

电力系统中励磁保护功能的设计与实现

杨彦杰, 陆俭国, 杨旭东, 安东

(河北工业大学电工厂, 天津 300130)

摘要: 对同步发电机励磁系统中必备的保护功能进行了讨论, 并给出了在微机式励磁系统中的设计与实现方法。

关键词: 发电机; 励磁; 保护

中图分类号: TP272; TM761

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2001)09-0027-03

1 引言

同步发电机励磁系统是发电机的重要辅机之一, 是保证电力系统安全稳定运行的重要设备。励磁系统最根本的功能是保证发电机的输出电压维持在一定水平, 因此, 励磁装置有时也习惯称为 AVR (自动电压调节器)。在励磁系统中, 一般必须配置必要的保护限制功能, 以使发电机运行在安全工作范围内。这些保护及限制功能主要有: 防止发电机及感性负荷低频过励的 V/Hz 限制器; 强励及过励限制功能; 防止发电机深度进相而失步的 P/Q 限制功能及软起励、PT 断线保护等功能。

在模拟式励磁装置中, 实现上述保护功能的电路比较复杂, 并且参数整定也不方便。但在现代全数字化微机励磁系统中, 上述功能的实现要相对容易得多^[1], 本文提出了这些功能模块在微机式励磁系统中的设计与实现方法。

2 V/Hz 限制

V/Hz 限制即电压/频率限制, 对于发电机定子、变压器组、电动机等感性设备, 其电压与磁通的关系一般表示为 $U = 4.44fN$, 当发电机转速下降而使其频率 f 下降时, 如果励磁控制系统维持发电机的电压 U 保持恒定, 将会导致发电机的定子及变压器等磁通过载, 造成铁芯长时间过热甚至损坏^[2]。为了对其进行保护, 励磁系统应自动减小励磁电流, 降低发电机电压, 即避免电压与频率的比值超过允许值。

V/Hz 限制功能在 AVR 给定值综合单元实现, 图 1 所示为该功能的逻辑设计框图。

V/Hz 限制特性曲线一般设计为一条斜率可变的直线, 可通过修改参数来调整, 参数 REF_UMAX、fNOM 是频率为额定时所允许的最大电压给定值, 这

一参数是直线旋转的基点, REF_V/Hz_LIM 决定直线的斜率, 即电压变化量与频率变化量之比, REF_UMAX 为最大允许的给定值, 即限幅值, 对应每一频率 f 。MACH_RELATIVE 都可从直线上得到一限制值 B , 当实际给定值 A (给定值 REF1 + 无功调增量 Q_DROOP) 大于 B 时, 定时器开始工作, 当计时达到设定的延时时间 DELAY_V/Hz_LIM 后, C 点为输出逻辑 1, 指示限制器已起作用, 即 ON_V/Hz_LIMITER 为 1, 同时, 综合给定值 REF2 由 A 值经积分器缓慢降至 B 值, 从而实现减小励磁降低机端电压的目的, 积分器的作用是为了实现电压平稳过渡, 避免引起电压振荡。

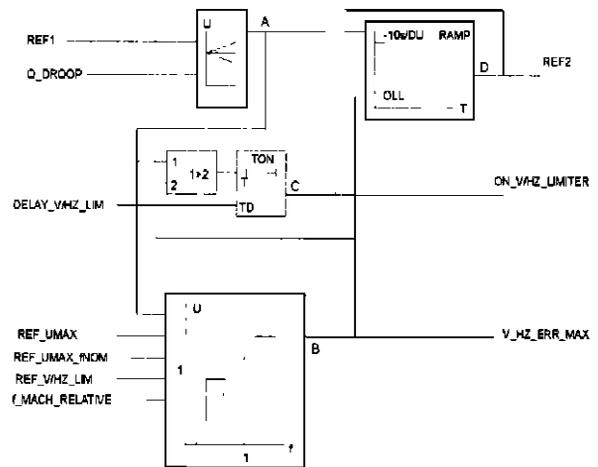


图 1 V/Hz 限制功能逻辑框图

3 强励及过励限制功能的实现

强励及过励限制功能是为了防止发电机转子绕组长时间过励磁而采取的安全保护措施。在电力系统出现故障而使系统电压突然下降时, 励磁系统应进行强励磁, 以保证发电机并联运行的稳定性和改善电力系统的运行条件。由于转子励磁绕组的热容量较大, 可以进行一定强励倍数 (1.6 ~ 2.0 倍) 和强

