

UDC 629.064.5:
629.735.7

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-232

フライングテストベッドの電気系統試験

甲斐忠夫・十河 弘

1972 年 9 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 資 料

TM-191	大型電子計算機プログラムライブラリ	1970年12月	戸川 隼人, 磯部 俊夫
TM-192	極超音速風洞 M9 ノズル校正試験	1971年 1月	長洲 秀夫, 橋本 登穂 穂積 弘一, 松崎 貴至
TM-194	航空機の STOL 性に関する一考察	1971年 1月	田辺 義一
TM-195	曲面壁上の噴流に対する噴出孔形状, 配列の効果について	1971年 1月	西村 英明, 白井 弘 井上 重雄, 三村富嗣雄
TM-196	NAL-16H 型ロケットの研究試作	1971年 1月	宇宙研究グループ
TM-197	二次元煙風洞について	1971年 1月	高橋 宏, 戸田 亘洋 白井 正孝
TM-198	等高線を描かせるプログラム	1971年 1月	磯部 俊夫
TM-199	航空機用ヒータの燃焼器の開発実験	1971年 2月	堀内 正司, 本間 幸吉 矢萩 恵一
TM-202	単発 STOL 実験機に関する研究 —テレメータ実験局の電界強度測定—	1971年 6月	幸尾 治朗, 小野 孝次 矢沢 健司, 塚野 雄吉
TM-203	固体ロケットの比推力測定の標準化	1971年 6月	五代 富文, 岡部祐二郎 清水 昭紀, 伊藤 克弥 西村 久男
TM-204	サーボ機構の過渡応答改善用デジタル コントローラについて	1971年 7月	小川 鉰一, 島村 正人
TM-205	自由飛行模型 FFM-10 の動安定微係数の 推定について	1971年 7月	河崎 俊夫, 河本 巖
TM-206	静止衛星の軌道保持シミュレーションシ ステムの構成 (I) —地球の重力場による摂動—	1971年 8月	松島 弘一
TM-207	対称スピン衛星用ニューテーション・ダ ンパの解析	1971年 9月	村上 力, 狼 嘉彰
TM-208	薄板継手構造の強度座についての実験 —接着およびリベット継手—	1971年11月	池田 為治, 熊倉 郁夫 竹内 和之
TM-209	試作接着面応力センサの校正試験	1971年11月	大竹 邦彦, 遠藤 修司 野口 義男
TM-210	小型加速度計による風洞模型姿勢角の測 定	1971年12月	原 亘利
TM-211	軽量ジェットブースト STOL の一検討	1971年12月	西村 博史
TM-212	原動機部要素試験設備用消音装置の特性 試験	1972年 1月	鳥崎 忠雄, 小林 実
TM-213	フライングテストベッド空気系統試験	1972年 2月	田辺 義一, 小暮 泰之 川崎 純男
TM-214	フライングテストベッド燃料系統試験	1972年 2月	田辺 義一, 小暮 泰之 川崎 純男
TM-216	安定板を有する固体ロケットの操舵要求 軽減法	1972年 2月	大石 晃, 山中 龍夫 冠 昭夫
TM-217	フライングテストベッド自動安定装置性 能試験 (I) —製作時性能試験—	1972年 7月	小川 敏雄, 甲斐 忠夫 十河 弘, 増原 恢
TM-218	フライングテストベッドの自動安定装置 性能試験 (II) —実験前性能試験—	1972年 7月	小川 敏雄, 甲斐 忠夫 十河 弘, 増原 恢
TM-219	フライングテストベッドの脚性能試験	1972年 5月	渋谷 昭義, 川崎 純男
TM-220	フライングテストベッドのテレメータ性 能試験	1972年 5月	小野 幸一, 十河 弘 池上 博
TM-221	ロケット模型の動安定微係数の測定	1972年 5月	谷 喬, 高島 一明 関根 英夫, 中村 正剛

フライングテストベッドの電気系統試験*

甲斐忠夫**・十河 弘***

まえがき

航技研フライングテストベッド（以下 FTB と称す）の電気系統¹⁾は、空気タービン、発電機により発電された電気を、燃量・エンジン系統、油圧系統、計器装備、警報灯、指示灯、自動安定装置、操縦系統などに供給し、機能の中枢神経の役割をはたしている。したがって、この電気系統は上記系統に確実に電気を供給することが重要であり、このため特に発電機故障時には補助バッテリーへ自動的に切り換わるという機能補償システムを備えている。このような背景に基づいて FTB 完成時の電気系統に対しては、部品検査や機器の作動確認を入念に行なうとともに、この発電機の性能確認を重点項目として採り上げ一連の試験を行なった。

また自由飛行を控えて、警報システムを統一するためにエンジン滑油滴下指示灯を滴下警報灯に改めたが、これは重要な機能変更となるのでこれに対しても試験を行なった。

本報告では、上記二つの試験について述べる。

1. FTB の電気系統

一般に、電気系統は発電、配電およびその電気を利用する負荷系統からなる。FTB の電気系統を系統図で図 1、2 におよび補償回路図を図 3(a)、(b) に示す。図 3(a)、(b) で示される回路変更はインバータ変更によるインバータ入力条件が 30 V～24 V DC から 30 V～20 V DC に変わったためである。直流電源系統、燃料エンジン系統、計器・計器電源系統、警報灯・指示灯系統、および操縦系統の各回路の詳細図は

