

複写機用高圧電源

High-Voltage Power-Supply Unit for Plain Paper Copier

月津 政男^{*}
Masao Tsukizu

Copiers have enjoyed a large increase in demand as the field of office automation moves to the forefront.

Nagano Aichi Electric Co., Ltd. has manufactured high-voltage power-supply units for copiers since 1966. At present, we are supplying reliable and economical units to various copier manufacturers.

This paper outlines copier theory and describes the circuit configuration, characteristics, and specifications of the high-voltage power-supply units employed in the charge (transfer) circuit, development bias circuit, and detach circuit. This paper also explains how the electrification-circuit high-voltage power-supply unit for charge has been miniaturized.

1 まえがき

複写方式にはシアソ方式、青写真方式、電子写真方式などがあるが、主流は電子写真方式による普通紙複写機(Plain Paper Copier. 略してPPC)であり、今日では複写機といえばこの方式を指すほどに一般化してきた。この方式の原理は1938年に米国のC・F・カールソンによって発明されたもので、物質の光導電性と静電気現象を利用したものである。

実用化は米国ゼロックス社により1950年に行われ、その後の機能向上、低コスト化、市場ニーズの拡大によって急速な進歩を遂げ今日に至っている。

当社では複写機用高圧電源を昭和41年より生産してお

り、現在では主力製品として各複写機メーカーに信頼性の高い低コストのものを供給している。初期の製品は高圧変圧器を用いた鉄共振方式で、出力電圧固定の単機能のものであった。このタイプの使用は昭和50年頃まで続いたが、出力可変を始めとした多機能が要求されるに及び、インバータ方式が出現し、鉄共振方式の座を奪った。以降今日まで10年ほど経過したが電源はインバータ方式の延長上にあり、各電源メーカーとも品質、コスト、大きさの点でし烈な競争を展開している。

ここでは複写機の原理を述べ、そこに使われる高圧電源の一例について回路構成、特性など、及び帯電用高圧電源の小形化達成方法について紹介する。

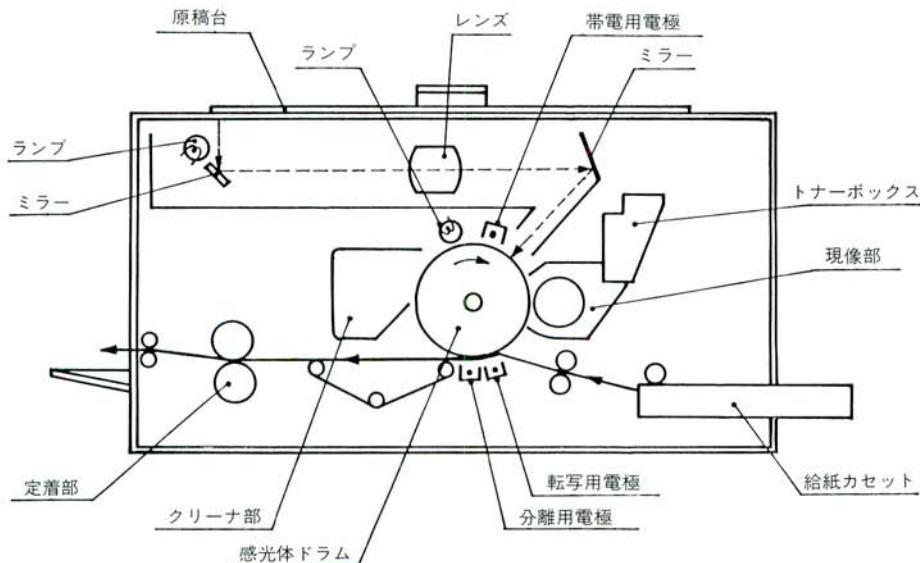


図1/複写機の構造
Fig. 1/Construction of PPC

2 複写機の原理

図1に複写機の構造を示し、複写プロセスにしたがって各ユニットについての簡単な説明を行う。

(1) 帯電

帯電用電極（タングステン線）に直流高電圧を印加し、感光体ドラムに電荷を与える。

(2) 露光

ランプで原稿を照らし、図の破線にしたがって原稿を感光体ドラム上に投影する。感光体の光の当たったところは電荷が消え、文字の黒い部分はそのまま電荷が残る。これを静電潜像という。

(3) 現像

潜像と逆極性に帯電させたトナー（直径10ミクロン程の黒に着色した樹脂の粒子）を静電気力により感光体に吸着させ、原稿通りのトナー像を作る。感光体に光を当てても数百Vの電位が残っているため、トナーにバイアス電位を与え、原稿の白い部分にトナーが付くのを防ぐ。

(4) 転写

感光体のトナー像を紙に転写する。転写用電極に電位を与え紙の裏面が帯電されると、その静電気力によりトナーはドラムからより高い電位の紙の方へ移動する。

(5) 分離

紙は静電気力により感光体表面に付着しているため、分離用電極に交流を印加し、紙の電荷を中和して、紙の自重により感光体から分離させる。

(6) 定着

紙の上に付着しているトナー像を、ヒータで高温に熱した2本のローラ間に通すことによって、トナーを紙に溶かし込む。

(7) クリーニング

感光体上の転写されなかったトナーを取除く。

(8) 除電

ランプで感光体を照らして電荷を取除き、初期状態に戻す。

3 複写機用高圧電源

前項で述べた通り高圧電源は帯電、転写、分離用の放電電極に印加しコロナ放電させるものと、現像部のトナーに電荷を与えるものとの2通りがある。これらの電源の概要を表1に示す。特性において定電流性が要求される理由は、環境変化(温度、湿度、気圧)に対して一定のコロナ放電をさせて、安定した複写濃度を得るためである。しかし、定電流性だけでは補正できないので、環境変化、特に温度変化に対して出力電圧の値を変えている。

