

羊子口水电站调速器抽动原因分析

陈 其 秋

(水电部成都勘测设计院)

前 言

DT-1800 是我国早期设计的中型电气液压式调速器。我省灌县羊子口,彭县太平,什邡工农兵,旺仓东河等水电站共装有这种调速器二十余台。运行以来,这些调速器都不同程度存在抽动现象。

羊子口水电站装有四台定浆式水轮发电机组,各机自前池引水,系一明渠引水式低水头电站。该电站投运以来,四台机的调速器先后出现抽动现象。抽动严重时,接力器来回大幅度摆动,压油装置油泵频繁启动补油,不得不将调速器切为手动运行。现四台调速器均不能投入自动,这不仅失去自动调节的作用,给运行带来麻烦,而且在机组甩负荷时,由于调速器处于手动运行,电液转换环节的压力油路被切断,全靠紧急停机电磁阀来关机,一旦电磁阀失灵,就有发生“飞车”事故的危险。因此,运行很不安全,电厂急于解决调速器的抽动问题。

为查明原因,应电厂邀请,八四年八月在3号机调速器上作了较深入的测试,录下了液压机械部分的有关位移和电气环节的输出波形。通过现场试验观察和实测资料的对比分析,找到了该调速器抽动的根本原因,现作简要介绍,以供参考。

一、机组及调速器技术数据

1. 机组

水轮机:

型号: ZD 510-LH-180

$N_H = 1360$ 千瓦

$H_P = 10.5$ 米

$Q_P = 16.5$ 米³/秒

$n_H = 250$ 转/分

$\varphi = +10^\circ$

发电机:

型号: SF 1250-24/2600

$N_H = 1250$ 千瓦

$n_H = 250$ 转/分

$T_a = 3.9$ 秒 ($T_e = 1.16$ 秒)

永磁机:

型号: Ty 42.5/9-24

V_H : 主绕组: 230伏, 付绕组: 110伏

三相, 50赫

2. 配速器

(1) 型号: DT-1800 该调速器液压系统设有中间接力器, 用精密线绕电位器作反馈元件, 电位器由中间接力器横杆带动作软、硬反馈。采用双串联LC测频回路, 信号综合回路为直流直接串联式。

(2) 主要技术数据:

测频环节灵敏度:	0.2V/Hz	缓冲时间:	$T_d=2\sim12$ 秒
频率给定范围:	45~55赫	人工死区范围:	0~1 赫
功率给定范围:	0~100%	中间接力器关闭时间:	$T_g=0.3\sim4$ 秒
静态调差率:	$b_p=0\sim8\%$	接力器全行程:	$S=230$ 毫米
空载缓冲强度:	$b_t=0\sim50\%$	引导阀单边搭迭量:	0.15毫米
负载缓冲比率:	$b_K=0.1\sim1.0$	(安装时实测只有0.1毫米)	
		主配压阀每边搭迭量:	0.325毫米

二、发电机初期调速器运行情况

电站机组试运行期间, 作空载扰动和甩负荷试验时, 中间接力器, 主接力器, 主配压阀曾偶尔出现过大幅度波动(图1)。检查发现是缓冲电位器转轴紧定螺钉反复动作过程中松脱, 电位器失去控制, 缓冲环节无输出而导致调速器系统大幅度波动。电位器经调整后, 恢复正常。

