

# 电气设备耐压试验回路计算机辅助优化设计

针对人机交互模式的耐压试验方案设计系统中需要人员手动搭建的问题,对回路搭建的可选方案进行了优化。首先,通过对人机交互模式耐压试验方案设计系统的介绍,提出了在人机交互过程中人工自主选择电抗容易,但无法做到最优化的问题;然后针对该问题进行优化方案的设计,将整个优化的问题分解成最初方案设计、可行性方案筛选和优化方案确定这三个步骤去实现;最后通过实例验证优化方法在系统中的可靠性。实例表明:自主计算的优化算法可以减少工作人员的工作量,提高方案设计系统的智能程度,同时确保耐压试验方案的可靠性。

袁莉 刘峰/泰州市姜堰区供电公司 万书亭/华北电力大学机械工程系



袁莉/工程师

## 关键词/Keywords

自主计算·  
耐压试验·  
优化设计·  
人机交互·

耐压试验实施目的在于发现电气设备中存在的绝缘缺陷,是保证设备绝缘水平、避免发生绝缘事故的重要手段。谐振原理的耐压试验是目前进行各种交流耐压试验,特别是电缆交流耐压试验的主要手段,按照连接方式的不同,又可以分为串联谐振与并联谐振两种类型<sup>[1]</sup>。目前,对设备进行耐压试验时采用的大部分都是人工方式,就算是人机交互式的方案设计,其核心计算等工作也是由操作人员来完成,不容易达到耐压试验方案的自动化和最优化目的。

文献[2]和文献[3]介绍了变频串联谐振装置在系统的应用,主要完成了耐压试验系统主电路的设计和电压控制方式的设计,并通过仿真验证了设计的正确性。但是针对具体的电气设备耐压试验的电抗器的智能化选择,并没有给出对应的计算方法。文献[4-7]通过实例的分析对电气设备的耐压试验参数的选择以及试验的注意事项进行了说明。

本文目的在于研制一套基于计算机

自主计算的耐压试验方案生成与优化系统。首先从人机交互的角度去说明人机交互的不足以及自主计算生成耐压试验方案的必要性;然后根据耐压试验的参数及要求,确定所有可能方案和优化条件;最后根据要求得出在规定要求内的最优方案,实现耐压试验方案设计的自动化。最后通过实例验证自主计算及优化方案的可靠性。

## 耐压试验系统优化设计功能与特点

### 1. 人机交互式耐压试验系统

所谓人机交互式耐压试验系统,就是将库存所有设备进行罗列,按照搭建试验回路的要求将所需的部件一一按要求供员工选择,最后根据人为的选择将其组合。该系统可以在很大程度上提高员工的工作效率,保证试验方案设计的工作效率;但同时该系统的核心计算选择是人为控制,不仅要求操作人员有较高的专业知识,还会让操作员在面对很多可行方案时无法取舍。当操作人员不能准确地选择时,试验系统搭建过程中必然会出现库存设备不能充分利用。

针对人机交互过程中出现的方案选择问题,自主计算的优化算法将根据生成方案的各种需求,对应地生成相应的最优方案提供给操作人员,操作人员只需按照现场的需求选择优化条件,大大降低了对操作人员的专业要求。

### 2. 优化设计主要功能

1) 根据被试品额定容量、耐压试验时间以及试验人员在现场的实际要求,自动从设备数据库内筛选设备供耐压试

验方案设计使用。

2) 按照耐压试验给定的各项参数，系统将根据筛选后的设备数据库自动计算可行的耐压试验方案供试验人员选用。

3) 系统提供耐压试验方案的优化方向供设计人员选择，例如回路功率消耗最低、回路谐振频率最好和电气回路电流最小等，通过设计人员的选择，系统可以给出该方向下的最优化设计方案。

4) 耐压试验数字仿真、电气回路信息保存以及耐压试验报告的编排整理。

3. 优化设计特点

1) 不借助任何第三方控件，用Microsoft Visual Basic 6.0语言开发，功能灵活、易于扩展。

2) 数据读取速率快，系统响应及时，有利于工作效率的提高，并经过大量测试，可靠性高。

3) 形象直观，界面友好，人性化设计。

优化过程及方法

在可视化耐压试验管理系统的方案优化模块的各项功能中，方案的最优化设计是主体，而其中的最优化方法是关键，它可以实现在耐压试验设备条件一定的情况下，使谐振频率、耐压试验效果达到最好的效果，而同时使投入的人力、物力和财力等资源最少。

