

# 失磁自动减负荷装置

浙江电力试验研究所 张朝庭

运行中的发电机失去励磁，这种故障电网中常见，影响很大，它不仅威胁失磁机组的安全运行，更主要是破坏电力系统的稳定运行，后果极为严重。我省几台50,000千瓦发电机，由于励磁机或励磁回路故障造成部份和全部失去励磁，曾经几次迫使发电机紧急停机，影响了电网的正常供电，对工农业生产造成损失。

我们研制了一套失磁自动减负荷装置在一台QFS—50—2型50,000千瓦汽轮发电机上进行了两个阶段的试验。第一阶段是稳态失磁异步运行试验，发电机空载运行，断开灭磁开关，使发电机失磁，然后再逐步增加有功出力。第二阶段为暂态失磁异步运行试验，在实际运行方式下带不同负荷突然失去励磁，还进行了两次满载全失磁的考验，失磁后经1504秒，该机组有功功率从50,000千瓦自动减至20,000千瓦减负荷的平均速度为1,940千瓦/秒，无论从系统运行的要求和机组的安全，都是容许的，经过少许改进，现在投入了运行。

失磁保护装置，已有产品供应；失磁自动减负荷装置尚待研究，实际使用更是少见。本文仅是对这方面一点初步赏试，愿它对从事此项研制工作有所促进。

## (一) 主要元件

失磁减负荷装置比较简单，所用的继电器主要有三个，其它均为常用的电磁型时间继电器和中间继电器。

### 1. 无功电流方向元件

发电机失磁后，众所周知，要向系统吸收无功功率，这时的无功电流潮流与正常运行方式相反（进相运行是特例），我们用正流型LLG—1型方向继电器加以改制，即成无功电流方向元件。改制的方法很简单，原继电器的电压线圈上并联4微法电容器再串联4微法电容器后接至发电机P.T.二次电压，电抗互感器DKB线圈 $W_4$ 接250欧负荷电阻，即使继电器的最大灵敏角为 $-180^\circ$ 。方向继电器按 $90^\circ$ 接线方式，即电流线圈接 $\dot{I}_A$ ，电压端子 $U_{BC}$ ，于是，这样的继电器就能只反映无功功率。由于该继电器的动作值实际上仅与无功电流的大小和方向有关，而与外加电压值的大小无关，故称为无功电流方向元件。

继电器的动作值整定除可调整极化继电器接点外，还可改变与极化继电器线圈串联

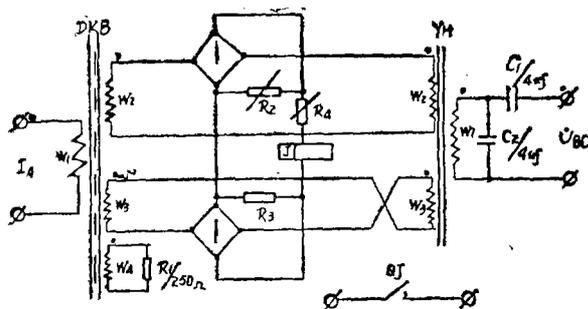
的电阻 $R_1$ 使其在空载失磁时也能动作。为了消除潜动现象,特别是电流潜动,需调正电阻 $R_2$ (见图一)。

必须指出,原继电器不允许长期接入电压100伏运行,热稳定不保证要烧坏,现在串联了电容器 $C_1$ 后,允许长期持续运行了。

### 2. 转子励磁低电压元件

转子励磁低电压元件反映失磁

比较直观,灵敏和动作快,但须认真采取措施,严防灭磁开关因调正不当触头切换不良,使转子励磁绕组瞬间开路产生危险的高电压侵入继电保护二次回路,这个问题在有的电厂试验时已有深刻的教训。这就要求转子低电压元件绝缘一定要可靠。为此,我们绕制了一只干簧继电器,干簧管为JAG—5/1Z,线圈为 $\phi 0.12m/m$ 高强度漆包线,1800匝,线圈两端反向接入二只串联的高反压二极管2DP3J,为了热稳定和整定上的要求,再外串5K $\Omega$ 电阻,可以整定在0.8倍转子空载额定电压下返回(常闭接点闭合)。经过耐压试验,接点与线圈间以及接点线圈对地均能承受3500伏交流50赫芝一分钟。



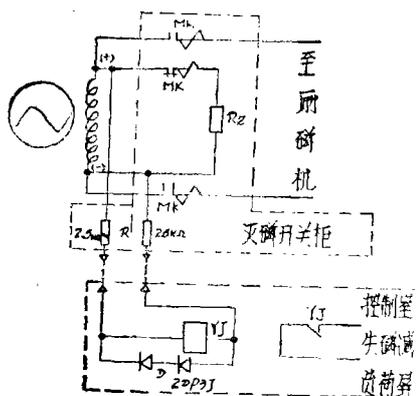
图一 无功电流方向元件原理接线

为了防止与转子低电压元件连接的电缆和端子

因短路或接地影响发电机励磁回路的安全运行,降压电阻分别接在转子线圈的两极,而且将它们安装在灭磁开关柜内,即靠转子线圈最近、接线最短,而干簧继电器则安装在控制室的发电机保护屏邻近的“失磁减负荷装置”上。原理接线图见图二

