

光纤远方跳闸装置在电力线路继电保护中的应用

华东电力设计院 戴勤

摘要

高压电缆及混合线路采用金属控制电缆传递两侧保护信息,往往受到感应过电压及电磁干扰等影响,华东地区曾发生过多次保护装置绝缘击穿,干扰等现象。为了可靠传递保护信息,华东地区在一条八公里220kV电力电缆的基建工程中采用了利用光纤通道传输远方跳闸信息的方案。目前已经架设完毕。

光纤通道不受电磁场感应、干扰等影响,而且不受输电线路运行态次的牵制。正常通道工作时,有监视信息指示,电平下跌时有信号报警,设有工人工检测按钮。构成双向通道,传输两侧信息。

本文介绍有关系统配置,逻辑框图及技术参数等。

一 采用的必要性

高压电缆及短距离混合线路采用金属控制电缆传递两侧保护信息,往往受到感应过电压及电磁场干扰的影响。由于我国生产的控制及通讯电缆一般绝缘的耐压均较低,如果用来作为站外长途传输,感应过电压及地电位升高后,往往由于耐压水平不足而导致击穿绝缘。华东地区曾发生过多次保护装置绝缘击穿、干扰等现象。为了可靠传递信息,国外电力部门早已使用光缆作传输信息的通道,特别在日本应用更为广泛。

电力系统的通讯通道有它独特的要求:随着系统容量的不断增加,线路电压的不断增高,因电晕引起的白色噪声,以及各种操作引起的放电脉冲干扰越大;而现在的自动化设备又逐步趋向于集成化,电子化,微小的干扰讯号就可能引起误动作,即使采取了复杂的屏蔽措施,有时效果亦不大,带来的却是投资昂贵,接线复杂。引向站外的通讯电缆,由于地电位的升高,电力线对它的感应过电压,往往烧毁通讯电缆。感应的芯间横向干扰电压有可能导致保护误动作。电力系统一般通道均采用载波方式,随着电力系统电压升高,耦合加工设备价格也相应增加。保护监视信号,要求长期运行,保护动作信号,不能有间隙间断,要求有高度的响应率及不失真率等等。

这些要求如果采用金属控制电缆及一般载波传输,往往无法满足,而光纤通道则完全可以胜任,特别是抗感应过电压及抗干扰方面更是它的独特的优点。

二 原理及方案框图介绍

远方跳闸用光纤通道系统,一般由保护跳闸回路,起动远跳光纤通道装置的电端

机、光端机。将触点信号调制成中高频信号，然后将中高频信号调制至发光管，变成光信号，通过光纤传输至对侧。光信号由接收端的光电端机解调还原成触点信号，起动接收端的跳闸回路。

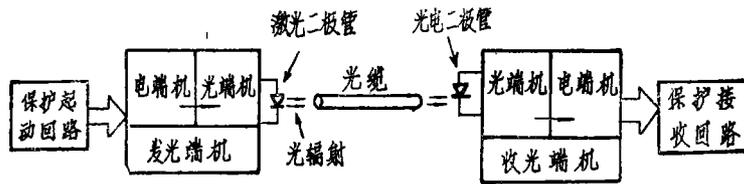


图 1. 远方跳闸光纤通道系统示意图

光纤通道虽然是用光导纤维作为传输手段，形式上是采用有线传输方式，但实际上它的传输系统是无线电波的传输方式。因为它需要把信号调到频率很高的光波上，利用光波来传输信号，所不同的是由于光波受气候影响较大，不能在空气中传播，而必须依靠光导纤维来传输。因此，光导传输就是波导传输，具有一般无线通信系统的特点。

目前一般无线通信系统常采用外差形式的系统，把信号调制到中频，然后再调制到微波等，接收端变频至中频进行放大处理。这样处理具有抗干扰能力强，接收灵敏度高等特点，但目前光波通道还在初始阶段，采用任何复杂系统如外差系统，无论在技术上，还是在实用上都还存在不少问题。因此，目前光纤通道传输系统只能采用简单的直接检波系统，优点是构成简单器件可靠，就当前光频技术水平来讲是现实可行的，能满足需要，图 1 所示就是光频直接检波传输系统。为了简化起见，只画了收发单向通道情况，事实上每个端机都包括收发设备，可作双向通道的传输用。电端机就是一般的高频或中频设备，保护起动时，把开关信号转化为高频或中频信号，通过光端机的发送部份把电信号调制到光波信号。已调制的光波信号输入到光导纤维上，通过光导纤维，把已调制的光波传输到光端机接收端的光电二极管上，经光电二极管的检波作用，使光波还原成电信号，然后进行解调处理，再送到电端机接收端，把电信号转变还原成开关信号起动操作对象。

