

# 阻抗在线测量方法及其在电力设备检测中的应用

林笑玫

(广东电网公司惠州供电局,广东 惠州 516001)

**摘要:**阻抗是电路研究的重点参数之一,通过对阻抗的详细测量计算可以掌握电路的实际运行状态,有助于分析电路里电流信号传输的稳定性。近年来,在线测量技术成为电力行业研究的新方法,在不切断电路运行的情况下测量阻抗值大小,可以维持电路状态的持续性。笔者研究了在端口信号能量测量基础上完成的阻抗测量,体现出电力设备运用条件下阻抗的变化影响,为电力系统运行监测提供了可靠的数据参考。

**关键词:**电力设备;阻抗;在线测量;设备应用

中图分类号:TM76

文献标识码:A

文章编号:1006-8937(2012)07-0017-03

## Impedance online measurement and its application in the detection of electrical equipment

LIN Xiao-mei

(Huizhou Power Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Huizhou, Guangdong 516001, China)

**Abstract:** Impedance is one of important parameters in circuit research, and it helps to analyze the stability of the signal transmission circuit current through the impedance measurement and calculation can grasp the actual operation of the circuit state. In recent years, online measurement techniques become new method of electric power industry, impedance value measured in the case of do not cut off the circuit to run size, easy to maintain the continuity of the circuit state. I studied the port signal energy measurement on the basis of impedance measurements and it reflected the impact of changes in impedance in the power equipment use conditions provides a reliable reference data for power system operation and monitoring.

**Keywords:** electric power equipment; impedance; online measurement; device applications

阻抗是对交流电路产生的阻碍作用,该参数对系统设备电路的运用有较大的影响。正常情况下,电路电流值会随着阻抗的变化而变化,设备的操控性能也会产生相应的调整。随着电力测量技术的更新,在线测量技术在电力设备检测中的应用更加广泛,将其用于阻抗值的测量有助于提高数据的准确性,为电路运行创造了更加稳定、可靠、安全的环境。

### 1 传统阻抗测量的弊端

新时期电网规划工程实施以来,我国对电力系统的研究不断深入,对系统内各项参数的指标状态均进行了综合对比。交流电力系统是总系统的重要组成部分,其中,发电机属于有源设备,而变压器、线路、电容器等均属于无源设备。技术人员掌握阻抗参数可以根据元件的运行状态判断电力系统的实际性能,以此对相应的故障制定防范措施及故障处理。但早期传统的阻抗测量存在明显的弊端,给后期的电力系统性能分析造成误导作用。

①数据收集不准确。普通测量方法在数据获取的准

确性方面达不到标准,使技术人员在判别电路正常与何时出现失误,造成研究时所收集到的数据不够精准。如:阻抗测量实验中,当电路阻抗大小变化之后,试验所得的结果变化不明显。这种情况多数是因为采用的测量设备不先进,能感应到的数据信号强度较弱所致,从而减小了阻抗数据的精度。

②中断设备运行。受到电力技术条件的显示,企业对电路阻抗测量时基本上需切断电源。常规测量需要把电力设备的运行状态中断才能进行,这带来的直接后果是整个电力系统均要中断某一段时间,影响到了企业自动化生产的进程。对于工业制造企业来说,其自动化生产模式的持续性对生产效率的影响甚大,若运用中断设备则会造成生产效率降低。

③信号接收缓慢。目前采用的阻抗测量均设置了端口通信信号接收器,对各种与电路相关的参数指标均能及时接收分析。但在传统的阻抗测量过程里,端口信号接收的速度极为缓慢,严重影响了通信技术作用发挥。如:电桥法测量阻抗时,其电桥电源的正弦信号在接收过程中会受到电路因素干扰而减缓,使得信号端口的对接时间存在明显的差异,限制了阻抗测量操作的持续进行。

④受到环境干扰。环境因素对阻抗测量也会产生一

收稿日期:2011-12-15

作者简介:林笑玫(1978—),女,广东惠阳人,大学本科,工程师,主要从事电力设备计量检测及电能质量在线监测工作。

定的波动影响,使得信号接收器感应到的信号不够稳定。温度是电力系统运行影响较大的因素之一,其环境对阻抗测量的影响表现在两方面:一是电路干扰,当外界温度超过电路承受的标准时,电路内电流信号传输的稳定性会有所减弱;二是测量仪器,阻抗测量所处的环境状态也会关系到系统参数测量的稳定性。

## 2 阻抗在线测量的优点

电力行业已经掌握的阻抗测量方法形式多样,可以根据不同电路的连接要求选择合适的测量方法,常见的阻抗测量包括:电桥法、谐振法、伏安法等,这些都是长期以来一直使用的测量手段。这些传统测量方法运用单一,只适用于某一种电路情况下的阻抗测量,不能通用于相似电路的阻抗研究。在线测量模式则能避免早期测量的不足,进一步改进电路阻抗的测量效率。

