mean Time Between Failure) の向上とMDT (Mean Down Time) の短縮は、制御系の性能と同等もしくはそれ以上の重要性をもって対処する必要がある。日立製作所においてはこの主旨から各制御エレメントの信頼性向上のため部品の管理に特に配慮するとともに、製品のデバギング (Debugging) の実施、高信頼性部品の使用などによりほとんど完全に不良部品を取り除いているが完全にゼロとすることは不可能であり、いったん故障が発生した場合には迅速な処置により不良箇所を摘出し、交換する必要がある。そのためユニット、パッケージを標準化して互換性のあるものとし、ユニットもしくはパッケージごとの交換を可能にすることにより、この問題に対処している。本稿では一例として自動速度制御系の標準化シリーズの理論的考察と、これら標準化されたユニットの一部を紹介する。

2. 電流制御回路付自動速度制御

図1は電流制御 (ACR) 回路をもたない自動速度制御 (ASR) 系、図2はACR回路をもったASR系のブロック線図である。ASR系の補償の面からいえば、ACR回路不付のASR系の性能は、電気的時定数 T_E に左右される。すなわち、機械的時定数 T_M はASR系のループゲイン G_n を上げることで、等価的に小さな値に補償することができるが、 T_E は補償することができず、補償された T_M の値が T_E に近づくとASR系が不安定になるため、しゃ断角周波数 ω_c を T_E に対し無関係に上げることはできない。また加減速時の電流特性は T_E および T_M で決まるが、上下限リミッタ特性をもったACR回路付ASR系のように方形波にはできず、速度は直線的に加減速できない。また電源電圧変動の影響を受けやすく、トルク外乱時のオフセットエラー ε_i は回路抵抗に比例する。しかし全体として ω_c が低

いため、ASR系の安定性は電流連続、断続とで変わらない。

これに対し、ACR回路付ASR系は、次のような特長をもっている。

- (1) T_E はACR回路によりほとんど完全に補償することができる。また、電流の立ち上がり特性は電動機が許容しうる最小の値に調整することができるので、ACR回路に上下限リミッタ特性をもたせることにより、電動機に加減速特性をほぼ直線的にすることができる。
- (2) したがって、ASR系の補償の面からいえばACR回路の遅れはほとんど無視することができ、ASR系の ω_c は T_E に関係なく電動機の許容 di/dt 近傍まで上げることができる。
- (3) サイリスタ・レオナードでは迅速かつ安定なACR回路が得られるので、電源電圧変動の影響は、ACR回路内において迅速に補償されるためにほとんど考慮しなくてもさしつかえない。また、トルク外乱時の ε_i は回路抵抗には無関係となる。