励时间(10 ~ 20s)的强励,但如强励或过励时间过长,转子绕组的温升将使绝缘受到威胁,因此,必须对励磁电流进行限制。

励磁电流限制功能主要分为立即限制和延时限制。立即限制功能主要保护整流元件晶闸管,因为晶闸管的热时间常数非常小,过电流很容易损坏晶闸管,所以需要限制流过它的电流值,当励磁电流达到设定的强励值时,限制模块应瞬时动作。延时限制主要是防止发电机转子绕组热过载和整流桥热过载,当励磁电流大于额定值而小于最大强励限制值时,转子绕组温升也增大,但不会马上达到容许最大值,因此可允许电流维持一段时间,电流越大,延时时间越短。

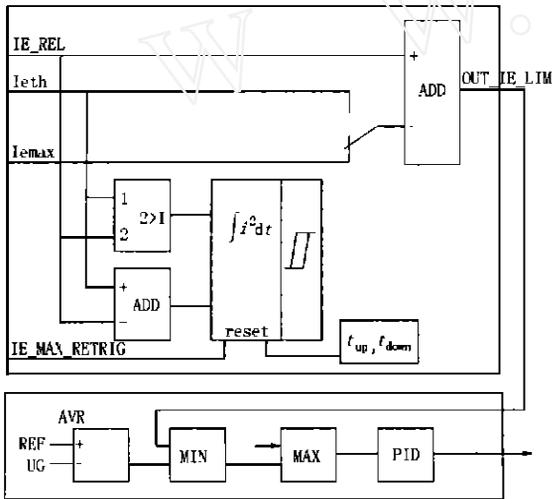


图2 励磁电流限制功能框图

如图2所示为励磁电流限制功能框图,其中 IE_REL 为励磁电流实测值, I_{emax} 为励磁电流限制最大值, I_{eth} 为励磁电流限制热值,(即发电机转子允许长期在此值运行而不致于发生热过载之值), OUT IE LIM 为限制器输出值, IE_MAX_RETRIG 为限制器重触发输入端, t_{up} 为允许强励时间, t_{down} 为冷却时间常数,系统允许的强励总能量按 $E_{max} = (I_{emax} - 0.9 I_{eth})^2 * t_{up}$ 计算。在发电机正常运行情况下(限制器不动作时),限制器设定值为 I_{emax},限制器输出值为 I_{emax} - IE_REL,因 I_{emax} > IE_REL 所以在 AVR 中,限制器输出值通过最小值比较器而不起作用,假设发生系统故障,使得励磁电流增大至 IE_REL > I_{emax},则在 AVR 中,限制器的输出值通过取最小值而立即起作用,形成以励磁电流为闭环调节对象,使 IE_REL = I_{emax},同时积分器开始对强励电流 ($i = IE_REL - 0.9 I_{eth}$) 进行能量积分 $E = \int i^2 dt$,当

$E = E_{max}$ 时,限制器设定值逐步降为 $IE_REL = I_{eth}$,如果故障时, IE_REL 大于 I_{eth} 而小于 I_{emax} 时,则立即限制功能不会起作用,但是能量积分仍起作用,当 $E = E_{max}$ 时, IE_REL 也将被逐步降为 I_{eth},过励磁时间与过励磁电流成反比,过励磁电流越大,能量积分时间越短。当故障解除后, IE_REL < I_{eth} 时,则积累的能量开始按 t_{down} 时间常数减小,当 E 减为 0 后,限制器设定值返回 I_{emax},如果在能量积累未完全减完时,系统又发生故障,则 IE_MAX_RETRIG 重新触发使限制器设定值返回 I_{emax},但是,由于 E 未减至 0,则 E 达到 E_{max} 的时间会缩短,即维持强励时间缩短,防止系统反复故障时转子热积累太大而过载。

4 P/Q 限制器设计

当电力系统处于轻负荷运行状态时,为避免电网无功功率过剩而使系统电压过高,利用同步发电机进相运行,是一种非常经济简便的调压措施。

发电机允许的进相值与它的有功功率的大小、机端电压的高低有关,有功功率越大,允许进相的无功越少,当有功功率为零时,无功进相允许值最大。当进相无功超过允许值时,会使功角增大到超过静态稳定的极限功角,使发电机不再与系统保持稳定运行而失步,危及电力系统的稳定运行。因此,励磁系统应设计有 P/Q 限制功能即低励限制器,用于防止发电机因欠励进相而失步。

