

新形磁気無接点継電器

New Type Magnetic Contact-less Relay

木 脇 久 勝*
Hisakatsu Kiwaki

内 容 梗 概

磁気式自動列車制御装置の論理要素として日立製作所では外部帰還形磁気無接点継電器を用いる方式を開発したが、従来用いられてきた外部帰還形磁気無接点継電器は負荷によって跳躍特性が大幅に変動するという欠点があった。そこでこれに簡単な補償回路を付加することにより、負荷の値にかかわらず安定した跳躍特性を有する新形磁気無接点継電器を開発し、予期どおりのきわめて安定な特性を得ることができた。

1. 緒 言

磁気式自動列車制御装置の原理を第1図に、また同装置に用いられる磁気無接点継電器（以下、MA 1, MA 2 と称する）の特性を第2図に示す。その動作原理を簡単に述べると基準速度電圧に対して列車速度電圧が十分に低い場合には、MA 1, MA 2 の制御巻線に大きな制御電流が流れて MA 1, MA 2 はともに出力を出し、継電器 D₁, D₂ がともに励磁されて力行の指令を与える。列車速度が次第に上昇するとついに MA 2 の出力はほとんど零となって D₂ は無励磁となり惰行の指令を与える。さらに列車速度が上昇するとついに D₁ も無励磁となって制動の指令を与える。このようにして列車速度はほぼ基準速度に等しい値に保たれることになるから基準速度を車内信号に連動して与えると自動列車制御装置を、また基準速度をプログラムとして与えると列車自動運転装置を実現することができる。

さて、基準速度発生部に抵抗器を用いポテンショメータを構成する方式では抵抗器のしゅう動部またはリレーの接点を必要とするため信頼性、耐久性の点で好ましくない。われわれはそのため第3図に示すような外部帰還形磁気無接点継電器を用いた無接点式基準速度発生装置を立案した。しかるに第3図の回路では磁気無接点継電器の負荷は列車速度を与える PG の発生電圧によって大幅に変化することになり後述のように無接点継電器の跳躍特性が変動し安定した on-off 作用を期待できない。実際の列車運転においては基準速度と列車速度の差に関係なく、すなわち無接点継電器の負荷に関係なく確実に on-off 作用が行なわれる必要がある。

そこで、われわれは従来の外部帰還形磁気無接点継電器の出力電圧を補償巻線と補償抵抗よりなる補償回路により正帰還することによって負荷に無関係に確実な on-off 作用を行なわせうる新しい磁気無接点継電器の開発研究を行なったのでこれについて述べる。

2. 外部帰還形磁気増幅器の原理

外部帰還形磁気増幅器において帰還巻線を使用しない場合、励磁電流まで考慮すると、次の等アンペアターンの法則が成立する。

$$N_a I_a = N_c I_c + N_a I_{a0} \quad (I_a \geq I_{a0}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに N_a : 交流巻線巻数

I_a : 交流電流の一方半波平均値

N_c : 制御巻線巻数

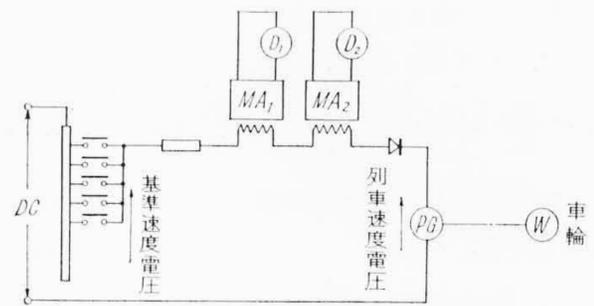
I_c : 制 御 電 流

I_{a0} : $I_c=0$ における交流電流の一方半波平均値

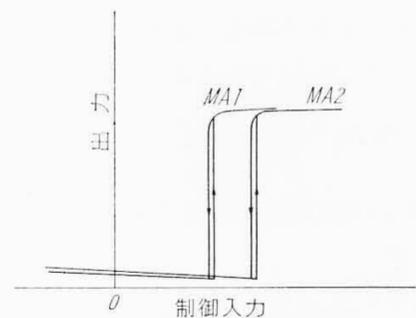
交流電流を全波整流して帰還巻線により正帰還すると、(1)式は次のようになる。

$$N_a I_a = N_c I_c + N_f I_f + N_a I_{a0} \quad (I_a \geq I_{a0}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

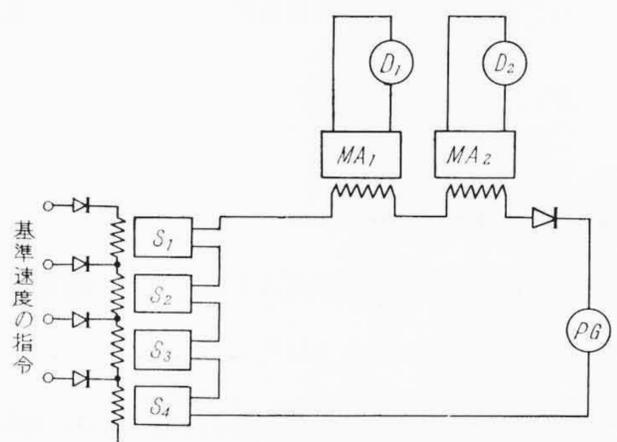
* 日立製作所日立研究所水戸分室



第1図 磁気式自動列車制御装置の原理



第2図 磁気無接点継電器の特性



$S_1 \sim S_4$: 磁気無接点継電器

第3図 無接点式基準速度発生装置

ここに I_f : 帰還巻線に流れる電流 (= 負荷電流)

整流器には一般に逆流があるので I_f は次のようにかかる。

$$I_f = k I_a \quad (k < 1) \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3)式を(2)式に代入して I_c と I_f の関係を求めると、

$$I_f = \frac{1}{k \left(1 - \frac{k N_f}{N_a} \right)} \cdot \frac{N_c I_c + N_a I_{a0}}{N_a} \quad (I_f \geq k I_{a0}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、 I_f の最小値 $k I_{a0}$ を与える制御電流 I_{c0} は(4)式において、 $I_f = k I_{a0}$

とにおいて I_{c0} について解くと次のようになる。

$$I_{c0} = \frac{N_a}{N_c} (k^2 - 1) I_{a0} - \frac{N_f}{N_c} k^3 I_{a0} \dots\dots\dots (5)$$

そして、

$$\frac{k N_f}{N_a} = 1$$

の場合は、制御電流を増加させてゆくと I_{c0} に等しくなった点で、 I_f は跳躍的に増大して最大負荷電流に等しくなる。

さらに、

$$\frac{k N_f}{N_a} > 1$$

の場合は、制御電流が I_{c0} に等しくなると I_f は跳躍的に増大して最大負荷電流に等しくなるが、制御電流を逆に減少させてゆくと I_{c0} ではなく(4)式で

$$I_f = I_{fm} \quad (\text{最大負荷電流})$$

とにおいて、 I_c について解いた値、すなわち、

$$I_{c1} = \frac{N_a}{N_c} k \left(1 - k \frac{N_f}{N_a} \right) I_{fm} - \frac{N_a}{N_c} I_{a0} \dots\dots\dots (6)$$