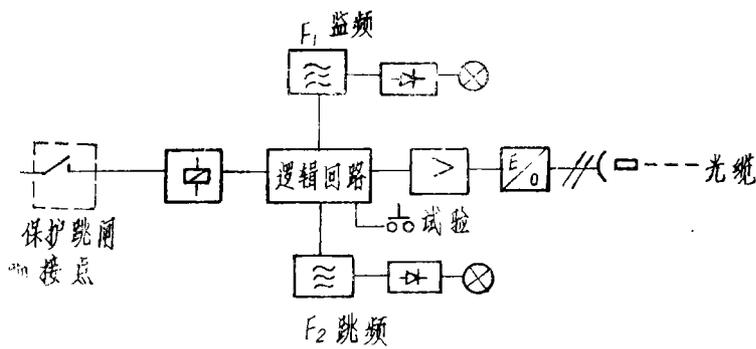
电端机传送的电信号，我们采用的是模拟信号，为了加强监视，正常传送监频信号，跳闸动作时，改发跳频信号。光端机的作用是把电端机的电信号调制到光波上，另一方面又要将收到的已调制的光波复原为电信号。

按照目前我国光器件的供应水平，通道均构成单向式，如果两侧均须远跳，则需由两路通道构成，每侧分别设置发光端机及收光端机。

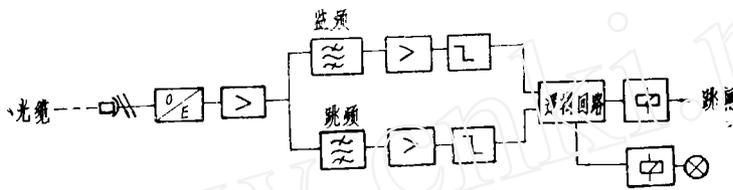
工程中所使用的远跳通道装置框图如图 2 所示。

每套装置为了构成双向通道，因此具有一收一发功能。根据上述原理，每套收讯或发讯机均有下列各部分构成：输入（输出）接口回路，电端机回路，光端机回路及电源回路。

收光端机的输入或发光端机的输出均与光缆连接，双向通道采用二芯光缆沟通。



a) 发讯机框图



b) 收讯机框图:

图例符号:

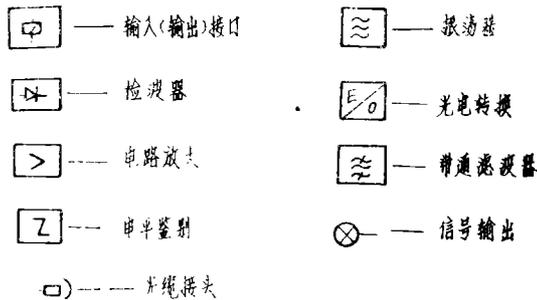


图 2 光纤远跳通道装置框图

1. 各回路功能及构成:

(1) 输入(输出)接口回路:

发讯机端装有触点信号输入接口回路。为了避免电磁场影响,均采用独立的继电器作为接口,由保护屏引来保护跳闸触点起动接口继电器,接口继电器触点起动电端机。

收讯机端亦装有输出接口回路。由电端机还原成的开关量信号起动接口继电器,其触点起动收讯端断路器跳闸。

装置中尚设有通道电平下跌,装置障碍,跳闸动作等信号继电器。

(2) 电端机回路:

发讯机端的电端机作用就是将开关量转换成中频或高频信号输出。在本通道系统内为了正常监视通道的可靠性设有长期监频信号传输方式,保护动作时,则发出跳频信号输出。监频及跳频信号均由本端机内振荡器输出,振荡器频率可由中频或高频构成,在本装置采用117及129kHz频率。振荡器可用L—C回路或石英晶体回路构成,工程中现采用石英晶体振荡器。

装置投入运行,两个振荡器工作,经检波器接入逻辑回路电子开关。正常监频回路电子开关接通,输出监频信号至光端机。跳闸时由逻辑回路切换改发跳频信号输出。各振荡器正常运行时有就地指示。