①反映真实参数。根据电力工程建设的具体要求,电力系统在实际运行状态下必须保持足够的调控性能才能满足测量需要。利用在线测量方法可以将电路阻抗值真实地反映出来,为技术人员的电路分析提供可靠的参数依据。如:对变压器短路电抗的在线测量,能够及时捕捉短路状态下电路阻抗值的大小,使故障检修人员尽快掌握短路故障的实际情况,并利用参数设定的方式优化电路性能,这些是电桥法、谐振法、伏安法等传统方法无法实现的。

②维持设备运行。在线测量的最大优点在于无需中断线路运行,在电力设备正常运行状态下即可完成测量操作。技术人员只需将测量仪连接在变压器电路两端的元件上,通过仪表参数显示判断阻抗的大小。如:在正弦电流电路中,电路的端电压除以通过的电流即可得到阻抗值。在线测量避免了中断设备的运行状态,对电力企业的生产运行不会造成任何影响。

③信号不易干扰。电力自动化运行模式推广之后,通信技术在电力行业里的运用更加普遍。电力设备电路测量必须要借助于各类信号的及时传递,让测量仪器正常接收数据信号并做出判断,以确定电路阻抗的测量状态是否正常,否则最终所得的数据与真实电路情况差异较大。采用在线测量技术之后,电力设备处于正常的运行状态,其信号强度、来源、传播均与标准情况一致。

④确保测量精度。面对旧阻抗测量方法存在的不足,技术人员可以灵活调整测量方法,借助于其它方面的标准制定测量方案。在线测量对所得数据的误差也有较好的控制作用,有效保证的电路阻抗测量的精度。如:新方法提出基于能量的阻抗测量方式,以能量测量为前提对各项数据统计后取得平均值,利用多次测量的方法减小误差。

## 3 阻抗测量前期的匹配工作

阻抗在线测量方法的运用需要做好前期准备工作,

以保证后期测量数值的准确性。技术人员在阻抗测量前提,应对电路的运行状态及时调整控制,使其处于测量操作要求的状态,避免电路内电流、电压等参数控制不当而影响测量结果。根据笔者的工作经验,阻抗测量前提准备的重点在于改变阻抗力、调整传输线、更新参数值等三个方面。

①改变阻抗力。改变阻抗力是为了满足电路测量的要求。通常把电容或电感与负载串联起来,即可增加或减少负载的阻抗值,也可维持在线测量操作的持续性。对于一些特殊电路的在线测量,可通过多次测量达到前期匹配要求。如:利用多次调整,让电力设备的电阻值变成1,从而直接把阻抗力调整在“零状态”,此时即可完成测试匹配工作。

②调整传输线。传输线路的调整要根据匹配后的输出功率大小而定,以保证在线测量结果的可靠性,如:对于电路的电源来说,当它的内阻等于负载时输出功率最大,表明采用的阻抗符合匹配要求。对于普通的宽频放大器,输出阻抗 $50\Omega$ ,功率传输电路中需要考虑阻抗匹配。测试人员应结合传输线路的匹配状态调整传输线路,以更好地连接线路传输。

③更新参数值。阻抗匹配是指负载阻抗与激励源内部阻抗互相适配,以获得最大功率输出的正常状态。而阻抗在线测试需要使用具有不同特点的电路,其采用的匹配要求各不相同。如:纯电阻电路的负载电阻等于激励源内阻时,则输出功率为最大,这种工作状态称为匹配,否则称为失配。测试人员应根据电路运行要求,适当更新或调整参数指标。

## 4 阻抗在线测量运用于传感器技术

为了进一步研究阻抗在线测量的操作流程及使用优点,本次分析以传感器为研究对象,探究阻抗在线测量方法在电力设备检测中的应用。阻抗测量用于传感器技术应根据电路要求选择合适的测试方法,对传感器电路内的阻抗值详细分析,最后借助于线路阻抗的特性展开测量工作。经过测量数据分析之后,技术人员可对现有的传感器电路连接提出优化设计方案,提高阻抗电路的运行效果。

### 4.1 选择测量方法

测量频域响应信号一般采用模拟信号分析方法,许多积分变换都可以用于将数据转换到频域,如傅里叶分析。阻抗分析最关键的参数变化是激励电流、电压响应之间的关系。若系统是线性的,测得的时域电压和电流的各自傅里叶变换的比值就等于其阻抗,并且可以表示成一个复数。

$$\frac{\bar{F}[E(t)]}{\bar{F}[I(t)]} = Z(j\omega)$$

其中, $E$ 为系统电压; $I$ 为系统电流; $t$ 为时域参数; $Z(j\omega)$ 为傅里叶变换。

将复数形式转换成极坐标形式便可以得到在特定频率下响应信号的幅度和相位与激励信号的关系。

$$\text{幅度} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\text{相位} = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

