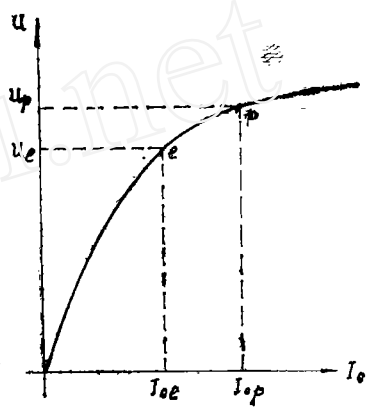
V／F继电器的作用及其构成原理

宝钢自备电厂　朱绳俊

在发电机、变压器的设计中，为了经济利用铁芯原材料，一般额定工作点都取在铁芯磁化曲线的拐点。如图（1）所示的e点。此时的电压即为额定电压u_e，励磁电流即为额定励磁电流I_{oe}，而励磁电流的作用是建立磁场，是电磁之间能量转换的必要条件，但励磁电流在线圈和铁芯中会产生损耗，其中一小部份是铜损，使导线发热，而大部份是铁损，使铁芯发热，若励磁电流超过额定值很大时（如图1中I_{op}）则铜损和铁损的总和也将增大，这样就将使发电机或变压器的绝缘下降，使用寿命减少，甚至可能烧毁设备。从图（1）中也可看出，这时发电机或变压器也将遭受过电压的损坏，因此有必要监视发电机、变压器的励磁状态，根据不同情况，发出予告信号或跳闸信号，以保证发电机、变压器的正常运行。



图(1)　磁化曲线

宝钢自备电厂按装的350MVA发电机组全套是由日本三菱公司引进的，其中在继电保护中设置了V/F继电器，其目的就是为了监视发电机、变压器的励磁状态，以保护变压器为主，其次是保护发电机，这是因为变压器过电流能力较发电机弱。

下面将着重阐述V/F继电器的构成原理及工作原理。

根据楞次定律有：$e=-\frac{d\psi}{dt}=-W\frac{d\phi}{dt}$

式中：$\psi=W\phi$——线圈所交链的磁链。W——线圈的匝数。ϕ——线圈交链的磁通，随时间按正弦规律变化，即$\phi=\phi_m\sin\omega t$。e——感应电势，

则感应电势为：$e=-W\frac{d\phi}{dt}=-W\omega\phi_m\cos\omega t=E_m\sin(\omega t-90°)$

式中：$E_m=W\omega\phi_m$——感应电势的幅值。

则感应电势的有效值为：$E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{2\pi f}{\sqrt{2}}W\phi_m=4.44fW\phi_m$

式中：ϕ_m——按正弦规律变化的励磁磁通幅值。f——频率。E——感应电势有效值。

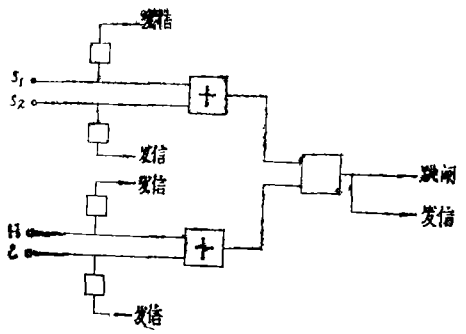
由$E=4.44wf\phi_m$的式子中可以看出，发电机、变压器其电压的大小，取决于频率f

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

和磁通ϕ的大小。因为W为线圈的匝数，是不变的量。即由上式可写出$E=Kf\phi_m$，$Kf=\frac{E}{\phi_m}$式中：K——比例常数。

当频率不变时，励磁磁通增加或减小，感应电势亦增加或减小，此时以电压V和频率f为判据的V/F继电器就动作。

宝钢自备电厂采用的日本TVF—1—D型V/F继电器，为了可靠地工作，此保护继电器由四个独立、基本相同的V/F检测元件、时限元件和OI信号元件组成，称之谓H元件、L元件、S_1元件、S_2元件。其中H、L元件为动作元件，S_1、S_2元件为闭锁元件，为了防止因H、L元件的损坏而误跳闸，将动作元件与闭锁元件组成“与”门去跳闸。保护的逻辑图如图（2）所示。动作元件H、L其回路相同，闭锁元件S_1、S_2其回路相同。动作元件回路和闭锁元件回路的差别是在时限元件这一部份，因闭锁元件的时限不要求可调，其延时又较短，所以回路较H或L元件回路简单。H、L、S_1、S_2元件分别由六个部份构成：（1）V/F判别元件（电压形成回路）（2）整流滤波元件，（3）整定V/F元件，（4）时限元件，（5）驱动元件，（6）执行元件。下面将对六个元件的工作情况作进一步分析。TVF—1—D型V/F继电器H或L元件回路构成图如图（3）所示。



