

用安捷伦 4395A 扩频测量铝电解电容器频率特性

陈亚爱, 张卫平

(北方工业大学机电工程学院, 北京 100041)

摘要:频率特性是电容器重要的电气特性,它是设计电路的基础,可通过阻抗分析仪获得。研究采用 Agilent4395A 阻抗分析仪扩频测量铝电解电容器频率特性及其电气参数的方法具有实际意义。实测证明,用 Agilent4395A 扩频测量铝电解电容器频率特性是有条件的,测量结果是准确的。

关键词:铝电解电容器;频率特性;测量方法;阻抗分析仪;电气参数

中图分类号:TM53, TM935.1

文献标识码:A

文章编号:1672-4984(2007)05-0044-03

Expanded frequency measurement of frequency characteristic of Al electrolytic capacitor by means of Agilent4395A

CHEN Ya-ai, ZHANG Wei-ping

(School of Electric and Mechanic Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: Frequency Characteristic is the very important electrical characteristic of capacitor and the basics of the design for an electric circuit. It can take by the impedance analyzer. This paper studied a measure method about using expanded frequency to measure frequency characteristic of Al electrolytic capacitor and electric parameter by means of Agilent4395A impedance analyzer. The result shows the test is accurate.

Key words: Al electrolytic capacitor; Frequency characteristic; Measure method; Impedance analyzer; Electric parameter

1 引言

由于铝电解电容器容体比较大、体积小,价格便宜,因此,广泛应用于电源滤波、低频耦合、旁路等工作频率不高(不高于 25kHz)的电路中,是重要的电子元器件。

在实际运行的铝电解电容器两端加交流电压时,不但存在电容量,还存在串联等效电阻和串联等效电感等,且电容量、串联等效电阻、阻抗、介质损耗因子 $\tan\delta$ 等均随工作频率的不同而变化,不同介质电容器的自谐振频率有很大差异,因此,频率特性是电容器重要的电气特性,它是设计电路的基础,可通过阻抗分析仪获得。

Agilent4395A Network/Spectrum/Impedance Analyzer 是网络/频谱/阻抗综合分析仪,能用于网络分析、频谱分析和阻抗分析。作为阻抗分析仪时,Agilent4395A Impedance Analyzer 其频率范围在 100kHz~500kHz,而开关电源大量使用的铝电解电容一般谐振频率小于 100kHz,因此我们希望利用

Agilent4395A Impedance Analyzer 在其频率范围外即小于 100kHz 的频段上研究铝电解电容器的频率特性及其等效电气参数,这就存在测得的参数是否准确、如何使用才能测得较准确的数据、以及怎样合理设置扫描参数等问题。本文将探讨扩频使用 Agilent4395A Impedance Analyzer 研究铝电解电容器频率特性的测量方法。

2 用 Agilent4395A Impedance Analyzer 扩频测量的方法

图 1 所示为不同介质电容器的频率特性,从图中可见,不同介质的电容器的自谐振频率有很大差异。其中,普通非固体型铝电解电容器由于其串联等效电阻较大,故其频率特性曲线底部比较平滑,谐振频率小于 100kHz。为了准确获得用 Agilent4395A Impedance Analyzer 扩频测量铝电解电容器频率特性及其电气参数,需研究测量设备的校准、补偿、扫描参数的设置以及参数测取方法等问题。

2.1 设备的校准和补偿

能否测取准确的参数值,测试设备的校准和补偿是关键。校准和补偿的操作一定要严格按操作手册上规定的步骤进行,需注意,开机后应预热 30min,

收稿日期:2007-01-23;收到修改稿日期:2007-04-02

作者简介:陈亚爱(1961-),女,副教授,研究方向:电力电子及应用、电气传动等。

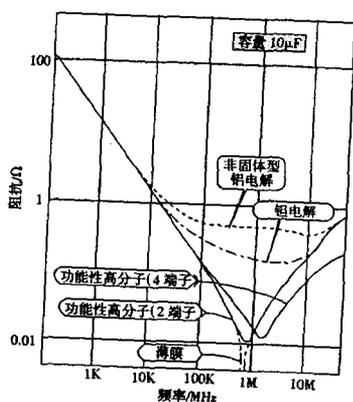


图 1 不同介质电容器的频率特性

时间越长,系统越稳定(时间越长,内部结构中的电桥平衡度越好),在正常频率范围内使用都要满足这一点,在扩频使用时一定要严格遵守这一点,否则校准效果不好。无论是在进行开路、短路、负载校准或补偿时,都应

注意保证校准件或补偿件的联结完好(不能有松动现象),可通过观察屏幕上的曲线来判断是否接触好,如果发现异常,一定要查找原因,直至解决,否则,校准或补偿是不准的,也就谈不上测量的准确性。

