「发电机」

两种发电机励磁系统的浅析与研究

文/山东钢铁集团日照公司发电项目部　范玉洁

主要介绍了无刷励磁系统与自并励静态励磁系统，并进行了性能比较，得出两种励磁系统的使用场合。

无刷励磁系统的结构

无刷励磁系统的结构原理如图1所示。

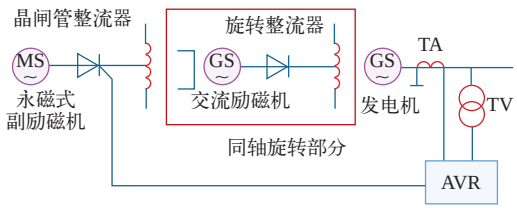

图1　无刷励磁系统的结构原理

励磁系统组成：①调节部分：调节器AVR、小容量可控整流器；②励磁电源：副励磁机、主励磁机、旋转整流器。

无刷励磁系统最大、最明显的优点是无电刷。相应地，无这方面的维护量。另外，晶闸管整流器容量小，设计、生产简单。

无刷励磁系统结构复杂，发电机轴系长，对减少振动不利，而且占地和投资大。转子故障检测和测量困难。旋转整流器的冷却、监视、维护都很困难。

由于励磁机时间常数的影响，属慢速调节系统，对电力系统稳定不利。如果要提高调节性能，必须设计为高起始励磁调节，要提高副励磁机和可控整流器的电压和容量，正常和强励状态输出差别大，可控整流器正常处于深控状态（触发控制角接近于90°），稳定性差。

发电机灭磁方式：无灭磁开关，靠二极管续流自然灭磁，受发电机转子时间常数的影响，灭磁时间很长，一般要几十秒。如果在强行励磁情况下灭磁的话，会使发电机过电压保持较长时间。

转子过电压保护：一般无正向过电压保护，在发电机失磁运行或非全相运行时，会产生正向过电压，危及转子绝缘和旋转整流器。

自并励静态励磁系统的结构

自并励静态励磁系统的结构原理如图2所示。

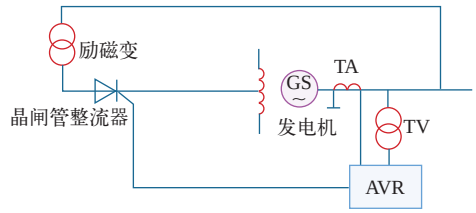

图2　自并励静态励磁系统结构原理

励磁系统组成：①调节部分：调节器AVR、大容量可控整流器；②励磁电源：取自机端的励磁变。

显然，结构简单，发电机轴系短，对减少振动较有利，而且占地和投资小。有电刷的发电机目前还是占绝大多数，这方面的技术和维护，不会存在问题。

自并励励磁系统，由于直接调节转子电压，属快速调节系统，对电力系统稳定性有利。目前，电力系统普遍采用了快速继电保护装置，主保护动作时间在0.1 s以下，对励磁系统强励要求不高。

在设计大容量可控整流器时，按国标要求，考虑了容量和整流桥数量的裕度，再加上采用性能优良的进口晶闸管，可靠性有保证。大容量可控整流器的设计，还是有较大的技术难度。我们设计生产的大容量可控整流器，有30年以上、大

量的运行经验，技术和可靠性都有保证。

发电机灭磁方式：①逆变灭磁，快速，无需跳灭磁开关。②利用灭磁开关和灭磁电阻，可实现快速灭磁，灭磁时间很短，一般在几秒之内。

转子过电压保护：完善的正向、反向过电压保护装置。

励磁变需要增加相应的继电保护设备，但保护比较简单。

性能指标比较

两种励磁系统性能指标比较如下表所示。

表　两种励磁系统性能指标比较

主要性能指标		无刷励磁系统	自并励静态励磁系统
励磁系统电压响应时间/s		大于0.1，慢速系统	小于0.1，快速系统
调压精度(%)		优于1	优于0.5
软起励建压时间/s		大于20	小于10
空载阶跃性能指标	电压上升时间/s	0.5	0.2
	超调量(%)	20%	10%
	振荡次数	1	1
	调整时间/s	5	2
灭磁方式及灭磁时间/s		二极管续流灭磁，灭磁时间大于50	晶闸管整流桥逆变灭磁，小于10
			灭磁开关配合灭磁电阻灭磁，小于5
转子过电压保护		无正向过电压保护	完善的正、反向过电压保护

特点比较

1．自并激励磁系统特点

1）由于自并激励磁系统励磁电源取自发电机端，经励磁变及晶闸管整流器供给发电机励磁，所以励磁响应时间短，对发电机端电压调节速度快。

2）由于无主副励磁机，无旋转部件，轴系短，轴承座少，故对减少机组振动和扭振十分有利。

3）由于取消了旋转部件，减少励磁系统故障，故提高了可靠性。

4）由于自并激系统响应快，当系统电压瞬间下降时，可很快增大发电机无功，以保持系统不发生电压崩溃，其能力比交流励磁机励磁系统优越。

5）当机组甩负荷时，自并励系统抑制电压超调能力比常规励磁系统强。

6）可适当地缩短电站厂房跨距，不需要励磁机基础。

2．无刷励磁系统特点

1）旋转无刷励磁方式因为励磁机的电枢与发电机的转子在同一根轴上旋转，所以它们之间不需要任何集电环和电刷等转动接触元件，

这就实现了无刷励磁。无刷励磁系统革除了集电环与电刷等转动接触部分，是其优点。

2）其缺点是由于与转子回路直接连接的元件都是旋转的，因而转子回路的电压、电流都不能用普通的直流电压表、直流电流表进行监视，转子绕组的绝缘情况也不便监视，旋转二极管的运行状况、接线是否开脱（要求连接铜排是100%的对接，生产工艺要求很高。）、熔丝是否熔断等也都不便于监视。因而在运行维护上有极大不便的。同时由于轴系较自并激励磁机组要长很多，增加了厂房的建造成本和机组振动和扭振的风险。

结束语

故现在，600 MW以下的大容量发电机机组基本都采用了自并励静态励磁系统。自并励静态励磁系统也是目前世界上主流励磁系统。研究表明，当发电机励磁电流大于8 000 A时，由于受集电环材质、冷却条件以及电刷均流等因素的影响，制造相应容量的集电环是困难的。为此，对于大型汽轮发电机采用无刷励磁系统才是适宜的。EA

（收稿日期：2014.07.14）

[编辑：白文亭]