に等しくなった点で、 I_f は跳躍的に減少する。すなわち、

$$\begin{aligned} I_{ch} &= I_{c0} - I_{c1} \\ &= -\frac{N_a}{N_c} I_{fm} k + \left(\frac{N_f}{N_c} I_{fm} + \frac{N_a}{N_c} I_{a0} \right) k^2 - \frac{N_f}{N_c} I_{a0} k^3 \end{aligned} \dots\dots\dots (7)$$

なる幅をもったヒステリシス特性を示す。

一般に、 $N_f \cong N_a$, $I_{fm} \gg I_{a0}$ であるから(7)式は、

$$I_{ch} = \frac{I_{fm}}{N_c} (k N_f - N_a) k \dots\dots\dots (8)$$

となる。ただし、 I_{fm} は次の式で与えられる。

$$I_{fm} = \frac{E}{r_0 + R} \dots\dots\dots (9)$$

ここに E : 交流電源電圧の全波整流平均値 (= 交流電圧実効値 $\times 2\sqrt{2}/\pi$)

r_0 : 磁気増幅器の内部抵抗 (交流電源の内部抵抗を含む)

R : 負荷抵抗

そこで、

$$\frac{N_f}{N_a} = n_f \dots\dots\dots (10)$$

とおき、(9)、(10)式を(8)式に代入すると、次の結果をうる。

$$N_c I_{ch} = \frac{E N_a}{r_0 + R} (k n_f - 1) k \dots\dots\dots (11)$$

次に、 k はどのような形で表わされるかを整流器の回路から検討してみる。 k は整流器の交流入力電流一方向半波平均値に対する帰還巻線を通る電流の比であるから、整流器が一定の順方向抵抗 r_s 、一定の逆方向抵抗 r_b をもっているものとする、第4図に示す等価回路が得られる。一般に、

$$r_s \ll R \quad \text{および} \quad r_b$$

であるから、整流器の順方向に対する回路抵抗 R_s は、

$$R_s \cong R$$

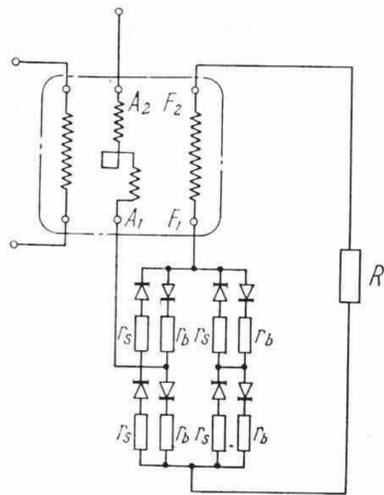
逆方向に対する回路抵抗 R_B は、

$$R_B \cong \frac{r_b}{2}$$

となり、

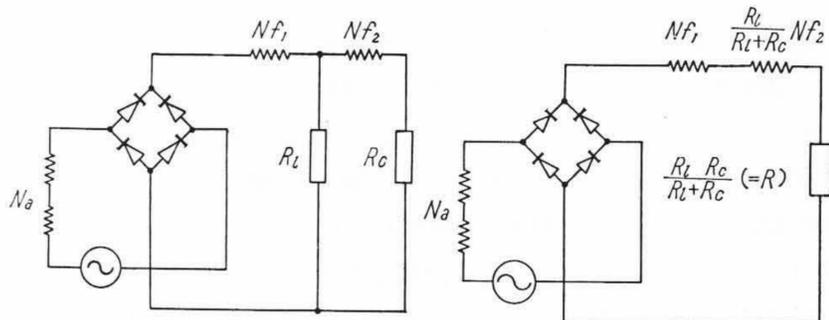
$$k \cong 1 - \frac{2R}{r_b} \dots\dots\dots (12)$$

なる形で表わされる。すなわち k 、したがって帰還率 $\beta (= k n_f)$ は負荷抵抗の値に関係することがわかる。(12)式の第2項が1にくら



図に示す整流器は理想整流器である。

第4図 整流器の等価回路



第5図 新形磁気無接点継電器の回路

第6図 第5図の等価回路

べ非常に小さい場合は、 $k \cong 1$ と考えられるので、(11)式は

$$N_c I_{ch} = \frac{E N_a}{r_0 + R} (n_f - 1) \dots\dots\dots (13)$$

となる。

したがって、外部帰還形磁気増幅器を負荷が変動するような場合に無接点継電器として使用すると、(13)式からあきらかなようにヒステリシスの幅は負荷によって大幅に変動し、負荷抵抗が小さくなるとヒステリシスの幅が増大し、負荷抵抗が大きくなると減少し場合によっては跳躍性が失われるため、小さな制御アンペアターンの変化で確実な on-off 作用を行なわせることが困難となる。

この点を改良するため著者らは新しい回路を立案開発し、確実な on-off 制御を行ない得るものとした。

3. 負荷変動を補償した新形磁気無接点継電器の原理

負荷によってヒステリシス幅が変動しないようにするためには、(13)式を R について微分した値が常に零となればよい。いま、 n_f を R の関数としてこの条件を満足する n_f と R の関係を求めると、

$$n_f = 1 + K(r_0 + R) \cong n_{f0} \dots\dots\dots (14)$$

ここに K : 定数

となる。(14)式が満足されると、(13)式は

$$N_c I_{ch} = K E N_a \dots\dots\dots (15)$$

となって負荷 R に無関係となる。

著者らはこれを実現するために第5図に示すような回路を立案した。

ここに N_{f1} : 帰還巻線巻数

N_{f2} : (14)式を実現するための補償巻線

R_L : 負荷抵抗(変動する)

R_c : 補償抵抗

第5図において N_{f2} を N_{f1} に換算すると等価回路は第6図のようになり、等価帰還巻線数 N_f は

$$N_f = N_f + \frac{R_L}{R_L + R_c} N_{f2} \dots\dots\dots (16)$$

となり、また等価負荷抵抗 R は、

$$R = \frac{R_c R_l}{R_l + R_c} \dots\dots\dots (17)$$

となる。(16), (17)式より n_f を求めると、

$$n_f = \frac{N_f}{N_a} = \frac{1}{N_a} \left(N_{f1} + \frac{R}{R_c} N_{f2} \right) \\ = 1 + \frac{N_{f2}}{R_c N_a} \left\{ \frac{R_c (N_{f1} - N_a)}{N_{f2}} + R \right\} \dots\dots\dots (18)$$