为了检查跳频信号回路的可靠性,本端机尚设有通道检查按钮。当通道需检查,启动检查按钮,逻辑回路内将监频及跳频信号同时输出。

收讯机端的电端机作用就是将中频或高频信号转换成开关量输出。本端机逻辑部分是这样设置的:

①有监频信号存在,不输出远方跳闸信号。

②无监频信号存在,有跳频信号出现,输出远方跳闸信号。

③跳频信号出现只能在监频信号消失某一段时间内,才能输出跳闸信号。本装置测试约在80ms以内。

④同时出现监频及跳频信号,则启动通道检测信号,而不输出跳闸信号。

⑤通道信号下跌3db则有报警指示,但仍可工作。

⑥跳频信号在本端机内有两套独立判别逻辑回路,只有在这两套判别回路均判别为收到跳频信号时,才“与”回路输出。

⑦装置电源、放大、滤波、电平鉴别及逻辑回路等回路内如有元件故障,而导致逻辑不正常时,有装置障碍报警输出。

(3) 光端机回路:

这部份结构比较简单,基本上是光强调制器及接收器。发讯机端的发光端机的作用是将中频或高频信号转变为光强调制信号,通过发光二极管输出光信号至光缆。

本装置为了简单及加强寿命起见,采用的是LED砷化镓双异质结发光二极管,为了保证光输出与驱动电流成比例变化,需加正向直流偏置,信号工作点在光输出特性曲线的直线段的中点,设有偏流表指示。

发光二极管目前采用0.85 μ m短波长,光功率输出约为-15db。

收讯机端的收光端机的作用是将光强信号转换为中频或高频电信号输出,采用PIN硅光电二极管接收光缆传输来的光信号。接收灵敏度在本通道系统内约为-55db左右。保证通道有40db衰耗。

(4) 电源回路:

由于要使本通道系统有一个稳定、合适、可靠的电源,装置内在收、发讯机内分别设有220V/24V=电源回路。本回路目前采用国外进口器件构成,具有较高的抗干扰及稳压性能。

(5) 光缆回路:

光缆全长8kM四芯梯度型光纤构成。分六段架设,中间四段带有金属加强芯,两端为尼龙加强芯,目的是为了将线路上感应过电压引入两端变电站,同时也避免变电站升高的地电位引向光缆。

全线衰耗按30db考虑,内中包括低温增耗因素在内,以及3db裕度。

以上各回路组成完整的单向的远方跳闸光纤通道。

目前使用的通道,传输时间小于10ms,功率消耗小于20W。

三 GKD型电力远程跳闸开关光纤传输系统工作原理及动作介绍

GKD型系统由GFKD光发端机, GSKD光收端机, 8.03公里光缆及保护起动作,接收回路构成。

端机内部接线见图3、4所示。

1. 端机技术指标:

- 1) 光发端机输出光功率: $\geq -15\text{dbm}$
- 2) 光收端机最小接收光功率: -55dbm
- 3) 通道设计衰耗: 30dbm
- 4) 信噪比: $\geq 20\text{dbm}$
- 5) 监频信号调制频率 F_1 : 117.8kHz
- 6) 跳频信号调制频率 F_2 : 129.8kHz
- 7) 传输跳闸时间: $\leq 10\text{ms}$
- 8) 跳闸判别宽度: $80 \pm 20\% \text{ms}$
- 9) 输出触点容量: DC 2A, 300V
- 10) 电源: DC 220V $\pm 20\%$, AC 220V
- 11) 功率消耗: $\leq 20\text{W}$ (单机)
- 12) 环境温度: $-5^\circ \sim +40^\circ \text{C}$
- 13) 耐压试验: AC 2000V

2. 工作原理及动作介绍:

为了便于叙述,现分别按光发端机,光收端机及光缆系统来说明。

- 1) 光发端机: 型号为GFKD, 内部接线见图3所示。

按框图所示,本端机内包括下列回路: 输入、振荡器,电子开关,逻辑及光电转换,电源等回路。

输入回路有三组, a) 保护起动传送远方跳闸信号。 b) 检查通道完整性的检测按钮输入信号。 c) 远方应答起动信号, 作为对侧在检测通道时, 收到信号起动本侧应答发讯用, 回复对侧收信。根据输入起动的三组回路的逻辑要求, 输入回路设有BG24 H006集成块构成逻辑输出, 9、8端子连接至监频振荡器的电子开关的输出门, 5、6端子连接至跳频振荡器电子开关的输出门。根据不同输入要求, 有不同输出信号的对应。