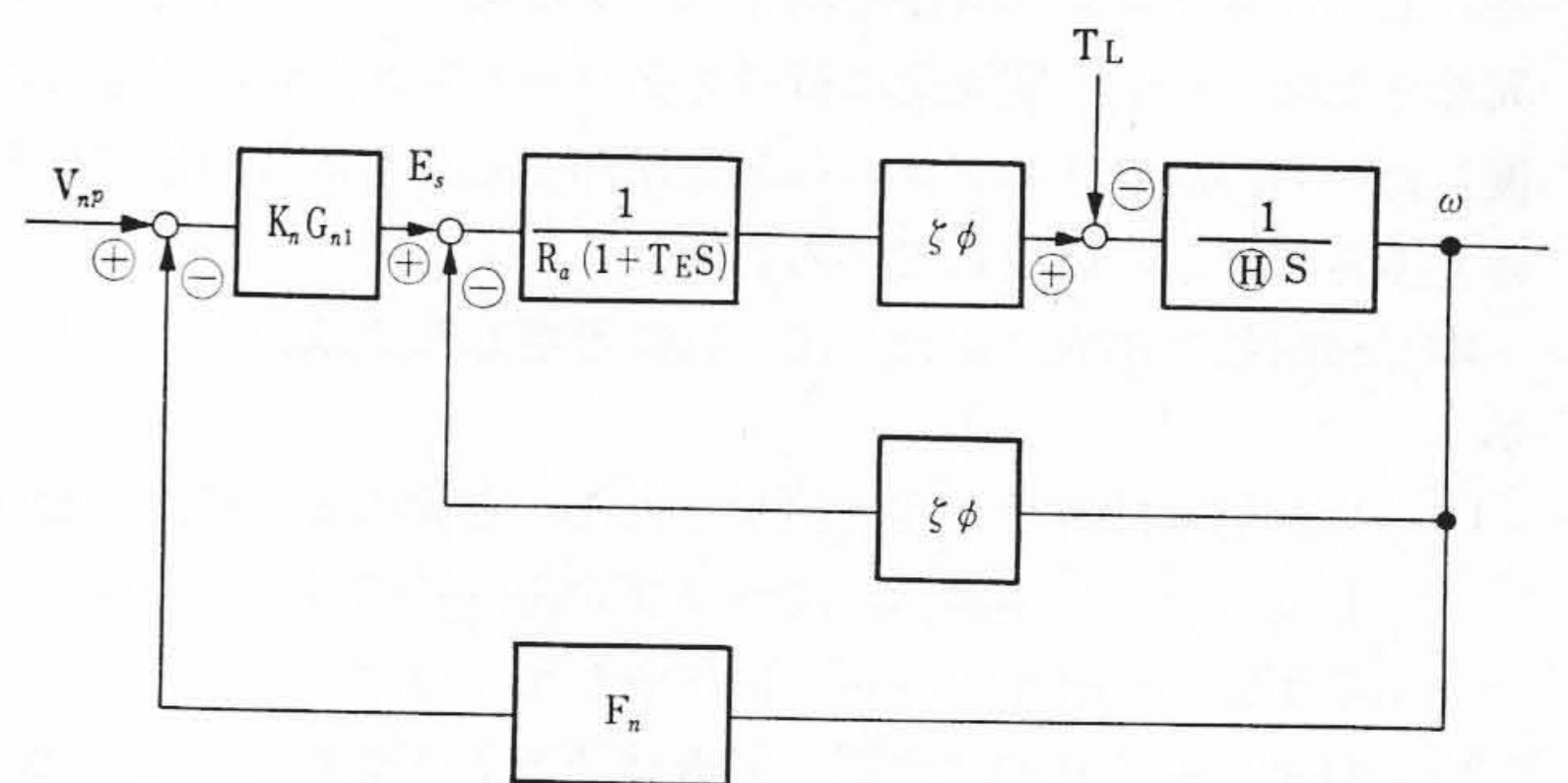


図1 ACR回路不付のASR系

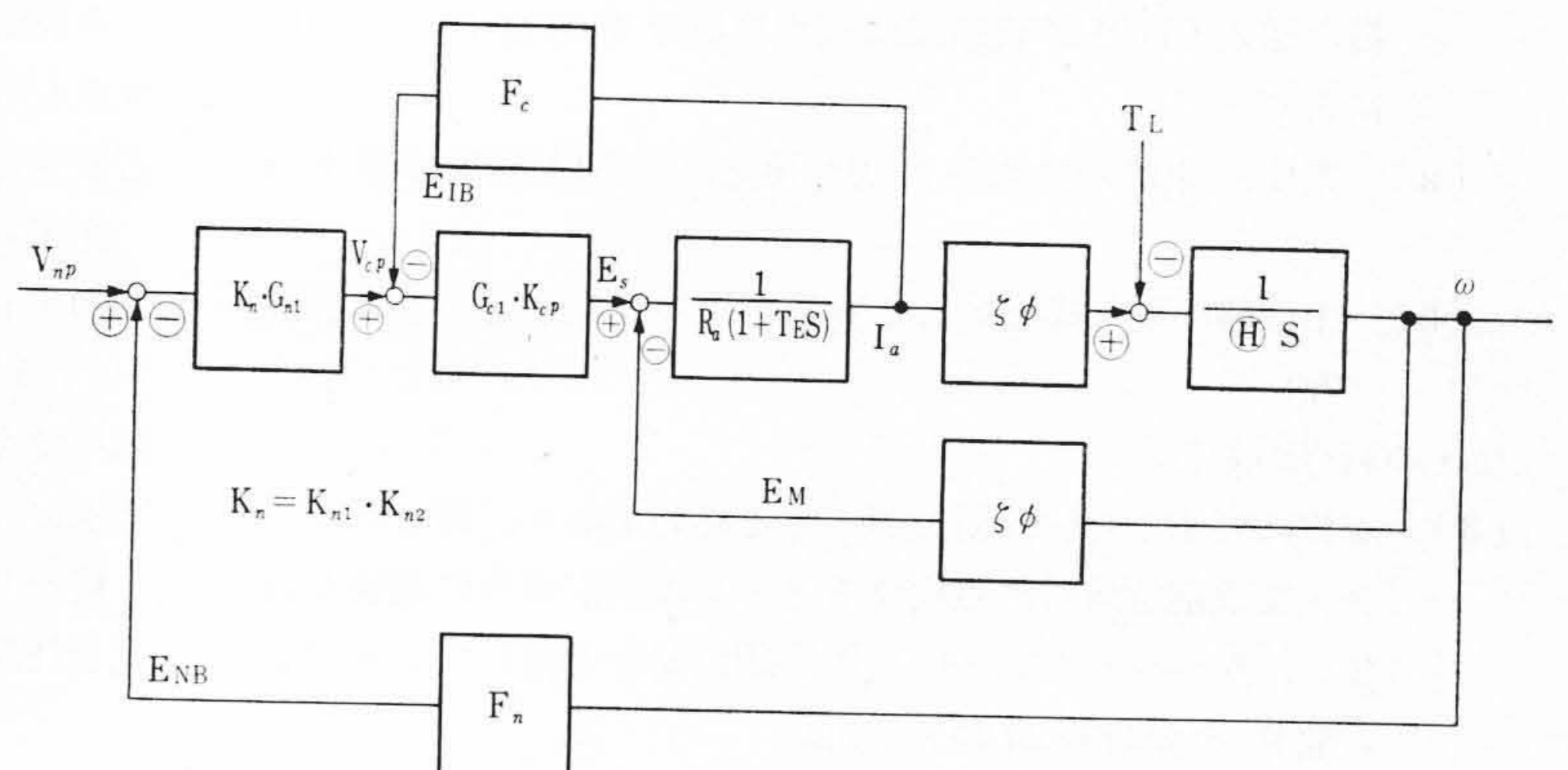


図2 ACR回路付のASR系

* 日立製作所大みか工場

** 日立製作所日立研究所

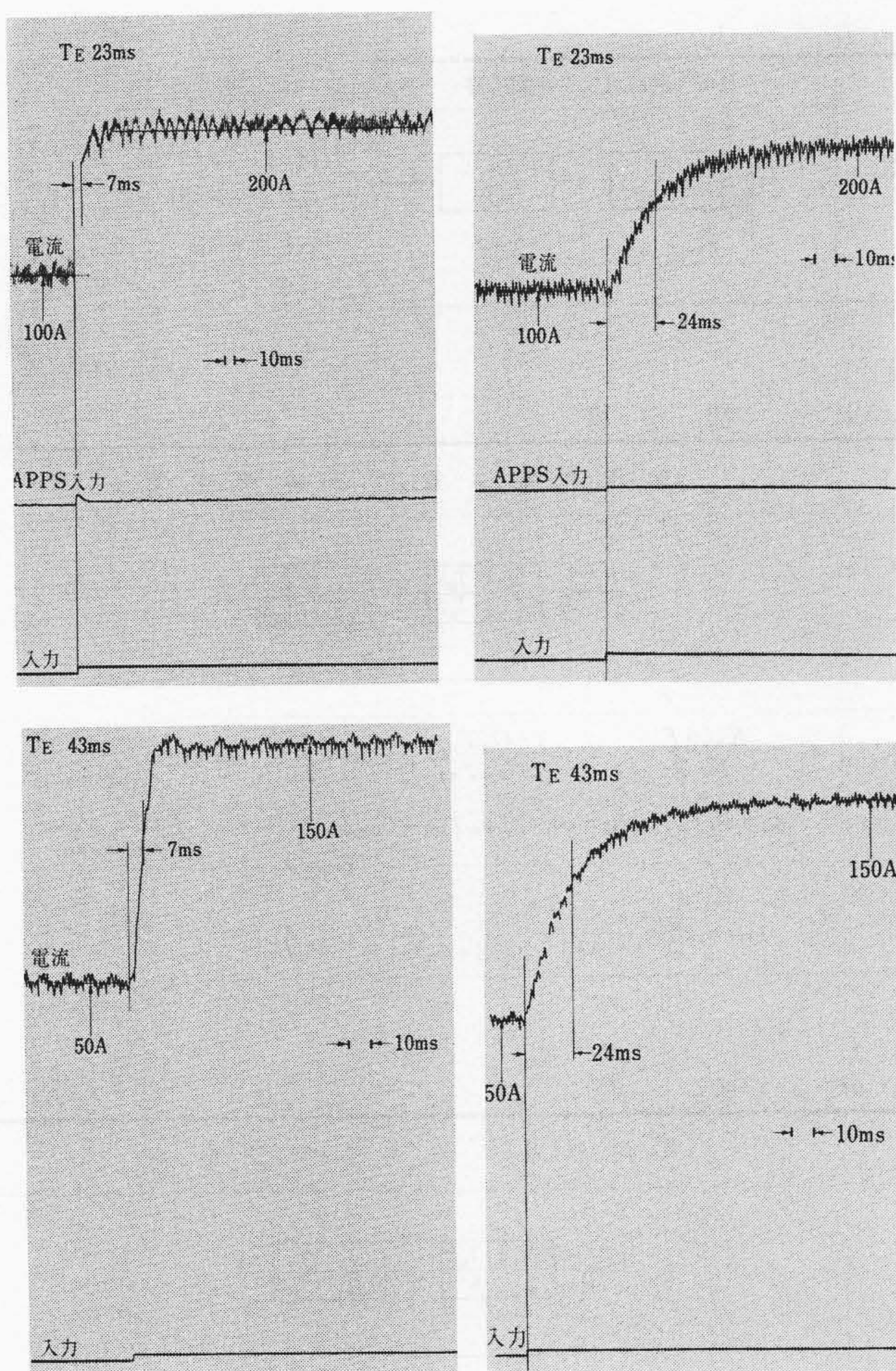


図3 ACR回路の実測波形

- (4) しかし、電流断続時には回路抵抗が等価的に大きくなって、ACR回路のループゲインが下がるため、回路の遅れが比較的大きくなり、電流連続時のASR系の特性は電流断続時と異なるので注意を要する。

以下、ここではACR回路をもったASR系について解析を試みることにする。

3. 自動速度制御系の解析

3.1 電流制御回路の解析および実測値

図2のACR回路をもったASR系を解析するに当たって、ACR回路をいかに忠実度良く簡単な回路に等価変換するかということが重要となる。ACR回路の制御量である電流の応答としては、一般に次のような特性になることが好ましい。