となるから、

$$r_0 = \frac{N_{f1} - N_a}{N_{f2}} R_c$$

すなわち、

$$\frac{N_{f2}}{R_c} = \frac{N_{f1} - N_a}{r_0} \dots\dots\dots (19)$$

に選ぶと、(14)式が満足されることになり、定数 k は(19)式の $1/N_a$ 倍に等しく、また(15)式は、

$$N_c I_{ch} = \frac{E(N_{f1} - N_a)}{r_0} \dots\dots\dots (20)$$

となる。

すなわち、(19)式を満足するように N_{f2}/R_c の値を選ぶと変動する負荷 R_l にまったく無関係に一定の跳躍特性を有する磁気無接点継電器を得ることができる。また、その場合のヒステリシス幅は(20)式で与えられる。

負荷電流が跳躍的に増大する点は(5)式で与えられるが、普通 $k \approx 1$ と考えられ、また I_{a0} の絶対値は小さいから、 R_l が変動し、したがって N_f が変動しても、(5)式の値はほとんど変動しないものと考えられる。したがって(19)式が満足される場合は、負荷電流が跳躍的に減少する点も負荷の値によらず一定となる。

自己帰還形の磁気増幅器は外部帰還形において、 $N_f = N_a$ の場合に等しいからこれまでの理論をそのまま適用することができる。

4. 磁気無接点継電器の設計

外部帰還形磁気増幅器を用いることにし

交流電源電圧実効値 $E_a = 25V$ 、周波数 $f = 50 c/s$

とする。1個の鉄心には $E_a/2$ の電圧がかかるからこれに対して過励振にならないためには次の式が成立しなければならない。

$$\frac{E_a}{2} \leq 4.44 f B N_a S \dots\dots\dots (21)$$

- ここに B : 鉄心の最大磁束密度
- N_a : 鉄心1個あたりの交流巻線巻数
- S : 鉄心の断面積

また、最小負荷電流を $10 mA$ 以下とすると次の式が成立しなければならない。

$$0.01 \geq k I_{a0} = \frac{k l H_{ca}}{N_a} \dots\dots\dots (22)$$

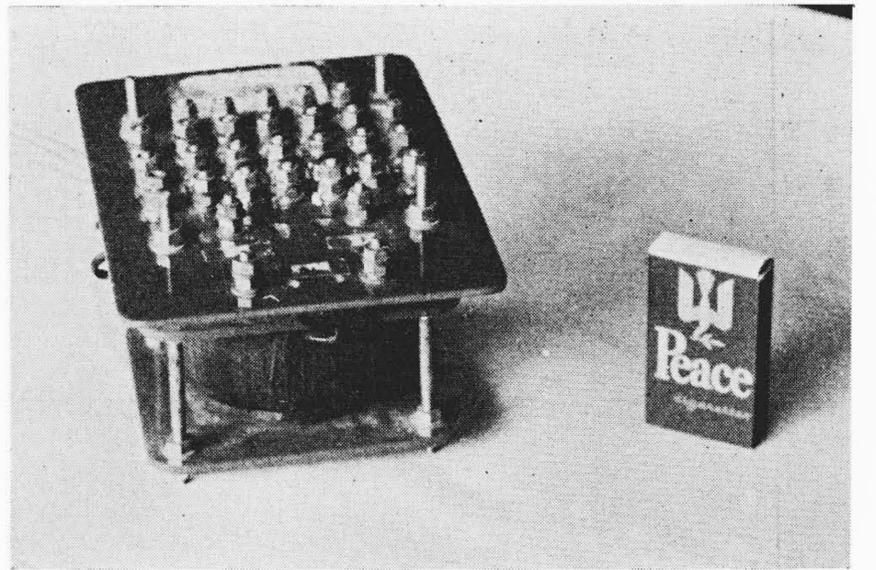
- ここに l : 鉄心の平均磁路長
- H_{ca} : 交流磁化に対する鉄心の等価抗磁力

鉄心として $0.1 \times 10 \times 55 \times 75 mm$ のセンデルタコアを用いることにすると鉄心の占積率を 0.9 とすれば、 $S = 0.9 \times 10^{-4} m^2$ となる。鉄心の残留磁束密度が $1.4 Wb/m^2$ であるから $B = 1.2 Wb/m^2$ に選ぶと(21)式から $N_a \geq 500 T$ となる。

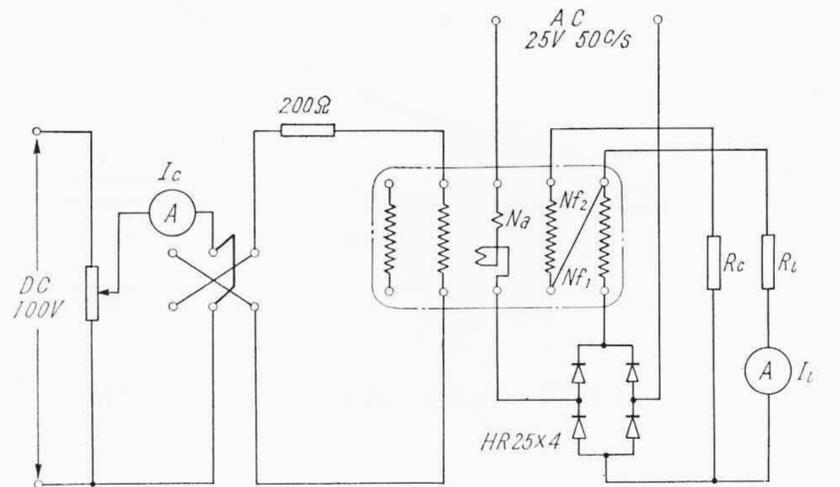
また、 $l = 0.25 m$ 、 $H_{ca} = 16 AT/m$ 、 $k = 0.95$ とすると(22)式から $N_a \geq 400 T$ となる。したがって、 $N_a = 500 T$ に定める。

そのほか、帰還巻線、補償巻線、制御巻線などの直流巻線として以下の巻線を設ける。

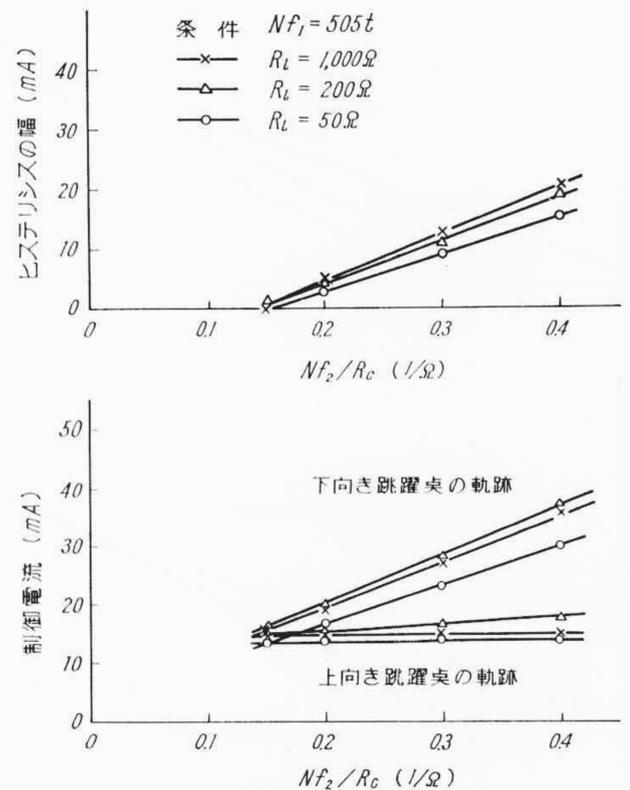
- 400 t, 300 t, 200 t \times 3, 100 t, 50 t \times 2, 30 t, 20 t, 10 t, 5 t