この操作は主に現像バイアス電源で行っている。また極性の+、-は感光体材質により変り、セレンの場合は+、有機半導体の場合は-になる。

表1 / 複写機用高圧電源の概要

Tab. 1/Outline of H.V.unit for PPC

電源名	特性	交直の別	およその出力範囲
帯電	定電流	直流	±5~7kV 200~1000 μ A
現像バイアス	定電圧	直流	±0~1kV 10~100 μ A
転写	定電流	直流	±5~7kV 200~700 μ A
分離	定電圧	交流500Hz	4~6kV 300~700 μ A

4 電源の構成と動作原理

4.1 帯電(転写)用高圧電源

帯電と転写用高圧電源は用途が異なるのみで、その構成は全く同一である。図2にブロック図、図3に回路図を示す。電源容量は一般に5W以下、小形、低コストが要求されているので、回路方式はこれに適した一石コンバータ方式の自励発振形（リングチョークコンバータ）を採用している。この方式はトランジスタがベース巻線（正帰還巻線）との発振作用で、ON/OFFを繰返すことにより、トランスの2次側に矩形波の電圧を発生さ

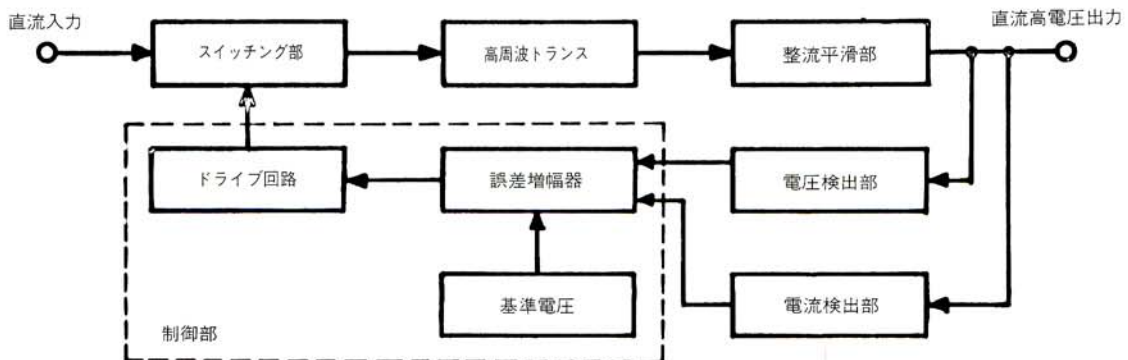


図2 / 帯電用高圧電源のブロック図

Fig. 2/Block diagram of H.V.unit for charge

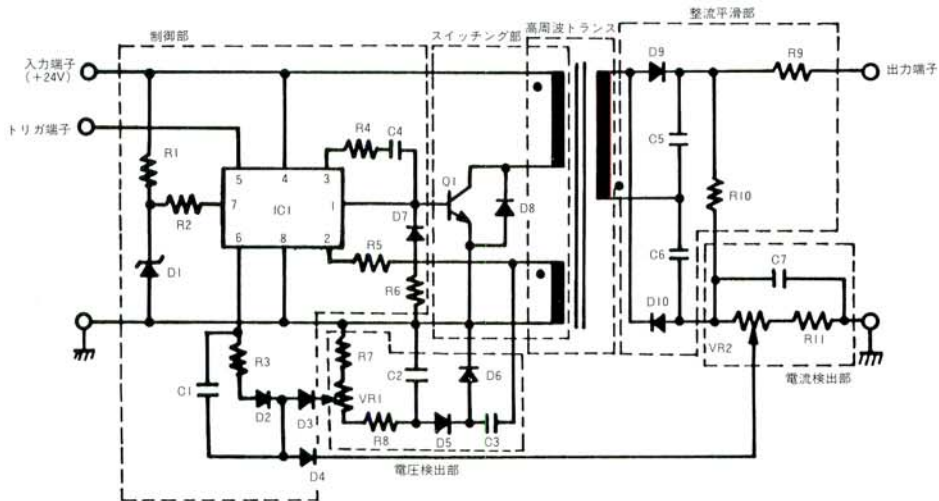


図3/帯電用高圧電源の回路図
Fig. 3/Circuit diagram of H.V. unit for charge

せ直流に変換するものである。回路図に基づく各部の動作は次の通りである。

(1) 高周波トランス

高周波トランスとスイッチング部のトランジスタQ1とで発振回路を形成している。トランスは1次側のコレクタ巻線とベース巻線、2次巻線及びフェライトコアより構成されている。発振周波数は20~30kHzとなるよう、ベース巻数、フェライトコアのつき合せギャップで調整する。

(2) 制御部

出力検出信号と基準電圧とを比較増幅して、この信号をトランジスタQ1のベースに供給してスイッチング時間を調整し、安定出力を得る部分である。電源の性能を決める心臓部であり、品質安定、工数低減及び小形化の目的からハイブリッドIC化している。