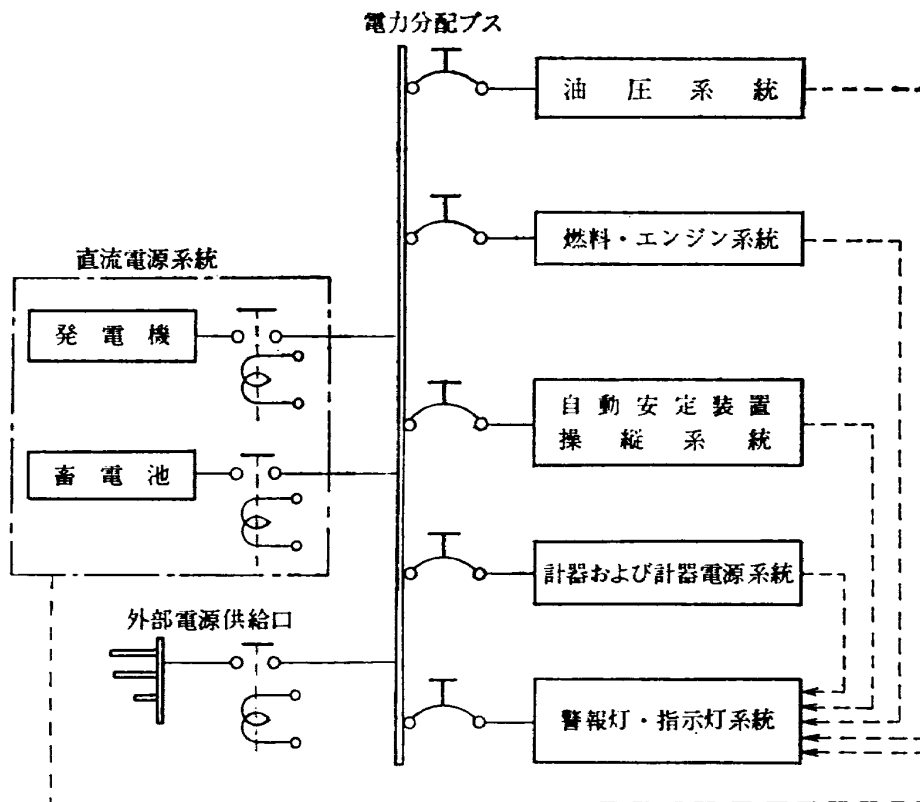


図 1 電気系統図

* 昭和 47 年 3 月 23 日受付

** 新型航空機部

*** 富士重工業株式会社

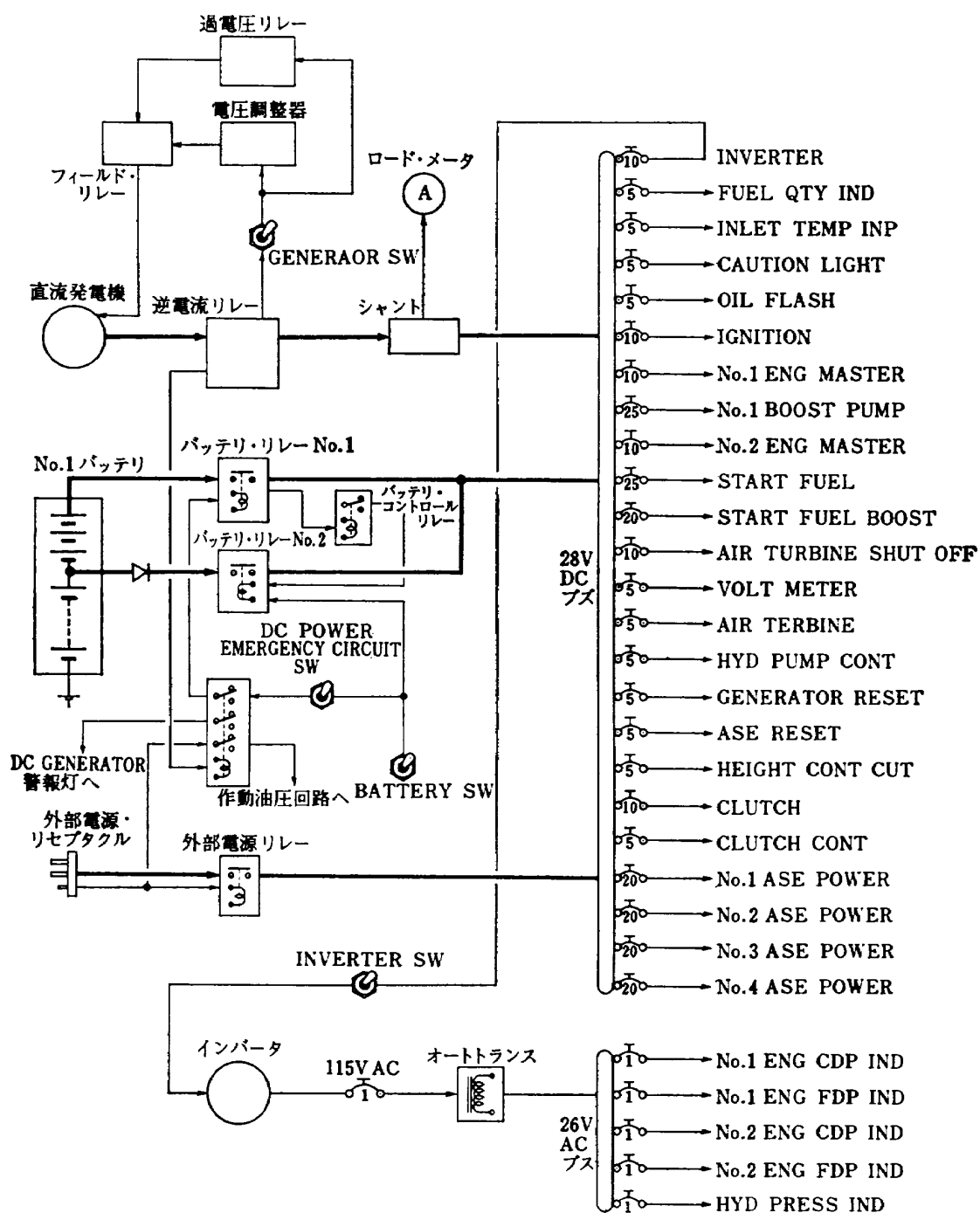


図 2 電気系統全体図

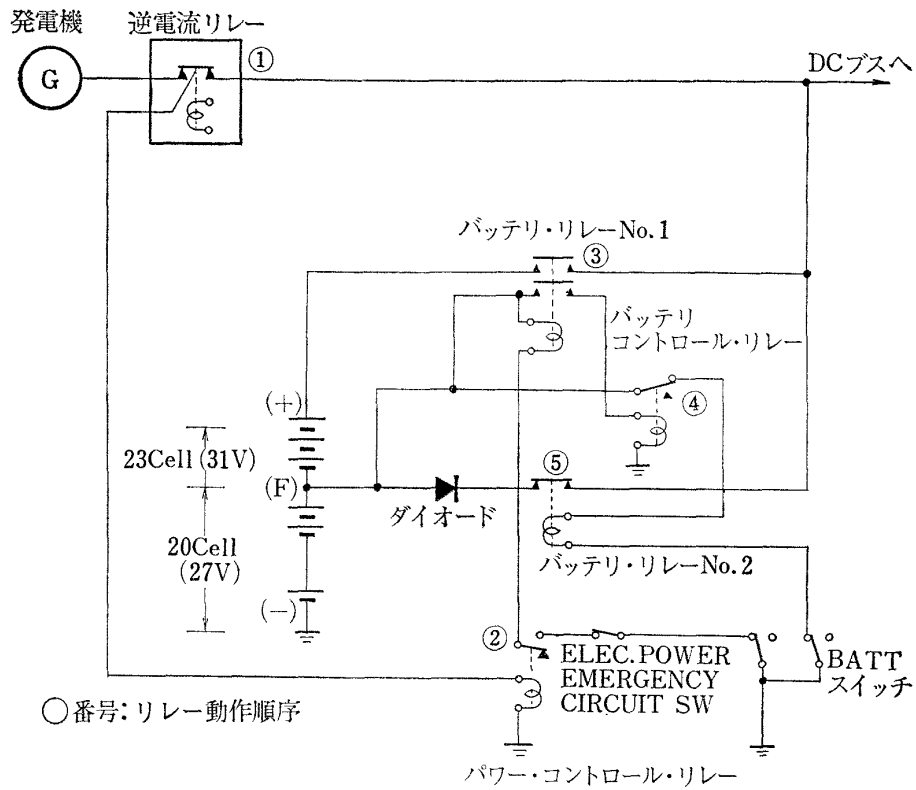


図 3 (a) 機能補償 (発電機-バッテリー) 回路
(第1次～第4次実験時)

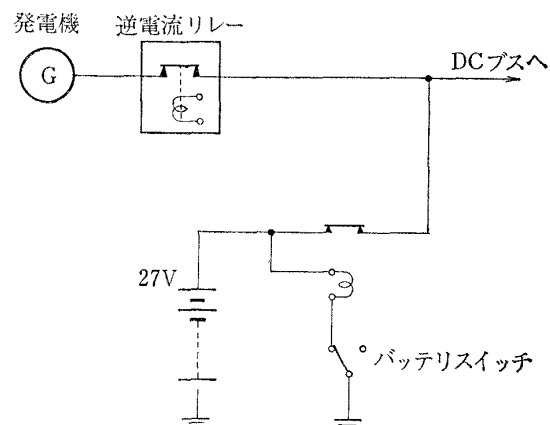


図 3 (b) 機能補償 (発電機-バッテリー) 回路
(第5次および第6次実験時: イン
バータ変更による)

付図 1～5 に示す。

2. 発電系統試験

この試験は FTB の電気系統が正常に作動することを確認するとともにその特性に関するデータを得ることを目的として、昭和 42 年 2 月 13 日富士重工業(株)宇都宮製作所において実施された。試験項目は発電機バッテリー系*の機能補償を含めて発電機に要求される性能条件中、たとえば FTB の運用状態における負荷変動に対する特性、あるいは発電機故障時のバッテリーへ切り換わる過渡特性に関する要求等から以下の項目が行なわれた。要求条件も併記する。

- (1) 発電機設定電圧の決定：設定電圧は $28.5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$ とする。
- (2) 電圧調整：全負荷から無負荷に至る間の電圧変動は 2 V 以内とする。
- (3) リップル電圧：この電圧は 2.1 V 以内とする。
- (4) 負荷変化時の過渡特性
- (5) 発電機故障時の過渡特性およびバッテリー放電特性：電圧降下 24 V 迄 30 秒以上とする。
- (6) 電圧調整器の電圧決定

試験対象の回路構成を図 4 に示す。試験準備として、バッテリー充電、発電機テストスタンド²⁾、**への設置および図 4 の配線を行なう。機上側回路の各構成要素の説明は参考文献 1) を参照のこと。地上側としては負荷としてのロード・バンクおよび記録用の配線を行なった。

2.1 供試機器、および試験器材

発電系統の主要構成部品としては次のものがある。

名 称	数 量
リレボックス	1
バッテリー	2
発 電 機	1
フィールドリレ	1
電圧調整器	1

試験器としては航空機用の発電機テストスタンド²⁾を用いた。

2.2 試験方法

試験方法の概略を以下に示す。

* 発電機 30 V , 6 kW バッテリー 29 V , 34 AH
詳細は文献 1), 55 頁参照

** 駆動用電動機、調整パネルおよびロード・バンクよりなる。詳細は文献 2), 59 頁参照。

(1) 発電機設定電圧の決定

- (a) バッテリー電圧測定（フローティング端子開放電圧）
- (b) 発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$, バッテリースイッチ ON, 緊急回路スイッチ OFF の状態で、無負荷にて発電機電圧を電圧調整器により徐々に上げ逆電流リレー主接点が ON になる電圧を測定する。次にこの状態で 90 A の負荷電流をかけた時の電圧を測定する。
- (c) 上記無負荷時の電圧と 90 A 負荷電流時の電圧を比較し、いずれか高い方の電圧を次の電圧計算に使用する。
- (d) 上記(c)の電圧プラス 0.2 V を発電機設定電圧とし、これを本試験の定格電圧とする。この電圧が 28.5 V 以下の時は 28.5 V を設定電圧とする。

(2) 電圧調整

発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ にて全負荷電流 90 A , $1/2$ 負荷電流 45 A および無負荷時の発電機電圧の変化を測定する。

(3) リップル電圧測定

定格電圧、全負荷電流 90 A および発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ における発電機のリップル電圧を測定する。

(4) 負荷変化時の過渡特性

定格電圧、全負荷電流 90 A および発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ にて運転中 10 A 負荷電流、 20 A 負荷電流および 40 A 負荷電流をそれぞれ OFF にした時の負荷端子電圧、発電機電流をペン書きオシログラフ、電圧計および電流計により測定する。

(5) 発電機故障時の過渡特性およびバッテリー放電特性

(a) 定格電圧、全負荷電流 90 A および発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ にて運転し、発電機電圧を電圧調整器により徐々に上げて行き過電圧リレー作動時の負荷端子電圧、発電機電流およびバッテリー放電電流を電磁オシログラフ、電圧計および電流計にて測定する。

(b) 定格電圧、全負荷電流 90 A および発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ にて発電機を運転している状態で発電機を停止し、バッテリーへの切り換えの状態およびバッテリーの放電特性を電磁オシログラフ、電圧計、電流計およびストップウォッチにて測定する。

(6) 電圧調整器の設定

全負荷電流 90 A , 発電機回転数 $8,500\text{ rpm}$ にて運転しながら、発電電圧を (1), (d) 項で求めた設定電圧に設定する。

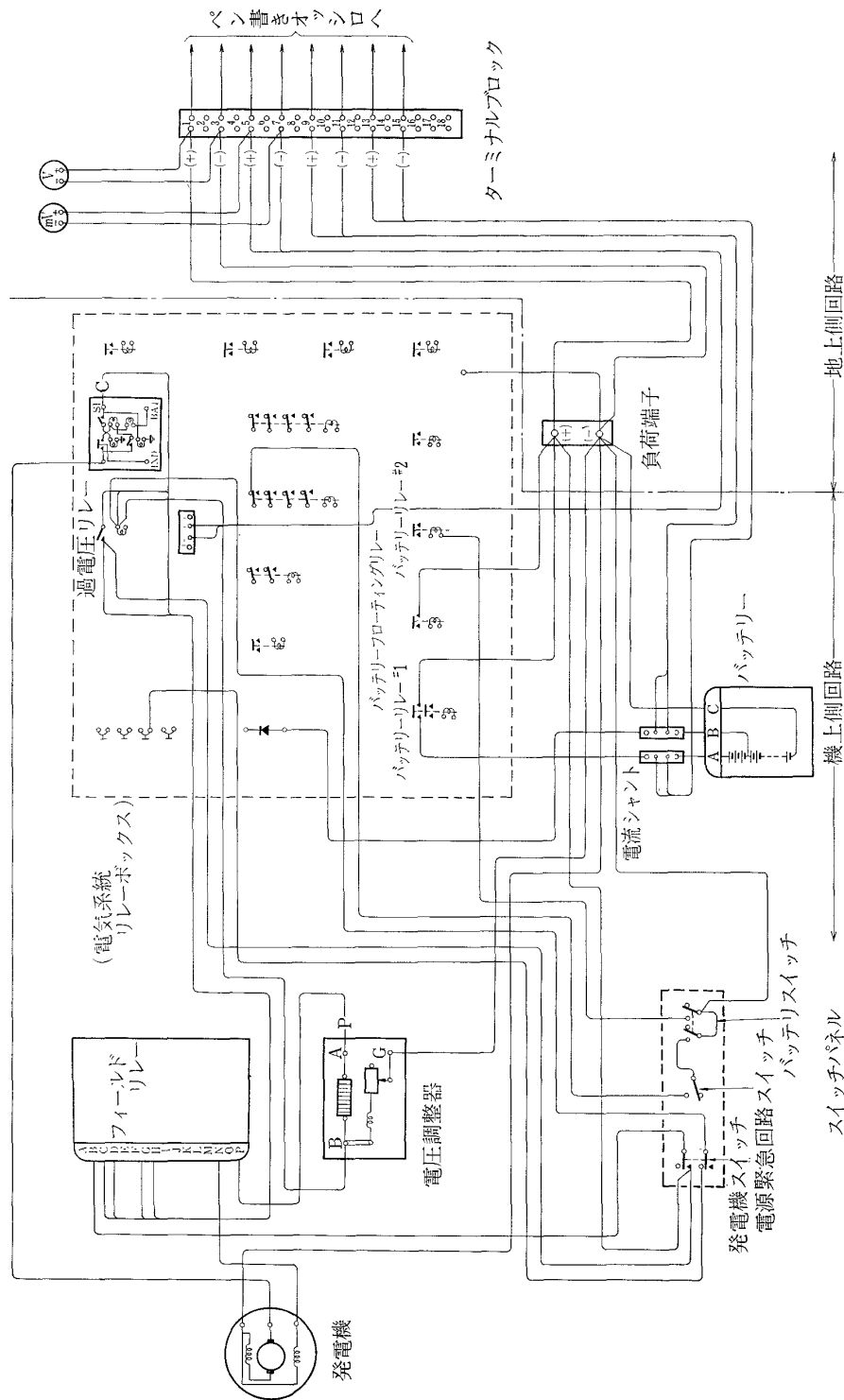


図4 FTB電気系統試験回路図
(電気系統リレボックスの内部結線は省略)