第7図 新形磁気無接点継電器



第8図 実験回路



第9図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1} = 505 t$)

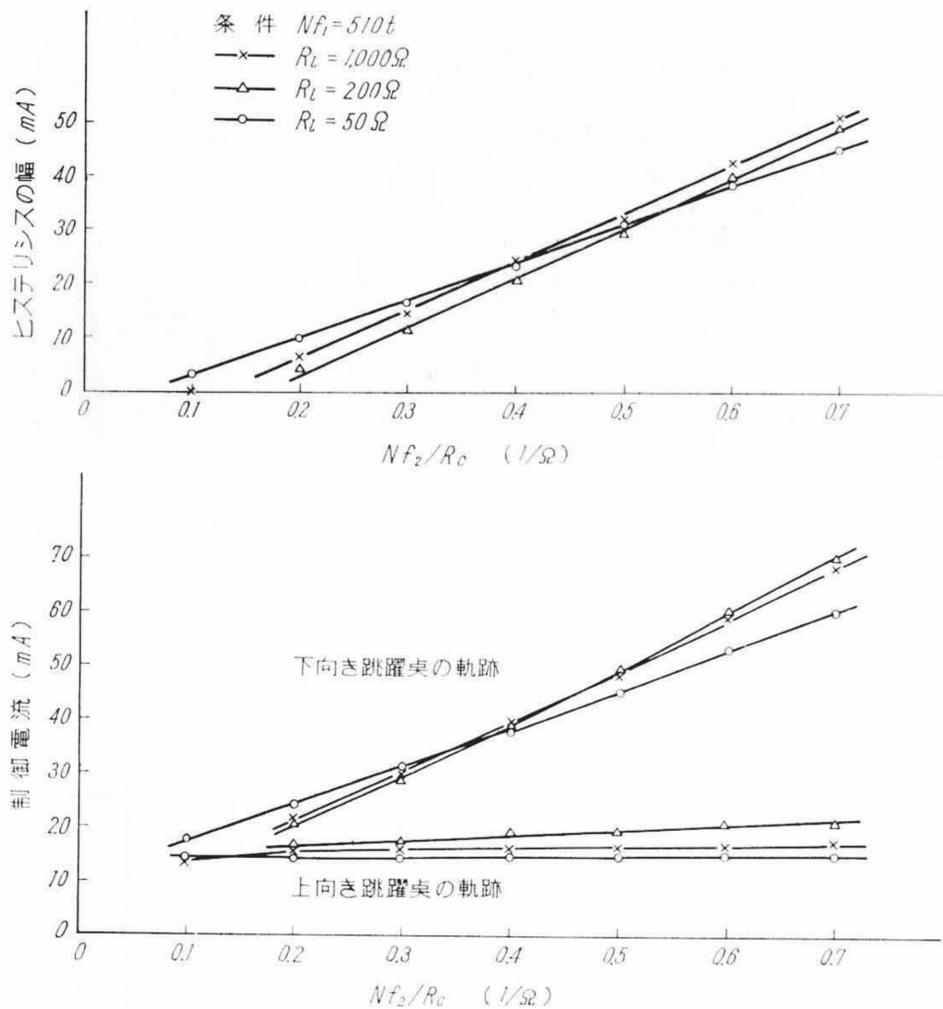
巻線はいずれも連続定格 $160 mA$ 以下で使用するものとし、 0.32ϕ PEW を用いた。