图(2) 保护的逻辑图

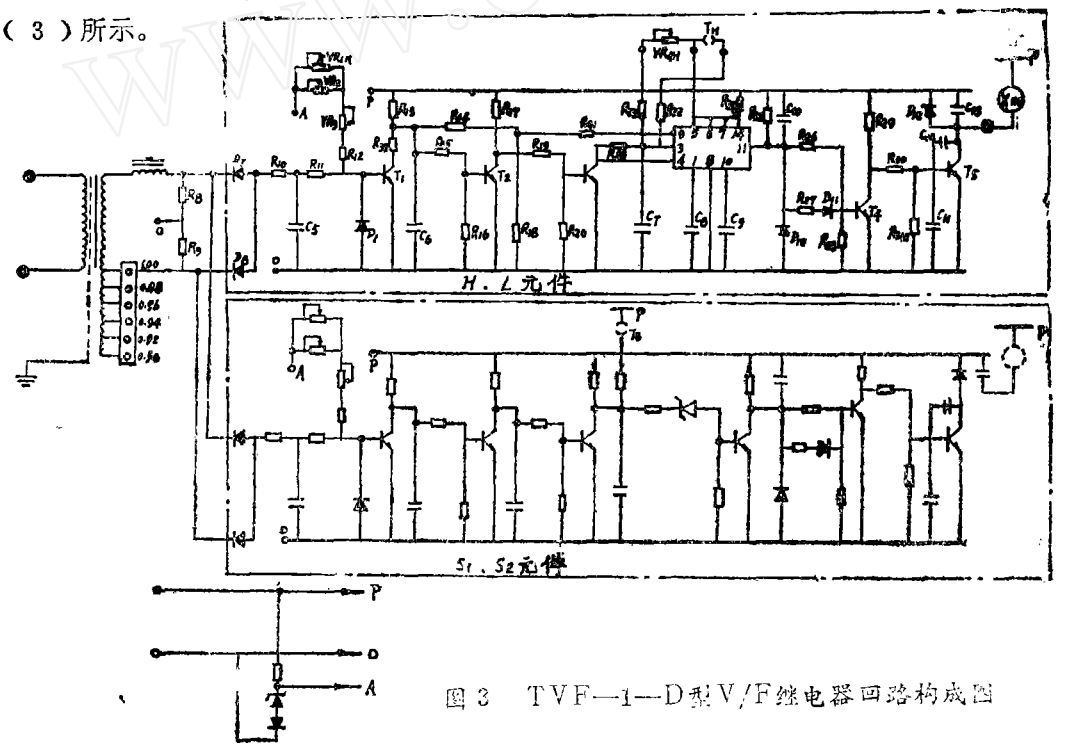


图3 TVF—1—D型V/F继电器回路构成图

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

（1）电压形成回路

V/F判别元件中的电压形成回路由带抽头的电压变换器T_E、电感线圈L、电阻R_8、R_9组成。设T_E的变比为n，则T_E的二次侧感应电压为：$U=\frac{V}{n}$，电压V在由L、R_8、R_9组成的回路中产生电流I_L，I_L的数值为：$I_L=\frac{V/n}{R+jX_L}=\frac{V/n}{R+j\omega L}=\frac{V/n}{R+j2\pi fL}$ 若选择$X_L \gg R$，则 $I_L=\frac{V/n}{2\pi fL}=K_1\frac{V}{f}$，式中：$K_1=\frac{1/n}{2\pi L}$——比例常数。电阻上的电压降为：$U_R=RI_L=RK_1\frac{V}{f}=K_2\frac{V}{f}$，式中：$K_2=RK_1$——比例常数。由上式可看出，在电阻上得到的是与V/F成正比的电压U_R，若改变T_E副边的电压分接头，即可改变U_R的整定值。

（2）整流滤波回路

它由二极管D_7、D_8组成单相双半波整流回路，由电阻R_{10}、电容C_5组成滤波回路，然后共同组成整流滤波回路。该回路的主要作用是把在R_8、R_9上正比于V/F的交流电压转换成相应的较平滑的直流电压。二极管D_7、D_8组成的双半波整流回路输出的是负信号，V/F比值越大，它输出的信号就越负，由该信号去控制整定回路的三极管T_1。

（3）整定回路

它由电位器VR_{1H}、可变电阻VR_2、VR_3及电阻R_{12}、R_{13}、R、二极管D_9、三极管T_1组成。电位器VR_{1H}是整定电位器，与VR_2并联，再与VR_3串联，这样可使定值调节更加平滑，改变VR_{1H}或VR_2、VR_3都可调整继电器的起动值。正常时，T_1的基极电流由偏置电压U_A经VR_{1H}、VR_2、VR_3、R_{12}而获得T_1导通，其集电极呈低电位，即$V_{CE1}=0$。当V/F值增大时，整流滤波回路输出的信号更负，使电容C_5的电位增高，造成T_1截止，其集电极呈高电位，由此高电位去起动后面的时限回路。