两组石英晶体振荡器正常处于工作状态，监频为117.8kHz，跳频为129.8kHz，有信号继电器监视振荡器的工作状态。

两组电子开关分别连接两组振荡器的输出，由输入回路起动元件控制输出，经整流、放大，正常输出正脉冲信号。

光电转换回路是由发光二极管构成，监、跳频的信号在此混合输出，将电脉冲信号转换为光强信号输出。

动作分析：

a) 正常运行：

无远方跳闸信号及手控检测信号输入，故1JT₁，1JT₂触点打开，因此JX1，JX2点均为“1”电平，BG24集成块8、9端子分别输出“1”、“0”信号，5、6端子分别输出“0”、“1”信号。根据逻辑要求，8、9端子输出为“1”、“0”电平，使电子开关开门。R₁₇输入“1”信号，R₁₈输入“0”信号，正向导通监频信号，通过BG12光电二极管输出监频光强信号。由于5、6端子输出为“0”、“1”电平，使跳频振荡器电子开关封门，无输出。因此通道上仅通过监频信号。

b) 远方跳闸动作：

当线路故障，保护动作，发出远跳信号进入本装置光发端机输入回路，使远跳接口继电器1JT₁励磁。1JT₁触点闭合，使BG14信号二极管回路导通，表示远跳输入动作，同时使JX1点电平由“1”转为“0”，使BG24的8、9端子输出电平转为“0”、“1”，而将监频振荡器的电子开关封门，无输出，代之而在5、6端子则输出“1”“0”电平，开放跳频振荡器电子开关输出门，通过BG12光电二极管输出跳频光强信号。

c) 手控检测及应答动作：

正常运行时，为了考验远跳信号的可靠性，装置中设置了手控检测及应答回路。动作原理为当需手检时，起动手检按钮，开放跳频门，使监、跳频电信号混合输出，考验发信端跳频回路的整流、放大及电子开关的正常工作性能。

手检按钮1K2动作时，使BG13检测信号灯负电源侧接通发出指示，使JX2点变为“0”电平，同时也使BG17的5、6端子改变电平为“1”、“0”输出，这时，8、9端子输出仍为正常输出，即也开放监频门，因此光电转换回路输入为一混频电信号，经光电转换成调制的光强信号输出至对侧。

应答回路内设有连接片(1K1)，只允许一侧投入使用，绝对禁止两应答回路同时投入连接片，运行前必须明确规定。事先规定本侧为检测端，则对侧的连接片可以投入；在本侧手控检测时，对侧在收信后，由对侧远方发信，再返回传至本侧收信回音。对侧应答回路连接片投上时，即装置n02，n09端子间接入检测继电器输出的动合触点，当手检侧发信，对侧应答继电器1JT2励磁，1JT2继电器一付触点使BG13检测信号灯负电源侧接通，发出指示，另一付触点使JX2点电平转变为“0”，导致跳频门开放，输出，检测电信号。

d) 装置障碍：

当两组振荡器及其整流、放大等回路内发生任一元件故障，电位将发生变化，则可导

致各有关信号继电器失磁，使信号消失而报警。报警尚包括装置电源消失的反映。

2) 光收端机：型号为GSKD，内部接线见图4所示。

按框图所示，本端机内包括如下回路：光电转换输入，选频及电平鉴别，逻辑，信号，输出及电源等回路。

光电转换输入回路采用PIN光电二极管，将光信号转换为电信号，经前置放大，电平鉴别后输出信号，输入回路的电平鉴别设置了电平下降信号继电器，当电平下跌报警输出。

选频及电平鉴别回路分别设置在监频及跳频回路内，选频滤波采用机械式选频滤波器，特点是稳定，可靠。选频及电平鉴别回路内尚有电平指示表，可以指示通道电平，为了满足电平波动时，能精确量读，备有切换开关，量程刻度为1:3。