試作した磁気無接点継電器の外観を第7図に示す。

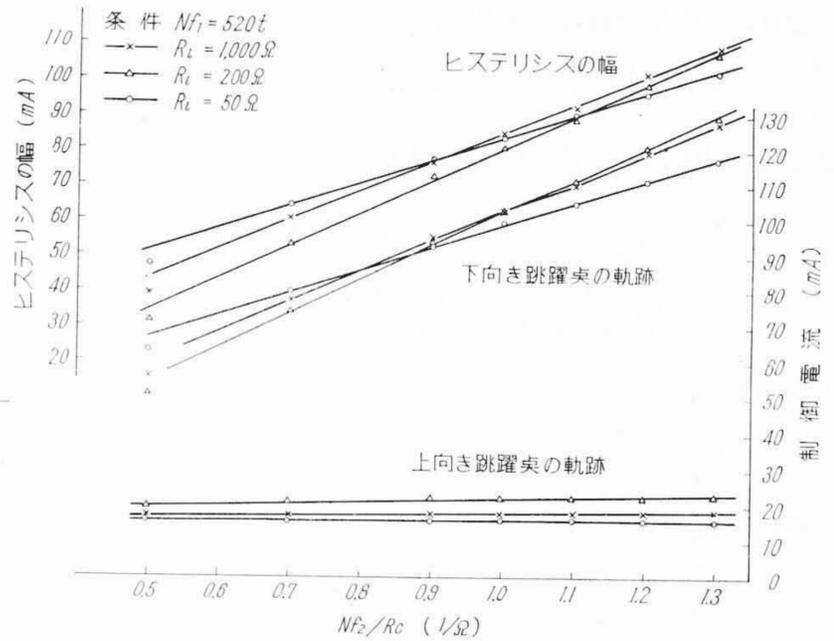
5. 実験および結果の検討

実験の内容は次の点を主眼に行なった。すなわち、

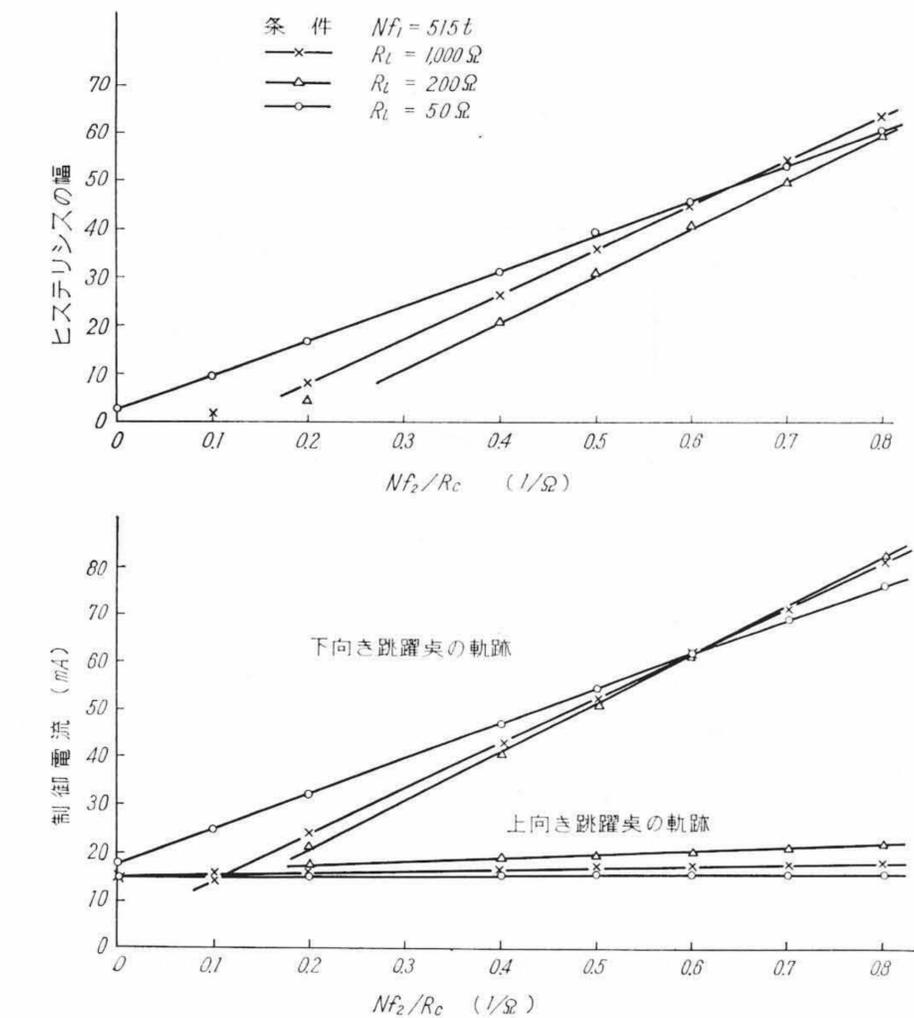
- (1) N_{f1} を $505 \sim 530 t$ に変化させて N_{f2}/R_c の値と跳躍点の関係を測定する。
- (2) $N_{f2} = 1,065 t$ 、 $R_l = 100 \Omega$ の場合について $N_{f2}/R_c =$ 一定に



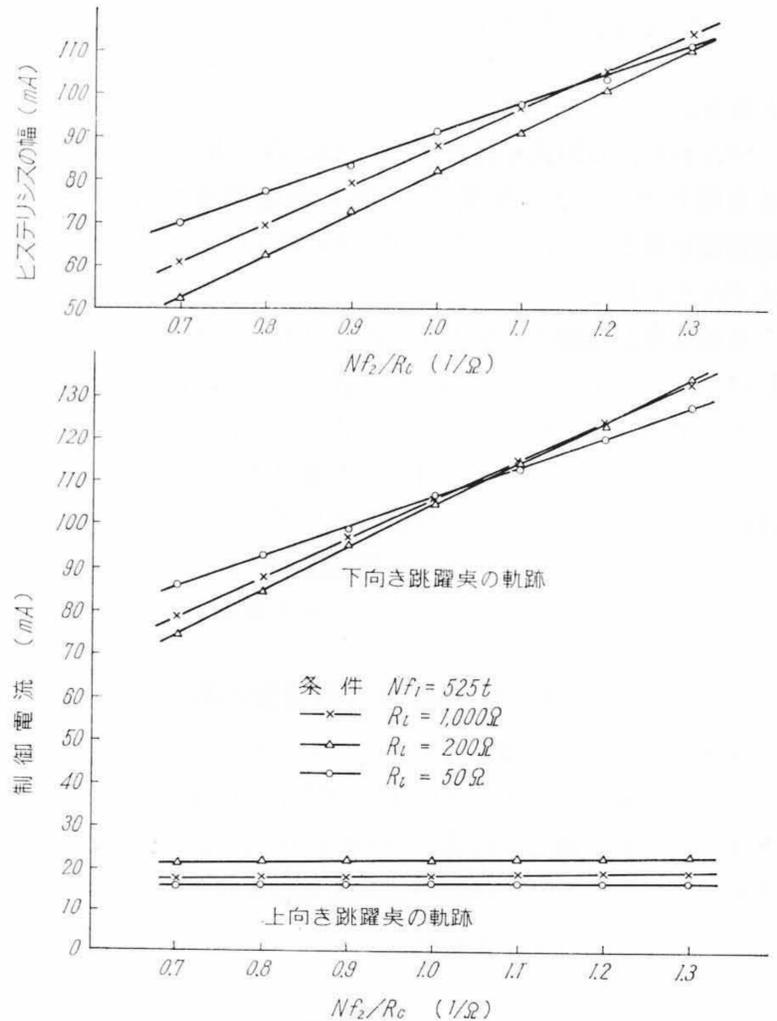
第 10 図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1}=510 t$)



第 12 図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1}=520 t$)



第 11 図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1}=515 t$)



第 13 図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1}=525 t$)

第 1 表

巻 線	Na	400 t	50 t	50 t	5 t	10 t	20 t	30 t	100 t	200 t	200 t	200 t	300 t
抵抗(Ω)	12.5	8.6	1.25	1.2	0.2	0.3	0.6	0.8	2.3	4.8	4.8	5.1	7.75