(3) 電圧検出部

無負荷時の出力電圧上昇防止策としてベース巻線電圧を整流して、検出電圧を取出している。

(4) 整流平滑部

高周波トランスの2次電圧を抑えトランスの小形化を図るために、2倍電圧回路を採用した。出力抵抗R9は

負荷が瞬時短絡した場合、コンデンサC5、C6の放電に時定数を持たせて高周波ノイズの発生を抑え、外部機器の誤動作を防止する。

(5) 電流検出部

接地側で抵抗により電圧換算して取出している。これと電圧検出とはOR回路を通して誤差増幅器へ送られるので、電源の特性は定電圧、定電流になる。

4.2 現像バイアス電源

図4にブロック図、図5に回路図を示す。この電源はトナーにバイアス電位を与える目的のもので、出力は最大1kV、100μA、0.1W程度で微小容量である。したがって寸法も小さいが、中でも最も大きな部品であるトランスを小形にするため、回路方式は一石コンバータ方式の他励発振形を採用し、ベース巻線を不要にしている。制御部にはスイッチングレギュレータ用IC (TL494) を使い、発振周波数は20kHzに設定してある。なお、各部の動作については帯電用高圧電源と同一であるので省略する。

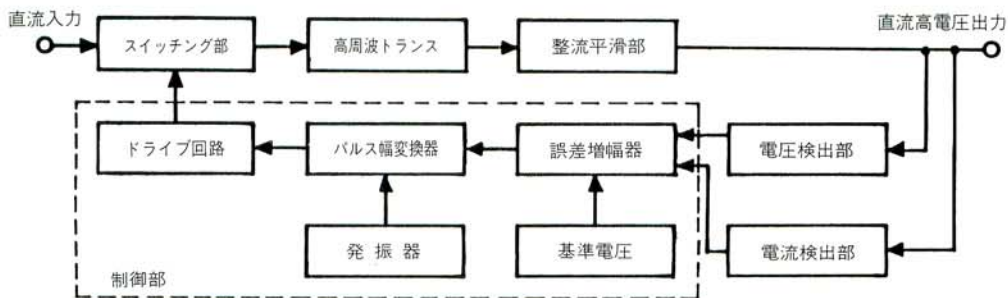


図4/現像バイアス電源のブロック図
Fig. 4/Block diagram of Bias unit for development

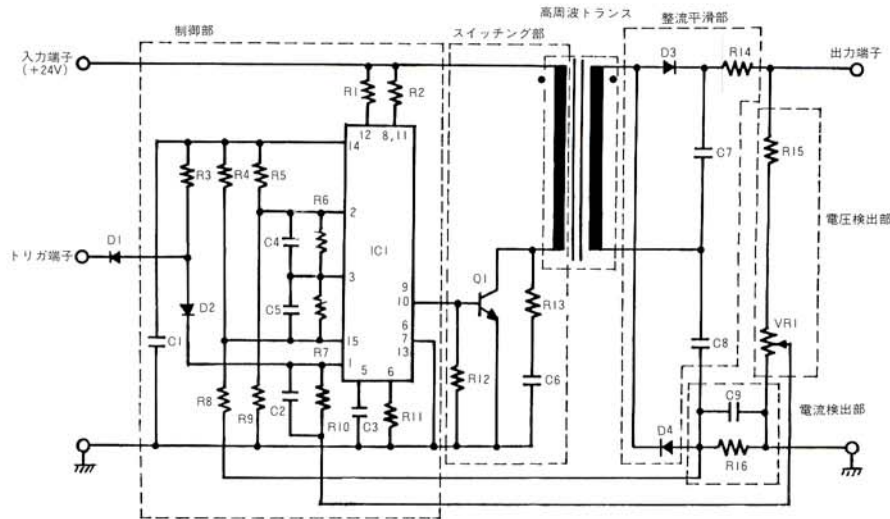


図5/現像バイアス電源の回路図
Fig. 5/Circuit diagram of Bias unit for development

4.3 分離用高圧電源

図6にブロック図、図7に回路図を示す。この電源は交流500Hz出力のため、回路は二石プッシュプルコンバータ方式を採用している。この方式はトランスの1次巻線をセンタータップとし、各々の巻線をトランジスタにより交互にON/OFFさせて2次側に矩形波を発生させ、制御は発振周波数を一定としてON時間を負荷の大きさあるいは入力電圧の大きさによって変えるパルス幅制御方式である。実際の出力波形はトランスの洩れリアクタンスの影響により、高調波を含んだひずみ波となる。これをフィルタ用コンデンサを通すことにより高調波を除去し、ひずみ率8%程の正弦波を得ている。回路図に基づく各部の動作は次の通りである。