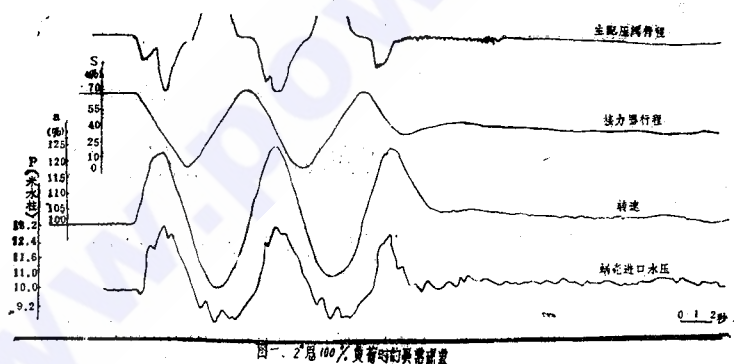


图1 2号机甩100%负荷时的异常现象

试验中主配压阀也偶尔出现过跳动, 跳动频率与永磁机电压(转速信号)脉动频率相同(图2), 等于机组转频。但接力器尚未出现摆动, 说明主配压阀的跳动幅度还小于搭迭量。后对蜗壳、尾水管水压脉动作了些测试, 2号机蜗壳水压脉动幅度较大(最大8%, 一般2%), 但脉动频率在1.3—2.7赫之间, 小于机组转频, 不会导致主配压阀跳动。

初期运行, 调速器空载扰动、负荷扰动及甩负荷试验证

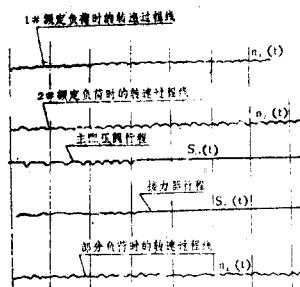


图2 1号、2号机转速波形

实该调速器过渡过程品质符合要求(见羊子口水电站Z D510-LH-180水轮发电机组过渡过程试验报告), 四台电调基本上可以实现自动调节。运行一段时间之后, 一台接一台相继出现主配压阀跳动, 中间接力器抽动, 不能投入自动。有时抽动较小, 有时十分严重, 与工况有些关系。当调速器切为手动时, 抽动完全消失。

电站多次请制造厂进行分析处理, 厂家对2号机调速器各电气环节作过较深入检查分析, 各环节电压输出正常, 改变调节参数又几乎不起作用。后检查永磁机, 发现各磁极有不同程度的失磁。进行了充磁处理后, 抽动有所减小, 基本上可以自动运行, 但运行不久, 又恢复原状。至此, 电站实感棘手, 现四台机调速器全处于手动运行。

三、调速器抽动波形及其原因分析

为了了解调速器抽动的幅度和频率, 分析引起抽动的原因, 我们用光线示波器分别对3号机调速器自动(不同调节参数)及手动运行时中间接力器、主配压阀的抽动, 电液转换器工作线圈电流的波动进行了录波(图3a, b, c, 图4)。

图3为机组并入系统带负荷自动运行时的调速器系统抽动情况。中间接力器、主配压阀的抽动频率, 电液转换器工作线圈电流的波动频率(直流部分)均为机组转频, 而且三者基本同步。不论调速器调节参数如何改变(b_p 由4加大到8, 并将人工失灵由0加大到5), 水轮机工况如何不同(负荷及水头变化), 其抽动频率均严格保持机组转频4.1赫不变, 但抽动的幅度是有所变化的。图3a中间接力器抽动幅度为 ± 1.4 毫米, 相应导水叶开度变化幅度为 $\pm 3.5\%$, 而图3b中间接力器抽动幅度为 ± 3.6 毫米, 相应导水叶开度变化幅度为 $\pm 9.5\%$ 。我们曾将人工失灵增大到10(此时 b_p 为8, b_r 为5.5)但抽动依然存在, 只是幅度有所减小。当调速器切为手动时, 抽动完全消失。

