

发电机的自动控制

顾春雷 陈 荣

(盐城工专电气工程系, 盐城, 224003)

摘 要 在分析发电机自励恒压原理的基础上, 提出了发电机自励及端电压稳定的控制系统, 该系统具有结构紧凑、控制精度高的特点, 并在实际装置中投入使用。

关键词 发电机 自励 控制

分类号 TM31 TP13

概 述

随着经济的发展, 许多单位为了应付生产的急需或维持生产的正常进行, 都配有一定容量的自备电源, 通常为一定功率的柴油发电机。然而有很多单位配置的自备电源在关键之时不能发挥应有的效用, 究其原因, 大部分问题都出在发电机的自动控制系统上。为此, 我们在这一方面做了一点探讨, 力求满足生产生活的需要。

一、发电机自励恒压原理

图1是典型的应用得较为广泛的自动方式。其中电压互感器PT、电流互感器CT分别整流后并联供电给主发电机的励磁绕组。一般电流互感器分担70%的额定励磁电流。发电机系统由启动到正常空载运行的过程如下: 柴油机启动后, 电机转速由零逐渐上升(若发电机未失磁), 则发电机端电压也逐渐上升, 因输出电压较低, 控制电路使晶闸管全部开放, PT全压整流供给励磁绕组励磁, 由于空载, CT副边无电流输出。当发电机端电压上升到一定数值时, 控制电路正常工作, 控制电路通过改变晶闸管的导通角, 使发电机得到合适的励磁, 端电压稳定。

如果发电机失磁, 则电机由静止到额定运转, 其端电压为零, 此时, 需在励磁绕组中用蓄电池辅助充磁。

发电机由空载到额定负载运行时, 由于负载电流的增加, 电枢反应使发电机的综合励磁磁势减小, 发电机感应电势减小。另外由于绕组的电阻和电抗的存在, 使发电机的端电压随负载电流的增加而下降。系统中电流互感器的副方电流经整流后变换成直流送给励磁绕组, 随着负载电流的增加, 电流互感器送入励磁绕组的电流也增加, 从而补偿了由于电枢反应而引起的电

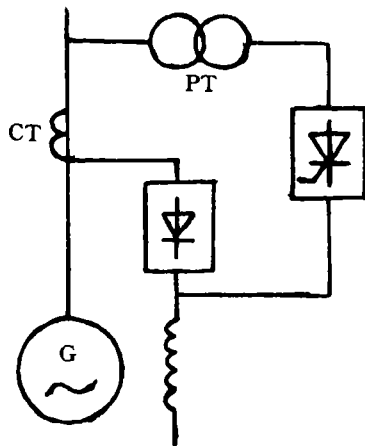


图1

压下降。空载时,励磁绕组的励磁电流主要由电压互感器经整流后提供。随着负载电流的增加,励磁电流逐渐过渡到主要由电流互感器提供,电压互感器输出的励磁作相应的调节。当发电机端电压下降时,控制电路使晶闸管的导通角增加,输入到励磁绕组的电流增加,励磁磁势增加,发电机端电压上升,从而保证发电机端电压的稳定。

若在运行中出现发电机输出短路,则发电机输出电流急剧增加,端电压下降到几乎为零。电压互感器副边感应电压很小。不能正常给发电机提供励磁电流,此时,由电流互感器 CT 输出的电流经整流送给励磁绕组进行强励,以保证发电机输出一定的短路电流(一般电机均有强励倍数要求)。