保ちながら N_{f2} と R_c の絶対値を変化させる。

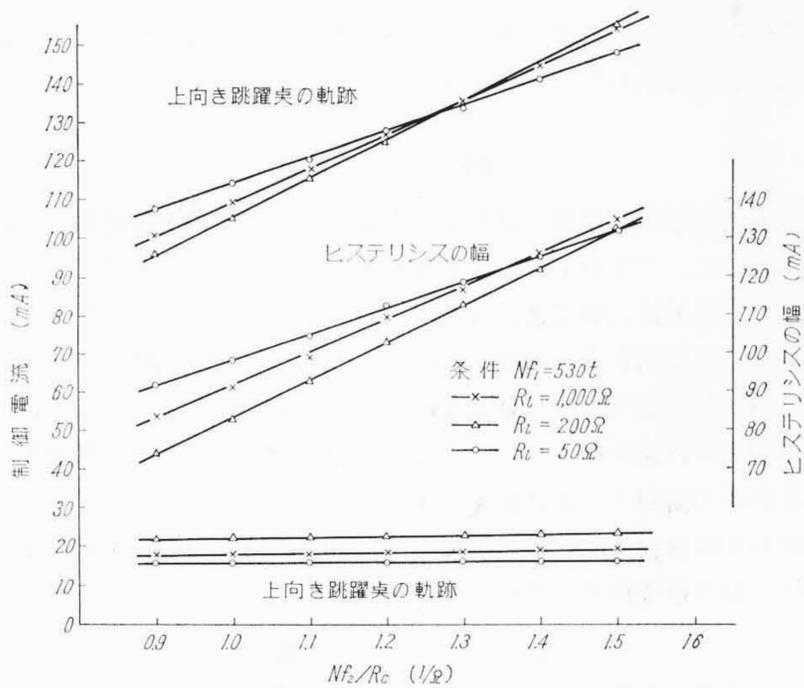
(3) 負荷抵抗 R_l は 50~1,000Ω の間で変化させる。

(4) 静特性および動特性について補償回路をつけない場合と比

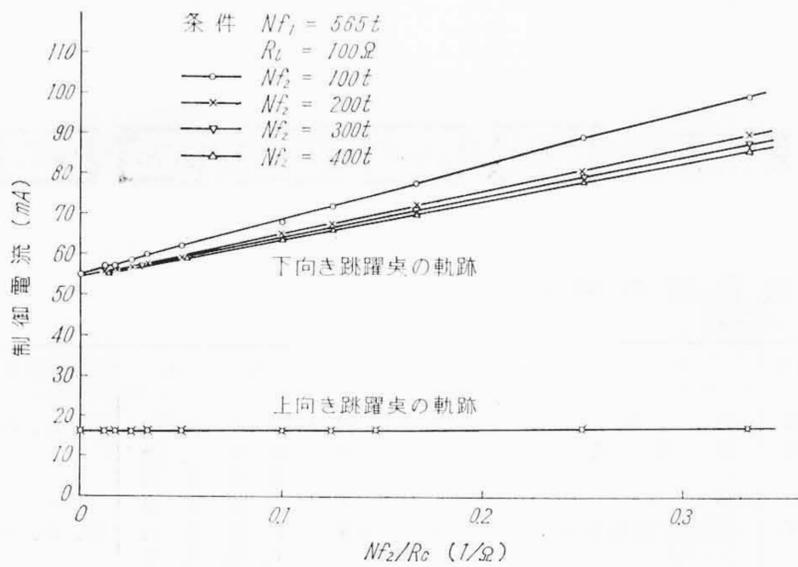
較する

(1), (2), (3)に関する実験回路を第 8 図に、その結果を第 9 図~第 15 図に示す。また、使用した整流器の特性を第 16 図に示す。なお、各巻線の抵抗実測値は第 1 表のとおりである。第 9 図~第 15 図によりほぼ予想どおりの結果が得られていることがわかるが、さらに計算結果と比較してみる。内部抵抗 r_0 には整流器の抵抗が含まれるが、第 16 図から明らかのように整流器の正方向抵抗は電流によって大幅に変動するため r_0 を一義的に定めることができない。ここでは簡単のため整流器の正方向抵抗を零とし、各巻線の抵抗だけから r_0 を、また、(19), (20) 式より N_{f2}/R_c , $N_c I_c h$ を計算した。その結果を第 17 図の点線で示す。

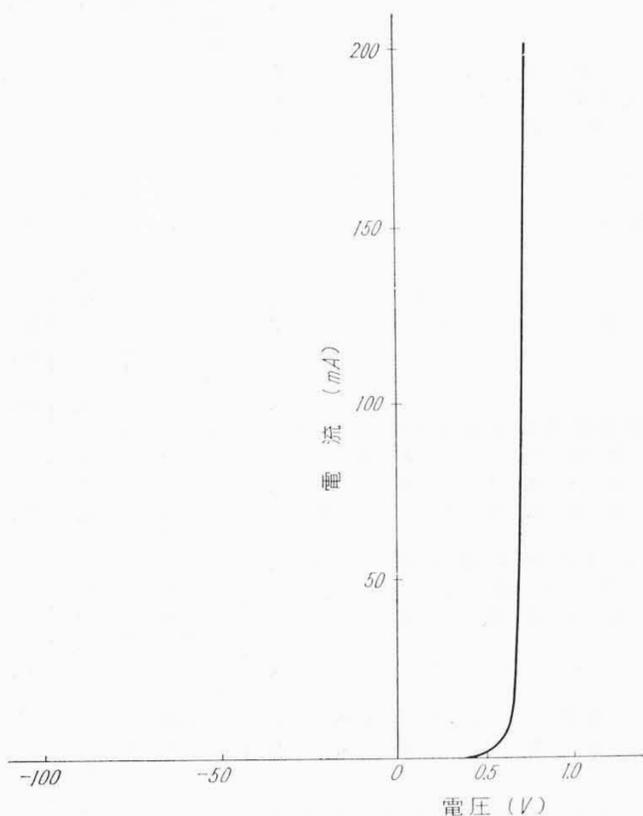
次に第 9 図~第 15 図によりヒステリシス幅がほぼ一定に保たれている場合、すなわち $R_l=50\Omega$ と 200Ω の場合の曲線の交点またはは



第 14 図 N_{f2}/R_c と跳躍点の関係 ($N_{f1}=530t$)



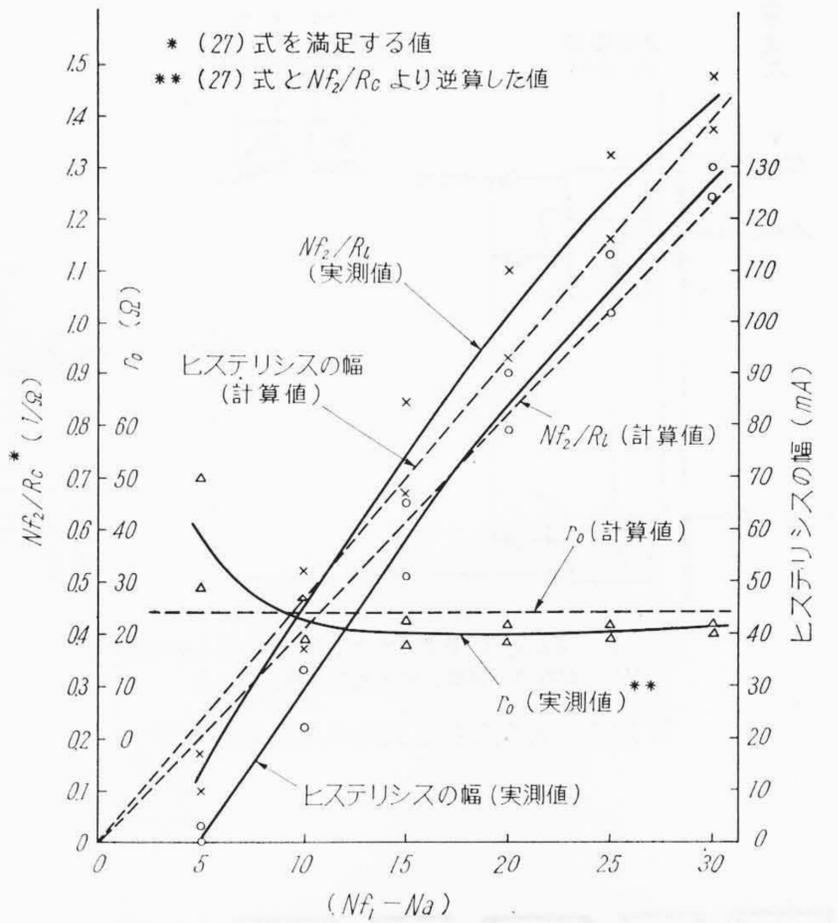
第 15 図 N_{f2} をパラメータとした場合の N_{f2}/R_c と跳躍点の関係