- (1) インディシャル応答には、オーバシュートが出ないこと。

主回路の過電流継電器および主回路しゃ断器は、電動機トルクを有効に使用するため過負荷耐量いっぱいセットされるので、オーバシュートするとしゃ断器がトリップライン・ストップとなるので好ましくない。

- (2) 電流の立上り時間を任意に調整できること。

ASR系の性能が T_E により影響されないようにするためには、ACR回路により T_E を補償することが必要となる。電流の立上り時間は電動機の仕様に合わせて簡単に調整できることが好ましい。

- (3) 電動機をロック(停止)したときとアンロック(運転)したときとで、ACR回路の特性が同一であること。

ACR回路の調整は、一般にロック状態で行なわれるため、アン

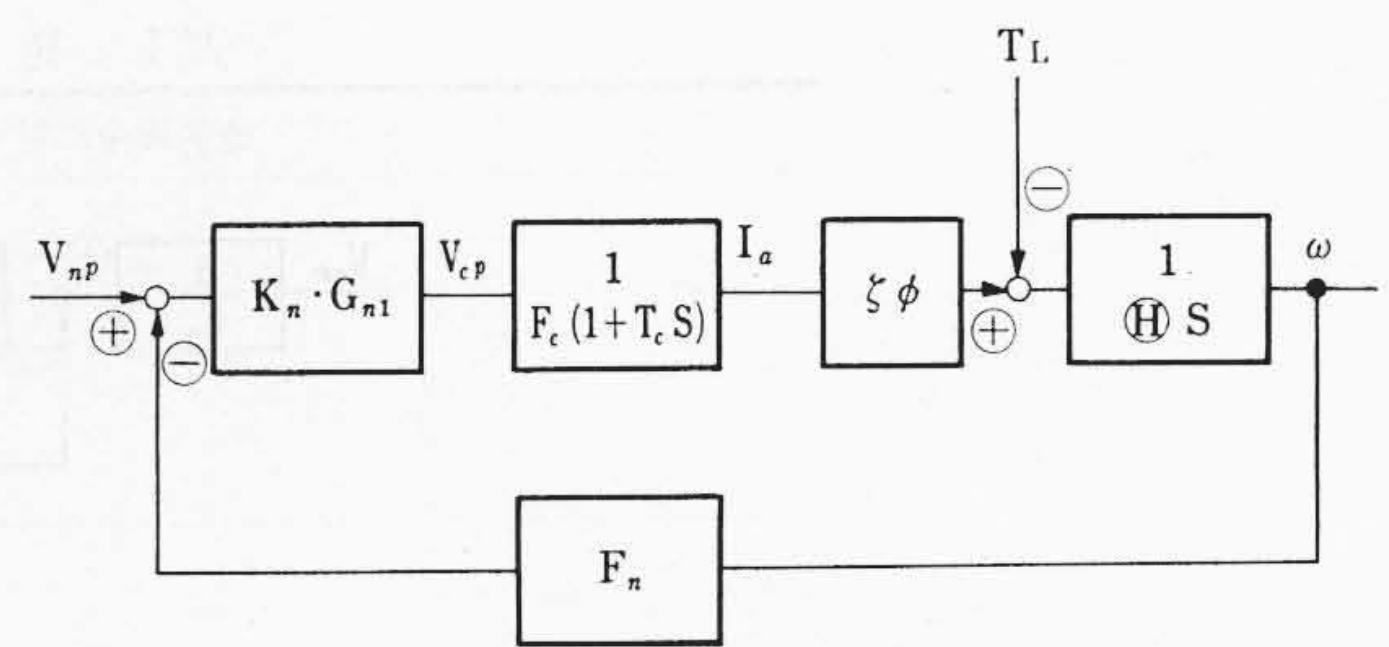


図4 等価変換されたASR系

ロック状態でもACR回路の特性が変わらないことが好ましい。

- (4) リップルに対して強い系であること。

主回路電流にはかなりのリップルが含有されているが、そのリップルを増幅しない補償回路であることが好ましい。

- (5) 回路構成が簡単であること。

これらの条件を満足させる一つの制御法は、ACR回路を比例積分制御として、その進み時定数を T_E に合わせることである。これにより T_E を補償することができ、電流の立上り時間は積分時定数により電動機が許容する任意の一次遅れ特性に調整することができる。

すなわち、図2において I_a/E_s は(1)式となり、さらにACR回路の積分時定数を T_{c1} とすれば I_a/V_{cp} は(2)式となる。

$$\frac{I_a}{E_s} = \frac{\frac{1}{R_a} T_M S}{1 + (1 + T_E S) T_M S} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{I_a}{V_{cp}} = \frac{1}{1 + T_c S} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ただし、} \frac{T_M}{T_c} \gg 1, \quad T_c = \frac{T_{c1} \cdot R_a}{K_{cp} \cdot F_c}$$

すなわち、(1)式は電動機をロックしたときのACR回路の特性と同じになる。

図3は $T_E=23, 43 \text{ ms}$ で比例積分補償した場合のACR回路の代表的実測波形である。

3.2 電流制御回路付自動速度制御系の解析および実測値

ACR回路が(2)式にて表わされるので、図2のASR系は図4のように等価変換され、ASR系の解析は容易に行なわれる。

図4よりわかるとおり、ACR回路をもった速度制御回路の補償として基本的には次の三つの方法が考えられる。

- (1) 補償なし

ゲインのみを調整して安定をとる。インパクト負荷時のオフセットエラーは大きい。ASR系の特性はゲインすなわち ω_c のみによって決まる。

- (2) 位相遅れ補償

低周波ゲインを大きくして、インパクト負荷時の ε_i を小さくし、位相を遅れ進みにして安定をとる。ASR系の特性は、 ω_c および ω_c に対する遅れ進み相当の角周波数 ω_1, ω_2 の相互関係によって決まる。

- (3) 比例積分補償

低周波ゲインを無限大にして、インパクト負荷時の ε_i をなくし、位相を進ませて安定をとる。ASR系の性能は、 ω_c および ω_c に対する進み相当の角周波数 ω_2 によって決まる。

表1～3は各補償を行なった場合の速度指令 V_{np} およびトルク外乱相当の電流外乱に対するブロック線図、閉ループ伝達関数を示している。ここで、検出速度の時間遅れおよびACR回路の時間遅れは、ASR系の ω_c に対し制限を加えるものであるが、これらの時間遅れ相当の角周波は ω_c に対しじゅうぶん高周波側にあるので、それらの時間遅れを無視してもASR系の応答に対してはほとんど誤差を生

表1 補償なし

	速度指令に対する時間応答	負荷外乱に対する時間応答
ブロック図		

表2 位相遅れ補償

	速度指令に対する時間応答	負荷外乱に対する時間応答
ブロック図		
閉ループ記号	$G_n = \frac{K_n \zeta \phi F_n}{F_C \textcircled{H}}, \zeta = \frac{1+G_n T_{n2}}{2\sqrt{G_n T_{n1}}}, \omega_n = \sqrt{\frac{G_n}{T_{n1}}}, \alpha = \tan^{-1} \left \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta - \omega_n T_{n2}} \right $ $A_1 = \omega_n T_{n2}, B_1 = \sqrt{1-2\zeta\omega_n T_{n2} + (\omega_n T_{n2})^2}$	$G_n = \frac{K_n \zeta \phi F_n}{F_C \textcircled{H}}, \zeta = \frac{1+G_n T_{n2}}{2\sqrt{G_n T_{n1}}}, \omega_n = \sqrt{\frac{G_n}{T_{n1}}}, \beta = \tan^{-1} \left \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta - \omega_n T_{n1}} \right $ $A_2 = \omega_n T_{n1}, B_2 = \sqrt{1-2\zeta\omega_n T_{n1} + (\omega_n T_{n1})^2}, \varepsilon_i = \frac{E_{IB}(-I_L)}{E_{NB} K_n I_a}$
伝達関数	$G_{nC} = \frac{G_n T_{n2}}{F_n T_{n1}} \cdot \frac{S + \frac{1}{T_{n2}}}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$	$G_{iC} = \frac{\zeta \phi}{\textcircled{H}} \cdot \frac{S + \frac{1}{T_{n1}}}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$

