

变流器故障诊断技术综述

王智弘, 李东辉

(大连交通大学 电气信息学院, 辽宁 大连 116028)

摘 要: 总结了变流器的常见故障及其诊断方法, 主要对小波分析及神经网络诊断方法进行了系统归纳; 指出变流器故障诊断方法现存在的问题, 预测了其发展趋势。

关键词: 变流器; 故障诊断; 小波分析; 神经网络

中图分类号: TM46

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2014)05-0001-06

doi:10.13889/j.issn.2095-3631.2014.05.001

A Survey of Fault Diagnosis Technology for Converter

WANG Zhihong, LI Donghui

(School of Electronics and Information Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian, Liaoning 116028, China)

Abstract: It summarized the common faults and diagnosis methods of converter and mainly summed up the methods of wavelet analysis and neural network diagnosis. The problems of fault diagnosis method for converter were put forward and the development trend was predicted.

Keywords: converter; fault diagnosis; wavelet analysis; neural network

0 引言

随着科学技术的发展, 电力电子技术水平越来越高, 功率二极管、晶闸管、GTO、GTR、功率MOSFET、IGBT及IGCT等^[1]相继问世, 在通流能力、开关速度、输入阻抗和热稳定性等性能方面都有了大幅度的提高, 推动了变流器技术的发展, 使之在工业、交通运输、电力系统等领域得到了大量的应用。变流器一旦发生故障, 可能导致工厂停产、交通停滞、电力系统崩溃, 因此对其故障诊断显得尤为重要。

系统故障^[2]是指系统处于一种不正常运行状态(劣化状态), 它可导致系统功能失调, 即导致系统相应的行为(输出)超过允许范围, 使系统的功能低于规定的水平。诊断技术则是在一定工作环境下查明导致系统

某种功能失调的原因或性质、判断劣化状态发生的部位或部件、预测状态劣化的发展趋势等。诊断是一个由现象判断本质、由现在预测未来的过程, 通过检测某些特定部位输出信号来对系统发生故障的可能性做出预测或者定位, 以减少人力、物力的浪费。因此, 故障诊断作为各种工程的保障措施, 是必不可少的。

1 变流器常见故障

根据故障持续时间, 变流器的故障可分为永久性故障和偶发性故障两类。永久性故障为因某种原因引发的、现象会一直持续的故障, 如由于电子器件的损坏而引起的电路通断功能丧失、保险丝熔断造成的缺相等故障。偶发性故障为故障现象时有时无的故障, 如接触件接触不良引起的电路异常、外界信号干扰引起的控制逻辑混乱等。

变流器最常见故障现象包括过电流、过电压、欠电压、过热及过载等, 其成因较为复杂, 可由一个或多个

收稿日期: 2014-06-30

作者简介: 王智弘(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力电子故障诊断。

原因引起。现在研究较多的是变流器内部的逆变器故障,主要包括:

(1)开关元件驱动电路故障。由驱动电源失效或元件击穿引起,主要表现为控制极击穿或断路,即开关元件断路。

(2)开关元件短路故障。由开关元件的反向击穿、桥臂绝缘破坏、并接在元件两端的RC吸收回路短路等原因造成。由于变流器存在相应的保护措施,故其故障特性也表现为开关元件的断路。

(3)开关元件间歇性短路故障。由控制电路元件性能劣变、电磁兼容性差等原因导致开关元件基极驱动出现故障。

(4)无源元件失效故障。如因电容器击穿、电感器饱和、电阻器烧断等直接造成逆变器失效。

2 变流器的故障诊断方法

变流器是一种使电源系统的电压、频率、相数和其他电量或特性发生变化的电器设备,其故障诊断目前主要采用基于小波分析的诊断方法和基于神经网络的诊断方法等。

2.1 基于小波分析的诊断方法

2.1.1 小波分析定义

小波分析^[3]是20世纪80年代开始逐渐发展起来的一个数学分支。Meyer在1986年首先构造了衰减快且相当光滑的小波函数 $\psi(x)$; Battle和Lemarie分别于1987和1988独立地给出了具有指数衰减的小波函数;与此同时, Mallat将通信理论中镜像滤波器组的概念、数字图像处理中塔式分解的概念以及正交小波基的概念巧妙结合起来,形成了多分辨率分析理论并提出了小波分解和重构的快速算法。至此,小波分析方法开始逐步流行发展。