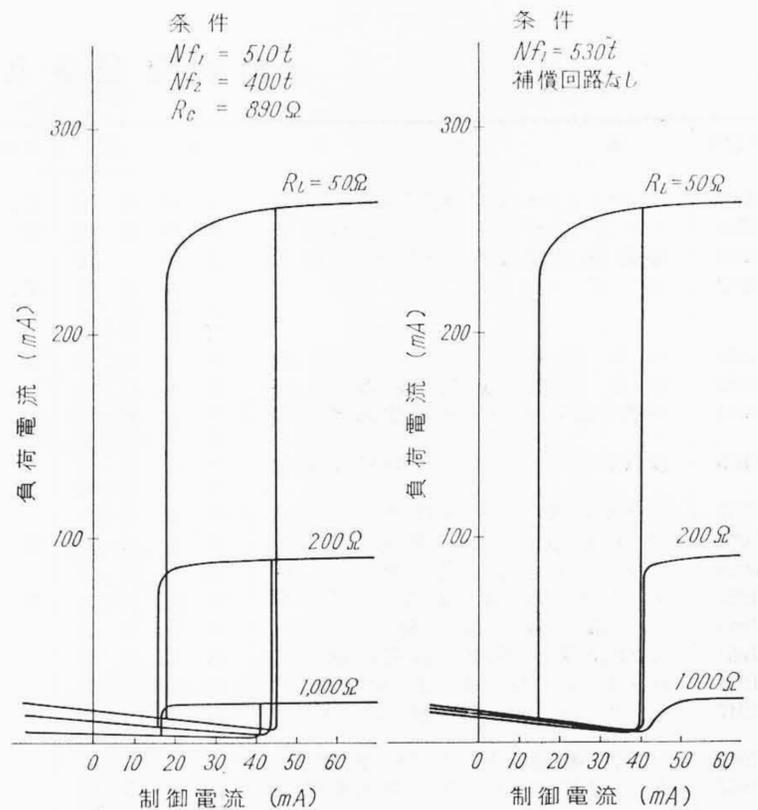
第 16 図 整流器の静特性 (HR-25)

$R_l=50\Omega$ と $1,000\Omega$ の場合の曲線の交点からヒステリシスの幅、およびその場合の N_{f2}/R_c を読んでその結果を第 17 図の実線で示した。

これらと比較してみると、実験結果は大體理論どおりで N_{f2}/R_c



第 17 図 $(N_f - N_a)$ と諸量の関係



第 18 図 補償回路のある場合とない場合の比較

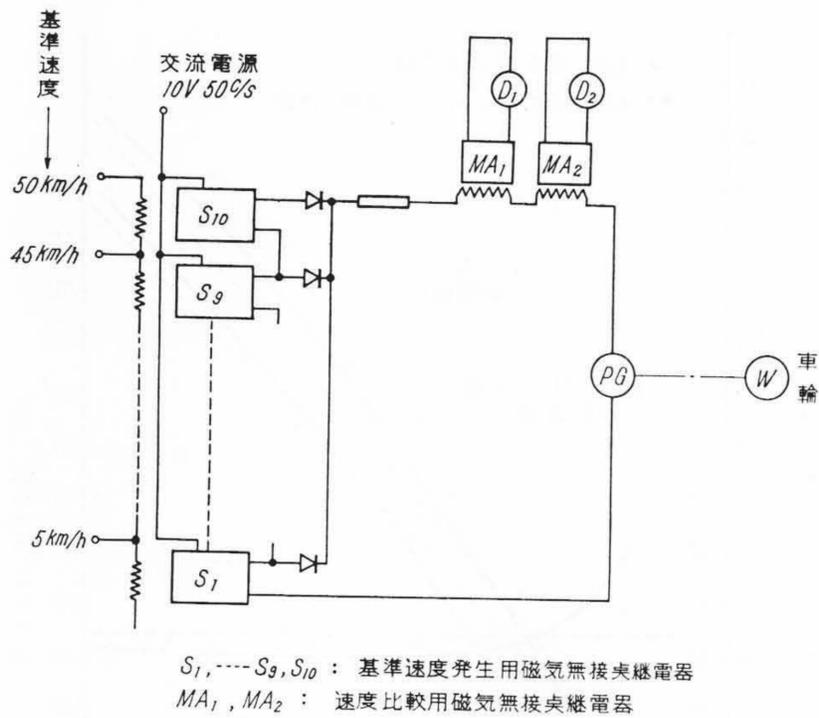
および $N_c I_{ch}$ は $(N_{f1} - N_a)$ に比例することが知られた。

計算結果と実験結果の相違は主として整流器の正方向抵抗が一定でないこと、および鉄心が完全な角形ヒステリシス特性を有していないこと、励磁電流が一定でないことによると考えられる。

補償回路のある場合とない場合を第 18 図の例によって比較すると補償回路の効果が良く知られよう。

補償回路を設けた場合の欠点は N_{f2} なる余分の巻線を必要とすることである。しかし、一般に磁気無接点継電器として用いる場合はヒステリシスの幅はできるだけ小さくすることが多いので $(N_{f1} - N_a)$ 、したがって N_{f2} も割合小さな値になる。また N_{f1} に比べて流れる電流も小さいから小容量の巻線を用いることができる。

以上、基礎実験の結果について述べたが、この磁気無接点継電器を使用して第 19 図に示すようなプログラム制御用基準速度発生装置を試作し、電車等価実験装置により列車のプログラム制御を行な



第 19 図 磁気無接点式基準速度発生装置

ったところ動作は安定確実で、定位置停車のプログラムに対しては停車位置のばらつきは ±50 cm 程度になることが知られた。この結果についてはあらためて報告する。

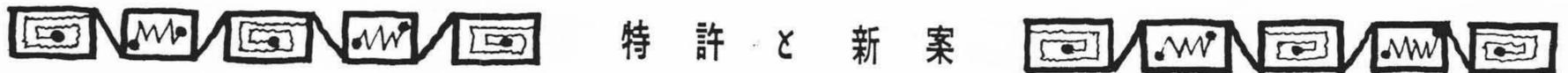
6. 結 言

以上、新形磁気無接点継電器の理論、およびその実験結果について報告した。すなわち、まず外部帰還形磁気増幅器の原理、およびそれを磁気無接点継電器に使用した場合の欠点について明らかにし、これを補償巻線と補償抵抗によって補償する回路について述べ、試作した磁気無接点継電器について実験を行なったところ、予想どおりの性能が得られ、これを応用した列車プログラム制御装置もきわめて満足すべき性能を有することについて述べた。