表3 比例積分補償

	速度指令に対する時間応答	負荷外乱に対する時間応答
ブロック図		
閉ループ記号	$G_n = \frac{K_{n1} \zeta \phi F_n}{T_{n1} F_C \textcircled{H}}, \zeta = \frac{\sqrt{G_n T_{n2}}}{2}, \omega_n = \sqrt{G_n}, \alpha = \tan^{-1} \frac{-1\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$ $A = \omega_n T_{n2}$	$G_n = \frac{K_{n1} \zeta \phi F_n}{T_{n1} F_C \textcircled{H}}, \zeta = \frac{\sqrt{G_n T_{n2}}}{2}, \omega_n = \sqrt{G_n}, \varepsilon_i = \frac{\omega_n T_{n1} E_{IB}(-I_L)}{K_{n1} E_{NB} I_a}$
伝達関数	$G_{nC} = \frac{G_n T_{n2}}{F_n} \cdot \frac{S + \frac{1}{T_{n2}}}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$	$G_{DC} = \frac{\zeta \phi}{\textcircled{H}} \cdot \frac{S}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$

じない。すなわち、ASR系の応答時間、応答波形は ω_c および ω_c 以下の開ループゲインの周波形応答の形状によってほぼ決まってしまうのである。

図5は各補償を行なったASR系の代表的実測波形の一例である。

3.3 自動速度制御系の特性および性能

表4は、ASR系の各補償に対するおもな特性を示すものであり、各補償方式は次のような特性を有している。

(1) 補償なし

- (i) インディシャルとインパクト負荷特性とは同一特性を示し、いずれも一次遅れ特性を示し、その時定数は開ループゲイン G_n の逆数となる。
- (ii) したがって、ASR系の特性は G_n のみによって決まる。
- (iii) インパクト時の電流波形は、インディシャル時のスピード波形と同一になる。

(2) 位相遅れ補償

- (i) インディシャルとインパクト負荷特性とは異なる。
- (ii) インディシャル特性はダンピング係数(Damping Factor) ζ と位相進み係数(Phase Lead Factor) $\omega_n T_{n2}$ とによって決まり、インパクト特性は ζ と位相遅れ係数(Phase Lag Factor) $\omega_n T_{n1}$ とによって決まる。
- (iii) ζ は1以上になってもオーバーシュートし、 ζ とオーバーシュート ϕ_p とは一対一に対応しない。