逻辑回路：经选频及电平鉴别后引来的监频及跳频两组信号进入逻辑回路，本回路根据装置的设计要求，随信号的变化判别装置的动作要求。

信号回路：共有四组构成，即电平下跌，通道检测，装置故障及远跳动作。均采用大容量有触点输出。

电平下降信号，按设计要求下降3db报警，但不闭锁。

装置障碍信号，装置内任一元件故障，或输入信号低于灵敏电平以下时，起动报警。

通道检测信号是当手控检测时发信。

远跳动作信号是在装置远跳动作发信，由逻辑回路内双重元件同时动作时发出。

输出回路：为了与装置内回路隔离，输出回路均采用继电器接口。

动作分析：

a) 正常运行：

监频信号输入，经光电转换，放大后输出，输入信号达到灵敏动作电平及以上时，则进入逻辑回路判断。当监频信号输入时，2BG2(b)运算放大器输出“0”电平，使2BG36输出为“1”电平，2JT3装置故障继电器，由于电平正常而励磁，动断触点打开，装置故障信号不输出。表示通道监频存在，传输系统正常。由于无跳频信号输入，2BG2(c)运放器输出为“1”电平，使2BG41及47输出为“0”电平，故不起动远跳继电器2JT4。

监频信号电平如果大于灵敏电平3db以上时，则2BG2(a)运放器输出“0”电平，电平下降继电器2JT1不励磁，不报警。

b) 远方跳闸动作：

跳频信号输入，监频信号消失，跳频信号达到灵敏动作电平以上时，则进入逻辑回路判断。

由于无监频信号，故2BG2(b)输出变为“1”信号。2C21、22电容器正常为“1”电平，而处于充电状态，只有在2C21、22放电完毕后，才使2BG38、43输入量变为“0”信号。放电时间为80—100ms左右，在此时间内，2BG38、43输入量仍为“1”信号。当2BG2(b)输出变为“1”时则2BG38、43输出变为“0”信号。由于跳频信号输入，使2BG40、45输出为“0”信号，经过双稳与非门2BG41、47输出

变成“1”信号，起动2JT4远跳继电器励磁，远跳继电器触点输出至保护接收回路。

C) 手控检测动作：

当对侧手控检测时，如上所述，通过通道传输的光信号为监、跳频混合信号输入，如果输入信号达到灵敏动作电平以上时，则进入逻辑回路判断。混合的监、跳频信号经2LB1，2LB2各自的机械式滤波器，分滤出各自的调谐频率，输出信号，经电平鉴别器2BG2(b)及2BG2(c)均输出“0”信号。这样，2BG37即输出“1”信号，经2BG35输出“1”信号起动2JT2检测继电器励磁，装置端子n05、n11输出检测信号。

如果为双光纤通道，具有应答功能，则在收信后，n05、n11端子所输出的触点信号起动本侧发信机检测应答回路。

d) 装置障碍：

通道衰耗增大，收信电平裕度小于告警电平时，2BG2(a)电平鉴别器输出“1”信号，起动2JT1电平下降继电器励磁，输出电平下降报警信号。

收信电平低于灵敏动作电平时，可能是由于通道断线，对侧发信机停振，本侧检波，滤波回路或元件故障等造成，则2BT2(b)监频电平鉴别器输出“1”信号，导致2JT3装置故障继电器失励，动断触点返回，输出装置故障信号。

装置电源消失，2JT3继电器亦失励，也能起动故障信号。

本文就是根据上述工程中的体会撰写的。文中有关设备参数及图纸是根据上海光纤通信工程公司及上海电讯设备六厂提供资料编写的，在此表示感谢。

光纤通道在电力系统上的应用，还刚刚开始，今后的用途是非常广泛的，在此仅是一个尝试，尚请指正。

《继电器、继电保护及自动化装置常用材料手册》征订通知

为适应现代工业和科学技术的发展，满足继电器行业产品的科研和设计的需要，由许昌继电器研究所标准化室与上海继电器厂共同汇编的《继电器、继电保护及自动化装置常用材料手册》现已正式出版。

目前有关行业性材料手册汇编甚少，出版者根据多年收集的各种材料标准，结合本专业的特点，精选具有七十年代、八十年代初先进水平的国家标准，专业标准四百多个，每个标准都具有具体指标和性能规格以及验收规则与试验方法。本材料手册分上、下册精装本，其内容分为：黑色金属、有色金属，电线、塑料，绝缘材料，油漆，树脂及胶，润滑剂，纸及纸制品以及其它非金属材料等十部分。可供各继电器及装置生产企业以及邮电、电子、铁道、水电，各大专院校，各大设计院的标准情报，产品设计，供应、质检等部门和行业参考。