2.3 試験結果

(1) 発電機設定電圧の決定

(a) バッテリ電圧の測定

項 目 \ バッテリ	No. 1	No. 2
+端子開放電圧	31.3 V	30.0 V
フローティング端子開放電圧	28.5 V	27.2 V
バッテリーの状態	充電後 1.5 Hr	充電後 2 days

(b) 逆電流リレー主接点 ON の電圧

項 目 \ 使用バッテリー	No. 1	No. 2
逆電流リレー主接点 ON の電圧* (無負荷)	28.0 V	26.7 V
負荷電流 90 A 時の測定 発電機電圧**	28.18 V	26.8 V
次項(c)の使用電圧 (* または ** のどちらか高い方をとる)	28.2 V	26.8 V

(c) 発電機設定電圧の決定

項 目 \ 使 用 バッテリー	No. 1	No. 2	要 求 値
(b) 項の電圧 +0.2 V	28.4 V	27.0 V	
発電機設定電圧の 決定	28.5 V	28.5 V	28.5±0.5 V

(2) 電圧調整

負荷条件 \ 出力電圧	出力電圧	要 求 値
負荷電流 90 A	28.5 V	変動 2 V 以 内
負荷電流 45 A	28.5 V	
無 負 荷	28.5 V	

(3) リップル電圧の測定

リップル電圧測定値	規 定 値
0.057 V	2.1 V 以下

(4) 負荷変化時の過渡特性

定常値 \ 負荷電流	電 圧	電 流	過渡電圧
90 A	28.6 V	90.5 A	図 5 参 照
80 A (10 A OFF)	28.6 V	79.0 A	
70 A (20 A OFF)	28.6 V	68.0 A	
50 A (40 A OFF)	28.6 V	46.5 A	

(5) 発電機故障時の過渡特性およびバッテリー放電特性

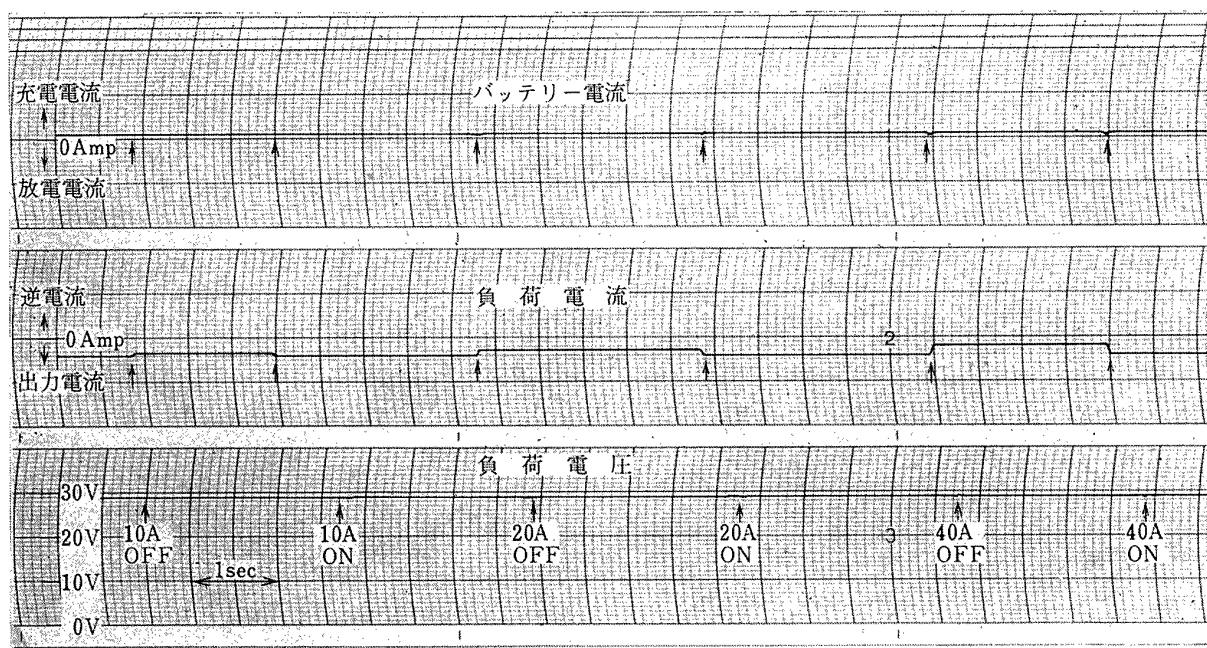


図 5 負荷変化時の過渡特性

(a) 過電圧時の過渡特性

過電圧リレー作動電圧	過渡特性
33.2 V*	図 6 参照

単体試験の結果リレー作動電圧は 31.5 V であることを確認

(b) 電圧低下時の過渡特性

項目	使用バッテリー	No. 1	No. 2
バッテリーに切替えた時の電圧		24.2 V	24.5 V

過渡特性測定結果 図 7 (a), (b) 参照

(c) 発電機よりバッテリーに切り換わる電圧

項目	使 用 バ ッ テ リ	No. 1	No. 2	要 求 値
切り換わる電圧		25.0 V	25.2 V	24 V 以上

(d) バッテリー放電特性

バッテリー放電特性の時間履歴を図 8 に示す。

(6) 電圧調整器の設定

(1) 項の結果より電圧調整器の設定電圧は 28.5 V に設定した。

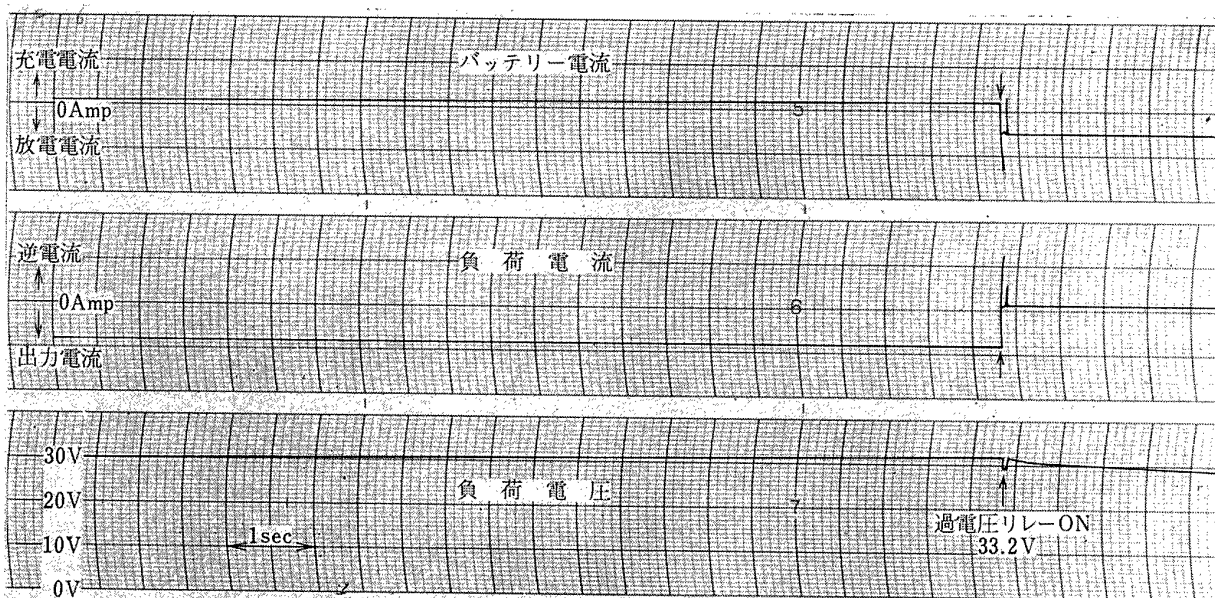


図 6 過電圧リレー過渡特性

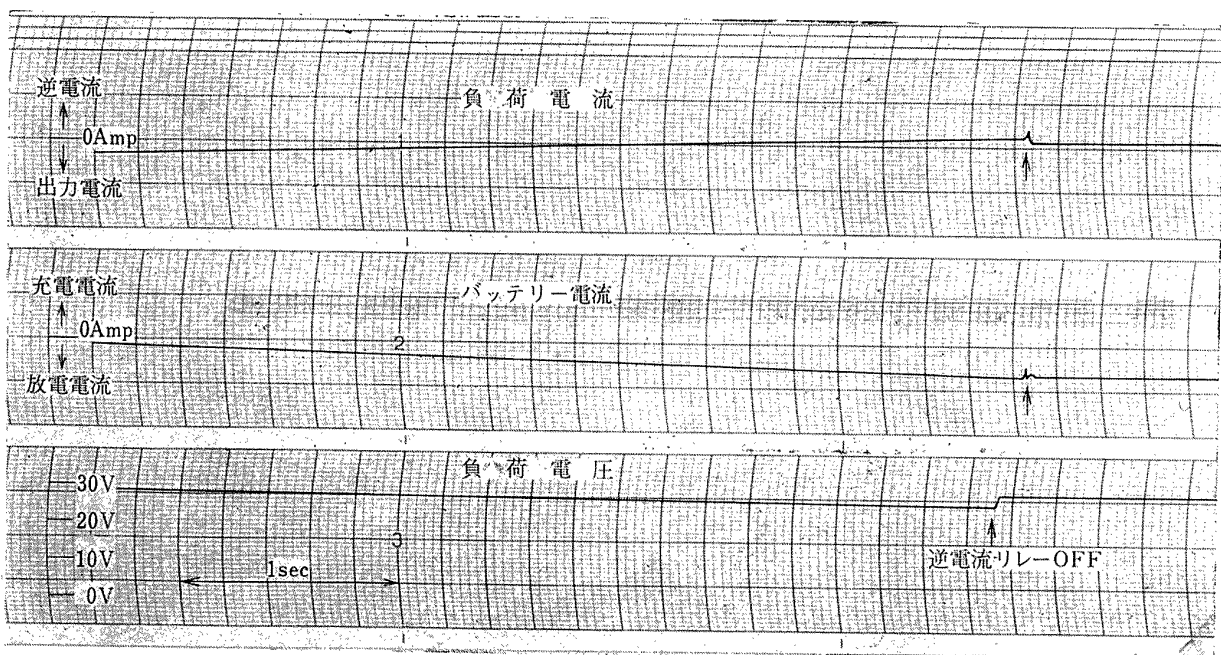


図 7 (a) 発電機故障時の過渡特性およびバッテリー放電特性 (No. 1 バッテリー)