在微机式励磁系统中, P/Q 限制曲线一般由五点组成,即设定对应有功功率 P = 0%、P = 25%、P = 50%、P = 75%、P = 100% 时所允许的最大进相无功值,这些无功量按电压为额定值定义,当电压不为额定值时,限制曲线按表达式

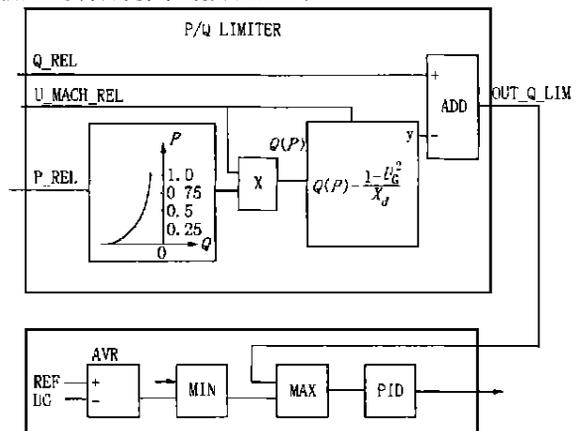


图3 P/Q 限制功能框图

$$y = Q(P) - (1 - u_G^2) / X_d$$

做适当修正,以保证正确限制进相而不失步。

图3所示为P/Q限制功能框图,Q_{REL}为无功功率实测值,P_{REL}为有功功率实测值,根据有功实测值决定的无功参考值经电压平移后与无功值进行综合后做为限制器的输出OUT_{Q_LIM}。正常时限器输出值为负不起作用,当进相至限制值时,限制器输出值经过最大值比较器替代AVR工作,以使无功动态地维持在限制值闭环运行。

5 其它保护功能

除了上述限制及保护功能外,励磁系统还应设有软起励、PT断线、误强励、误强减等监视与保护功能,以保证发电机的可靠运行。

软起励功能主要是限制起励时的超调量,可以通过闭锁积分的办法来实现,也可以通过在起励过程中,动态地改变给定值的办法来完成。

PT断线保护功能一般通过比较仪用PT与励磁PT的测量值的办法来实现,当其差值超过一定值时,判为PT断线,当励磁PT断线时,AVR运行方式自动变为励磁电流闭环调节方式,当仪用PT断线时,发出报警信号。

误强励、误强减监视保护功能通过监视励磁电

流与机端电压的变化关系来实现,当励磁电流已大于上限设定值(如120% I_{en})时,如机端电压仍增长一个值时,则判断为误强励。反之,当励磁电流已小于下限设定值(如20% I_{en})时,如机端电压仍下降一个值时,则判断为误强减。当发生误强励、误强减时,自动切换励磁运行通道,并发出故障报警信号。

6 结论

按照上述设计原理并利用C语言编制的功能模块已成功应用于DWLZ系列微机励磁系统中,经长期的实践证明,本设计是稳定可靠的。

参考文献:

- [1] Yang Yanjie etc. A Digital Excitation Control System For Synchronous Machines. CICEM '99, Xian.
- [2] 张文玲. 新型双通道同步发电机微机励磁装置的研究 [学位论文]. 天津:河北工业大学, 2000.
- [3] 樊俊, 陈忠, 涂光瑜. 同步发电机半导体励磁原理及应用(第二版). 北京:水利电力出版社, 1991.

收稿日期: 2001-02-21

作者简介: 杨彦杰(1966-),男,博士生,高级工程师,主要研究方向为智能电器与机电一体化。

Design and realize of protection function for generator excitation in power system

YANG Yan-jie, LU Jian-guo, YANG Xu-dong, AN Dong

(Electrical Equipment Factory, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: In this paper, a discussion of the protection and limit functions necessary for excitation system is given, and the methods to realize them in digital excitation equipment are described.

Keywords: generator; excitation; protection

(上接第22页)

A pricing mechanism of the electricity market based on power flow tracing

HOU Yur-he, XIONG Xir-gen, WU Yao-wu

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The power industry of China is going to establish a market based operational mechanism which makes a feature of separation of generation and transmission management, competition before supplying and open access. In electricity market the pricing mechanism is an important issue. Based on the power flow tracing, a pricing mechanism of reactive and active power is presented in this paper, which concerns the interest of all sides. Satisfactory results are obtained using a 22-bus system.

Keywords: electricity market; power flow tracing; active power price; reactive power price