(1) 500Hzトランス

トランスは小形、高効率のために2次コイルに並列接続されたフィルタ用コンデンサと並列共振回路を構成させ、周波数500Hz前後で鉄共振が起きようトランス、

コンデンサの仕様が決められている。したがって、トランスの構造は1次コイルと2次コイルを分割し、その間に漏洩鉄心を設けた漏洩トランスである。

(2) 制御部

現像バイアス電源と同じICを使用し、トランジスタQ1、Q2を交互に500Hzの周期でON/OFFさせている。

(3) バイアス部

この電源の目的は紙に帯電した電荷を中和させるために、正、負等量のコロナを発生させることにある。その調整をする部分がバイアス部である。放電現象によると正、負の電圧ピーク値が等しい場合、負のコロナの方が発生しやすいことが知られている。したがって、正、負等量のコロナを発生させるには、負のピーク値を下げる必要がある。この方法として交流電源に直列に直流電源を接続したものや、図7のようにダイオードと抵抗の並列接続した簡単なものまである。図7では2次電圧が●印方向に誘起した場合はダイオードD8を通して電流が流れ、逆方向に誘起した場合は抵抗R17を通して電流が

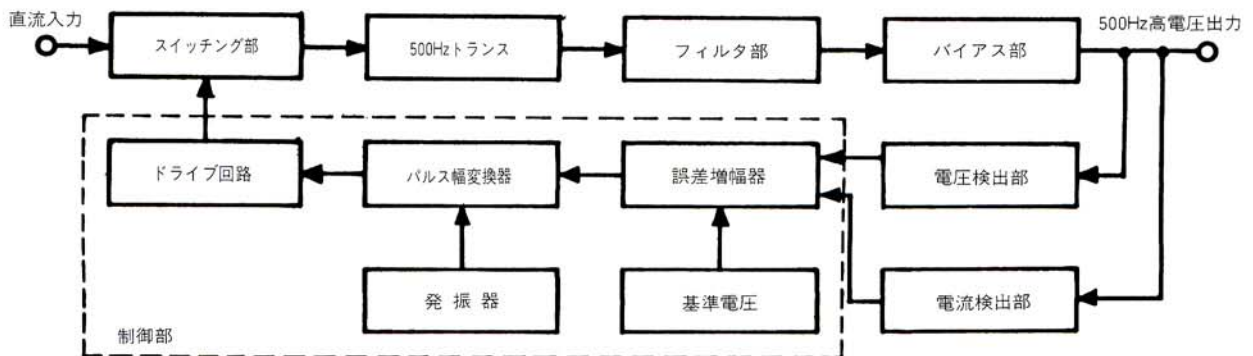


図6/分離用高圧電源のブロック図
Fig. 6/Block diagram of H.V.unit for detach

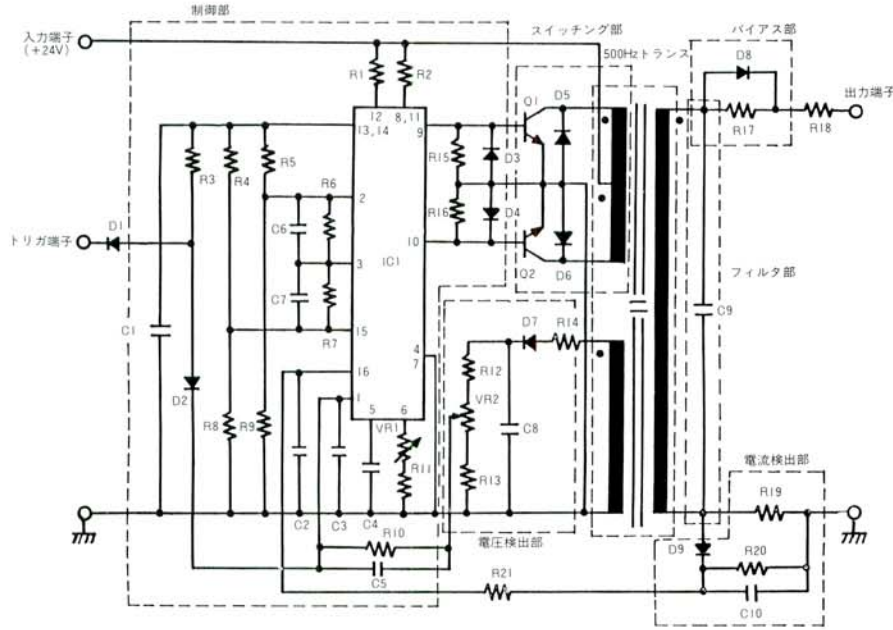


図7 / 分離用高圧電源の回路図
Fig. 7 / Circuit diagram of H.V. unit for detach

流れるので、後者の場合（負の場合）は出力電圧ピーク値が抵抗 R17 の電圧降下分だけ低い。また、抵抗 R18 は帯電用電源と同じく、放電時の高周波ノイズ抑制用である。

(4) 電圧検出部

2次巻線よりタップを出して電圧検出することは製作上難しいので、3次巻線を設けている。この巻線は2次巻線との結合を強め電圧精度を向上させるために、トランスの2次側に置かれている。

ずれのトランスの構造もU形フェライトコアのつき合せで、その1脚に1次ホビンを内側に2次ホビンを外側にして、組込んだものである。2次巻線には3~7kVピークの高電圧が誘起する。2次ホビンはいくつかの障壁を設けて分割構造とし、一分割当りの誘起電圧を下げて絶縁破壊を防いでいる。更に、高圧部は樹脂充填により安全性を向上させている。小形化するには、