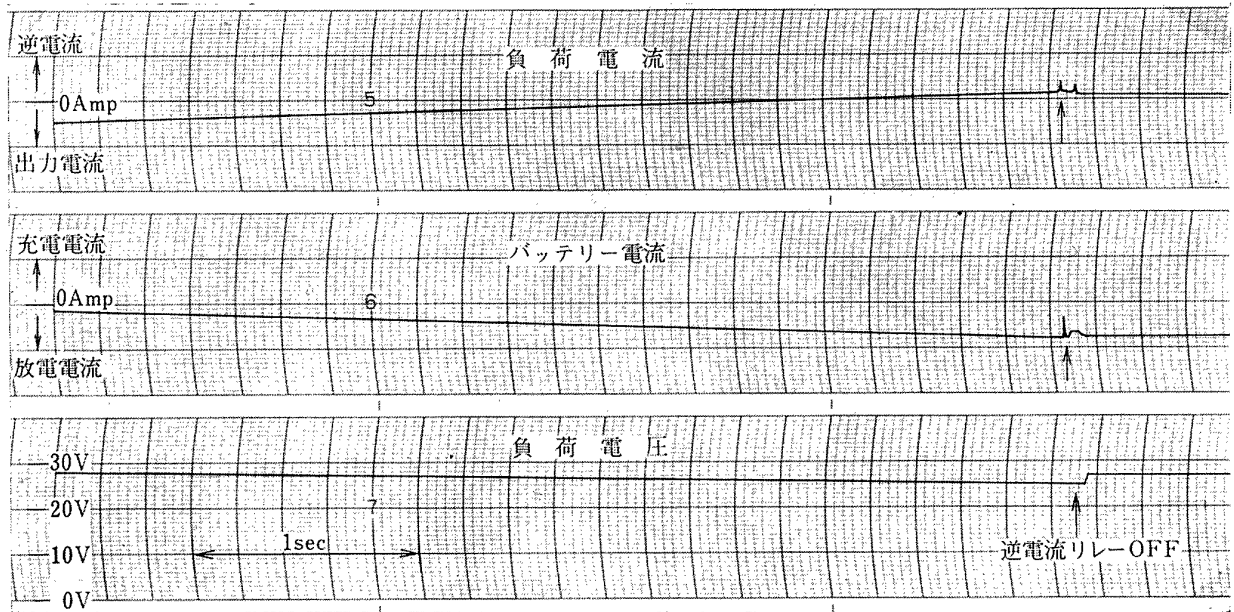


図 7 (b) 発電機故障時の過渡特性およびバッテリー放電特性 (No. 2 バッテリー)

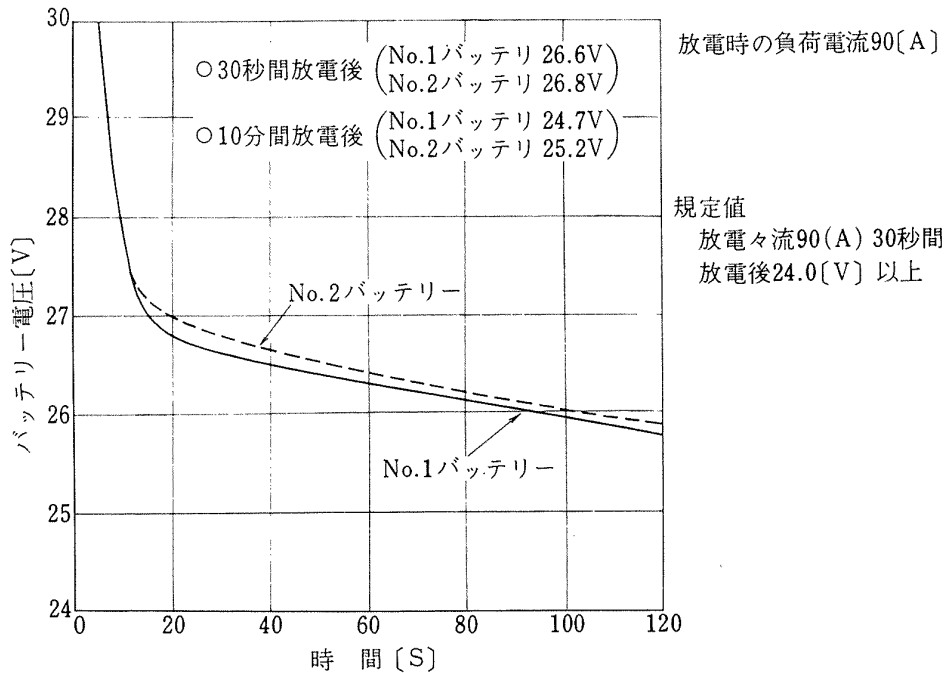


図 8 バッテリーの放電特性

3. エンジン (E/G) 滑油滴下警報灯試験

エンジン滑油滴下装置は、エンジン主軸受に滑油を供給する装置である。この装置の警報灯は滑油がある時間間隔で滴下していれば点灯しない。その時間間隔が定められた時間以上になると故障とみなされ、警告を与える。FTB ではこの時間間隔は約 40 ± 10 秒に設定してある。

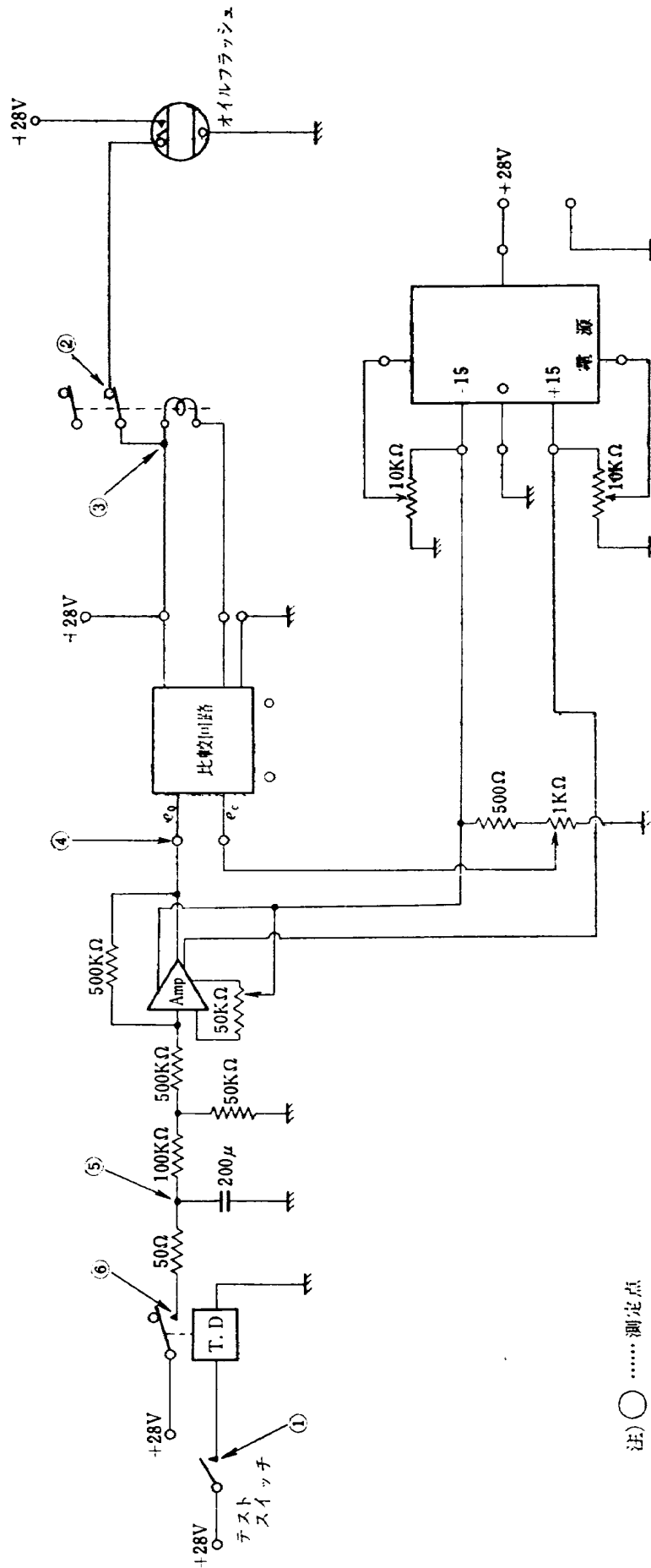
試験は昭和 45 年 11 月 17 日、富士重工業 (株) 宇都宮製作所において実施された。この試験項目は次の

通りである。

- (a) 作動確認試験
- (b) 時間経過の影響
- (c) 電源電圧変化の影響

3.1 試験対象

試験対象となる警報検出回路図を図 9 に示し、この試験回路図を簡単に説明すると、滑油滴下相当信号のパルス信号 (測定点①: テストスイッチの動作) によって、遅延回路を動作させコンデンサ充電を行ない、その後 CR 回路を通して放電させる。この符号変換さ



注) ○ 測定点

図9 清油滴下警報回路試験図

れた放電電圧 e_0 と設定電圧 e_e とを比較し、その符号によって比較回路内部のリレーを動作させ測定点②のリレーを ON させ滑油滴下警報灯を点灯させる。設定電圧 e_e を滑油滴下信号入力瞬間からの経過時間 (FTB では約 40 sec) 後の計算電圧 e_0 に設定すれば、次の滑油滴下信号が定められた時間内に入らなければ警報灯は点灯する。

3.2 試験内容

(a) 作動確認試験

No. 1, No. 2 エンジン滑油滴下警報回路にパルス入力を印加し警報灯が点灯するまでの時間が 40 ± 10 sec であることを確認する。

(b) 時間経過に対する作動確認

滑油滴下警報装置の特性が時間経過 (15 min, 30 min, 60 min) に対して大きく変動しないことを確認する。

(c) 電源電圧変化に対する作動確認

滑油滴下警報装置の電源電圧を変化させたとき (28 V, 26 V, 30 V) の作動確認を行なう。

3.3 試験結果

試験結果のまとめおよびデータ記録を図 10～図 15 に示す。

(a) 滑油滴下警報装置の作動確認

データ記録を図 10～11 に示す。

回 路	点 灯 時 間
No. 1 E/G オイル・フラッシュ警報回路	39.5 sec
No. 2 E/G オイル・フラッシュ警報回路	39.5 sec

(b) 時間経過に対する作動確認

データ記録を図 12～13 に示す。

時 間 経 過	点 灯 時 間
15 min	40.0 sec
30 min	39.5 sec
60 min	40.0 sec

(c) 電源電圧変化に対する作動確認

データ記録を図 14～15 に示す。

電 源 電 圧	点 灯 時 間
26 V	37.0 sec
28 V	39.5 sec
30 V	32.0 sec

4. ま と め

この電気系統試験により発電機の電圧設定、負荷変動等に対する作動確認を行なった。また、エンジン滑油滴下警報灯に関しても十分信頼性をもって作動することを確認した。

おわりに、富士重工業 (株) 関係諸氏の御協力によって行なわれたことを付記し、謝意を述べる。

参 考 文 献

- 1) 新型航空機部：フライングテストベッドの計画，航技研報告 TR-154 (1968/5)
- 2) 日本航空整備協会：航空工学講座 V 航空機電気装備 (1967)
- 3) 滝沢直人他：フライングテストベッドの機体総合実験 航技研報告 TR-276 (1972/2)