2.2 扫描参数的设置

Agilent4395A 的起始频率可从 10Hz 设起,这对网络分析仪或频谱分析仪是有意义的,但对阻抗分析仪无意义。作者在大量反复的测试实验中得出:若要扩频测铝电解电容器参数或频率特性,起始频率设置不宜小于 1kHz,终止频率不宜大于 200kHz。中频带宽(IF BW)在本设备中规定不得大于 300Hz,设置时不宜取得过大,应尽量取小些,取小会使扫描时间增大见表 1,但校准和补偿的效果会更好,使测量准确度提高。下面以实际例子说明上述规定的理由。

Agilent4395A Impedance Analyzer 的频率范围在 100kHz~500kHz 之间,用负载标准件为 50Ω 进行测试设备校准,校准后,屏幕显示校准曲线为 50Ω 的直线。扩频使用时,例如在例 2 的参数设置条件下,负载标准件为 50Ω,校准后,屏幕显示 2.91kHz 之后校准曲线为 50Ω 的直线,但小于 2.91kHz 的校准曲线略有纹波,在 1.149776kHz 处达最大为 59.442Ω,在 1.026521kHz 处达最小为 45.454Ω,说明 2.91kHz 之前的值误差较大。而在例 3 中起始频率和终止频率不变,只将中频带宽(IF BW)变小改成 10Hz,校准后,屏幕显示 2.01kHz 之后校准曲线为 50Ω 的直线,但小于 2.01kHz 的校准曲线略有纹波,在 1.0kHz 处达最大为

表 1 参数设置比较

参数	start	stop	IF BW	power	SWP
例 1	1kHz	150kHz	100Hz	0.5dBm	11.82sec
例 2	1kHz	150kHz	30Hz	0.5dBm	23.54sec
例 3	1kHz	150kHz	10Hz	0.5dBm	94.69sec
例 4	100Hz	150kHz	10Hz	0.5dBm	94.83sec
例 5	1kHz	150kHz	2Hz	0.5dBm	375.9sec
例 6	3kHz	150kHz	2Hz	0.5dBm	376sec

54.727Ω,在 1.85675kHz 处达最小为 48.888Ω,说明 2.01kHz 之前的值误差较大,但与例 2 相比,纹波变小,且校准曲线的直线段前移。可见,中频带宽设置应尽量取小些值,以确保校准达到要求。作者用表 1 例 6 的参数设置条件进行设备的校准,负载标准件还是 50Ω,校准后,屏幕显示在 3kHz~150kHz 范围内,校准曲线是一条 50Ω 的直线。同样,进行测试夹具的补偿后,屏幕显示在 3kHz~150kHz 范围内,补偿曲线是一条 50Ω 的直线,这就为准确测量奠定了基础。

从上面列举的例子同样也说明了起始频率设置不宜小于 1kHz。另外,我们也可从实测的曲线说明这一点。例如:图 2 所示为在表 1 例 3 的参数设置条件下测得的 2.2μF 铝电解电容器频率特性,图 3 所示为在表 1 例 4 的参数设置条件下测得的 2.2μF 铝电解电容器频率特性,图 4 所示为在表 1 例 6 的参数设置条件下测得的 2.2μF 铝电解电容器频率特性,从图 2~图 4 的特性曲线的比较中可见,1kHz 之前实测曲线波动很大,这一段数据是不准的,这一点,从前面分析校准时已得到证明。因此,结论是,起始频率设置不宜小于 1kHz。