- ① 2次巻線の誘起電圧を下げてホビンを小形にする。
すなわち、2倍、3倍整流回路を採用する。

5 帯電(転写)用高圧電源の小形化

電源はその用途により性能、信頼性、大きさ、コストなどの要求項目の厳しさが異なっている。複写機用高圧電源の場合は、これらの要求項目がバランスを取りながら進展してきたが、複写機がOA分野から個人分野への市場拡大に伴い出現した低コスト機の影響により、最近ではコスト優先の傾向が強まってきた。ここでは帯電用高圧電源の小形化が、どのようにして図られてきたかを述べる。

4項でも電源の小形化について一部触れたが、現象バイアス電源、分離用高圧電源については初期品との相違が少ないので省略する。帯電用高圧電源の小形化を図るには、構成部品中、大きな容積を占める高周波トランス、高圧整流部及び制御回路の改善が必要である。以下これらについて記す。

(1) 高周波トランス

表2に初期品と、小形品A及びBの外形、整流方式、巻線仕様などを示す。また、図8は小形品Bである。い

表2 / 高周波トランスの比較
Tab. 2 / Comparison of High frequency transformer

	初期品	小形品	
		A	B
外形			
容積比	1	0.30	0.25
整流方式	半波	2倍・3倍電圧	2倍・3倍電圧
巻線仕様	コレクタ巻線 0.4φ 30T ベース巻線 0.4φ 13T 2次巻線 0.1φ 3500T	0.3φ 32T 0.4φ 16T 0.06φ 3000T	0.23φ 28T 0.23φ 14T 0.05φ 2700T

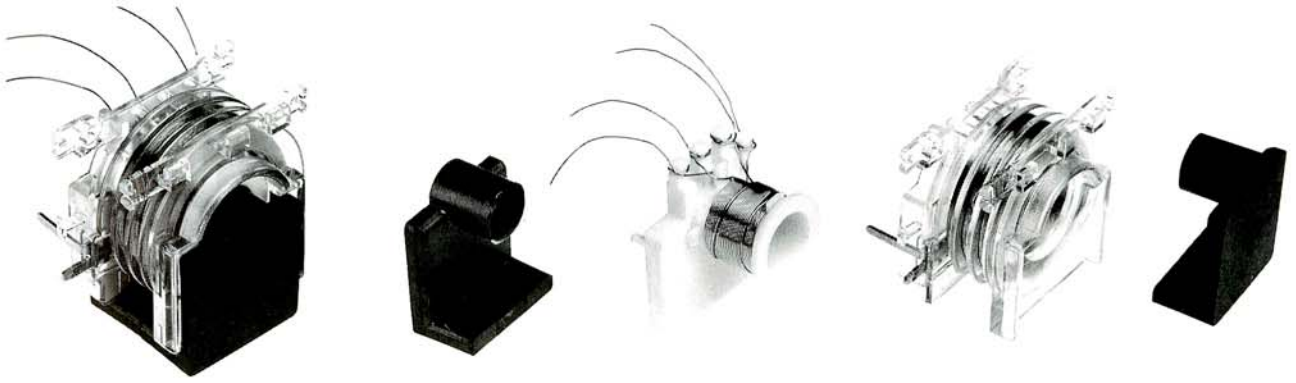


図8 / 高周波トランス
Fig. 8 / High frequency transformer

② 2次巻線の線径を細くしてボビンを小形にする。

③ 周波数を上げてトランスを小形にする。

が考えられる。③案の場合は絶縁対策が容易でないこと、及び2次巻数が多いことに起因する浮遊容量増加による効率低下があるので、①、②案を実施した。②案は巻線機メーカーの技術協力を得て達成したが、細線であるだけに断線対策がポイントであった。結果は表2に示す通り従来品に比べて30%程の容積となった。特に小形品Bは高さを抑えた設計であり、2次ボビンの障壁が3層と少ないので一分割当りの誘起電圧が他と比べて高い。他と同程度の信頼性を得るために、充填剤の含浸性能を向上させて対応している。

(2) 整流ユニット

2次側整流部は高電圧が発生するのでプリント板上に整流部品を配置しても、おのずと小形化には限界がある。これを解決する方法として、セラミック基板上に抵抗は印刷抵抗とし、整流器及びコンデンサを配置したユニットを考案した。小形であるので表面はエポキシでおおい沿面放電を防いでいる。図9にこれを示す。大きい方は3倍電圧回路、小さい方は2倍電圧回路である。寸法はそれぞれ21mm×40mm×10mm(t)、21mm×32mm×10mm(t)である。

(3) ハイブリッドIC

制御回路のハイブリッドIC化したものを4種類作り、これを仕様により使い分け小形化を図っている。

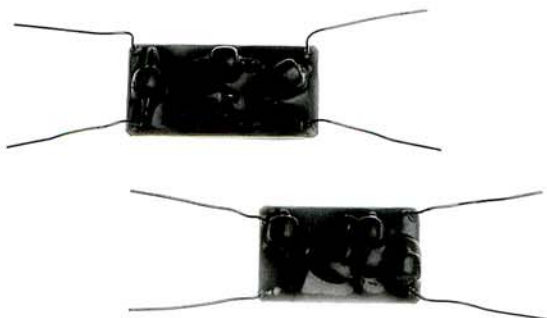


図9 / 整流ユニット
Fig. 9 / Unit for rectification

6 特性

6.1 入力変動

入力変動させた場合の出力変動特性を図10、11、12に示す。入力変動範囲24V、+10%、-15%(20~27V)に対して出力変動幅は±1%以下の精度である。出力設定はボリュームにより任意にできるので、仕様変更の場合でも同一の電源で対応できる。