1. 优化设计过程

最优化方案的设计不能是毫无方向的寻找，必须遵循一定的方法步骤。可视化耐压试验管理系统的优化方案的生成可以分为三个阶段：最初方案设计、可行方案筛选和优化方案确定。

最初方案设计主要包括耐压试验基本参数的输入，变频电源、励磁变压器的选取以及电抗器的排列组合搭配等。一旦这些参数确定，耐压试验的基本方案也就确定了，只是这些方案在设计时没有经过计算，不一定可行。

可行方案筛选负责对基本试验方案的参数计算以及对各类设备参数的校对：按照基本试验方案的设计，计算电气回路参数，变频电源、励磁变以及电抗器等的电气参数，并与额定电气参数进行比较，将存在额定参数不符合的方案剔除，余下的为可行方案，进入下一环节。

优化方案确定是以更高的标准对可行方案进行筛选。系统根据试验人员确定的方案优化方向，逐一对可行方案进行比对，找到最接近优化方向的试验方案并确定为最终试验方案。其流程图如图1所示。

2. 电抗器组合优化设计

耐压试验方案的设计过程中不可避免地会涉及到电抗器的选择，由于方案中使用的电抗器

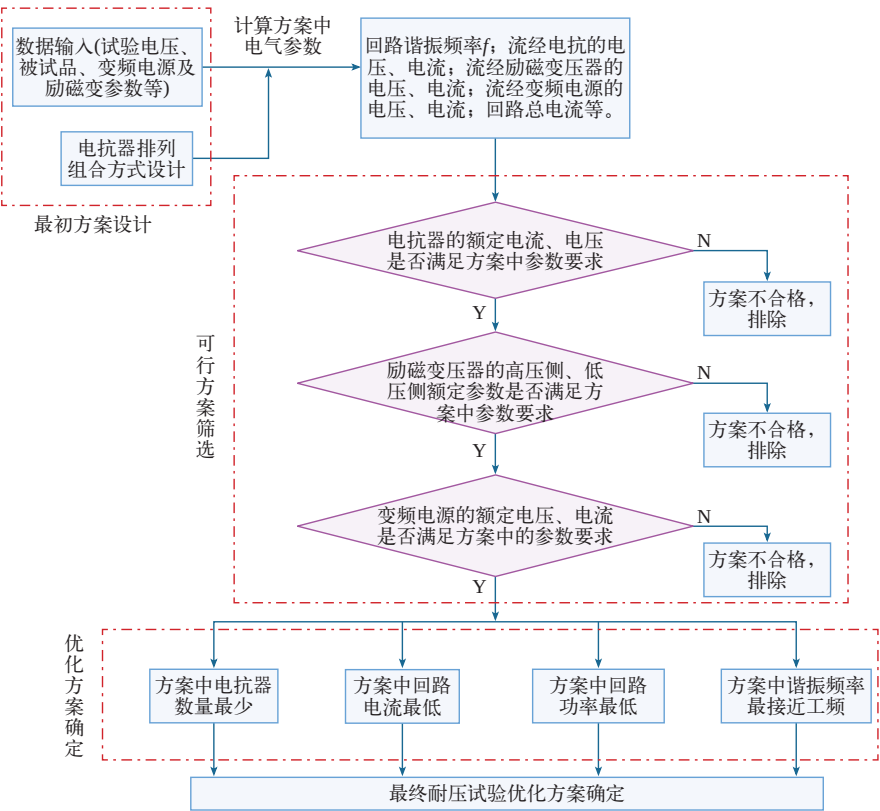


图1 优化方案流程图

往往不止一个，因此在方案的自动优化模块中会遇到如何编排队抗器串并联关系的问题。针对这一问题，系统中主要使用了数学上的排列组合方法，通过对电抗器的所有可能组合进行穷举，把所有可能的组合找到，下面进行简单介绍。

假设电抗器的库存量为4个，编号分别为1、2、3和4，以并联方式为例，靠程序找到其所有的排列组合方式。

系统在编程过程中主要使用了嵌套型循环的方法，首先确定参加排列组合的电抗器的数目，分别为1个，2个，3个和4个。然后通过固定一个电抗器，逐一变换其他电抗器，并记录已有的排列组合。

(1) 电抗器数目为1

在这种情况下排列组合方式显然有4种，是单独选取4个电抗器，分别是1，2，3，4。

(2) 电抗器数目为2

固定电抗器1，另外一个电抗器从2、3和4中选取，组合方式为12，13，14。

固定电抗器2，另外一个电抗器从3、4中选取，组合方式为23，24。

固定电抗器3，另外一个电抗器从4选取，组合方式为34。

(3) 电抗器数目为3

固定电抗器1和2，最后一个电抗器从3、4中选取，组合方式为123，124。

固定电抗器1和3，最后一个电抗器从4中选取，组合方式为134。

固定电抗器2和3，最后一个电抗器从4中选取，组合方式为234。

(4) 电抗器数目为4

显然这种情况下的组合方式只有一种，也就是1234。

程序运行后，共生成15种电抗器组合方案，结果如下表所示。

表 电抗器可能方案组合

| 方案号 | 方案  | 方案号 | 方案  |
|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1   | 2   | 2   |
| 3   | 3   | 4   | 4   |
| 5   | 1 2 | 6   | 1 3 |