由以上现象可以看出, 调速器抽动的根本原因是永磁发电机的电压频率有波动(而此时机组的频率是稳定的, 经单相桥式整流后的直流电压(直

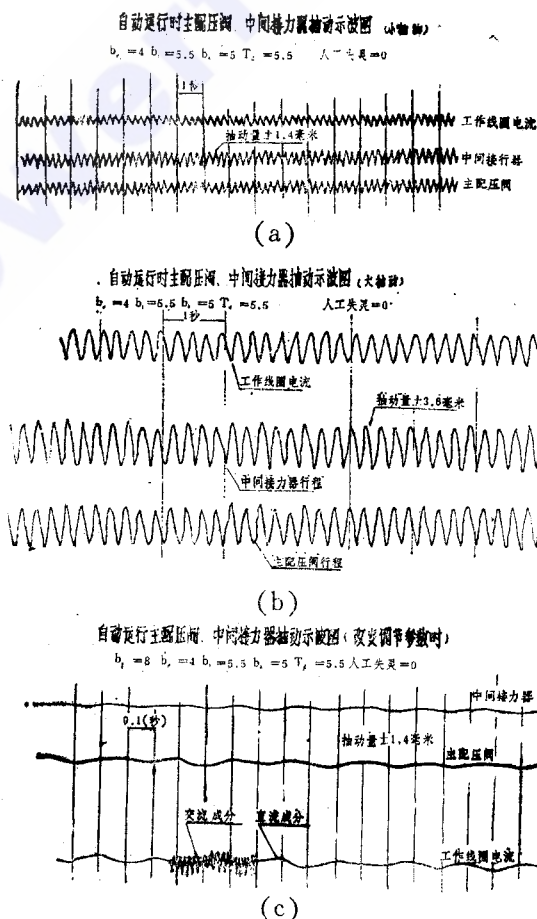


图3 自动运行时主配压阀, 中间接力器抽动示波图

头与发电机上端轴相连，接头上有四个销孔（图6b）。这种结构虽较1号、2号机好一些，但仍不能达到同心的要求。由于偏心和机组振动、摆度的影响，运行时间一长销子和销孔磨损后间隙加大（图6d），永磁机转子中心与发电机旋转中心的偏离量加大，因此，调速器的抽动幅度加大（但抽动频率不变）。4号机调速器一度自动运行较

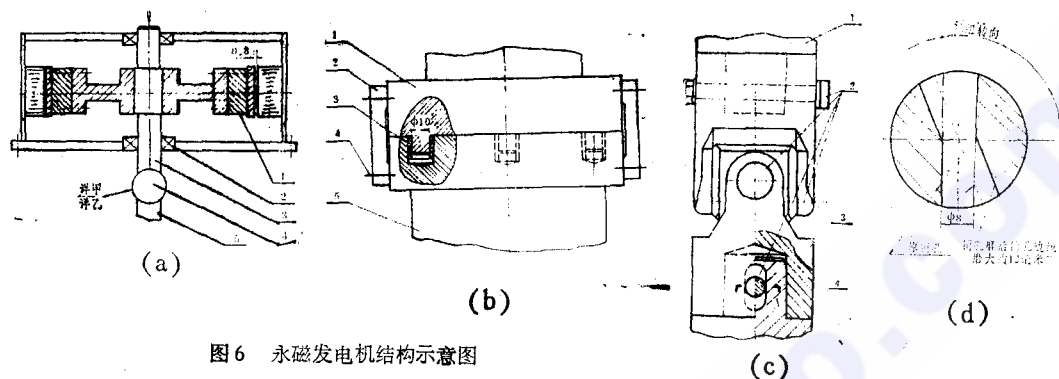


图6 永磁发电机结构示意图

好，但自活接头销子剪断，换销后调速器即无法自动运行。而且，在调节参数不变，工况不同时，由于机组的振动和摆度不同（无法测永磁机轴的摆度，只测了临近的集电环的摆度，空载运行时该处摆度达0.65毫米，并网带负荷运行时一般为0.25~0.3毫米），永磁机的频率波动不同，故调速器的抽动幅度不同，空载时最大。这就是示波图中调节参数相同，而工况不同，调速器抽动幅度不同的原因。

四、电气环节输出波形分析

图5c是调速器分别由永磁机和厂用供电时，电液转换器工作线圈电流波形比较。永磁机供电时，电流直流部分有4.1周的脉动频率；厂用供电时，这种脉动完全消失。

图7为机组并网带负荷运行时，残留、缓冲、测频环节的电流波形。各环节的直流部分（正常时缓冲输出应为0）都不同程度存在波动。由于整流作用，测频、残留、缓冲环节的交流分量均为二次谐波，电液转换器的工作电流就是由各环节的交、直流迭加而来的。因此各环节直流部分的脉动对调速器的抽动是有所影响的，当然，其中测频环节的作用应为最大。为证实这一点，我们将测频部分用永磁机供电，断开变压器B₂原边，将残留、缓冲环节接厂用电，此时调速器投入自动虽仍有抽动，但幅度有所减小。后又将测频部分改为厂用电供电，残留、缓冲环节改为永磁机供电，调速器投入自动时没有抽动现象。