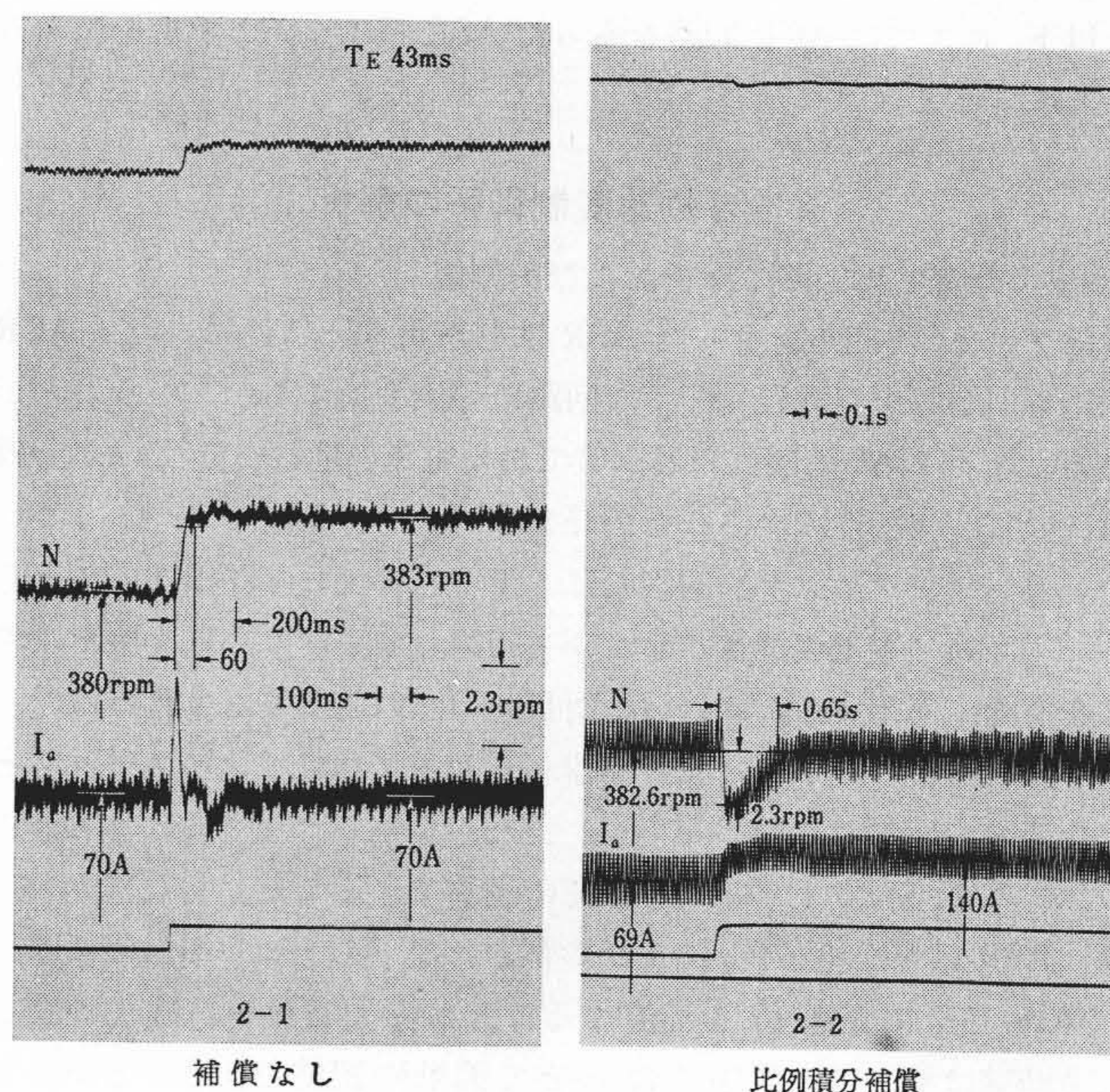


図5 ASR系の補償方式別実測波形

- (iv) インパクト時の電流波形はインディシャル時のスピード波形と同一になる。

表4 A S R 系の補償方式別特性

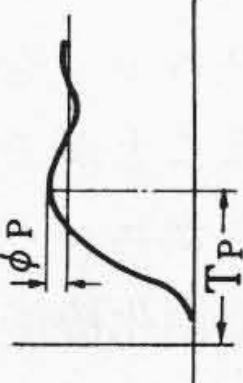
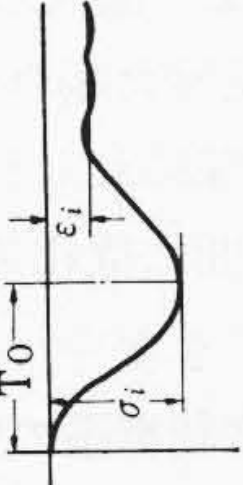
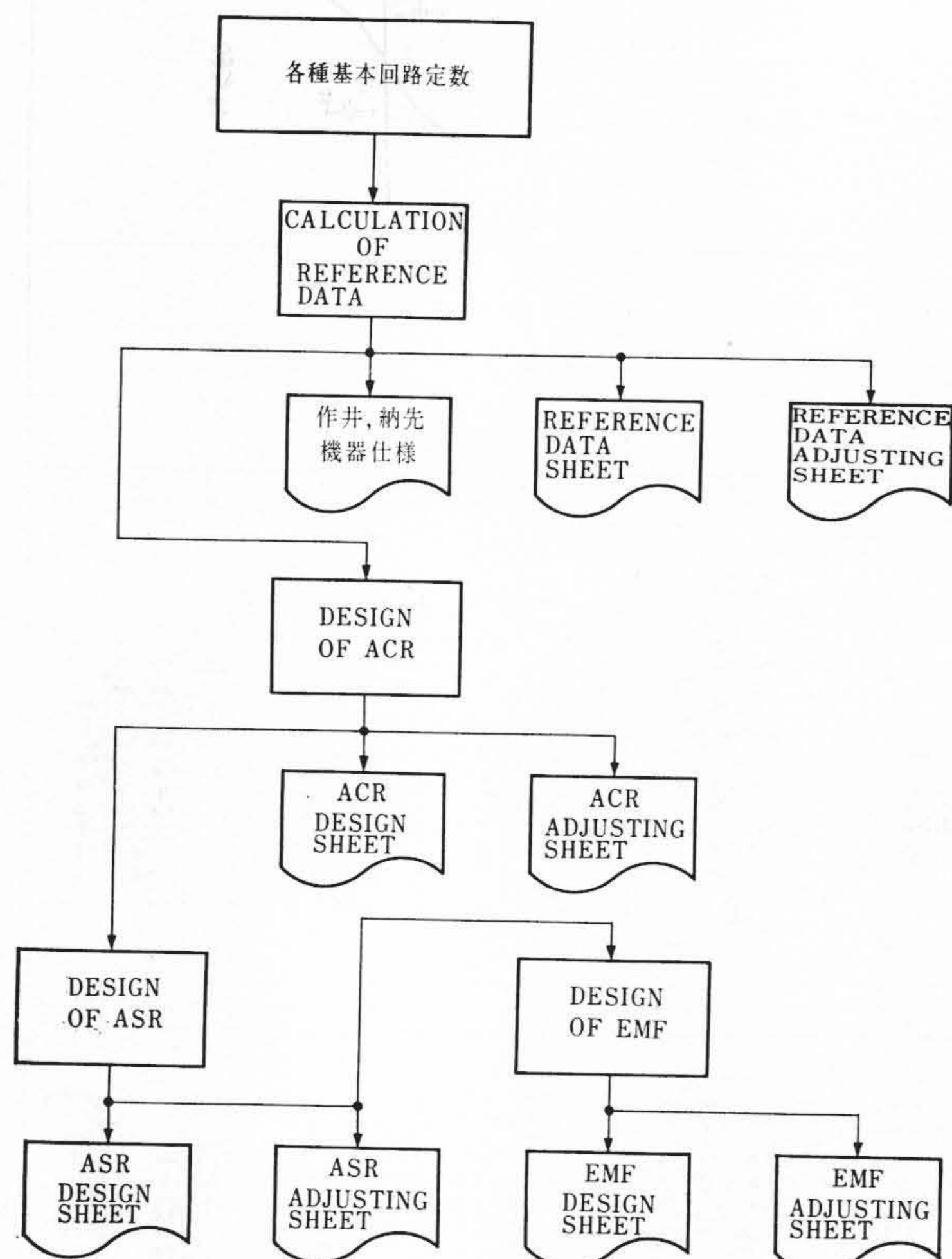
速度指令に対する特性		負荷外乱に対する特性		しや断角周波数	
補償方式		補償方式		補償方式	
					
ϕ_p		σ_i		$T_0 \text{ (sec)}$	
$\zeta > 1$		$\frac{E_{IB}}{E_{NB} K_n}, \sigma_i = \epsilon_i$		$\frac{E_{IB}(-I_L)}{E_{NB} R_n I_a}$	
$\zeta < 1$		$\frac{2.3}{G_n}$ ただし、目標値の 90%		$\frac{3}{G_n}$ ただし、目標値の 90%	
$\zeta > 1$		$B_1 \text{EXP} \left\{ \frac{-\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \left(\pi + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} - \alpha \right) \right\}$		$\pi + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} - \beta$	
$\zeta < 1$		$\frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$		$\frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	
$\zeta > 1$		$B_1 \text{EXP} \left\{ \frac{-\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \left(\tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} + \alpha \right) \right\}$		$\tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} + \beta$	
$\zeta = 1$		$\frac{T_{n2}}{\omega_n T_{n2} - 1}$		$\frac{L_{n1}}{\omega_n T_{n1} - 1}$	
$\zeta > 1$		$L_n \left\{ \frac{\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}}{\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{\omega_n T_{n2} - 1}{2 \omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1}} \right\}$		$L_n \left\{ \frac{\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}}{\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{\omega_n T_{n1} - 1}{2 \omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1}} \right\}$	
$\zeta < 1$		$\text{EXP} \left\{ \frac{-2 \zeta \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \right\}$		$\frac{2 \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$	
$\zeta = 1$		$\text{EXP} (-2)$		$\frac{2}{\omega_n}$	
$\zeta > 1$		$L_n \left\{ \frac{\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}}{\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{\omega_n T_{n2} - 1}{2 \omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1}} \right\}$		$L_n \left\{ \frac{\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}}{\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{\omega_n T_{n1} - 1}{2 \omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1}} \right\}$	
ω_0		ω_0		ω_0	
$\omega_k < 60$		$\omega_k < 50$		$\omega_k < 50$	

表5 デジタル計算機によるASR系の計算フローチャート



(3) 比例積分補償

- (i) インディシャルとインパクト負荷特性とは全く異なる。
- (ii) インディシャル特性はこのみによって決まり、インパクト特性はと $\omega_n T_{n1}$ によって決まる。
- (iii) ととオーバシュートとは一対一に対応する。
- (iv) インパクト時の電流波形は、インディシャル時のスピード波形と同一になる。

ASR系の性能は、補償回路のみではほぼ決まるものと考えられていたが、実際には次の要因によりその上限が押えられるのである。

(1) 回転数検出用発電機のリップル発生率と主機の加速時間からの制限

回転数検出用発電機 (PG) のリップルとしては、主として回転およびポールリップルが問題となる。PGがリップルを発生すると、ASR系の突合せ回路よりASR補償回路→ACR回路→主回路電流→トルク→回転数→PGと影響し合い、安定な制御を行なうことができなくなる。いまASR系のしゃ断角周波数を ω_c とし、PGリップルによって生ずる主回路電流の許容リップル含有率に相当したPGの角周波数を ω_{rp} とすれば、 ω_c の上限は(3)式の ω_{rp} となる。

$$\omega_{rp} = \frac{I_{rp}}{I_a} \cdot \frac{1}{r_p} \cdot \frac{1}{T_A} \quad (\text{rad/s}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $\frac{I_{rp}}{I_a}$: PGリップルによる主回路電流のリップル含有率 (%)

