

电子负载与纯阻性负载对测量的影响

邱秀凤, 李惠

广东省通讯终端产品质量监督检验中心, 广东河源 517000

摘要 : 在电子工程这个广泛而深入的领域中, 负载的选择是一个至关重要的环节, 它直接影响着电路的性能以及测试结果的准确性。选择不当的负载可能会导致电路无法正常工作, 或者测试结果与实际情况存在较大偏差。电子负载和纯阻性负载是两种应用最为广泛的类型, 这两种负载在性能上也存在一定的差异。这种差异在不同的应用场景中, 可能会对测量数据产生显著的影响。它们各自都有其独特的优势, 并且在不同的应用场景中发挥着重要的作用。本文将对这两种负载的工作原理进行深入分析, 并重点讨论它们在高频开关电源性能测试中的差异对比。

关键词 : 纯阻性负载; 电子负载; 测量影响

The Influence Of Electronic Load And Pure Resistive Load On Measurement

Qiu Xiufeng, Li Hui

Guangdong Provincial Communication Terminal Product Quality Supervision and Inspection Center, Heyuan, Guangdong 517000

Abstract : In the extensive and in-depth field of electronic engineering, the selection of loads is a crucial link, which directly affects the performance of circuits and the accuracy of test results. Improper selection of loads may cause the circuit to malfunction or result in significant deviations between test results and actual conditions. Electronic loads and pure resistive loads are the two most widely used types, and there are also certain differences in performance between these two types of loads. This difference may have a significant impact on measurement data in different application scenarios. They each have their unique advantages and play important roles in different application scenarios. This article will conduct an in-depth analysis of the working principles of these two types of loads, and focus on comparing their differences in high-frequency switching power supply performance testing.

Keywords : pure resistive load; electronic load; measurement impact

随着科技的飞速发展, 电子负载和纯阻性负载在现代电子测试领域中的重要性日益凸显。它们不仅为电子产品研发、生产和质量控制提供了有力支持, 而且在可再生能源、电动汽车等新兴技术中发挥着越来越重要的作用。但是电子负载通常具有更高的灵活性和可控性, 能够模拟各种不同的负载条件, 因此在研发和测试阶段非常受欢迎。而纯阻性负载则因其简单性和稳定性, 在某些需要精确控制负载电阻的应用中更为适用。因此, 了解这些差异, 以及如何在这些差异的基础上进行选择, 对于保证电路性能和测试结果准确性具有重要意义。

一、电子负载与纯阻性负载的基本概念

电子负载和电阻负载是电子学中常见的两种负载, 它们在测试电路、进行数据采集和模拟分析等方面起到重要的作用。虽然它们都是用来模拟负载, 但是它们的工作原理、特点和应用场景等方面有很大的区别。

电子负载是一种能够模拟真实负载特性的电子设备, 可以精确地控制电流、电压和功率等参数。与纯阻性负载相比, 电子负载具有更高的灵活性和可调性, 能够模拟各种非线性负载和动态负载。

纯阻性负载则是一种电阻性负载, 其阻抗不随频率变化, 主要用于测试电源的稳定性和效率。

在现代电子测试领域, 电子负载和纯阻性负载被广泛应用于各种测试场景。在产品研发阶段, 工程师可以利用电子负载模拟不同的工作环境, 对产品的性能进行全面评估。在生产线上, 纯阻性负载则可用于测试电源的稳定性和可靠性, 确保产品质量。

此外, 在质量控制环节, 电子负载和纯阻性负载也可以帮助检测产品的性能波动和异常情况, 为生产提供及时的反馈。

二、电子负载和电阻负载的工作原理

在电子技术的广泛应用中, 我们通常需要测试电源、线性电源、电源、变压器、流量控制器、电池、电池和其他电子设备。在传统的测量方法中, 电阻器、滑丝电阻器和电阻箱被用作测试负载, 但这些负荷不能满足我们对负载的许多要求。例如, 定义电流负载、带输出接口的负荷、任意调整负荷、平衡功率负荷和动态负荷、多输出端口的负荷等。现在有一种新型多功能的电子负载, 可根据实际应用中对负载特性的要求进行设置, 满足了我们各种对负载的要求, 解决了开发研制测试中的困难。

电子负载是一种能够模拟真实负载特性的电子设备, 能够模拟真实负载的各种特性, 如电阻、电感、电容等, 广泛应用于电源测试、

作者简介: 邱秀凤(1984.10), 女, 汉族, 广东省河源市, 中级工程师, 硕士, 主要从事电子信息产品质量研究。

电路调试等领域。为了维持稳定的输出，电子负载通常采用内置的微处理器和 PID 控制算法来实现内部控制。PID 控制算法是一种基于误差反馈的控制方法，它通过计算误差值并调整控制量来使系统以精确地控制电流、电压和功率等参数，从而实现对电路性能的精确模拟。此外，电子负载还具备动态响应快、稳定性好、可编程性强等优点，使其在高频开关电源测试中表现出色。