《继电器、继电保护及自动化装置常用材料手册》，印数有限、内部发行。每套工本费十五元，外地订购单位每套另收挂号邮寄费三元。本手册是按套征订，单独订购其中任何一册不予办理。若需要订购者请接到本通知后，立即将书款经邮局汇到：河南省、许昌市、建设路77号，许昌继电器研究所标准化室。并在汇单附言中写明购书名称与数量，收据另给。

过激动作

灭磁故障

手控检测

电压下降

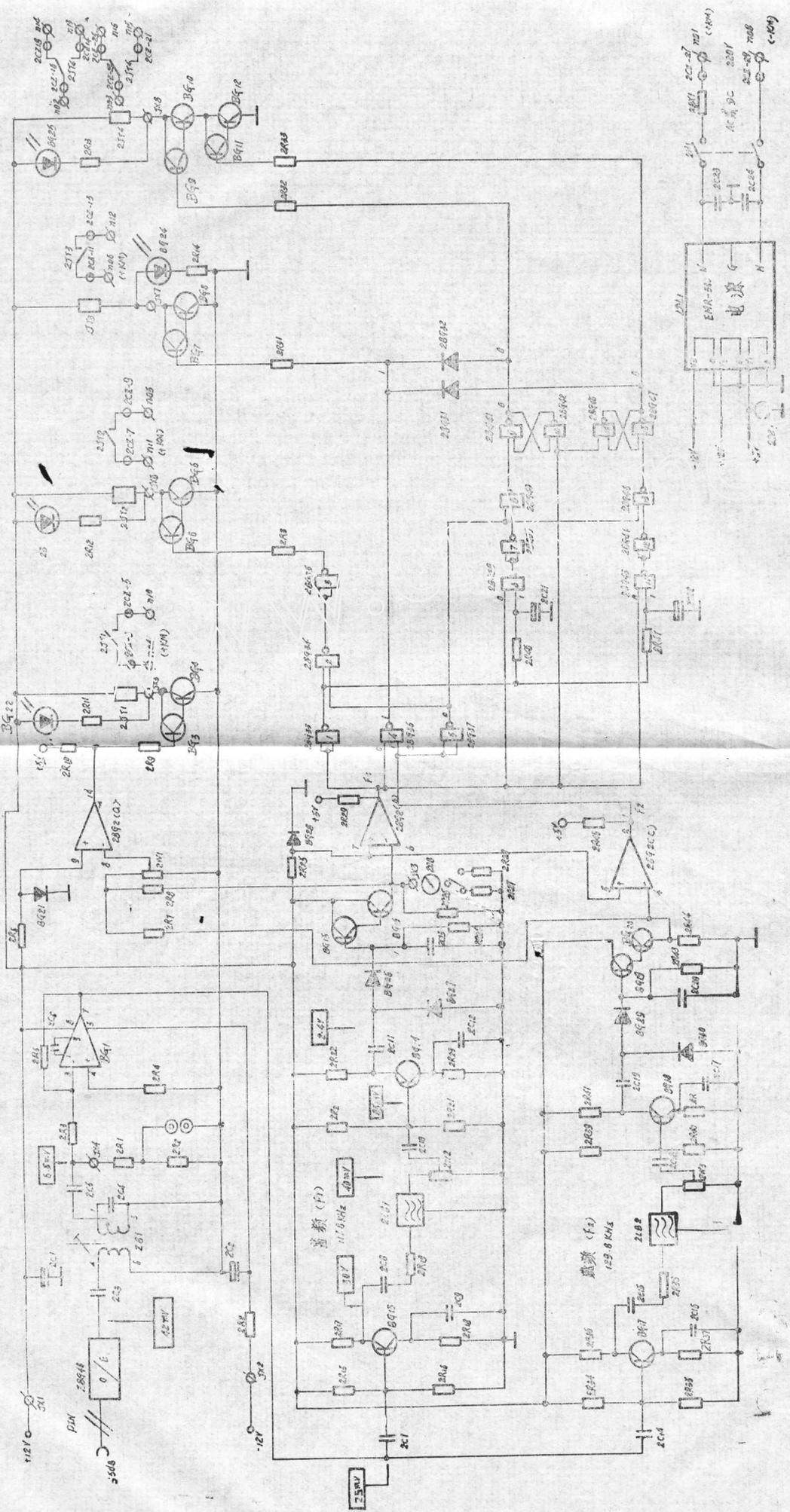


图 4 GSKD 4353 型光收端机电原理图