二、自动控制的实现

观察图 1 所示的系统,可以看出,真正使发电机输出电压稳定的部分是由电压互感器 PT 提供的励磁电流部分,控制系统框图如图 2 所示。

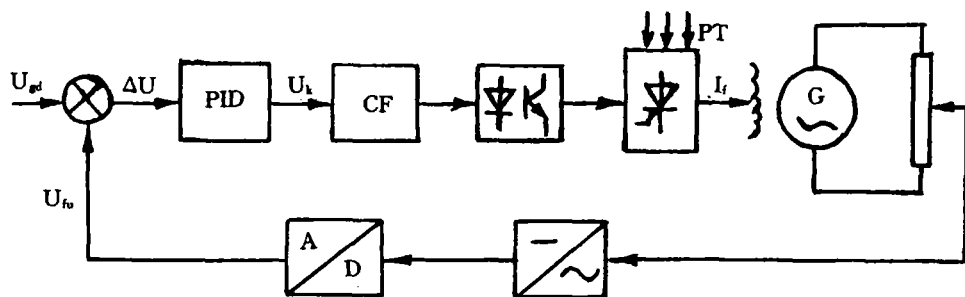


图 2

图中给定电压 U_{gd} 由操作人员设定,发电机端电压经反馈回路给控制系统送来电压反馈信号,经 A/D 转换成数字信号,该数字信号与单片机中给定信号比较,并经 PID 调节器调节,输出一控制电压 U_k (数字信号)。控制电压 U_k 控制数字触发器发送触发脉冲的时刻,数字触发器送出的触发脉冲经光电耦合器隔离并经功放送到晶闸管的门板,触发晶闸管在适当的时刻导通,以调节发电机的励磁电流,从而完成发电机端电压的调节。

1、输出电压的采样

对发电机输出电压的采样通常采取的办法是用变压器降压整流来实现,由于经变压器降压整流输出的是脉动直流,若将其滤波,则滤波电感电容又减慢控制系统的快速性。为此采取的方法是,对电压信号的峰值点进行采样,则有效值为 $0.707U_m$ 。然而,发电机输出的电压的正弦波上叠加一系列的谐波电压,致使输出电压波形畸变,因此,对发电机端电压降压后,经一级 RC 滤波送至整流电路。滤波器的滤波时间常数应尽可能小,保证控制电路采样点在峰值点过后 $U_m/\sqrt{2}$ 附近采样。则 U_i 正比于端电压有效值。

2、控制规律的选择

由于控制系统的控制对象为一整流桥(全控桥)、励磁绕组及反馈部分的滤波器,可以等效成三个惯性环节的串联,其中滤波部分惯性时间常数较小,为了满足二阶工程最佳控制,调节器采用 PID 调节器,以抵消其中两个大惯性环节。PID 算式为

$$U(f) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}]$$

$e(t) = r(t) - y(t)$ 为偏差信号; K_p 为比例系数; T_i 为积分时间常数; T_d 为微分时间常数。

写成
$$U(n) = U(n-1) + K_p[E(n) - E(n-1)] + K_i E(n) + K_d[E(n) - 2E(n-1) + E(n-2)]$$

然而系统调节过程中, PID 调节器有时会出现饱和而减慢动态过程, 改进的方法是: 当 ΔU_n 超过 ΔU_{max} 时, 将超过部分先积累起来, 待退出饱和, 再立即输出些累积量, 进行补偿。

3、数字触发

由调节器输出的控制电压需转化成对整流桥晶闸管触发时刻的调节, 为了提高控制系统的抗干扰性能, 采用具有两片 8253 构成的计数触发方式, 实现对 α 角的定时。

8253 是具有三个功能相同的 16 位定时器/计数器, 每个计数器的工作方式及计数常数分别由软件编程选择, 可实现 2~10 进制计数或定时操作。为构成数字触发器, 由电源电压经三相同步变压器及滤波器得到三相同步电压, 使其过零点对应三相桥的自然换相点。各相同步电压经零检测电路, 得到脉宽 180° 相差 120° 的方波电压。各相方波电压经反相与原三相方波电压一起构成 6 路相差 60°、宽度为 180° 的方波电压。这 6 路信号再与一固定高频脉冲相遇后, 形成 6 路相差 60° 宽度为 180° 的脉冲列。此固定高频脉冲由 8031 的 ALE 及 $\overline{WR}$, 经适当逻辑处理后得到 (参见图 3)。输出的 6 路脉冲列分别送至两片 8253 的 6 个 CLK 脚, 作为 6 个计数器的计数脉冲。6 个计数器计数溢出中断时, 分别触发 1. 2. 2. 3. 3. 4. 4. 5. 5. 6. 6. 1 晶闸管。该方法可以克服外来干扰脉冲引起的误触发。

4、整流桥单元的设计

从发电机启动到正常运行, 励磁调节部分 (由 PT 经整流为发电机提供励磁部分) 由原来的全部开放转成自动调节。由于整流桥由 6 个晶闸管组成, 则在发电机端电压较小时, 所有 SCR 必须完全开放。为此, 在控制系统中设置一由欠电压继电器构成的电压检测环节, 只要发电机端电压低于欠电压继电器的动作电压, 继电器触点保