### 3. 定子过电流元件

发电机失磁后,定子电流的平均值可能过载到1.2—1.6倍额定电流值,引起定线圈过热,特别是端部铁芯迭片和结构部件的过热。因此限制发电机失磁后容许异步运行的因素是定子电流的平均值不应超过额定值。用一般电磁型电流继电器,动作电流整定在1.1倍发电机定子额定电流返回电流等于额定电流作为定子过电流元件。



图二 转子低电压元件原理接线

## (二) 减负荷的速度和方式

原则上发电机失磁后负荷减得愈快愈好,但考虑到机组的调速器的动态特性和汽机锅炉的适应性,力求简单可靠,通过摸索试验,整定失磁机组从50,000千瓦减至20,000千瓦的持续时间为10.8秒,既防止过调又不影响系统电压和厂用电电压水平。定子过电流正定为1.1倍额定电流,两者配合比较合适。轻载失磁,定子电流如不过载,勿

需减负荷，满载部分失磁，定子电流稍许过载，只消发出短脉冲操作电动调速器的马达降低出力，一当定子电流恢复至额定运行，立即停止减出力的操作；重载全失磁，定子电流过载很严重，需要持续大幅度地减出力，但当定子电流恢复至额定运行，仍需要立即终断减出力操作。以上即是“长短脉冲”相互配合达到合理地减出力操作，但一次减出力操作持续最长时间不超过10.8秒，而且要受到定子电流的直接控制。

### (三) 直流操作回路原理

失磁自动减负荷装置直流操作回路原理接线见图三。

1. 自动减出力操作必须同时满足三个条件：一、发电机吸收无功电流，二、转子励磁低电压（低于0.8倍空载励磁电压）三、定子过电流。即无功电流方向元件 $QJ$ 动作，转子励磁低电压元件 $YJ$ 返回（常闭接点闭合）和定子电流元件 $LJ$ 动作，方能够起动作减出力操作的中间继电器 $1ZJ$ ，它的接点接通电调速马达减有功回路，作用于调速器降低出力。

2. 重载全失磁，定子电流可能严重过载， $LJ$ 接点较长时间闭合， $1ZJ$ 持续动作，但最长时间为10.9秒，当时间继电器 $2SJ$ 延时接点闭合，起动作复归中间继电器 $2ZJ$ ，其常闭接点断开了减有功操作的继电器 $1zj$ ，立即终断减出力。在此过程中，如定子电流已恢复至额定运行时， $LJ$ 返回，可以提前停止减出力操作。

3. 轻载全失磁或重载部分失磁，可能出现定子电流稍许过载，勿需大幅度减有功，仅由 $LJ$ 短时闭合减有功，定时限减出力操作实际上不起用。

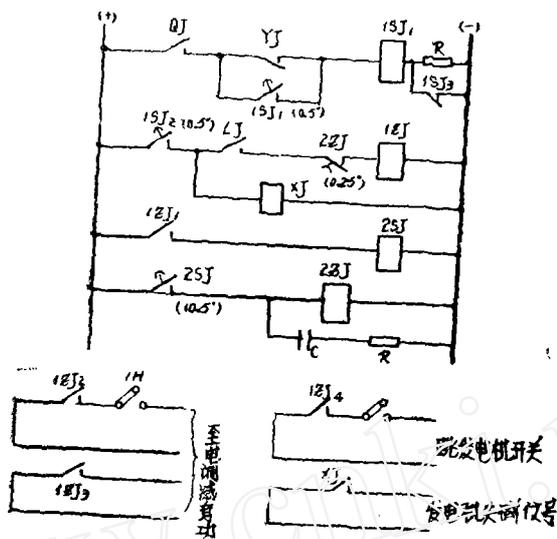
4. 如果发电机虽然失磁，但定子电流并没有过载，勿需减有功，即 $LJ$ 不动作， $1zj$ 无法起动作，这时信号继电器 $XJ$ 动作，发出失磁告警信号。

5. 为躲过外部短路切除，转子电压瞬时突变， $YJ$ 可能误返回，时间继电器 $1SJ$ 带0.5秒时限。 $1SJ_1$ 作为自保持用，因为失励后，发电机励磁电压有可能摆动改变极性， $YJ$ 要出现抖动。

6. 本装置在本系统发生振荡或进相运行时不会误动作，因为转子低电压元件不会返回，减负荷操作继电器 $1zj$ 无法起动作。

7. 如果并列运转的其他发电机检修即出现单机运行方式，系统运行要求发电机失磁须迅速解列，可以投入压板 $2H$ ，作用于跳闸。压板 $1H$ 勿需断开，仍让减出力操作起作用。如果有借用励磁的自动切换，也可以作用于自动投入备用励磁。

8. 曾试图为了运行上的安全和实施方便，用定子低电压闭锁无功电流方向元件，不希望用转子励磁低电压元件，但实践表明，定子低电压元件遇到整定方面的困难，因为系统低谷运行方式时电压水平高，有的水轮机组调相运行，汽轮发电机虽然失磁，但电压波动并不严重，定子低电压元件出现抖动，甚至拒动。



图三 直流操作回路

## 结 束 语

“该装置在杭州半山电厂的协助下，于1981年2月初投入3\* 发电机正式运行，4月1日20，28时，3\* 发电机励磁回路短路，引起失磁，失磁减负荷装置立即动作，迅速自动降低出力，避免了一次机组解列的扩大事故。经受了一次运行的考验。”