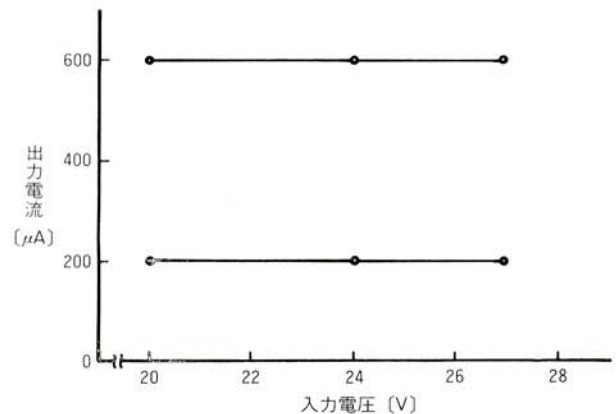


図10 / 帯電用高圧電源の入力変動特性
Fig. 10 / Characteristics of input regulation of H.V. unit for charge

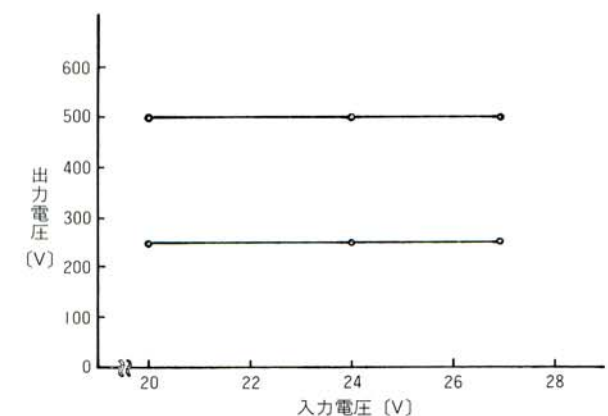


図11 / 現像バイアス電源の入力変動特性
Fig. 11 / Characteristics of input regulation of Bias unit for development

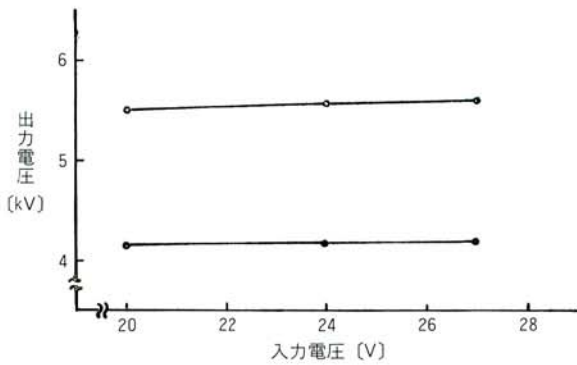


図12/分離用高圧電源の入力変動特性
Fig. 12/Characteristics of input regulation of H.V.unit for detach

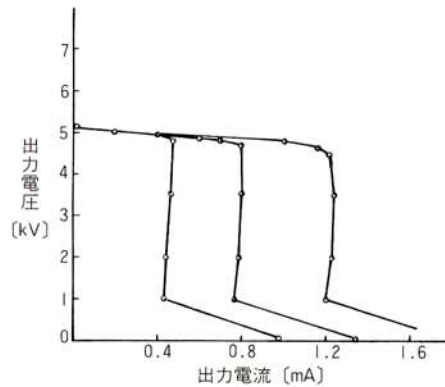


図15/分離用高圧電源の負荷変動特性
Fig. 15/Characteristics of load regulation of H.V. unit for detach

6.2 負荷変動

負荷変動させた場合の出力変動特性を図13、14、15に示す。図には実負荷の使用範囲は示していないが、表1の負荷変動範囲に対して出力変動幅は帯電用高圧電源、現象バイアス電源は±1%以下、分離用高圧電源は±5%以下の精度である。2次短絡電流は出力が放電した場合の火災、人体への感電対策より2mA以下に抑えて安全を保っている。

6.3 温度変化

温度変化させた場合の出力変動特性を図16、17、18に示す。温度変化範囲0～50℃に対して出力変動幅は2%以下と安定している。この傾向は湿度95%の状況においても同様である。

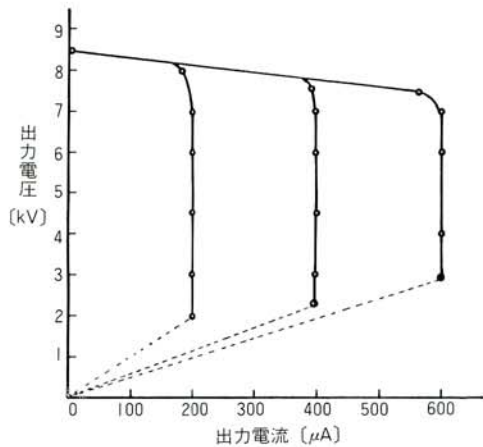


図13/帯電用高圧電源の負荷変動特性
Fig. 13/Characteristics of load regulation of H.V. unit for charge