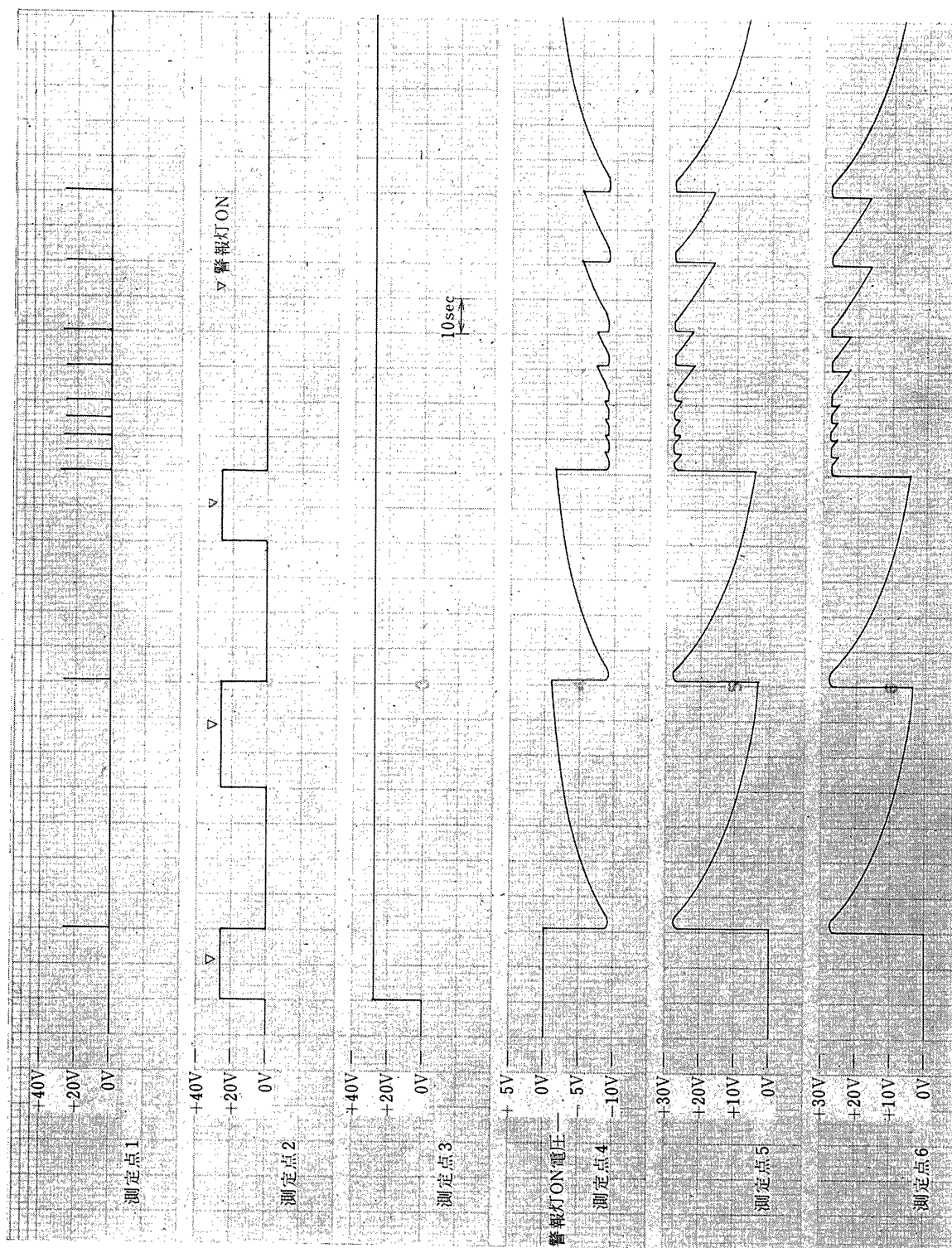


図 10 No. 1 滑油滴下警報作動試験 (時間測定)

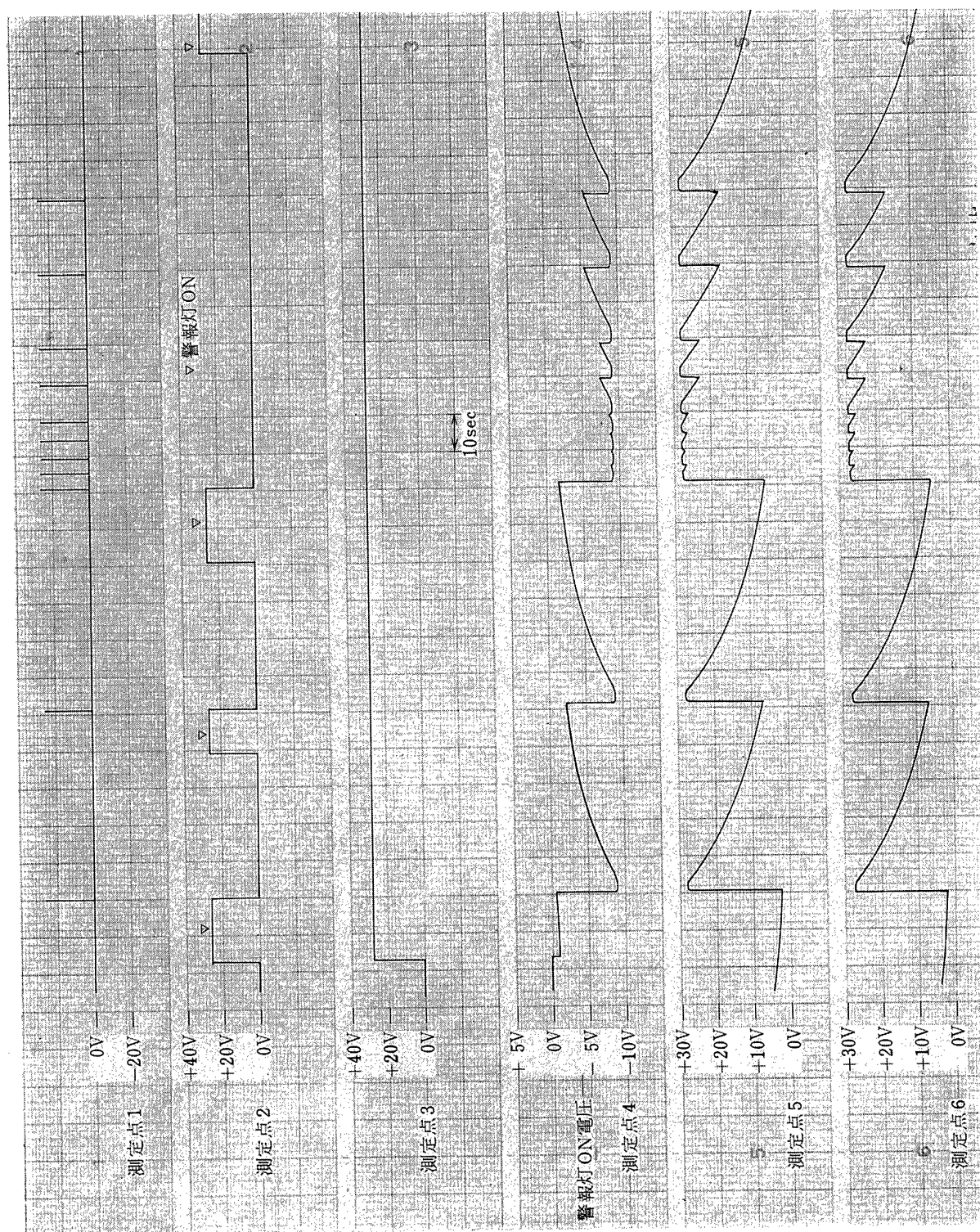


図 11 No. 2 滑油滴下警報作動試験 (時間測定)

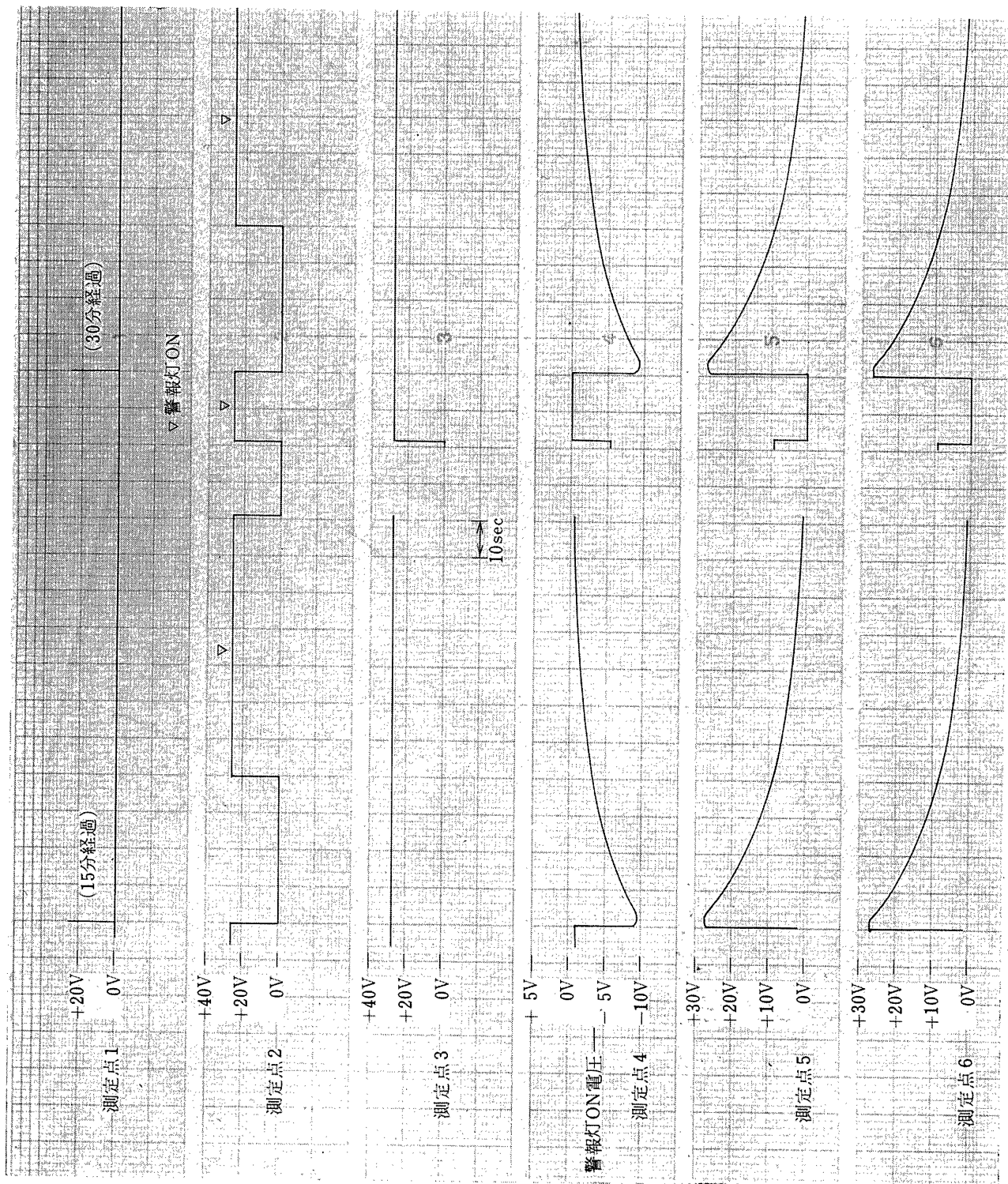


図 12 滑油滴下警報作動試験 (経時特性)

