

文章编号: 1001-3806(2003)03-0271-02

## 一种用于大型发电机的新型光纤传感器的研究

郭晓金 殷宗敏 周正利

(上海交通大学光纤技术研究所区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室, 上海, 200030)

摘要: 利用光纤共振的原理, 设计出一种新型传感器。它具有抗强电磁场的优点。经实验验证, 达到了大型发电机在线检测的要求。

关键词: 光纤共振; 固有频率; 在线检测

中图分类号: TP212.14 文献标识码: A

### A new kind of optical fiber sensor used in online generator check

Guo Xiaojin, Yin Zongmin, Zhou Zhengli

(National Laboratory on Local Fiber Optic Communication Networks & Advanced Optical Communication Systems, Institute of Optical Fiber Technology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030)

**Abstract:** A new kind of optical fiber sensor is designed using the principle of optical fiber resonance. It meets the requirement of checking the great type of online generator.

**Key words:** optical fiber resonance; inherent frequency; check online

### 引言

大型发电机由于其大工作量及连续运作的特性, 使得发电机的内部定子很容易产生各种故障, 由于内部的高电压(接近 20kV)以及强磁场, 使得普通的检测技术难以应用。发电机厂只能在不知发电机内部情况的条件下, 进行一些基本的维护工作, 为了防止重大事故, 国内一般 3 年左右就要进行停止运行检修。目前大型发电机如果停机检修, 每停 1h 损失  $3 \times 10^5$  kW 电力, 1kW 电力用 0.6 元计算, 每天将损失 432 万元, 2d~3d 即损失上千万元人民币。

因此, 寻求一种全新的探测技术显得尤为重要, 这样就可以在对发电机定子进行维修及替换前了解发电机中的损坏程度, 并进行适当的调整。而且, 还可以对探测系统获得的一段时间的数据进行编辑并与其它数据进行比较, 从而能更深入地估测发电机中的状况, 做到有的放矢, 提高发电机的运营效率。

本文中报道的光纤传感器是由光、机、电、计算机、图像信息处理等多项技术组成的装置。它建立在发明专利“光纤共振测微振动的方法”的基础上<sup>[1]</sup>, 经实验验证, 达到了大型发电机在线监测的

要求, 并且设计简单、成本低、抗强电磁场干扰等, 具有很大的应用前景和市场潜力<sup>[2]</sup>。

### 1 设计原理

石英光纤具有弹性, 当一端固定而另一端为自由端时, 它的振动具有固定的频率<sup>[3]</sup>(见图 1), 其结构相当于悬垂梁。

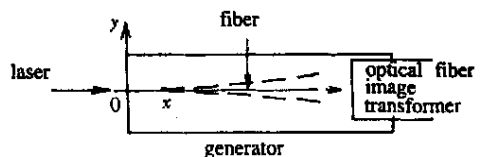


Fig. 1 The structure of the resonance system

悬垂梁结构的光纤的固有基频率为:

$$p_1 = \frac{(k_1 l)^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} = \frac{(1.875)^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} = \frac{3.515}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (1)$$

式中,  $\rho$  为光纤的单位体积质量,  $EI(x)$  为截面抗弯刚度,  $I(x)$  为横截面对中心主轴的惯性矩, 横截面积为  $A(x)$ , 均为沿光纤轴向( $x$ )的函数。对于等截面光纤, 截面抗弯刚度  $EI$  是常量。

因此, 对于不同的密度和长度的等截面光纤, 就可以计算出其固有的振动频率。光纤在策动力的作用下会发生共振, 振幅的大小与两者的频率有关, 当策动频率与光纤基频相同时, 振幅最大。根据这一

作者简介: 郭晓金, 男, 1974 年 4 月出生。博士研究生。主要研究方向为光纤传感技术和光通讯器件。

收稿日期: 2002-05-08; 收到修改稿日期: 2002-12-09

原理设计了如图 1 所示的光纤共振系统。

## 2 工作原理与实验

根据对发电机组振动的模拟, 正常状态下振动稳定, 振幅  $0.02\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$ , 而临界异常状态下振幅为  $0.2\text{mm} \sim 0.25\text{mm}$ 。当发电机组正常运转时, 光纤跟发电机的定子产生谐振, 由于发电机定子的振动方向是固定的, 故光纤的自由端就会产生 1 维振动, 并具有一定的振幅。当光纤固定端输入光时, 在光纤自由端传出的光就会形成一条稳定长度的直光线。当发电机的振幅变大时, 自由端因振动产生的光线长度也就相应的变长。知道了发电机的临界振幅, 就可以由光纤共振系统得到相应的光线的临界长度。

如图 2 所示, 光纤自由端静止时, 光纤中的光线经过聚焦成像在光纤传像束的中心(圆形光纤传像束的圆心), 这样, 当光纤振动时, 在光纤传像束接收端面上就会形成一条经过圆心的对称直光线。这条直光线与发电机的振幅是有关系的。当发电机稳定工作时, 振幅不大, 形成的直光线不会超过临界长度。当发电机振动变大时, 光纤成像束端面上形成的光线就相应的变大。当发电机振动超过临界异常状态下的振幅时, 光纤传像束端面上的光线长度就超过临界光线长度, 由计算机控制的图像采集设备

就会报警。

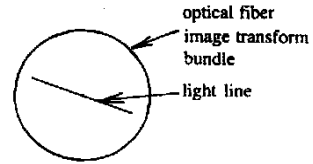


Fig. 2 Optical line shown on the optical fiber image transform bundle

为了增加系统工作的稳定性, 可以在一台发电机上安装 4 套光纤共振感应器(见图 3)。一束激光经分路器分路后传入光纤, 光纤将光束传入共振感应器, 由光纤自由端振动形成的光线经光纤传像束传出并由 CCD 采集后送计算机处理, 当某一条光线超过临界长度时, 计算机就会报警。这样采用多套共振感应器会使在线检测更加准确、稳定。

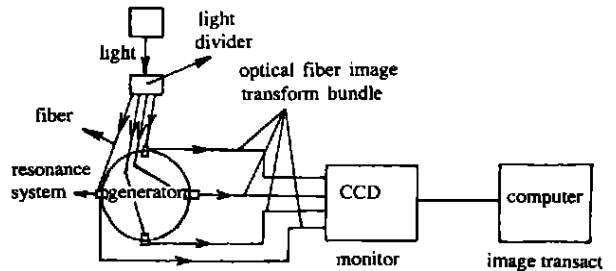


Fig. 3 The optical fiber sensor used in generator

表 1 是光纤共振感应器在振动台的实验数据(光纤长度为  $70\text{mm}$ , 直径  $0.5\text{mm}$ ; 振动台频率  $100\text{Hz}$ )。

Table 1 Result of experiment/100Hz

amplitude of vibrator generator/mm	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
amplitude of fiber/mm	1.0	3.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	9.0	10.0	11.0	13.0	15.0

## 3 结论

由理论分析和实验结果可以看出, 这种新型的传感器可以达到大型发电机在线检测的要求, 而且设计简单、工艺制作方便, 具有很大的实用价值。

### 参 考 文 献

[1] Yin Z M, Zhou Zh L, Liu J J. Measuring micro vibration using the

principle of optical fiber resonance. 中国专利: CN1314586A, 2001.

[2] 孙圣和. 光纤测量与传感技术. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000: 166~198.

[3] Guo Y L. Mechanical dynamics. Beijing: Hydroelectricity Press, 1994: 108~117.