

· 工程应用 ·

(13) 78-81

异步化发电机模拟机组稳态运行特性的研究

The Study of Steady Operating Characteristics
on Asynchronized Generator Prototypes

TM 611.2

何耀三
He Yaosan

林景栋 ✓
Lin Jingdong

唐卓尧
Tang Zhuoyao

童明儒
Tong Mingru

(重庆大学电子信息工程学院, 重庆, 630044; 第一作者 57 岁, 男, 副教授)

A 摘要 针对转子具有两相正交励磁绕组的异步化汽轮发电机模拟机组, 利用按状态辨识适应式跟随迭代控制策略研制的数字式双通道励磁控制装置进行了稳态运行特性试验, 结果显示控制性能良好, 证实了所提控制策略的现实可行性。

关键词 异步化汽轮发电机; 励磁控制装置; 稳态运行特性

~~模拟机组~~

中国图书资料分类法分类号 TM761.11

ABSTRACT The digital dual-channel excitation control apparatus, based on adaptive tracing iterative control strategy with state identification is developed, and experimental study of steady operating characteristics are carried out on the prototype asynchronized turbogenerator with two phases orthogonal excitation coils in rotor mini-model system. The experimental results show that the control performance is great satisfaction for asynchronized turbogenerator using the apparatus, confirming the control strategy proposed is very useful in practice.

KEYWORDS asynchronized turbogenerator; excitation control apparatus; steady operating performance

0 引 言

异步化汽轮发电机(ASTG)是一种运行特性显著优于传统同步发电机的新型发电机, 它的出现为解决超高压电力系统因无功过剩所引起的持续工频过电压及远距离输电系统稳定问题提供了新的途径。ASTG独特的运行特性的实现, 除了与ASTG的电机本体结构及电气参数有关外, 关键是靠其自动励磁控制系统(AECS)的良好控制作用^[1~4]。由ASTG双通道励磁控制原理分析可知, AECS实质上是一个多输入、多输出、多变量、非线性耦合系统。针对此类系统, 按笔者提出的状态辨识原则, 以跟随迭代控制规律对ASTG不同运行方式进行适应式控制, 可有效地解决ASTG电磁转矩(有功)和电压(无功)的独立调控问题^[5]。基于此控制策略研制出数字式双通道自动励磁控制装置并在ASTG模拟机组上进行了试验研究。

* 收文日期 1994-12-31

试验研究结果表明,笔者研制的励磁控制装置对 ASTG 的控制效果良好,体现出优良的控制性能。

1 运行特性研究内容及方法

试验用模拟机组包括 ASTG 模拟机本体及与其同轴安装的转速、转子位置传感器和作为原动机的直流电动机。ASTG 模拟机本体的容量为 5 kW,转子为非实心的叠片式,具有参数相同的两相正交励磁绕组。励磁电源由晶闸管四象限变流器提供。由 8088 工控机及附加环节构成双通道自动励磁控制装置。试验研究内容包括:零起升压,稳态发、吸无功、深吸无功,无功运行方式突变以及由同步运行转为不可控异步运行等。

鉴于表征 ASTG 运行状况的状态量既有一些模拟量又有一些数字量,还有一批表征 ASTG 的 AECS 调控情况的实时数字量参数。为便于集中分析、研究,试验研究中,对各状态量及调控参数的录取和表示法,采用随机存贮数据的存取法,通过键盘操作,即可连续存贮 K 次实时数据(K 值由键盘操作设定),每次存贮 16 个特定的状态量和调控参数,相邻两次存贮数据的间隔时间为 33 N ms(N 为自然数,由键盘操作设定)。所存数据可从数显观测记录,也可打印出清单,以表格或描绘曲线的方法表示。由此,能在最短间隔时间为 33 ms 内,观测到 16 个状态量及调控参数的动态变化情况及相互之间的关联。据此,还可计算出其它相关量。对此类控制系统,采用上述方法,既有利于试验研究,也有利于现场调试时整定有关参数。

2 运行特性研究结果及分析

2.1 零起升压

ASTG 在额定转速下,电压给定 U_r^* 由零突变到 $U_r^* = 220$ V,使发电机端电压从零变为额定值。利用试验打印单绘制的端电压响应曲线见图 1。存贮打印数据的时间间隔 $\Delta t = 5 \times 33$ ms。试验结果显示,研制的 ASTG 励磁控制系统零起升压时,在不到一秒的调节时间内,即可使端电压达到额定给定值,超调量仅为 1.5%。