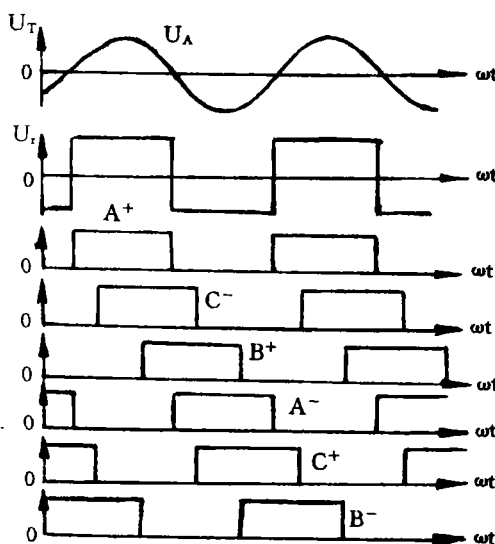
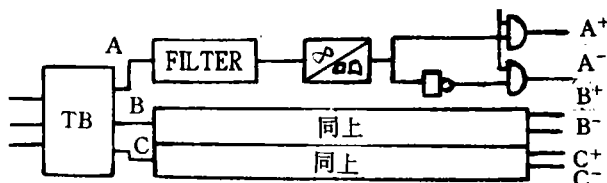


图 3

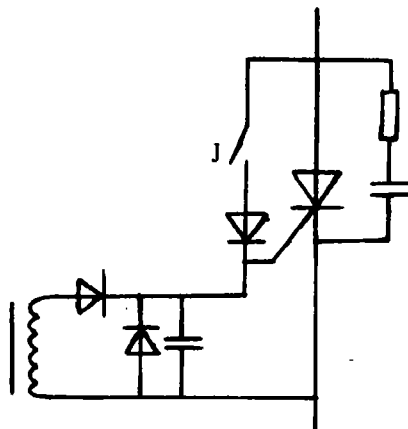


图 4

持吸合,则图4所示单元的SCR的门极通过二极管与阳极相连,SCR相当于一个二极管。三相晶闸管整流桥就相当于一个二极管桥,对PT输出电压,桥路完全开放。

只要发电机端电压高于欠电压继电器的动作值,继电器动作,断开触点。晶闸管的ON、OFF由控制系统决定。

三、应用实例

某自备电源系统中,电源容量 $P_N=120\text{KW}$ 、 $U_N=400/230\text{V}$ 、 $I=216\text{A}$ 、 $n_N=1500\text{rpm}$ 、 $\cos\varphi=0.8$ (滞后)。三只电流互感器经三相二极管桥整流,三只电压互感器经三相桥式全控整流电路整流,两者并联向发电机提供励磁。发电机空载时的励磁电压为32V,励磁电流为10A,满载时励磁电流增加到26A。该电流是由单片机来控制晶闸管的触发角得到的,以实现电机端电压的调节。同时系统中还设有电机欠速超速 $\pm 15\text{rpm}$ 报警电路。该电路在某单位使用后,系统运行稳定,电压调整率 $\Delta U < 2\%$,满足生产要求。

参考文献

- 1 王鉴光主编.电机控制系统.机械工业出版社
- 2 单片机原理及应用.机械工业出版社

(上接第25页)

中断服务过程的前四步是由硬件自动实现的,这点完成不同于调用子程序过程。当然串行口和外中0或外中1的电平触发方式还需用户分别用软件和硬件清除中断请求。MCS-51单片机的中断服务程序入口地址是固定的,它们分别是外中0为0003H、定/计0为000BH、外中1为0013H、定/计1为001BH、串行口为0023H。断点现场保护与恢复也是通过堆栈推入与弹出来实现的。主程序与中断服务程序之间一般无任何关系,两者间不存在参数传递问题,这点也不同于主程序与子程序之间关系。

中断处理完后,就应返回断点继续执行主程序,开同级和低级中断、恢复断点两步可用中断返回指令RETI实现。要注意子程序返回指令RET只能实现恢复断点,而不能打开同级与低级中断,必须把两条返回指令功能区别开来。

中断过程与调用子程序过程既有联系又有区别。本文从多个不同角度详细地对比和比较了它们的异同。实践证明采用这种比较教学方法,教学效果能显著提高。

参考文献

- 1 何立民. MCS-51单片机应用系统设计——系统配置与接口技术. 北京航空航天大学出版社. 1990
- 2 程启明. 微机原理及其应用教学内容和教学方法研究. 全国高校计算机基础教育研究会'94年学术年会论文集. 清华大学出版社. 1994