$\frac{r_p}{\omega}$: PGのリップル発生率 (%)

T_A : 主機の加速時間 (s)

$$T_A = \frac{\Theta \cdot \omega}{\zeta \phi \cdot I_a} \quad \dots\dots\dots (4)$$

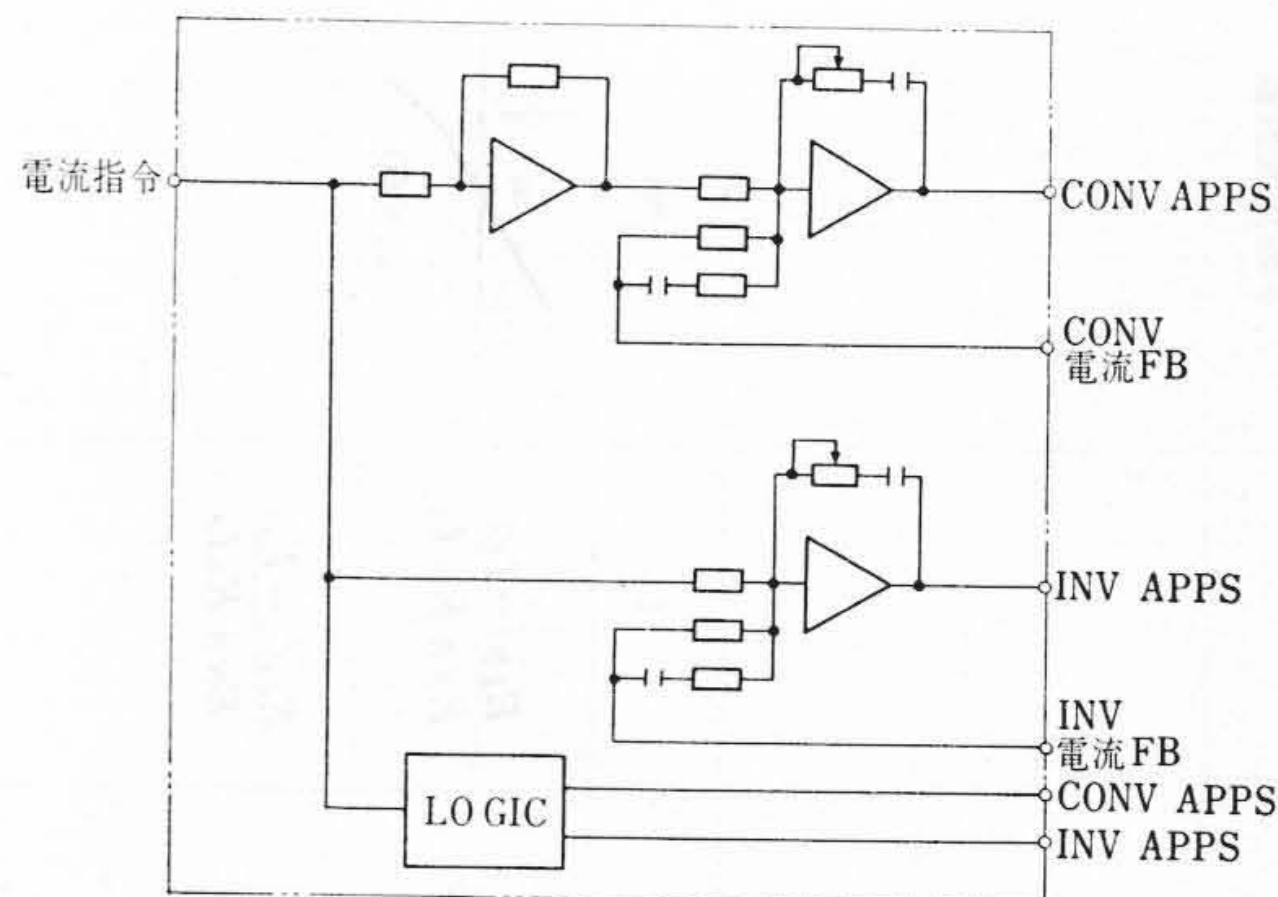


図6 ACR制御ユニット

(2) 主回路電流の電流立上り時間からの制限

ACR回路の電流立上り時間 T_c は、ASR系の性能を上げればASR系の安定上それだけ T_c を小さくしなければならない。一方、 T_c は電動機が許容する最小時間以下に小さくすることはできない。

(3) 機械系の構成より決まる軸振動からの制限

PG、電動機および機械的負荷よりなる機械系が運転の過程において、加減速あるいはトルク外乱を受けた場合に振動を起こし、シャフト、ギヤその他のカップリング部にねじれ振動が生じ、速度指令とPGフィードバック信号との間に位相差が出て、系の応答が振動的となり ω_c を上げることができなくなることがある。

3.4 デジタル計算機による自動速度制御系の設計

自動制御系の特性および限界性能が明確になり、また後述の制御装置の機能別標準化の確立により、自動制御系のデジタル計算機によるトータル設計がいっそう容易になった。

表5はデジタル計算機によるASR系設計のフローチャートであり、これにより用途に合った特性の設計および調整仕様書が迅速かつ正確に行なわれるようになった。

4. 標準化された制御回路

前述のように理論的考察を徹底的に行ない、さらに実際にその性能を実機で確認し、各機能ごとに標準化を行ない、アナログ制御系の基本となる機能別ユニットが完成した。最近、急速に発展した電子化により、制御性能は格段と向上し高性能運転が可能となったが、一方、前述のように電子部品の確率的に発生する故障のため、対象設備を運転休止に至らしめることが発生する。このような場合その原因を短時間に摘出、修理し、ラインを一刻も早くオンラインに入れる必要があるが、標準化された機能別ユニットを予備として持っておれば原因の詳細を究明せずとも、そのユニットを予備ユニットと切り換えることにより直ちに運転に入れることができる。この場合ユニット内の各種セッティングを故障の起きたユニットと同一の状態にセットする必要がある。日立製作所の標準化機能別ユニットはユニット内における安定条件を求める可変抵抗器が1機能あたり1個となっており、また初期セットの可変抵抗器は最小となっているので、きわめて短時間に同一セット状態になり、容易にオンラインに入れることが可能である。各制御素子の信頼性の向上はもちろんのこと、迅速な処置によりラインのダウンタイムを最短にするような配慮が必要で、日立製作所の標準化シリーズはこの目的のために開発されたものである。以下二、三の例について説明する。