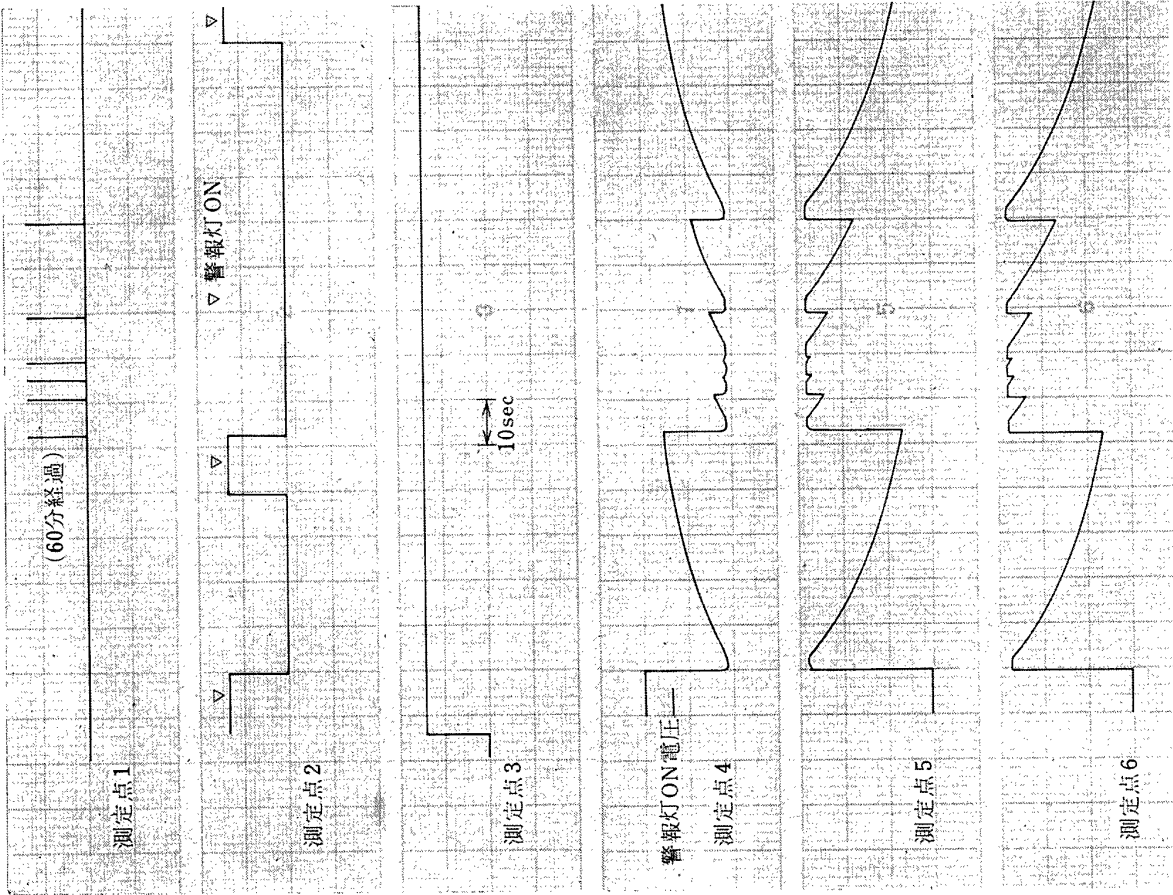


図 13 滑油滴下警報作動試験 (経時特性)

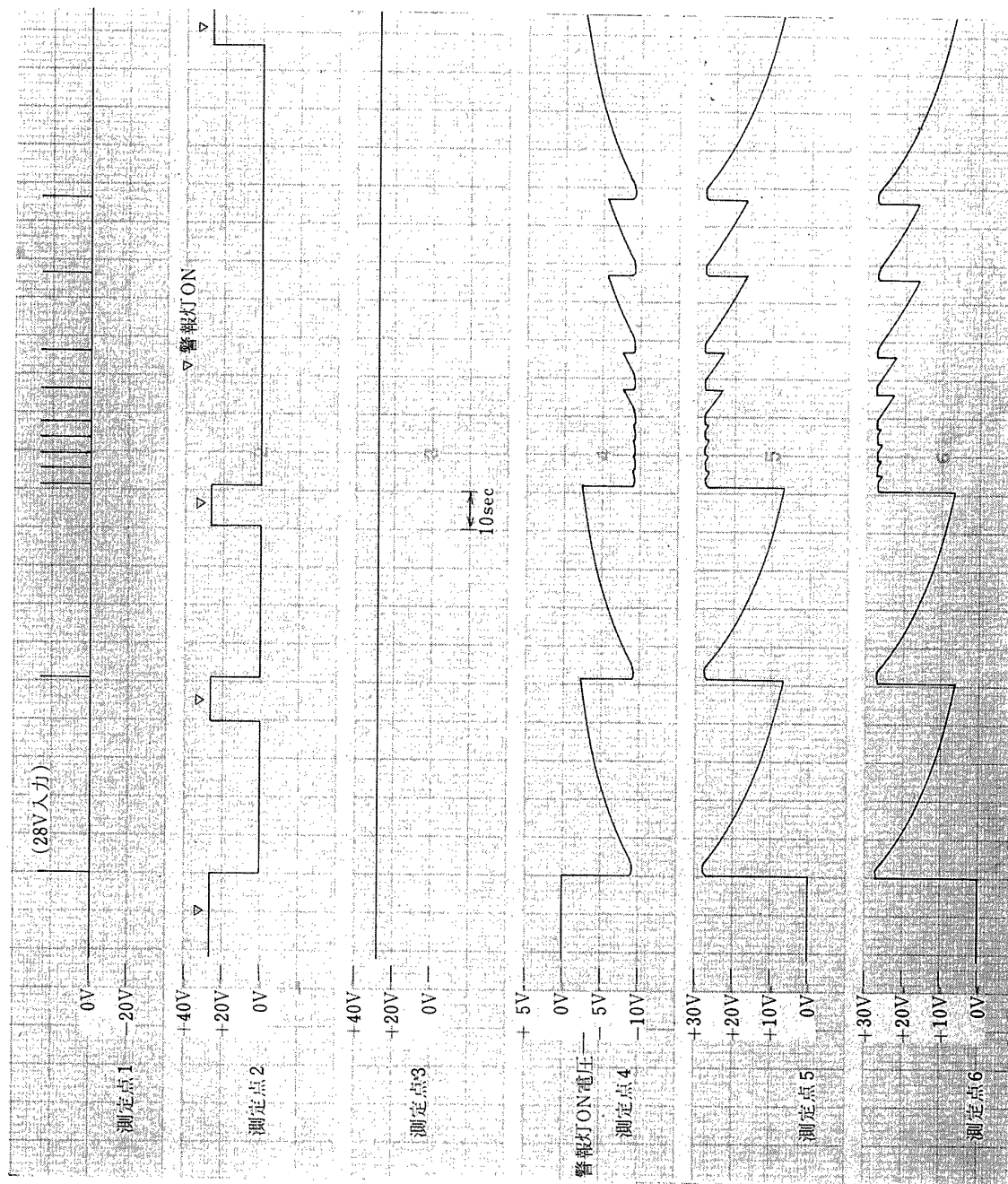


図 14 滑油滴下警報回路作動試験 (電圧変動特性)