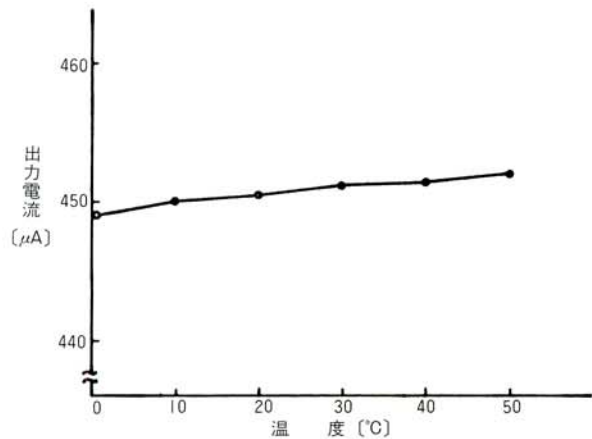


図16/帯電用高圧電源の温度変動特性
Fig. 16/Characteristic of temperature regulation of H.V. unit for charge

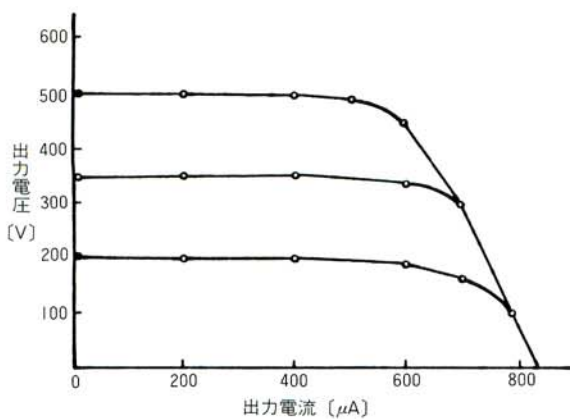


図14/現象バイアス電源の負荷変動特性
Fig. 14/Characteristics of load regulation of Bias unit for development

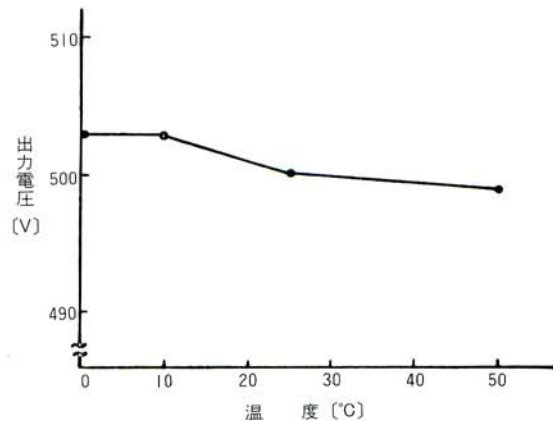


図17/現象バイアス電源の温度変動特性
Fig. 17/Characteristic of temperature regulation of Bias unit for development

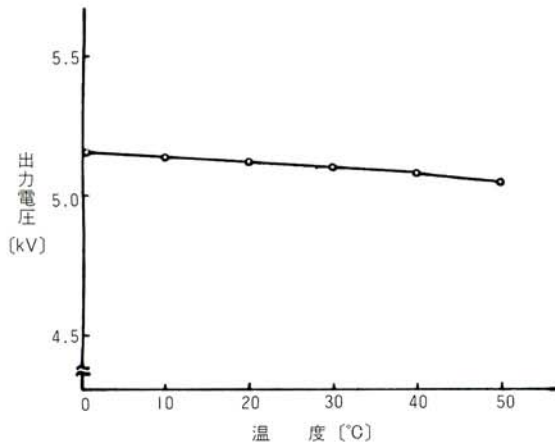


図18/分離用高圧電源の温度変動特性
Fig. 18/Characteristic of temperature regulation of H.V.unit for detach

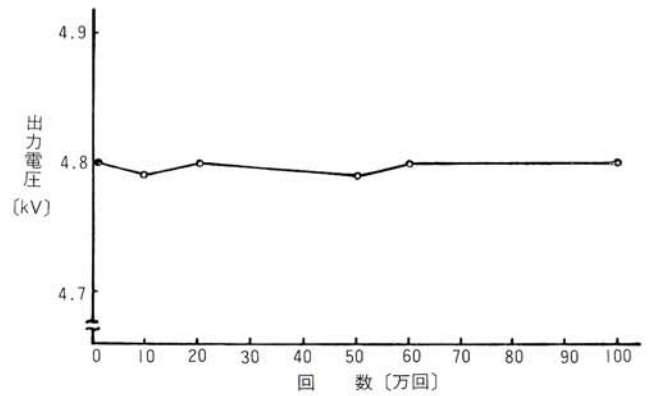


図21/分離用高圧電源の寿命試験
Fig. 21/Life test of H.V.unit for detach

6.4 寿命

複写機用高圧電源は断続使用されるので寿命試験も断続サイクルで実施する。2秒ON、1秒OFFを1サイクルとして100万回実施した結果を図19、20、21に示す。100万回後の初期値に対する出力変動幅は1%以下と非常に安定している。