相比之下，纯阻性负载则是一种固定阻值的电阻器，其工作原理相对简单。纯阻性负载的主要特点是稳定性好、成本低、易于实现。然而，由于纯阻性负载的阻值固定，无法模拟真实负载的动态特性，因此在高频开关电源测试中可能存在一定的局限性。

综上所述，电子负载的内部控制机制涉及 PID 控制算法和复数阻抗模型等多个方面。通过合理调节这些参数和模型，可以实现电子负载的稳定输出和精确模拟，为电源测试、电路调试等领域提供强有力的支持。

三、电子负载和电阻负载的优缺点

1. 电子负载的优点：

高精度：电子负载的电流和电压调节能力极高，可在 0 到额定值范围内精确控制输入电流，同时可以监测输入电压和电流，从而实现对负载参数的精确测量和控制。

高速稳定性：电子负载能够迅速响应输入变化，并在负载发生改变时自动进行调整，从而保持负载稳定性。

应用范围广泛：电子负载适用于各种电子测试和调试应用，如测量各种电源、电池、太阳能电池板等负载，以及实验室、产线等高性能测试系统。

2. 电子负载的缺点：

成本较高：相对于电阻负载，电子负载的成本较高，可能会增加测试和调试成本。

维护复杂：电子负载的结构较为复杂，维护起来相对繁琐。

发热问题：在高功率应用中，长时间工作可能导致自身发热较为严重，需要良好的散热措施，否则可能影响其性能和精度，甚至可能出现故障。

精度受限：虽然精度在不断提高，但在某些极高精度要求的场合，可能还是无法完全满足。

电磁兼容性：复杂的电子电路可能在一些环境下产生电磁干扰，或者自身对电磁干扰较为敏感^[1]。

3. 电阻负载的优点：

原理简单：结构和原理相对直观，容易理解和使用，具有较高的可靠性和稳定性。

成本较低：通常不需要复杂的电子元件和电路，制作或购买成本相对不高，适用于广泛的低功率负载模拟场合。

稳定性好：只要电阻本身质量可靠，其负载特性较为稳定，不易受其他因素干扰。

通用性强：适用于一些对负载要求不高的简单测试或应用场景。

易于获取：常见的电阻很容易获得，可快速搭建简单的阻性负载。

无复杂控制：不需要复杂的控制和调节机制，操作简便。

不产生电磁干扰：由于纯阻负载结构简单，无其他电感、电容元器件，不易产生其他电磁信号干扰电路性能。

4. 电阻负载的缺点：

精度较低：电阻负载的电流和电压调节能力相对较低，可能会影响测试精度。

响应速度较慢：电阻负载的响应速度相对较慢，可能无法满足某些测试需求。

综上所述，电子负载还可以实时监测和记录测试数据，方便后续的数据分析和处理。相比之下，纯阻性负载在高频开关电源测试中的表现则相对较弱。由于其无法模拟真实负载的动态特性，纯阻性负载可能无法准确反映电源在实际应用中的性能。而且，纯阻性负载还需要额外的测试设备和人力成本来监测和记录测试数据，增加了测试的复杂性和成本。

四、电子负载和电阻负载的应用场景

电子负载可以模拟各种负载特性和波形，包括直流电、交流电和复杂的波形。在测试电路、进行数据采集和模拟分析等方面起到重要的作用。其工作原理是通过实时调整输出电流和电压，使负载中的功率达到预定值。电子负载具有高精度、高稳定性、应用范围广泛等优点，适用于各种测试和模拟应用。

相比之下，电阻负载是一种基本的负载形式，用电阻模拟各种负载的特性。其工作原理简单，就是利用电阻的特性来产生电流，从而模拟负载特性。电阻的特性是电阻值越大，通过电流就越小，电阻值越小，通过电流就越大。因此，通过选择不同的电阻值就可以得到不同的负载特性。电阻负载的优点在于简单可靠、成本低廉、阻值可调等，适用于广泛的低功率负载模拟场合^[2]。

（一）电子负载的应用场景

电子负载主要应用于以下领域：

（1）变频器和电源的验证和研发：电子负载可以模拟各种负载特性和波形，用于变频器和电源的设计、验证和研发。

（2）太阳能电池板测试：电子负载可用于对太阳能电池板进行测试，以了解其性能和效率。

（3）电池测试：电子负载可以模拟各种实际电池的负载特性和循环，以评估电池性能和预测电池寿命。

（4）功率半导体器件测试：电子负载可以测试功率半导体器件，包括 MOSFET、IGBT 等。

（二）电阻负载的应用场景

电阻负载主要应用于以下领域：

（1）电源测试：电阻负载可用于测试电源的压降和电流响应等特性。

（2）LED 测试：电阻负载可用于测试 LED 的电流 - 电压特性和光学特性。

（3）电机测试：电阻负载可用于测试电机的参数，例如电阻、电感、电容等。

（4）电源设计评估：电阻负载可用于评估电源的设计，以保证其在实际应用中的稳定性和效率^[3]。

（三）测试比对

为了模拟实际负载情况，我们使用电子负载来模拟该高频开

关电源的负载特性。通过设置不同的负载阻值和电流值，我们可以对该高频开关电源的性能进行全面测试，包括电压调整率、输入电流、能效等参数。

高频开关电源是一种将直流电能转换为高频交流电能的电源设备，广泛应用于各种电子设备中。在高频开关电源测试中，电子负载可以模拟各种复杂的负载条件，如动态负载、非线性负载等，从而更准确地评估电源的性能。