将任意 $L^2(R)$ 空间中的函数 $z(t)$ 在小波基下展开,称作 $z(t)$ 的连续小波变换,其表达式为:

$$WT_z(a,b) = \langle z(t), \varphi_{a,b}(t) \rangle = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_R z(t) \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

式中: $\varphi(t)$ ——小波基函数; b ——平移尺度因子; a ——伸缩因子。

2.1.2 基于小波分析的故障诊断

故障诊断的第一步是对所要观测的信号进行故障特征的提取,对观测信号进行处理,从中获取反映故障信息的特征。小波变换具有多分辨特性,可由粗到细地逐步分析信号,具有较强的信号局部处理能力,因此,小波分析在故障诊断领域已获得广泛运用。变流器故障诊断过程大体流程如图1所示。

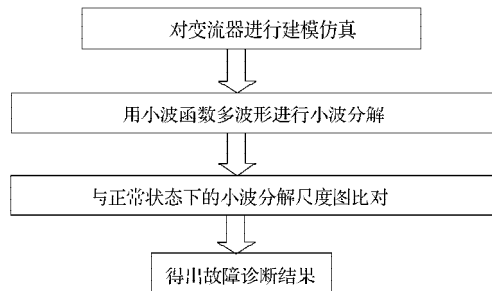


图1 基于小波分析的变流器故障诊断流程图

Fig. 1 Flow chart of fault diagnosis for converter based on wavelet analysis

基于小波分析的原理,文献[4]对牵引变流器输出端三相供电不平衡状态进行故障诊断,并通过Matlab/Simulink进行建模仿真分析,利用小波变换的双重定域(时域/频域)能力和多分辨率分析能力对定子电流的信号进行6层分解,清晰地诊断出牵引变流器的故障。文献[5]和[6]首先分析了风力发电系统变流器常见故障的原因,提出了基于小波变换与小波分析的故障诊断方法,运用Matlab仿真验证了其正确性。该方法提高了故障识别率,但想要达到理想状态,不同的故障类型要用不同的小波函数来反映,且这个理想小波函数只能由实验来确定,所以不适宜于应用在准确性较高的系统中。文献[7]针对变流器的开路故障,运用小波分析方法,通过建模仿真,证明小波分析的可用性,不仅方法简单,而且不需要其他的输出电压测量元件,且能够和别的信号测量方法任意进行组合。文献[8]对风力发电系统变流器的拓扑进行分析,并进行了故障分类,运用小波包分析法提取特征向量,通过比对功率谱中的特征频率来判断变流器的故障类型,并通过Matlab/Simulink的建模仿真分析达到故障识别的目的。文献[9]通过监视变流器输出电压的特征来达到对故障进行识别定位的目的,方法虽简单,但对同一时间出现多个故障的状况,其诊断则过于缓慢。文献[10]为此对文献[9]做出了改进。

虽然小波变换的故障提取能力以及局部信号处理能力很强,但它对故障的识别以及定位效果欠佳。文献[11]采用小波分析和SVM(support vector machine,支持向量机)结合的方法,文献[12]采用小波分析和神经网络相结合的诊断方法,在识别、定位效果等方面有所改善。

文献[11]针对牵引变流器的故障,结合小波分析和SVM的方法,用小波包将特征信号(所选取的是电路的输出电压)进行分解、重构,提取后输给SVM,对它进行训练和测试,从而进行故障诊断。该文献以功率器件的开路故障为研究对象,通过研究输出电压波形来反映不同电路的故障情况,并运用Matlab/Simulink建模仿