其中,R和X分别表示复数的实部和虚部。上面计算得到的幅度表示该元件在特定频率条件下的复数阻抗。在扫频的情况下,可以计算出每个频率点对应的复数阻抗。

#### 4.2 阻抗数据分析

阻抗分析采用的方法是把产生的阻抗与频率的关系曲线作为研究对象,并结合奈奎斯特图具体分析。当频率在给定的范围内扫频时,奈奎斯特图是在复数平面内以传递函数的实部和虚部为参数的曲线,如图1所示。其中,x轴表示实部,y轴表示虚部(注意:y轴取负数),可以得到每个频率点的阻抗表示。曲线上的每个点都代表了某个频率点的阻抗,可以从向量长度|Z|和该向量与x轴之间的夹角计算出阻抗。

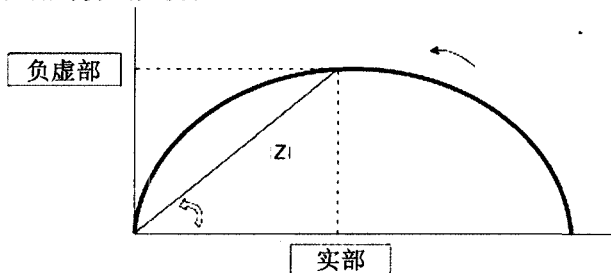


图1 电阻器和电容器并联时的奈奎斯特曲线

#### 4.3 基于阻抗特性的传感器测量

考虑基于阻抗特性的传感器,在正常条件下其电容、电感和电阻特性的组合会产生特定的阻抗信号。如果传感器周围环境的变化引起上述特性的任何变化,都会造

成阻抗的改变。通过测量这种阻抗传感器随频率变化的特性,将会得到一系列新的阻抗特性。

#### 4.4 优化电路设计

通过传感器测量结果分析,可对电力设备的电路进行优化设计,以不断提高电路的运行效能。比较常见的优化方式是采用集成电路芯片,如:AD5933就是一种典型的集成电路芯片,它提供可编程频率扫描发生器和集成的ADC,该ADC可以与激励频率同时工作获得响应信号,显著提高了电路阻抗的调控效率。

### 5 结语

总之,与传统的电桥法、谐振法、伏安法等测量方法相比,在线测量有着多方面的优点,摆脱了早期阻抗测量的不足。采用在线测量模式分析电路阻抗时应做好前期匹配工作,根据相关公式严格计算每一项参数指标,以保证分析结果的客观性。阻抗在线测量运用于电力设备检测,可结合参数对现有的设备电路进行优化改进,促进电力设备运行效率的提升。

#### 参考文献:

- [1] 刘磊. 阻燃及耐火电线电缆在消防配电线路中的应用[J]. 消防技术与产品信息, 2011, (8).
- [2] 刘强强, 李岩松, 杨以涵, 等. 无接触数据传输技术在配电网故障定位的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, (12).
- [3] 童立青, 钱照明, 邝乃兴, 等. 一种新型在线系统阻抗测量方法[J]. 电工技术学报, 2008, (1).
- [4] 王彦东, 李群湛. 电力系统谐波阻抗特性及测量方法的探讨[J]. 电工技术杂志, 2004, (3).

(上接第16页)

各个模具的温度控制系统相互独立,减少其相互的干扰和影响,其主要由温控器和电磁阀组成。各个模具的温度控制器可由操作人员现场操作,也可以由远程的中央计算机管理,模具的温度控制器与远程中央计算机采用网络通讯技术,减少线路对施工的影响。无论自动养护模式还是手动养护模式,中央计算机都会实时采集单台模具养护罩内的温度数据,并在计算机上显示和记录。

### 3 效果和结论

通过对对CRTS I型无砟轨道裂纹及其产生原因进行深入研究,促使了对轨道板生产技术的进一步革新和完善,形成了成套的CRTS I型无砟轨道裂纹控制方法。在裂

纹控制新技术的全面应用中,笔者所在轨道板厂除在装卸时碰损3块轨道板被报废处理外,再无因生产原因造成的轨道板报废,产品良品率达到100%。

这些创新技术被铁道部编入《客运专线铁路无砟轨道施工手册》,在全路进行了推广应用。在创新过程中形成的《轨道板模板系统》专利(ZL200920301130.3)被列入2011年度国家火炬计划项目,项目编号为2011GH040124。

#### 参考文献:

- [1] 铁道部科学技术司. 客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道混凝土轨道板暂行技术条件[M]. 北京:中国铁道出版社, 2008.
- [2] 铁道部工程管理中心. 客运专线铁路无砟轨道施工手册[M]. 北京:中国铁道出版社, 2009.