4.1 制御ユニット

図6は一例として、リールのACR回路として、または主ロールなどのマイナ ACR 回路としての電流制御の機能別ユニットの回路

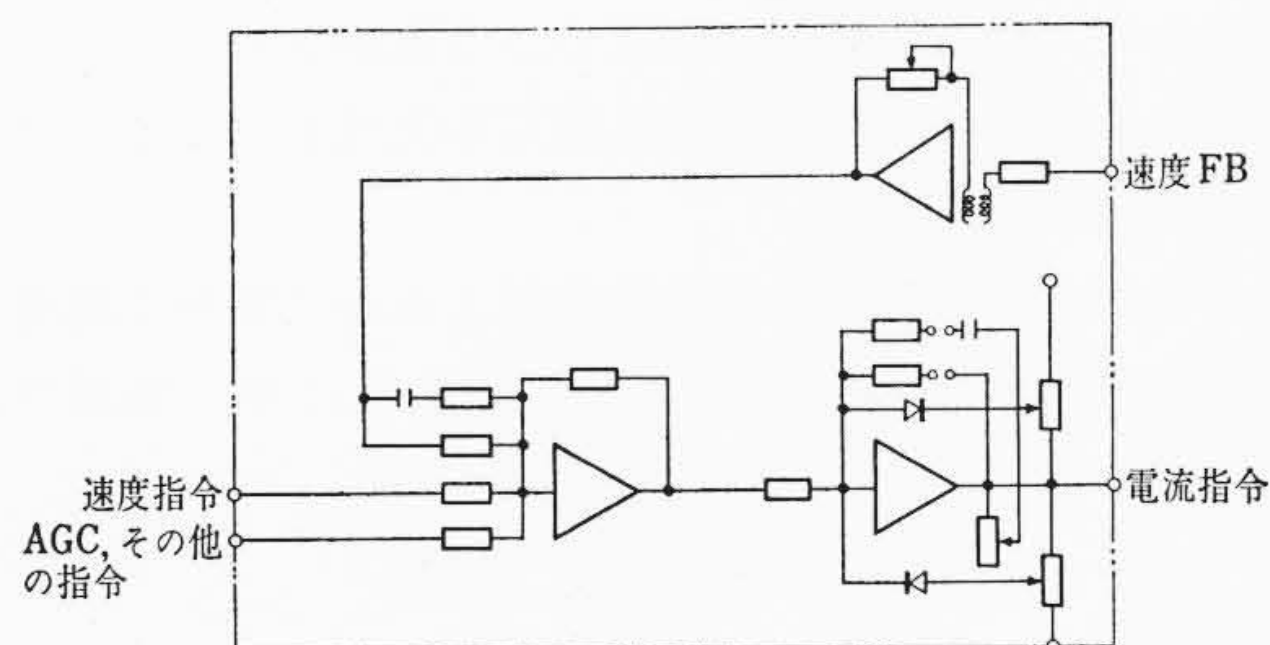


図7 ASR 制御ユニット

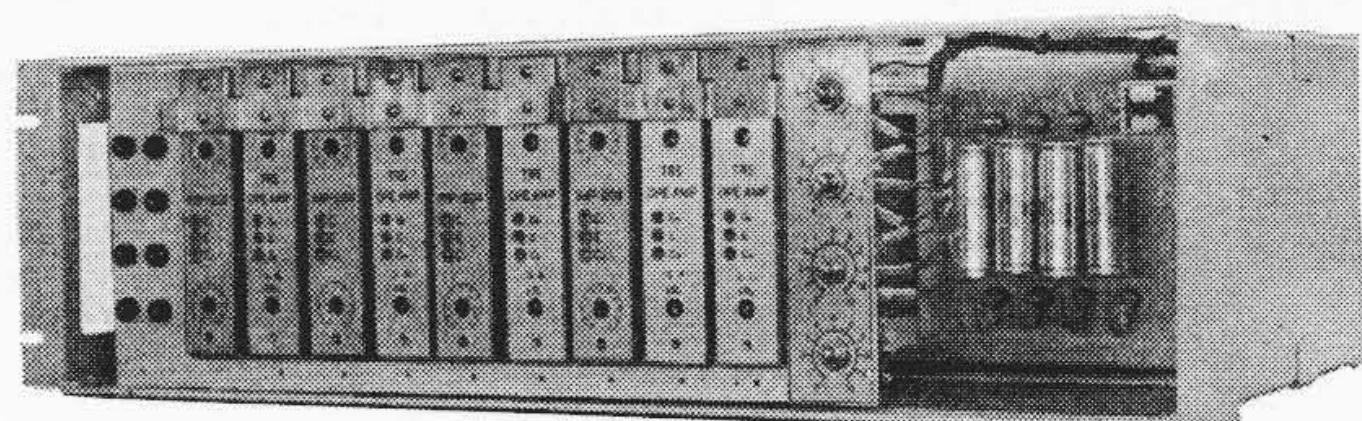


図8 制御ユニット

構成を示したもので、逆並列結線において最も高い性能を示す論理回路による無循環電流切換制御付のものである。この制御回路は全体がプリント板により構成されている。

この ACR 回路は比例積分制御となっていて、その進み時定数は前述のように電気的時定数 (T_E) に一致しており、系として一次遅れの形にするため可変抵抗器 (VR) により調整する。遅れ時定数は必要 ASR 性能、電動機からの許容値などから必要な電流立上りをうるよう決定され、この 1 個所の調整で ACR 回路の調整は完了する。

この ACR 回路は電動機の整流上の制限条件および ASR 系の所要性能から決定されるが、安定した高速応性の系とすることが容易でオーバーシュートなしで $\omega_c=100\sim150$ rad/s 程度が得られる。

図7は ASR 回路のユニットの回路構成を示したもので、前述のように所要性能から“補償なし”“位相遅れ”“比例積分”の三種類の機能を一つのユニットで得ることができるようになっている。この ASR 制御ユニットの出力を前述の図6に示した ACR 制御ユニットと組み合わせることによりマイナ ACR 付 ASR 系が構成される。ACR 制御ユニットの出力段増幅器の出力信号がマイナ ACR 回路の電流基準となるので、電動機電機子電流の最大値にリミットする必要がある。また本ユニットは ASR 系はもち論のこと、切換えにより定電圧制御 (AVR) もしくは AVR+IR 降下補償系としても使用可能で、一つのユニットで多機能を有している。

表6 主ロール用制御ユニットの構成

制 御 方 式	標 準 化 ユ ニ ッ ト 名
界磁プリセット方式 AVR	(ACR) ユニット+(AVR) ユニット +(FLD ACR) ユニット
界磁プリセット方式 ASR	(ACR) ユニット+(ASR) ユニット +(FLD ACR) ユニット
EMF 制 御 付 ASR	(ACR) ユニット+(ASR) ユニット +(EMF) ユニット
TWIN DRIVE ASR	[(ACR) ユニット+(ASR) ユニット] $\times 2$ +(EMF) ユニット
上 記+指 令 装 置	上記ユニット+(指令)ユニット

表7 指 令 装 置

簡 易 形	小形ミル、補機などの指令用
一 般 形	コールドタンデム・ミル、ホットタンデム・ミルなどで、 1工程が1時間以内で終了するもの
高精度形、デジタル形	長時間高精度途中保持運用

表8 リール用御制ユニットの構成

制 御 方 式	標 準 化 ユ ニ ッ ト 名
巻 太 り の な い ACR	ACR ユニット+AVR ユニット +(FLD ACR) ユニット
巻 取 機 の ACR	ACR ユニット+AVR ユニット +(EMF) ₁ ユニット
低速度高張力制御 の巻取機 ACR	ACR ユニット+AVR ユニット +(EMF) ₂ ユニット
上記でフォーシング回路付	上記ユニット+(フォーシング) ユニット
モートル切換、ギヤ切換の ある巻取機	上記ユニット+(連動) ユニット
センジマー・ミルの自動圧力 下率制御のある巻取機	上記ユニット+(自動ドラフト) ユニット
張 力 制 御 付 巻 取 機	上記ユニット+(ATC) ユニット

ASR 系としての調整は、まず“補償なし”の系の場合には安定条件を調整する VR はないので、そのままオンラインに入れることができる。“位相遅れ”および“比例積分”補償においては積分器の遅れ時定数用の可変抵抗器 (VR) により所要の安定性を得ることができる。比例積分補償においてはマイナ ACR 回路の応答時間は ASR 系にはほとんど無関係にしてあるが、ASR 系の高い性能を要求する場合には、速度フィードバックに電流立上り時定数を補償する進み回路が付いているので、これによりさらに高性能の ASR 系とすることができる。