2.2 ASTG 发、吸无功稳态运行

ASTG 并网后,原动机有功不变,分别在发、吸无功运行方式下,不同功率因数稳态运行时的试验结果见表 1。

2.3 ASTG 深吸无功稳态运行试验

ASTG 并网后,原动机有功不变,在深吸无功 ($\cos\varphi$ 低于 -0.80) 稳态运行时的试验结果见表 2。

ASTG 吸无功及深吸无功试验结果证实:随着功率角 θ 的增加,励磁电流减小, $\theta = 90^\circ$ 时,励磁电流为最小值, $\theta > 90^\circ$ 后,励磁电流则随 θ 角的增加而增大。研究表明控制装置对

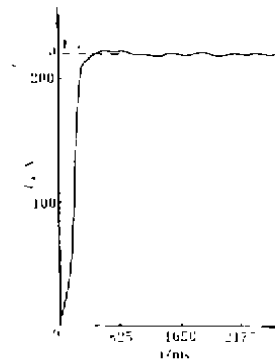


图 1 ASTG 励磁制系统零起升压时端电压响应曲线

ASTG 电磁转矩的有效控制, 不仅无需设置最小励磁电流限制, 且能保证 ASTG 的深吸无功特性, 在额定容量范围内无静态稳定限制。

表 1 ASTG 发、吸无功试验各稳态运行点有关参数的测试值

运行点	$\varphi/(\circ)$	$\cos\varphi$	I_d/A	I_q/A	$\delta/(\circ)$	$\theta/(\circ)$	P/W	Q/W
I	35.75	0.8116	14.720	14.71	73.75	28.75	1895	1375.0
II	31.49	0.8527	14.220	14.15	75.56	30.56	1976	1208.0
III	25.92	0.8994	13.350	13.44	78.00	33.00	1934	936.0
IV	19.94	0.9401	12.730	12.72	79.81	34.81	1993	720.0
V	-19.47	-0.9430	8.937	8.890	95.56	50.56	1872	-659.2
VI	-26.53	-0.8950	8.441	8.316	101.50	56.50	1916	-960.0
VII	-33.29	-0.8360	7.843	7.738	107.60	62.60	1908	-1245.0
VIII	-37.33	-0.7950	7.406	7.406	111.50	66.50	1868	-1400.0

表 2 ASTG 深吸无功试验各稳态运行点有关参数的测试值

运行点	$\varphi/(\circ)$	$\cos\varphi$	I_d/A	I_q/A	$\delta/(\circ)$	$\theta/(\circ)$	P/W	Q/W
I	-45.43	-0.703	6.667	6.656	122.0	77.0	1816	-1826
II	-50.40	-0.637	6.640	6.644	134.7	89.7	1879	-2267
III	-52.31	-0.611	7.855	7.808	150.9	105.9	2017	-2602
IV	-54.77	-0.577	8.183	8.164	158.5	113.5	1995	-2842
V	-57.00	-0.545	8.347	8.343	163.1	118.1	1975	-3047

表 3 ASTG 同步运行和转子串电阻、短接不可控异步运行有关参数测试值

状态	$\varphi/(\circ)$	$\cos\varphi$	S	P/W	Q/W
同步	-36.24	-0.8065	$< 5.50 \times 10^{-5}$	2097	-1528
串阻异步	-84.09	-0.1030	3.100×10^{-2}	215.6	-2029
短接异步	-56.50	-0.5519	1.900×10^{-2}	1354	-2046

