

基于 SVG 控制器的故障录波系统设计

胡顺全, 裴宝峰,

(新风光电子科技股份有限公司, 山东 济宁 272500)

摘要: 静止无功发生器(SVG)为现阶段电力系统最先进的无功补偿技术,应用现场的种类、数量不断增加。由于现场原因或者 SVG 本体原因,运行中偶尔出现故障是难以避免的事情。目前,常规的故障信息是一些故障后的保护状态信息,如过压、过流、欠压等,这些信息已经不能满足快速分析、查找故障原因的需求。通过分析,设计了一种用于 SVG 的故障录波系统,其特点是借用 SVG 现有的各种功能模块,在不增加硬件成本的情况下,实现记录故障前后电网电压和 SVG 输出电流数据,并通过人机交互模块显示,为故障原因分析、查找提供重要信息。

关键词: 故障录波系统;静止无功发生器;故障分析

中图分类号: TM28 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19457/j.1001-2095.dqcd20974

Design of Fault Recording System Based on SVG Controller

HU Shunquan, PEI Baofeng

(Windsun Science & Technology Co., Ltd., Jining 272500, Shandong, China)

Abstract: Static var generator (SVG) is the most advanced reactive power compensation technology in the power system at present, and the types and quantity of application sites are increasing. Due to site or SVG ontology reasons, it is difficult to avoid occasional failures in operation. At present, the conventional fault information is some post fault protection status information, such as over-voltage, over-current, under voltage, etc. these information can not meet the needs of rapid analysis and fault finding. Through the analysis, a fault recording system for SVG was designed, which was characterized by using various existing SVG functional modules to record the grid voltage and SVG output current data before and after the fault without increasing the hardware cost, and through the human-computer interaction module display, important information for fault cause analysis and search was provided.

Key words: fault recording system; static var generator(SVG); fault analysis

无功补偿装置行业在国内外飞速发展,已经应用到电能的产生、输送、配电的各个环节,广泛应用到石油化工、电力系统、冶金、电气化铁路等行业中。同时在国家对先进制造业的大力支持下,也促进了无功补偿技术的发展,无功补偿装置从最初的同步调相机、电容器补偿逐步发展到当前的静止无功补偿装置(SVC)、静止无功发生器(SVG)补偿技术。

静止无功补偿装置(SVC)使用晶闸管的无功补偿装置,其原理是通过晶闸控制电抗器(TCR)投入运行,实现感性无功连续可调;再采用固定电容器进行配合工作,实现感性、容性无功连续调节。其缺点是晶闸管工作过程会产生

谐波。

静止无功发生器(SVG)是现阶段电力系统最先进的无功补偿技术。它不再采用大容量的电容器、电感器来产生所需无功功率,而是通过全控型电力电子器件 IGBT 的高频开关特性,实现对无功补偿控制技术质的飞跃(对低次电流谐波也有一定的补偿能力),特别适用于中高压电力系统中的动态无功补偿。

无功补偿技术不断发展,补偿性能不断提高,控制系统也变得越来越复杂,比如,多控制芯片、分相控制、分级控制等等。控制系统变的非常复杂,当出现故障时,如何快速分析、定位故障原因变的非常重要。目前,常规的 SVG 控制器故

障信息是一些故障后的保护状态信息,如过压、过流、欠压等,这些信息已经不能满足快速分析、定位故障需求的需求。

本文设计了一种用于 SVG 的故障录波系统^[1],其特点是借用 SVG 现成的各功能模块,在不增加硬件成本的情况下,实现记录故障前、后电网电压和 SVG 输出电流数据,并通过人机交互模块以波形的方式显示,为故障原因分析、查找提供重要信息。

1 SVG 原理

SVG 是一种没有旋转部件,快速、平滑可控的动态无功功率补偿装置。它是以全控型电力电子器件 IGBT 为核心的无功补偿系统,将自换相桥式电路通过电抗器或者变压器并联到电网上,适当地调节桥式电路交流侧输出电压的相位和幅值,或者直接控制其交流侧电流,使该电路吸收或者发出满足要求的无功功率,实现动态无功补偿的目的。SVG 运行状态原理如表 1 所示。

表 1 运行状态原理

Tab. 1 Operation state principle

状态	波形	相位	说明
空载		$U_{svg} \rightarrow U_{net}$ $U_{net} \rightarrow$	$U_{svg} = U_{net}$, 则 $I_{is} = 0$
感性		$U_{net} \rightarrow$ $U_{svg} \rightarrow$ $I_{is} \rightarrow$	$U_{svg} < U_{net}$, I_{is} 为滞后电 流,等效为 电感
容性		$U_{svg} \rightarrow$ $U_{net} \rightarrow$ $I_{is} \rightarrow$	$U_{svg} > U_{net}$, I_{is} 为超前电 流,等效为 电容