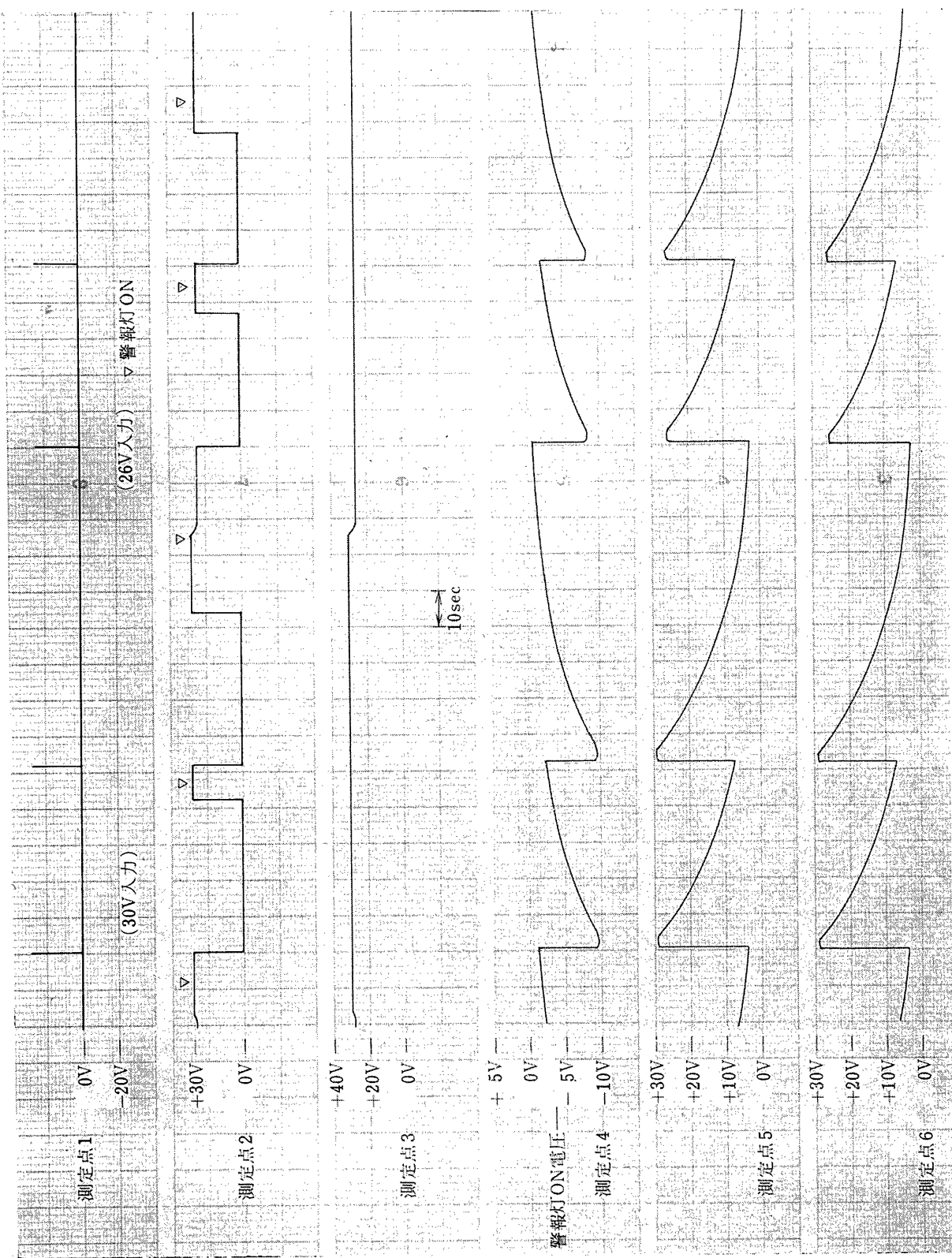
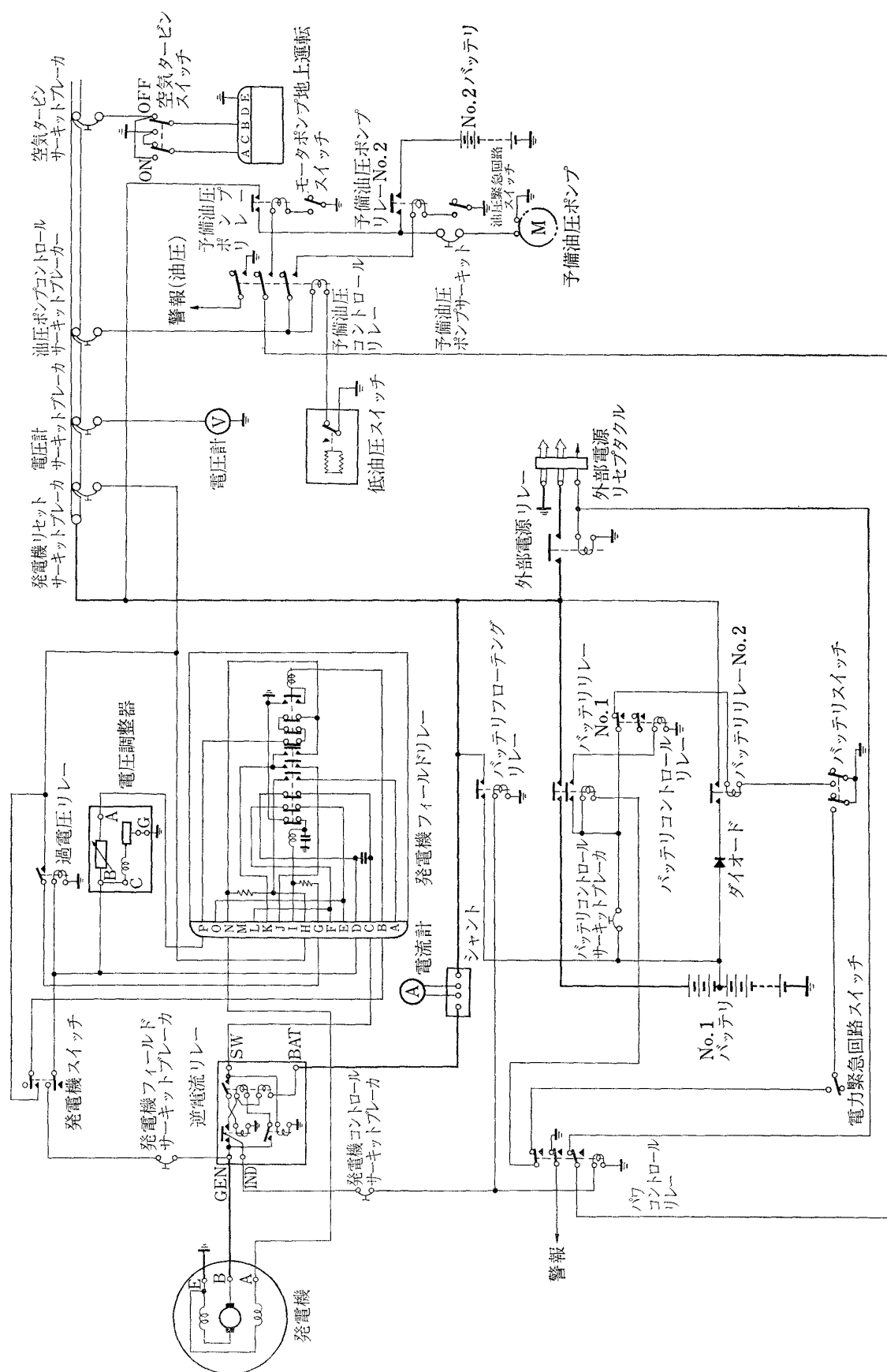
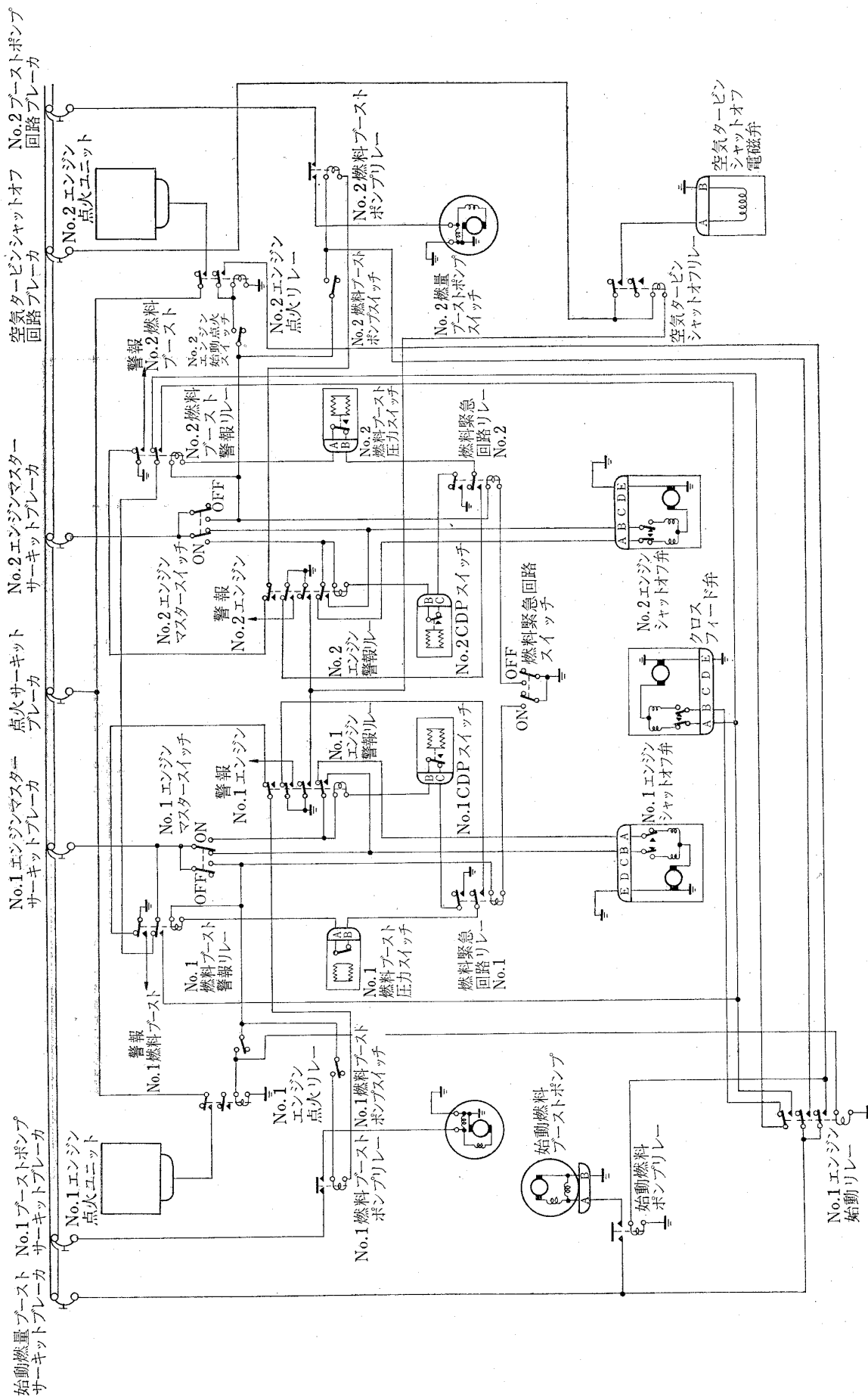


図 15 滑油滴下警報回路動作試験 (電圧変動特性)