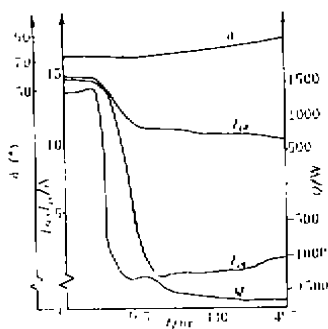


图 2 ASTG 从 $\cos\varphi \approx +0.8$ 突变到 $\cos\varphi \approx -0.8$ 的电磁过程

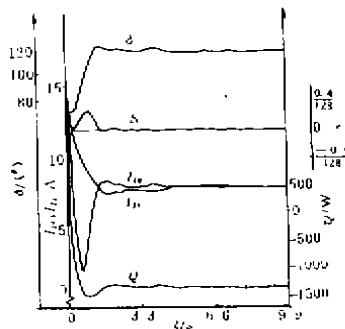


图 3 ASTG 从 $\cos\varphi \approx +0.8$ 突变到 $\cos\varphi \approx -0.8$ 的全过程

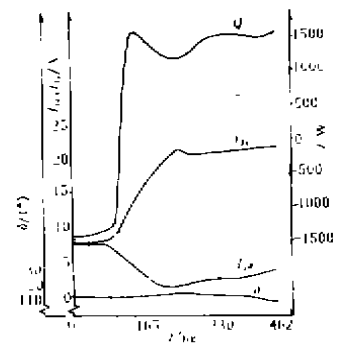


图 4 ASTG 从 $\cos\varphi \approx -0.8$ 突变到 $\cos\varphi \approx +0.8$ 的电磁过程

2.4 ASTG 无功运行方式突变

ASTG 并网后, 原动机有功不变, 从发无功态突变到吸无功态和从吸无功态突变到发无功态的试验中, 记录励磁电流重新分配, 实现无功快速改变的电磁过程调控期的打印单存贮数据的时间间隔 $\Delta t = 33 \text{ ms}$, 记录包括电磁过程和进行转子位置校正、均衡励磁电流的机电过程在内的整个调控期的打印单存贮数据的时间间隔 $\Delta t = 10 * 33 \text{ ms}$. 据此绘制的有关参数的变化曲线见图 2~5. 研究表明: 研制的控制装置, 控制 ASTG 模拟机无功运行方式大范围的突变 ($\cos\varphi$ 在 ± 0.80 之间), 仅需约 0.2 s 即可完成, 这一过程为纯电磁过程; 转子位置校正、均衡励磁电流调控的机电过程, 可在 10 s 内实现。

2.5 ASTG 的不可控异步运行

ASTG 并网后, 原动机有功不变, 从同步运行初态转为转子励磁绕组串电阻和全短接的不可控异步运行试验结果见表 3. 试验结果证实, 具有两相正交励磁绕组的 ASTG 可完全脱离其 AECS, 短接励磁绕组, 按不可控异步发电进相运行。

3 结束语

通过模拟机组的试验研究可得出以下结论:

- 1) 状态辨识适应式跟随迭代控制策略对解决 ASTG 电磁转矩 (有功) 和电压 (无功) 的独立调控问题有良好的效果。
- 2) 研制的控制装置对 ASTG 模拟机的调控作用, 能确保 ASTG 静态稳定没有限制, 无功运行方式的快速改变和稳态运行时, 两励磁绕组电流均衡。
- 3) ASTG 脱离其 AECS 的不可控异步发电进相运行, 使 ASTG 发电运行的可靠性得以提高。

参 考 文 献

- 1 何耀三等. 异步化同步发电机的双通道励磁控制, 中国电机工程学会 94 年度励磁学术讨论会文集, 浙江: 1994: 10~15
- 2 何耀三等. AC-AC 变频器在 ASG 励磁控制系统中的应用, 第三届中国交流电机调速传动学术会议论文集, 青岛: 1993: 347~351
- 3 林景栋. 异步化同步发电机双通道励磁控制系统, 重庆大学硕士论文, 1992. 6
- 4 徐锦才. 异步化同步发电机励磁控制规律的研究, 重庆大学硕士论文, 1993. 6
- 5 何耀三等. 异步化发电机励磁控制系统的一种控制策略. 重庆大学学报, 1995, 18(5): 7~12

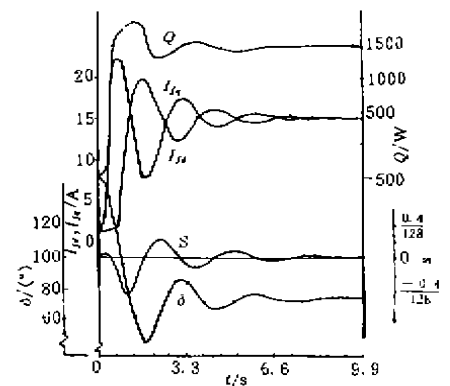


图 5 ASTG 从 $\cos\varphi \approx -0.8$ 突变到 $\cos\varphi \approx +0.8$ 的全过程