为验证电子负载与纯阻性负载的影响差异，我们选用一款高频开关电源为样品，对该高频开关电源的电压调整率、输入电流等项目进行测试，测试过程中分别搭配电子负载与纯阻性负载进行测试，该高频开关电源的输入规格为：100V-240VAC 50Hz/60Hz 0.5A，输出为：5VDC 2A。

1、输入电流测试

(1) 使用仪器设备

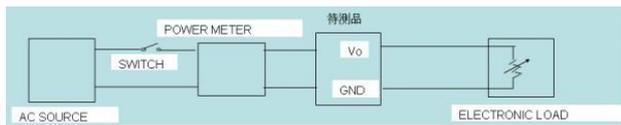
- 1) 交流电源；
- 2) 电子负载、纯阻负载；
- 3) 功率表。

(2) 测试条件：常温条件下，输入：电压：264V；频率：50Hz；输出：最大负载。

(3) 测试方法

- 1) 依规格设定测试条件：输入电压，频率和输出负载；
- 2) 从功率计中记录 AC 输入电流值。

(4) 测试回路图



(5) 测试结果

测试项目	负载参数设置	电子负载				纯阻性负载			
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
输入电流 (A)	输出设定为恒阻模式： 2.5Ω, 10W	0.489	0.493	0.495	0.492	0.942	0.492	0.493	0.492

二、电压调整率测试

(1) 使用仪器设备

- 1) 交流电源；
- 2) 电子负载；
- 3) 数字式电压表。

(2) 测试条件：常温条件下，输入电压：264V/90V，频率：50Hz，输出：最大负载。

(3) 测试方法

- 1) 依规格设定测试负载 LOAD 条件；
- 2) 调整输入电压 AC LINE 和频率 FREQUENCY 值；
- 3) 记录待测品输出电压值是否在规格内；
- 4) $Line\ reg. = (\text{输出电压的最大值}(V_{max}) - \text{输出电压的最小值}(V_{min})) / V_{ratevolt} * 100\%$ 。

(4) 注意事项

- 1) 测试前先将待测品热机，待其输出电压稳定后再进行

测试；

2) 电压调整率值是输出负载不变，输入电压变动时计算的值。

(5) 测试结果

测试项目	负载参数设置	电子负载				纯阻性负载			
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
输出电压	纯阻选用阻值为 2.5Ω 的电阻	4.93	4.90	4.87	4.90	4.92	4.93	4.92	4.92
电压调整率		1.2%				0.2%			
$Line\ reg. = (\text{输出电压的最大值}(V_{max}) - \text{输出电压的最小值}(V_{min})) / V_{ratevolt} * 100\%$ 。									

(四) 比对结果分析

根据上述比对结果，可以看出电子负载和电阻负载在许多方面存在着差异。电子负载测试结果较分散，测试精度受其内部元器件质量影响较大；电阻负载测试结果较集中，外部干扰较少。根据以上的比对结果，我们可以看到电子负载具有高精度、广泛的应用范围等特点，适用于高要求的测试和调试应用。而电阻负载则具有简单、可靠、低干扰、成本低等特点，适用于低功率负载模拟场合。但是需要注意的是，电阻负载仅适用于相对简单的负载模拟，对于复杂的负载模拟任务，应优先选择电子负载。

综上所述，电子负载和电阻负载各有优缺点，需要根据实际应用需求进行选择。在精度要求高、测试稳定性要求高或应用范围广泛的情况下，应优先考虑可靠的电子负载；而在成本要求较低或响应速度较慢的情况下，可选择电阻负载。

五、总结

随着科技的不断进步和应用需求的不断提高，电子负载和纯阻性负载在未来有望发挥更加重要的作用。一方面，随着新型电子材料和器件的不断涌现，电子负载和纯阻性负载的性能将得到进一步提升，为电子测试领域提供更加精确、高效的解决方案。另一方面，随着新兴技术的快速发展，电子负载和纯阻性负载的应用领域将进一步拓展，为可再生能源、电动汽车等领域的创新和发展提供有力支持。

总之，电子负载和纯阻性负载在现代电子测试领域的重要性不言而喻，它们的应用和发展趋势也预示着未来电子测试技术的广阔前景。我们有理由相信，随着科技的不断进步和应用需求的不断提高，电子负载和纯阻性负载将在未来的电子测试领域发挥更加重要的作用，为人类社会的发展和进步作出更大的贡献。

参考文献

[1] 康凯. 基于微电阻测量的开关导通耐久测试仪研究 [J]. 现代信息科技, 2022, 6(05): 50-52+56
 [2] 邹家奇. 高精度直流电子负载的设计与实现 [J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(04): 125-128
 [3] 梁伟, 杨春玲, 朱敬, 等. 基于同步 Buck 电路的小功率电子负载设计 [J]. 电子技术应用, 2020, 46(10): 106-109