図8は制御ユニットの一例を示したものである。

4.2 応用例——冷間圧延機への応用

冷間圧延設備の制御には各種あるが、ロールの制御とリールの制御に大別することができる。ロールの制御には従来より ASR, AVR などの方式が用いられている。表6は、各制御方式に対する制御ユ

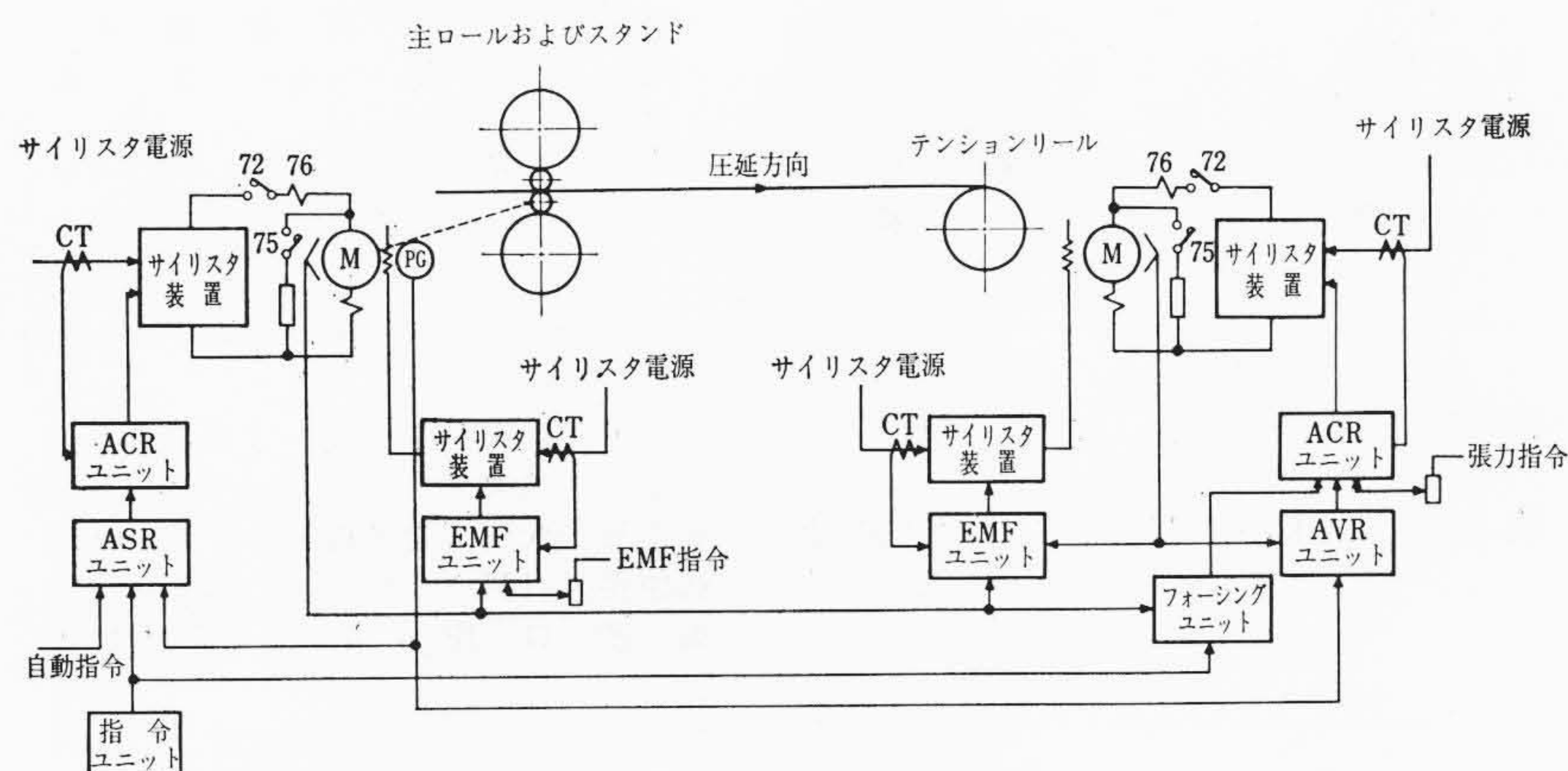


図9 標準化シリーズ適用の冷間圧延機設備

ニットの構成を示したものである。各標準化されたユニットをビルディングブロック方式に積み重ねることにより目的の制御系が構成される。速度指令装置に三種類の標準回路があり、各適用ごとに選択できるようになっている。表7は指令装置の適用を示したものである。次にリールの制御に対する制御ユニットの構成を表8に示した。自動運転の必要上リールにおいても速度制御が可能なように考慮されている。図9は冷間圧延機に対する応用で、各ユニットの結線を示したものである。

5. 結 言

以上、サイリスタ・レオナードについてその理論と、理論的裏付けから完成した標準ユニットの機能について述べたが、制御装置が高性能化、高度化されているとともに、動作の理解を容易とし、保

守点検、事故時の処置が簡便にできるよう配慮されている。さらに信頼性の向上を目標としたIC化の製品も完成しているので近々紹介したいと考えている。

最後にご指導をいただいた日立製作所大みか工場泉工場長、岩田部長、日立研究所前川部長そのほか関係各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) Mohammed Safiuddin: Iron and Steel Engineer, 76~83, (4) (1969)
- (2) Charles W. Thomas, H. Jewik and R. P. Stratford: Iron and Steel Engineer, 55~73, 5 (1969)
- (3) Gerhard Loocke: Techn. Mitt. AEG-TELEFUNKEN, 58, 255~258, 4 (1968)

Vol. 52

日立評論

No. 8

目 次

■論文

- ・H-7830 プロセスディスプレイ装置
- ・東京電力水殿発電所納 PS 64,000 kW ポンプ水車の製作ならびに運転結果
- ・直接水冷却水車発電機
- ・プロセスコンピュータによる圧延設備の予防保守
- ・新日本製鉄、室蘭納生産情報計算制御トータルシステム
- ・東京国際空港納 CS 形オートライン
- ・塵埃の同定とその化学成分の分析
- ・データ通信複合端末システム

- ・耐 摩 耗 材 料 の 研 究
- ・A S よ り 線 の 電 流 容 量

■圧延設備特集

- ・熱 間 圧 延 に お け る 圧 延 荷 重
- ・最 近 の 熱 間 鋼 帯 圧 延 設 備
- ・最 近 の タ ン デ ム コ ー ル ド ス ト リ ッ プ ミ ル
- ・連 続 亜 鉛 メ ッ キ 設 備
- ・条 鋼 圧 延 工 場 に お け る 設 備 と 技 術 の 進 歩
- ・日 立 連 続 鋳 造 設 備

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
郵便番号 100

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101

振替口座 東京 20018 番

第 32 卷

日 立

第 7 号

目 次

- ・小 特 集 / 省 力 化
- ・口絵カラー 省力化を進める主役たち
- ・解説 発展する省力技術
- ・寄稿……………南 川 利 雄
- ・高 根 乗 鞍 湖

- ・第 三 の 都 市 交 通 オ ー ト ラ イ ン
- ・開 か れ る 立 山 ル ー ト
- ・超 高 層 ビ ル の 自 動 管 理
- ・P R コ ー ナ ー
- ・ホ ー ム サ イ エ ンス

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
郵便番号 100

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101

振替口座 東京 20018 番