高压级联式 SVG 系统示意图如图 1 所示,每相由多个 IGBT 构成的 H 桥电路串联组成,电网电压等级越高串联的 H 桥电路数量越多,H 桥电路一般采用模块化设计。SVG 的控制器通过光纤为各 H 桥电路提供控制信号,即实现了高、低电压可靠隔离,也提高了信号传输的抗干扰能力。SVG 系统电气结构示意图如图 2。SVG 采集系统电压、系统电流、负载电流,自动计算系统无功需求,快速、连续地调节容性或者感

性无功功率输出,实现恒考核点无功、恒考核点电压、恒考核点功率因数以及综合补偿等控制模式,保障电力系统稳定、高效、优质地运行。

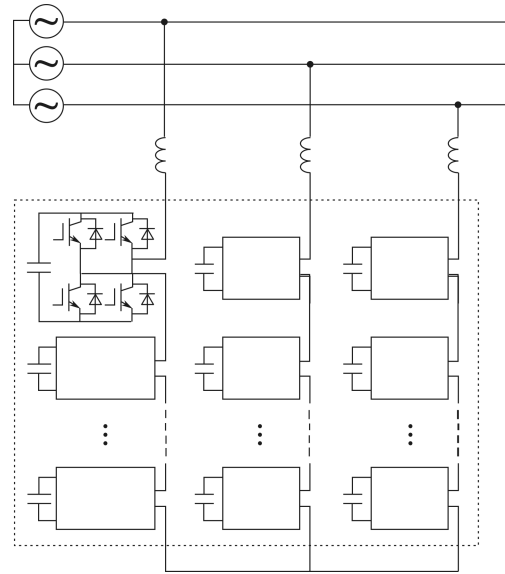


图 1 高压级联式 SVG 系统示意图

Fig. 1 schematic of high voltage cascade SVG system

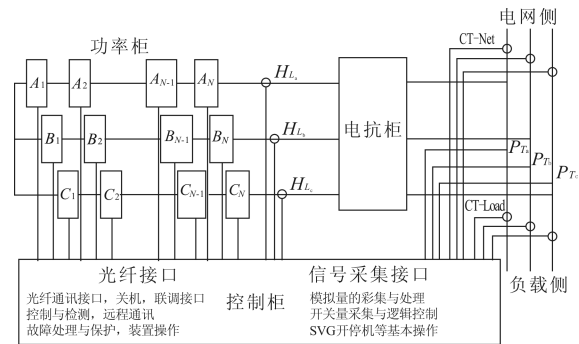


图 2 SVG 系统电气结构示意图

Fig. 2 Electrical structure diagram of SVG system

2 故障录波系统

2.1 故障录波系统参数设计

SVG 的控制器一般采用分级控制,多 DSP、多 FPGA 分级、协同控制。

SVG 为了实现电压、无功、谐波自动补偿,需要采集系统电网电压、系统电流、负载电流等信号。为了实现 SVG 输出电流闭环控制还需要通过霍尔电流传感器采集自身输出的电流;为了实现直流母线电压闭环控制,还需要采集各 H 桥电路的直流母线电压。

SVG 补偿控制过程中 SVG 控制系统采集的信号如表 2 所示。

SVG 控制器采集的信号已经满足故障录波系统的需要,不用增加硬件,通过修改软件程序

即可实现故障录波系统。SVG 控制器多由 DSP 构成, RAM 空间有限, 需要预留一部分空间作为程序、数据存储, 因此不可能对所有采集的信号进行记录, 这里选择比较关键的两种信号: 三相电网电压信号和三相 SVG 输出的电流信号。

表 2 SVG 控制系统采集的信号

Tab. 2 Signals collected by SVG control system

编号	信号名称	说明
1	电网电压信号	用于并网锁相、无功计算
2	系统电流信号	用于系统无功、有功、功率因数计算
3	负载电流信号	用于负载无功、有功、功率因数计算
4	SVG 输出的电流信号	用于 SVG 输出电流闭环控制
5	H 桥直流母线电压信号	用于直流母线电压闭环控制

根据控制器存储空间大小, 进行故障录波参数设计:

1) 故障记录的信号一共有 6 路, 三相电网电压信号和三相 SVG 输出的电流信号, 可根据参数设置选择其它信号。

2) 采样间隔 0.25 ms, 即每 0.25 ms 采集 1 次数据。

3) 故障前记录 80 ms。

4) 故障后记录 40 ms。

2.2 故障录波系统控制原理

SVG 故障录波控制系统控制原理如图 3 所示。

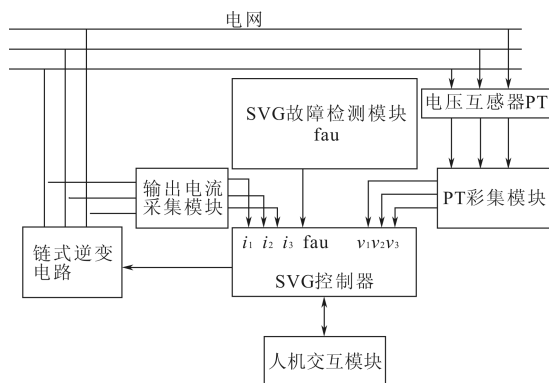


图 3 SVG 故障录波系统控制原理

Fig. 3 Control principle of SVG fault recording system

由图 3 可知, SVG 故障录波控制系统主要由 SVG 故障检测模块、输出电流采集模块、电压互感器 PT 及 PT 采集模块、SVG 控制器、人机交互模块等组成。