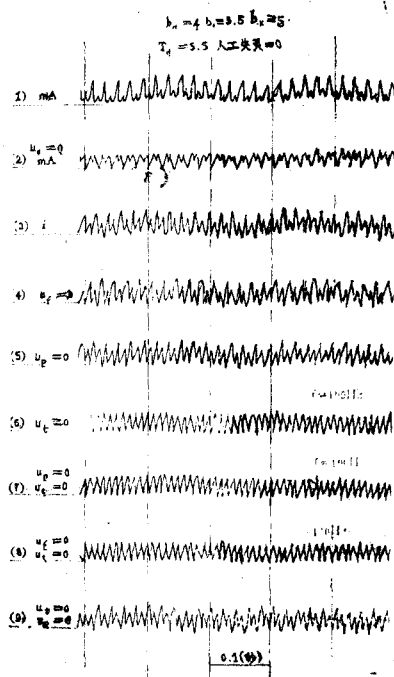


图7 综合回路输出波形比较

由于永磁机的频率波动,引起调速器抽动的主要环节是测频环节。因此,于对这种调速器,必须对测频环节进行改造,采用别的测频方法。

五、结论和建议

实测证明:永磁机转子中心与发电机传动轴的旋转中心不同心,几乎是引起DT-1800调速器抽动的通病。随制造质量、安装水平、检修维护和运行工况不同,抽动幅度有所不同,但抽动频率始终为机组转频。

羊子口电站四台永磁机接头销子和连接板(图6 a、b)多次发生折断。1号机滚珠轴承的滚珠磨坏(有挤压变形);4号机销孔磨大,局部磨去十余毫米(图6 d.)。每次处理后,有的抽动减小,有的可勉强投入自动(投自动后仍有轻微的抽动)。4号机调速器自动运行,一度较好,但万向接头圆锥销剪断后,由于加工的新销子换上后配合不紧,调速器出现大抽动,以后几经处理,虽有所好转,但总维持不了多久。

可见,在机组检修时,适当调整永磁机转子中心,使之与机组转轴同心;加工处理销子、销孔,使接头与上下端轴配合紧密,对减小或消除调速器抽动虽有一定效果,但不是长远之计,解决不了根本问题。

根本办法是彻底改变测频方式,撇开永磁机,采用残压测频。这是国内外成熟的测频方法,目前大中型调速器都采用这种方法测频。DT-1800新产品YDT-1800及YDT-1800A(均为广西金城江水电设备厂产品)都已改为残压测频了。

残压测频的信号通过电压互感器取自发电机出口母线,在发电机失去励磁的情况下测频回路仍能由发电机转子剩磁产生的残压正常工作,故称残压测频。测频电压互感器取得的频率信号,经整形—检波—限幅—频率、电压转换,最后变成与机组频率成反比的直流电压信号。该信号经放大与频率给定回路输出的基准频率电压信号比较,得出测频输出信号。

采用残压测频的调速器,尚可增加一个与机组测频回路完全相同的电网频率检测回路,使机组并网时,调速器按机组频率与电网频率之差输出调节信号,这样机组频率可迅速跟上电网频率,因而加快了机组的并网速度。

DT-1800调速器可将原双串联LC测频回路改为残压测频回路(天津水电控制设备厂、广西金城江水电设备厂均生产残压测频插件),中间经阻抗变换回路,使测频回路的输出阻抗与信号综合回路的输入阻抗匹配。因此,要根据现有电气回路进行改造设计加之DT-1800电气部分简单,元、器件陈旧,故局部改造麻烦,效果也不一定理想。最好是将整个电气柜换成YDT-1800或YDT-1800A的电气柜,因为已有成品生产,故费用不一定比局部改造高,这样又更新了设备。

羊子口电站在灌县系统即将担任调频,故其DT-1800调速器宜按YDT-1800A进行改造。