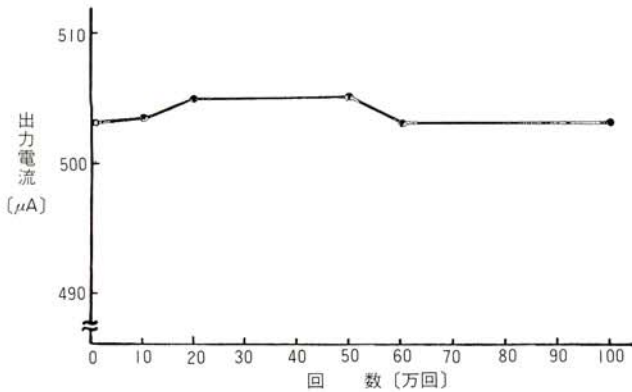


図19/帯電用高圧電源の寿命試験
Fig. 19/Life test of H.V.unit for charge

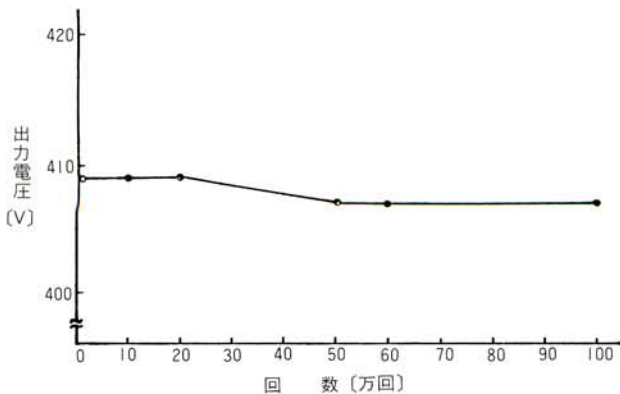


図20/現像バイアス電源の寿命試験
Fig. 20/Life test of Bias unit for development

7仕様

代表的な仕様を表3に記す。複写機の8割近くは輸出用であるため、各国の安全規格 (UL、VDE など) と電波障害 (FCC、VDEなど) を満足する必要があり、構造設計、絶縁材選定には注意を払っている。

電源は図1に示すとおり複写機の感光体ドラム上の放電電極の配置により、単独か複合かの組合せで組込まれる。図22は小形化された帯電用高圧電源の一例である。

表3/複写機用高圧電源の仕様
Tab. 3/Specification of H.V.unit for PPC

項目	仕様		
	帯電(転写)	現像バイアス	分離
入力電圧 DC.V	24	24	24
出力電圧 kV	DC 6 (5)	DC0.5	AC500Hz 5 (rms)
出力電流 μA	500(450)	10	600
入力変動率 %以下	±1	±1	±2
負荷変動率 %以下	±1	±1	±10
温度・湿度変動率 %以下	±2.5	±2.5	±2.5
立上り時間 ms以下	50	20	100
立下り時間 ms以下	50	50	100
オーバーシュート %以下	5	5	5
無負荷電圧 kV以下	9	0.6	7
短絡電流 mA以下	1	1	2
リップル電圧 P-P V以下	300	10	—
使用条件	温度 0 ~ 50°C、湿度 10 ~ 95%		
絶縁階級	A種		
安全規格	電取法、UL、CSA、VDE		
電波障害	CISPR、FCC、VDE		
寸法 mm	100×35×30H	70×45×30H	90×70×40H
重量 g	70	60	600

8あとがき

複写機用高圧電源は複写機の機能向上、小形化、低コスト化に伴って急速な進歩を遂げてきた。今回紹介した特性は基本性能であるが、実際のはこれに環境変化や原稿の濃淡を感知する外部信号とのインタフェース回路が付加されている。今後の複写機用電源は複写機の自動濃度調整機能付、フルカラー化、インテリジェント機能を最終目的としたデジタル化にともなって、より複雑、高性能化していくであろう。また、小形化への進歩も著しく、単独電源の場合は手のひらに載るまでになった。小形化は信頼性とコストとの兼ね合いをみながら進展するであろうが、帯電電極に組込まれるまで小形になるのが理想と思われる。

当社は複写機用高圧電源を主力に生産しているが、これまでに培ったノウハウにより、これ以外の高圧電源のインバータ方式化を推進し、より高性能、高品質、小形、低コストの製品を市場に供給していきたいと考えている。

最後に、有益なアドバイス、卒直なニーズを与えていただいたユーザ各位に対し厚く御礼申し上げるとともに、今後一層の御指導をお願いする。

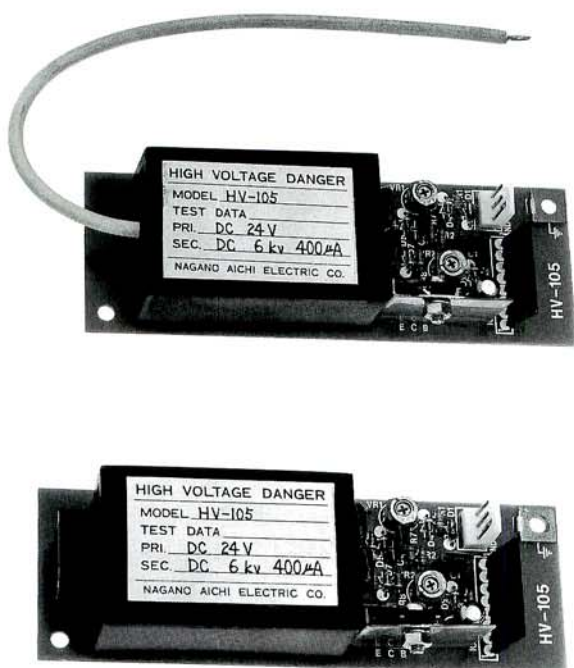


図22/複写機用高圧電源
Fig. 22/H.V.unit for PPC