图 3 中, SVG 故障录波控制系统工作原理如下:

1) SVG 控制器通过 PT 采集模块、输出电流采集模块, 每 0.25 ms 采集、记录一次电网电压信号、SVG 输出的电流信号。

2) 当 SVG 故障检测模块检测到 SVG 出现故障后, 通知 SVG 控制器, SVG 控制器继续记录 40 ms 的数据之后停止记录。这样 SVG 控制器记录的数据既有故障之前的电网电压和 SVG 输出电流数据, 也有故障之后的电网电压和 SVG 输出电流数据。

3) SVG 控制器停止记录之后, 对记录的数据进行移位处理, 使故障时刻的数据对应 80 ms 位置。

4) 人机交互模块通过 RS485 通信读取 SVG 控制器里记录的电网电压数据和 SVG 输出的电流数据, 并以波形的方式显示、保存, 实现 SVG 故障录波。

2.3 故障录波系统软件流程图

故障录波系统软件流程图如图 4 所示。

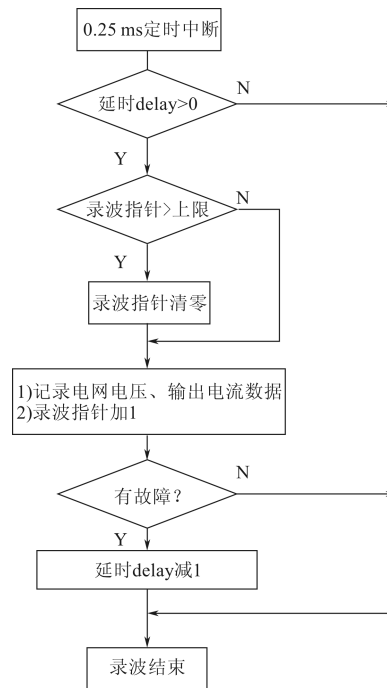


图 4 故障录波系统软件流程图

Fig. 4 Software flow chart of fault recording system

图 4 中, “延时 delay”用于控制故障之后录波的时间, 例如故障后再记录 40 ms 的数据, 复位之后“延时 delay”被设置为 160。在没有出现故障时, “延时 delay”大于 0, 每次进入中断记录一次故障前的数据。当出现故障时, 每次记录完数据之后, 对“延时 delay”减 1; “延时 delay”被减到 0 时, 停止记录数据, 这样故障之后还可以记录

160次故障之后的数据。

在记录数据的过程中,如果数组存满,将对录波指针清零,然后从数组0开始覆盖旧数据、记录新数据。

由于故障时刻不确定,最后停止录波时,录波指针最后的指针位置不确定,因此停止录波之后,还需要在主循环里对记录的数据进行对齐处理。

3 测试结果

实际测试故障录波系统的结果如图5所示,此波形为电网出现零电压跌落时的故障录波。上半部分为故障时三相电网电压波形,下半部分为故障时SVG输出电流波形。

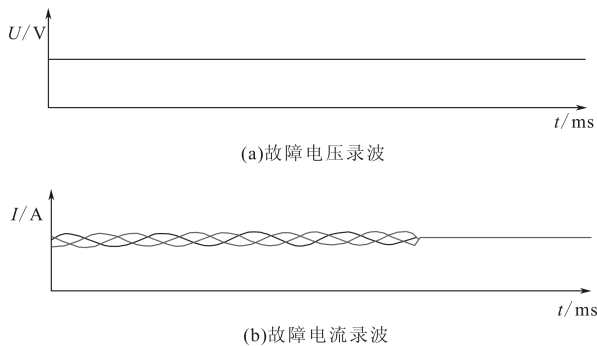


图5 故障录波波形

Fig. 5 Waveforms of fault recording

4 结论

系统故障录波的数据中包含系统故障或者不正常状态时各电参数的变化,利用这些故障录波的数据,我们可以快速分析故障原因,是电网异常^[2-3]、H桥电路异常,还是SVG控制器问题。根据故障原因,采取预防措施,避免出现类似的故障。

本文介绍了新风光SVG借用现有控制器的各功能模块,在不增加硬件成本的情况下,通过软件程序设计,实现了故障录波系统。

本文提出的基于SVG控制器的故障录波系统记录SVG故障前、后的电网电压波形和SVG输出的电流数据,并通过人机交互模块以波形的方式显示,为故障原因分析、查找提供了重要的信息。

参考文献

- [1] 罗毅. 分布式故障录波系统[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(10): 40-44.
- [2] 张保会, 尹项根. 电力系统继电保护[M]. 第2版. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [3] 刘万顺, 黄少锋, 徐玉琴. 电力系统故障分析[M]. 第3版. 北京: 中国电力出版社, 2010.

收稿日期: 2019-10-09

修改稿日期: 2020-01-02