对于终止频率的设置,一般开关电源所用的铝电解电容器谐振频率在十几 kHz~几十 kHz 之间,选

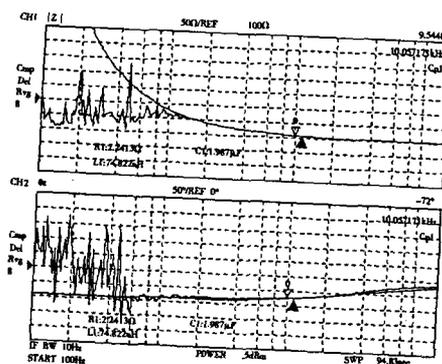


图 2 起始频率为 100Hz 的 2.2μF 铝电解电容器频率特性

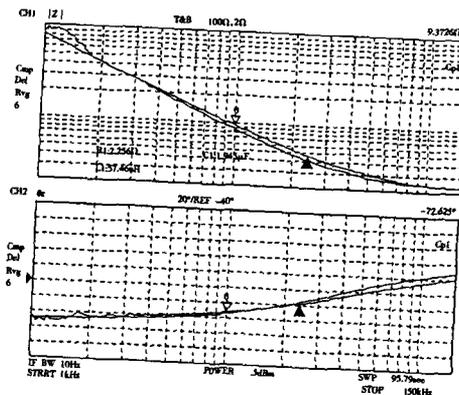


图 3 起始频率为 1kHz 的 2.2μF 铝电解电容器频率特性

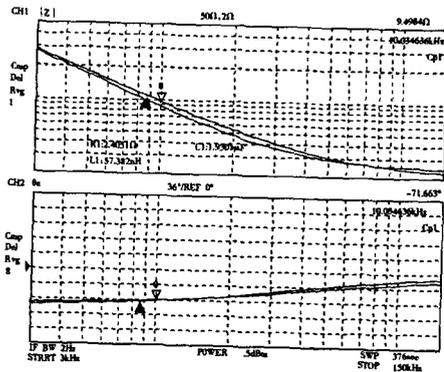


图4 起始频率为3kHz的2.2μF铝电解电容器频率特性

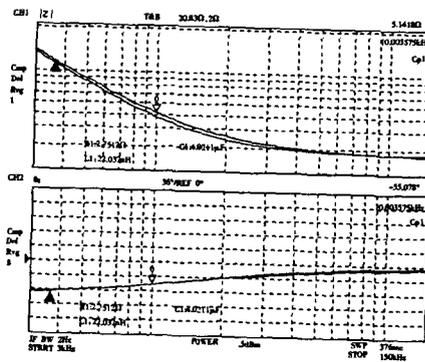


图5 4.7μF铝电解电容器频率特性

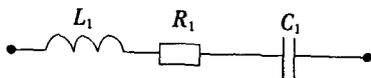


图6 D型等效电路

择150kHz~200kHz较为适宜。因我们主要研究铝电解电容器呈容性的频率特性,若选得太高,则呈电容特性段会在有限的屏幕上显示变窄,不利于研究我们所关心的频段。

2.3 扩频测量铝电解电容器频率特性及其电气参数

在我们选用的Agilent43961A阻抗测试附件中负载校准件为50Ω,因此,扩频使用对被测试件是有要求的,即能准确测试被测试件的阻抗值与负载校准件50Ω相接近的器件,大约可相差20%左右,而测得的电参数也有近20%左右的误差,需通过Agilent4395A自带的DEFINE EQV PARAMS功能

表2 采用两种测试设备测试的参数值

测试设备 被测试件	Agilent4395A	MT4080D	
63V4.7μF	R1	2.7512Ω	-
	C1	4.0211μF	4.141μF
	L1	22.023nH	1kHz
	Z	-	38.97Ω
	Cs	3.7385μF	3.791μF
50V2.2μF	Z	5.1418Ω	5.140Ω
	θ	-55.078°	-54.72°
	R1	2.4051Ω	-
	C1	1.9301μF	2.009μF
	L1	57.382nH	1kHz
	Z	-	79.56Ω
	Cs	1.7574μF	1.778μF
	Z	9.4984Ω	9.343Ω
	θ	-71.663°	-73.24°

加以修正,使通过用修正后的参数获得模拟特性与实测特性拟合,两条特性越吻合,所获得的参数越准确。

3 实测结果分析

实验中被测试元件分别选用63V4.7μF和50V2.2μF铝电解电容器,测量其等效串联电容量Cs在10kHz时的数值、阻抗|Z|与频率lgf的特性曲线以及电容器等效电路各电气参数。

测得4.7μF铝电解电容器阻抗-频率特性如图5所示,上图表示幅频特性,下图表示相频特性;测得2.2μF铝电解电容器阻抗-频率特性如图3所示。

图4,图5所示的每一幅值和相位频率特性均有两条曲线,一条带“纹波”的为实测特性,另一条光滑的是模拟特性。测量时选用了Agilent4395A自带的SELECT EQV CKT [D]功能中的D型等效电路(如图6所示)进行拟合,从图4和图5可见,得到的模拟特性与实测特性基本吻合,说明选用的等效电路与实际元件的模型相同。

为了验证实验所测得的参数的正确性,作者又采用MT4080D分别对63V4.7μF和50V2.2μF铝电解电容器进行了测试。表2列出了采用两种测试设备测试的参数值。

4 结论

由表2两种设备测量所得参数比较可见,用Agilent4395A测量的结果是正确的。用Agilent4395A扩频测量铝电解电容器频率特性及电气参数是有条件的,即能准确测量被测试件的阻抗值与负载校准件50Ω相接近的器件。

参考文献

- [1] Agilent公司.阻抗测量手册(第2版),2000.
- [2] Agilent Technologies, Agilent4395A Network/Spectrum/Impedance Analyzer Operation Manual (Sixth Edition). Printed in JAPAN, 2003.
- [3] 陈永真.电容器及其应用[M].北京:科学出版社,2005.
- [4] [日]三宅和司.张秀琴,译.电子元器件的选择与应用[M].北京:科学出版社,2006.
- [5] 张卫平,张英儒.现代电子电路原理与设计[M].北京:原子能出版社,1997.
- [6] 天津大学无线电材料与元件教研室.电容器[M].北京:中国标准出版社,1980.