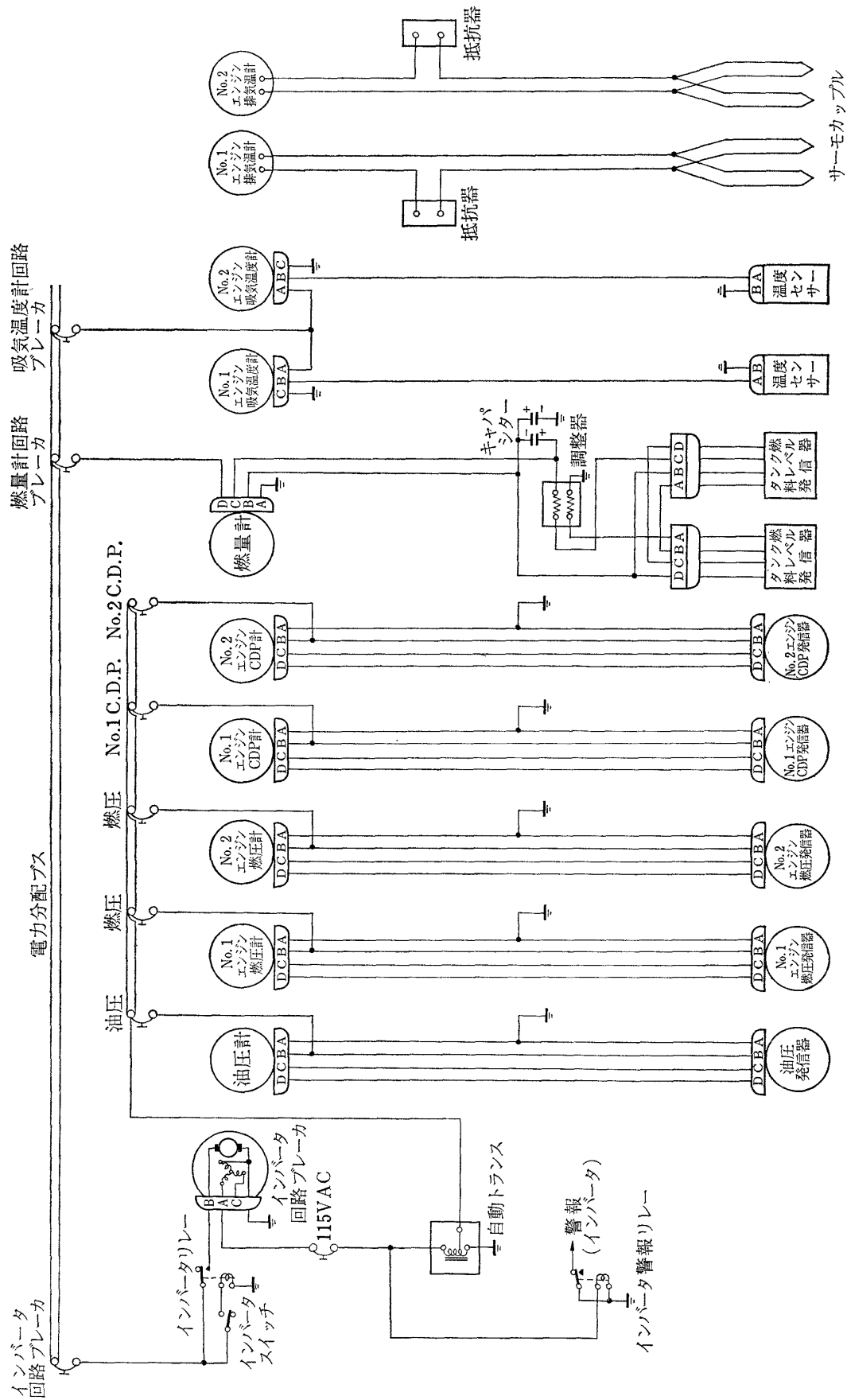
電力分配ブス



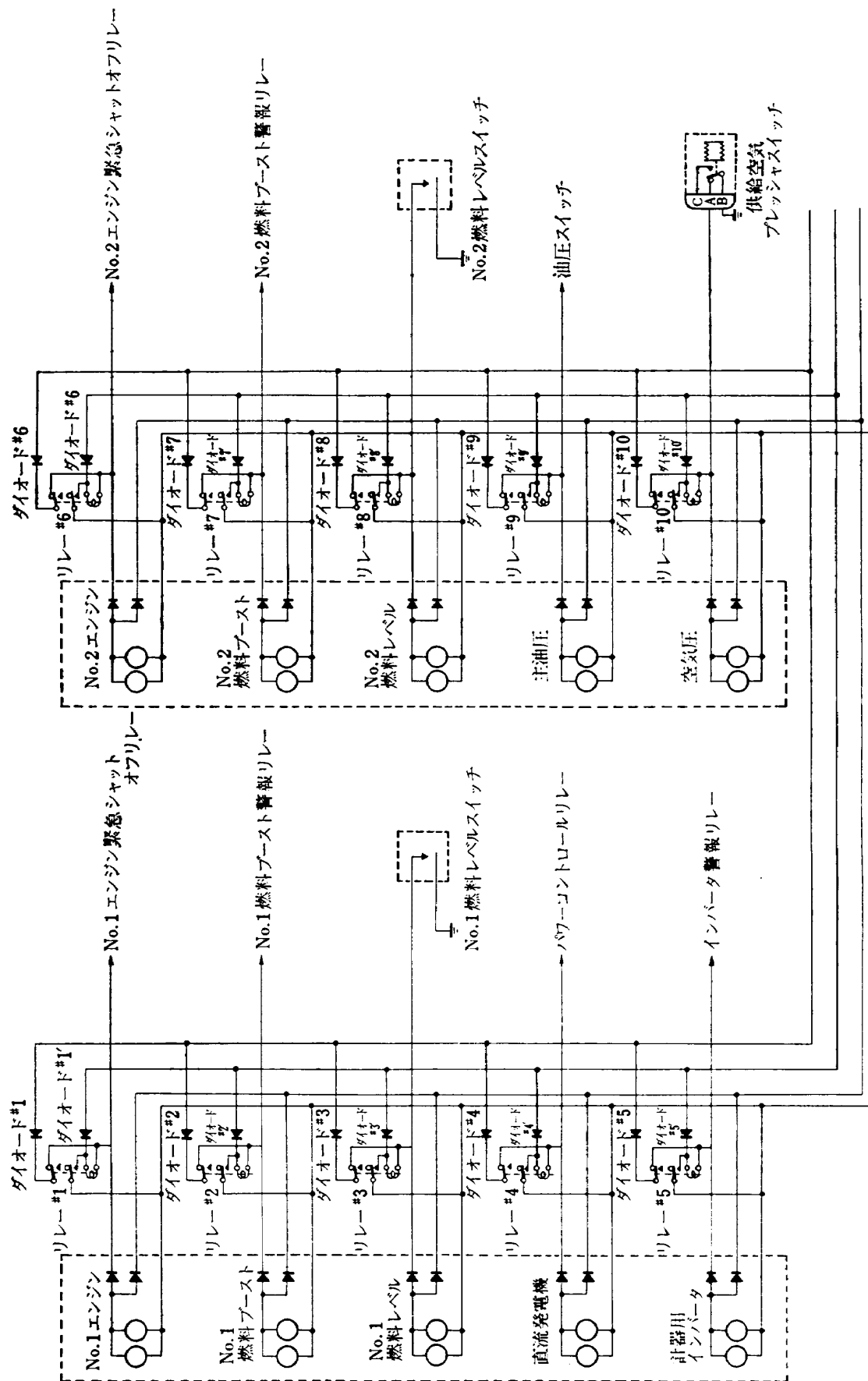
付図 1 直 流 電 源 系 統 回 路 図



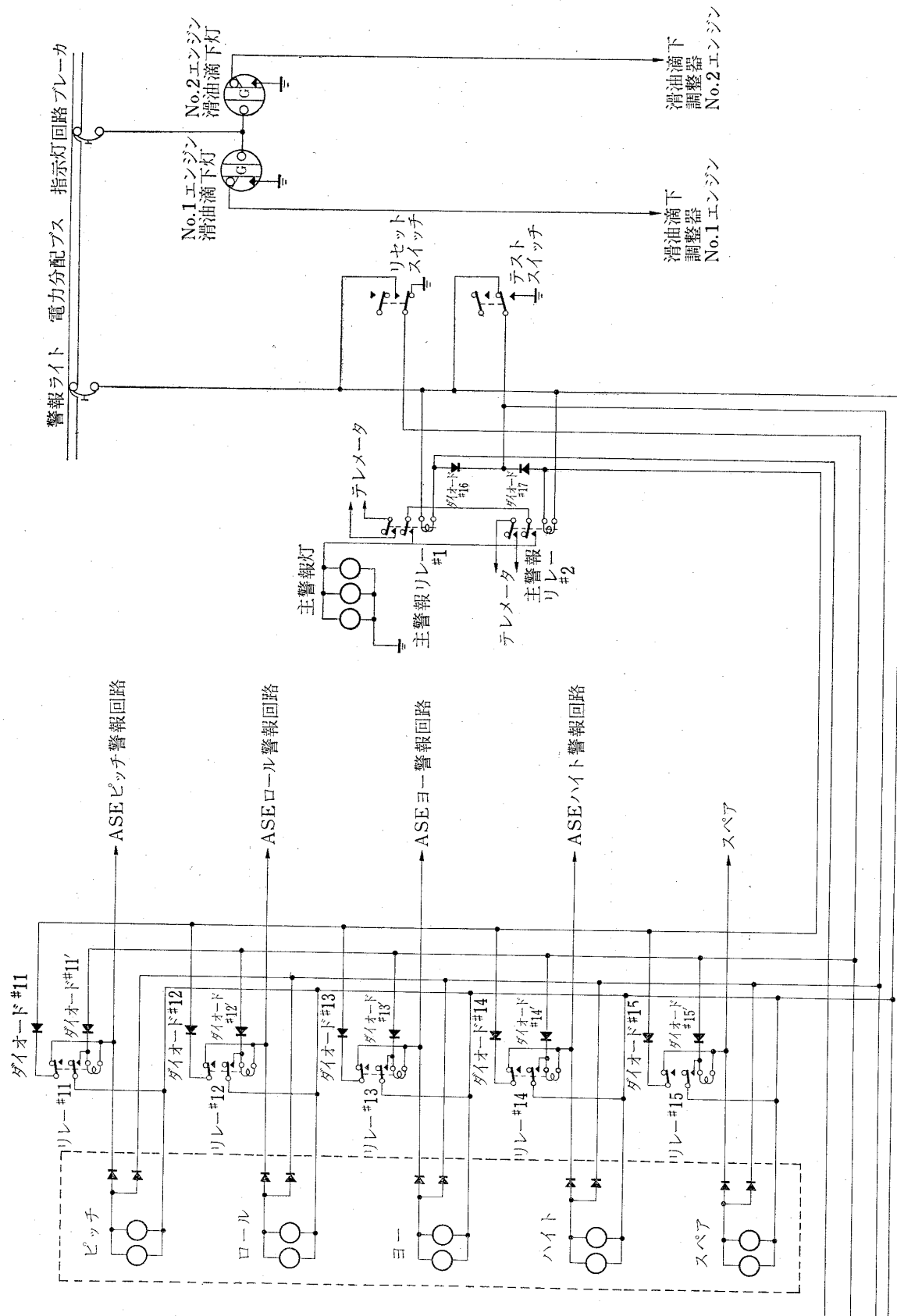
付図 2 燃料, エンジン 系統回路図



付図 3 計器, 計器電源系統回路図



付図 4-1 警報灯及び指示灯系統回路図



付図 4-2 警報灯及び指示灯系統回路図

TM-223	自由飛行模型 FFM-10 の強度について	1972年 5月	河崎俊夫, 斎藤秀夫 堀武敏, 藤田保夫 林洋一, 多田慎一 日下恒夫, 越中映孝 築地甫之, 菊地孝一 森田之, 東久保正 高橋実, 東久保正
TM-224	フライングテストベッド油圧系統試験	1972年 5月	藤枝郭俊, 十河弘昭 川崎純男, 中村公昭
TM-225	ストラップダウン方式の慣性機器誤差に よって生ずる飛しょう径路誤差の一考 察	1972年 5月	大月正男, 新宮博公 鈴木孝雄
TM-226	フライングテストベッド機体強度剛性試 験	1972年 7月	渋谷昭義, 丸山茂 川崎純男
TM-227	フライングテストベッド燥縦系統試験	1972年 7月	藤枝郭俊, 牧野健 川崎純男
TM-228	航空用ガスタービンの高圧形燃焼器の予 備実験	1972年 7月	鈴木邦男, 石井浅五郎
TM-229	液体酸素中におけるころがり軸受の性能	1972年 7月	宮川行雄, 関勝義
TM-230	航空用ガスタービン燃焼器における排気 制御の研究(2)	1972年 7月	斎藤隆, 鈴木邦男
TM-231	フライングテストベッド全機振動試験	1972年 8月	渋谷昭義, 岡田典秋 丸山茂, 川崎純男

注：欠番は配布先を限定したもの

航空宇宙技術研究所資料232号

昭和47年9月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)☎182

印刷所 株式会社 東京プレス
東京都板橋区桜川 2~27~12