（4）时限回路

它由充电电容C_6、C_7、时限调节电位器VR_{4H}和三极管T_2、T_3及集成块运算放大器IC等组成。

正常时，T_1导通，输出低电位，C_6不充电，其电压被箝于低电位，T_2的基极也处于低电位，因此，T_2截止，其集电极输出高电位，通过R_{19}耦合到T_3的基极，使T_3导通，其集电极呈低电位，该低电位信号一方面送给运算放大器IC，另一方面通过R_{28}箝住电容C_7的电位，使C_7也处于低电位，此时，由电源部流过R_{24}、VR_{4H}、R_{23}的电流全部通过R_{28}流向T_3的集电极，C_7不充电。运算放大器IC为反相放大器，当其输入信号为低电位时，它的输出信号就呈高电位，由此信号控制后面的驱动回路。

当异常时，V/F值就增大，由前面分析可知，T_1输出为高电位，此时电容C_6充电，充电回路是：电源P——→R_{13}——→C_6——→电源O。电容C_6上的电压是按指数曲线上升，经一段整定时间后，C_6电压上升到指数曲线中的某一点，此电压通过R_{14}、R_{21}送入至运算放大器IC的#9端子，另外电容C_6上升的某一点电压通过R_{15}向T_2提供足够的基极电流，使T_2由截止变为导通，输出低电位，此低电位通过R_{19}耦合到T_3的基极，使T_3

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由导通变为截止，输出高电位，该高电位一方面送入运算放大器IC的*4端子，另一方面解除了对电容C_7的低电位箝位，使C_7充电，C_7的充电回路为：电源部→R_{24}→VR_{4H}→R_{23}→C_7→电源O。当C_7充到一定电压后，运算放大器IC的*11端子的输出就由原来的高电位跃变为低电位，从而起动了后面的驱动回路。

调整电位器VR_{4H}，可改变对电容C_7的充电电流。因为使运算放大器IC翻转的电压是不变的，改变充电电流，就改变了充至这一电压所需的时间，所以调整电位器VR_{4H}，就能调整保护的动作时间。R越大，时间则越长，R越小，则时间越短。插孔T_H是为了大大地缩短延时而设的。接通插孔T_H，就相当于在VR_{4H}、R_{23}两端并联了R_{22}，因而使C_7的充电电流大大地增加了，缩短了延时时间，这样对校验继电器带来了方便。

（5）驱动回路

它是由三极管T_4、T_5及电阻、电容等构成。

正常时，运算放大器IC的*11端子输出高电位，经R_{26}耦合至T_4，使T_4导通，其集电极呈低电位。该低电位信号经R_{30}耦合至T_5，使T_5截止，造成T_5集电极回路没有电流。

当异常时，V/F值增大后，经一定时间，运算放大器IC*11端子输出一低电位信号，使T_4截止，T_4集电极输出的高电位信号使T_5导通，此时T_5集电极有一电流流过，该电流可使驱动执行元件动作。

电容C_{10}、电阻R_{27}、R_{28}、二极管D_{11}、D_{10}构成的回路，是为了直流电源合闸瞬时，防止保护装置误动作而设置的，它的作用是：当直流电源一合上时使T_4导通，T_5截止，从而使执行元件X_{1H}不动作，与此同时，对C_{10}进行充电，当C_{10}充电后，T_4就呈截止状态，从此T_4的动作就根据运算放大器IC的信号而动作。该回路的工作情况是：直流电源接通瞬时，C_{10}有一充电电流，充电回路是：电源P→C_{10}→R_{27}→D_{11}→R_{28}→电源O，通过T_4基极的电流，足以使T_4导通，经一定时间后，C_{10}的充电电流为零，此时对T_4就无作用了。当直流电源断开后，C_{10}上的能量通过R_{29}、R_{30}、R_{31H}、D_{10}而泄放，以保证下一次的正确动作。

（6）执行元件

执行元件是一个微型中间继电器，其接点与其它回路的执行元件的接点组成一定的回路，去发信或跳闸。

从图（3）可知，TVF—1—D型V/F继电器的H、L、S_1、S_2四个元件的交流信号都取自电压变换器T_E，从整流滤波回路开始，各自独立。然后闭锁元件S_1、S_2的常开接点并联，构成“或”门。动作元件H、L、的常开接点并联，亦构成“或”门。将两并联接点再串联，构成“与”门，去起动跳闸中间继电器，从而防止了因某一个元件的误动而引起跳闸的可能性，大大提高了保护的可靠性。

TVF—1—D型V/F继电器组成的保护可分二阶段动作，每个阶段的动作定值均可调整。我厂采用的定值参考如下：

一阶段动作定值：V/F≥1.18　t＝0.5秒～5秒（H元件）

二阶段动作定值：V/F≥1.10　t＝6秒～60秒（L元件）

闭锁元件定值：　V/F≥1.04　t＜0.3秒（S_1、S_2元件）

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net