終わりに本研究に対しご指導を頂いた日立製作所水戸工場の関係各位、日立研究所平田部長に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 木脇, 小野田 他: 連大, 734 (昭 36-4)
- (2) 木脇: 第 4 回自動制御連合講演会, 240 (昭 36-11)



特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許

特許番号	名 称	氏 名	登録年月日	特許番号	名 称	氏 名	登録年月日
300506	エレクトロルミネセンス発光板の発光体層	中村 孔 治	37. 9. 24	301966	応 動 開 閉 器	武 田 政次郎	37. 11. 15
296570	アナログ-デジタル変換方式	前川 敏 明	37. 3. 26	301981	充 電 発 電 機 装 置	森 岡 健 男	"
296576	電磁植打装置の植打監視装置	宮田 賢 賢	"	301983	パ イ プ レ ー タ	西 脇 保 男	"
297692	逆 正 切 計 算 装 置	小 林 榮 二吉也	37. 4. 14	300966	X 線断層撮影用カセット自動送り装置	天 野 素 長	37. 10. 9
298682	回 転 電 機 コ イ ル の 絶 縁	近 村 大 功	"	300967	X線断層撮影装置における截断面自動調整装置	小 野 林 長 平	"
298683	倍 数 型 磁 気 的 計 数 回 路	井 上 利 夫	27. 5. 13	301020	放 電 管 制 御 装 置	小 市 岡 林 三 亨	"
300534	中間周波を重畳する試験回路装置	井 宮 上 下	37. 9. 24	301948	テ レ ビ ジ ョ ン カ メ ラ の 保 護 方 法	大 熊 森 忠 夫	37. 10. 18
300535	液状絶縁物の対コロナ特性試験法	井 宮 上 下	"	301959	ラ ジ オ 放 送 電 波 に よ る 時 計 較 正 方 式	土 井 井 哲 夫	"
300547	磁気増幅器使用の速度サーボ機構	西 見 幸 生	"	301960	ラ ジ オ 放 送 電 波 に よ る 時 計 較 正 方 式	土 井 井 哲 夫	"
301025	誘 導 発 電 機 の 系 統 投 入 方 法	横 井 信 安	37. 10. 18	301069	不 整 歯 々 切 装 置	長 松 岡 清 郎	37. 10. 18
301050	遠 心 振 子 式 調 速 機	大 石 朝 男	"	301098	ク ロ ス ー 式 自 動 交 換 方 式	江 中 森 村 五 郎	"
301953	原 子 炉 制 御 棒 駆 動 装 置	杉 野 榮 美	37. 11. 15	301955	回 転 ス イ ッ チ を 用 いた 中 継 線 選 択 装 置	木 吉 野 上 妻 一 茂	37. 11. 15
301954	制 御 棒 駆 動 装 置	杉 野 榮 美	"	301971	ソ ー ナ ー の 距 離 表 示 方 式	上 野 上 妻 一 茂	"
301964	欠 相 保 護 付 熱 動 型 過 電 流 継 電 器	杉 野 武 夫	"	301980	自 動 回 生 制 動 装 置	高 野 俊 介	37. 11. 15
301984	直 流 電 気 車 駆 動 装 置	山 本 正 雄	"	300962	X 線 管	高 野 俊 介	37. 10. 9
301947	共 重 合 材 料 製 造 方 法	宮 岡 入 真 亀	"	301040	電 子 管 装 置	林 光 成	37. 10. 18
301962	故 障 選 別 表 示 警 報 装 置	森 井 進 郎	"	301083	傍 熱 型 酸 化 物 陰 極 真 空 管 用 ヒ ー タ ー	北 川 賢 司	"
301967	火 力 発 電 機 の 自 動 負 荷 調 整 装 置	小 竹 重 克 樹	"	301086	放 電 管 内 ガ ス 吸 着 方 法	内 田 淳 美	"
301968	火 力 発 電 機 に 対 す る 自 動 負 荷 調 整 装 置	小 竹 重 克 樹	"	301001	半 導 体 素 子 の 製 造 方 法	阿 部 野 地 陽	37. 11. 15
301973	限 流 式 電 力 用 ヒ ュ ー ズ	竹 能 一 利	"	301961	半 導 体 容 量 素 子 の 製 法	大 野 地 陽	"
301049	電 動 交 流 発 電 機 装 置	能 木 信 二	37. 10. 18	301969	合 金 接 合 型 半 導 体 装 置 の 製 法	阿 部 野 地 陽	"
301067	電 動 交 流 発 電 機 装 置	一 木 信 二	"	301970	半 導 体 装 置 の 製 法	大 野 野 地 陽	"
301963	交 直 兩 用 電 車 お よ び 交 流 専 用 電 車 の 保 安 装 置	益 富 文 男	37. 11. 15	301975	半 導 体 装 置 の 製 造 装 置	大 野 野 地 陽	"
301027	車 両 用 腰 掛 水 平 保 持 装 置	大 谷 敬 太 郎	37. 10. 18	301000	試 料 採 取 装 置	小 野 寺 木 名 二 勝	37. 10. 9
301978	暖 冷 房 ユ ニ ッ ト の 自 動 可 変 式 吹 出 グ リ ル	勝 尾 貞 徳	37. 11. 15	301949	熱 伝 導 型 ガ ス 分 析 計 用 検 出 器	岩 淵 芳 雄	37. 11. 15
300956	可 撓 軸 接 手	保 木 延 誠	37. 10. 9	301950	周 波 数 計 測 装 置	山 田 谷 新 博	"
301030	密 閉 封 水 形 電 動 機 付 渦 巻 ポ ン プ	寺 田 昌 史	37. 10. 18	301951	プ ロ グ ラ ム 調 節 計 の 指 標 駆 動 装 置	小 今 井 重 博	"
301037	複 胴 巻 上 機 の 制 動 装 置 及 び ク ラ ッ チ 操 作 装 置	神 尾 昌 史	"	301952	振 幅 差 変 調 波 の 検 波 回 路 の 改 良	阿 部 善 右 衛 門	"
301965	巻 上 機 の 非 常 制 動 装 置	若 森 俊 郎	37. 11. 15	301956	記 録 計 の 記 録 装 置	猿 渡 内 房 吉	"
301972	プ レ ー ト ク ラ ッ チ	小 池 喜 健	"	301958	放 電 記 録 型 計 器	大 木 真 陽	"
301976	流 体 圧 操 作 弁 の 操 作 装 置	高 水 口 保 策	"	301974	ノ ズ ル 支 持 機 構	小 野 寺 信 進	"
301977	斜 坑 用 複 胴 巻 上 機 の 制 動 装 置	水 渡 神 尾 昌 史	"				
301982	水 力 採 炭 装 置	寺 田 昌 史	"				

(85頁へ続く)