(续)

| 方案号 | 方案      | 方案号 | 方案    |
|-----|---------|-----|-------|
| 7   | 1 4     | 8   | 2 3   |
| 9   | 2 4     | 10  | 3 4   |
| 11  | 1 2 3   | 12  | 1 2 4 |
| 13  | 1 3 4   | 14  | 2 3 4 |
| 15  | 1 2 3 4 |     |       |

通过上述分析可以知道，当电抗器的数量为n时，其组合方案P为

$$P=C_n^1+C_n^2+C_n^3+\cdots+C_n^n=2^n-1$$

设备库内的电抗器数量较多，但排列组合的思想是不会改变的，通过找到各种组合确定其连接方式后就能计算其等效阻抗，为耐压试验的方案校验做铺垫。

实例分析

利用耐压试验电气回路的优化功能，耐压试验技术人员只需负责提供被试品的参数以及对试验方案提出改进的意见便可以找到最合适的试验方案，为试验人员节省大量的时间与精力，主界面如图2所示。

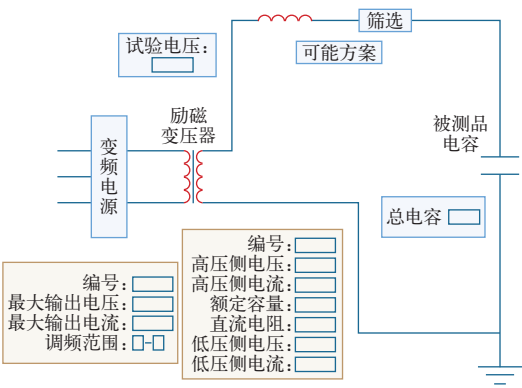


图2 耐压试验回路优化主界面

1. 耐压试验方案的计算

耐压试验技术人员在确定被试品的电气参量以及进行耐压试验的试验电压后，单击[可能方案]，系统便自动根据库存的可用设备将所有可行的方案罗列出来。其内部运算的主要根据是采用穷举方法，并同时计算每一种可能组合带来的电阻和电感，为后续的优化计算作准备。

## 2. 耐压试验方案优化选择

在系统把所有的可行的试验方案计算出来后,耐压试验技术人员可以根据自己的需求选择需要对试验方案进行优化的参数,然后单击[筛选]按钮,系统将按照技术人员选定的参数选择合适的最优化方法,对所有可行的试验方案进行整理定位,并将最终的方案显示出来。

满足试验技术人员要求的最优化方案可能有一种或几种,技术人员可以从中任选一种当作最终试验方案,然后利用耐压试验电气回路搭建平台实现方案的数字方案,并完成记录保存和实验报告的编辑整理等一系列工作。

## 结束语

本文通过对人机交互式电气设备耐压试验方案设计的不足分析,研制了一套基于自主计算的方案耐压方案优化系统,通过算例分析验证了系统的可靠性。得到的结论如下:

1) 该系统在给定耐压试验方案优化方向的情形下,系统还可以自主选择合适的最优化计算方法,寻求耐压试验的最优化方案。

2) 系统采用自主计算的方式进行方案选择,将员工专业能力要求最大限度地降低,提高了系统的自适应性。

3) 系统内部数据运算完全由计算机完成,在具有很高可靠性的同时,为试验方案的智能化设计打下坚实的基础。

## 参考文献

- [1] 张文亮,张国兵.特高压GIS现场工频耐压试验与变频谐振装置限频方案原理[J].中国电机工程学报,2007,27(24):1-4.
- [2] 袁凯.变频串联谐振耐压试验系统的设计与研究[D].西安:西南交通大学,2012.
- [3] 赖荣先.变频串联谐振装置在交流耐压试验中的应用[D].广州:华南理工大学,2011.
- [4] 李书敏.用变频谐振方式进行高压设备交流耐压试验[J].新疆电力技术,2009,27(3):9-11.
- [5] 温定筠,吕景顺,乔立凤,等.超高压并联电抗器交流耐压试验频率选择及方案分析[J].电工技术,2013,36(7):21-22.
- [6] 詹爱东,刘铁城,张世峰,等.优化电磁式电压互感器感应耐压试验方法[J].农村电气化,2013,58(3):18-20.
- [7] 张希琴.谐振在交流耐压试验中的应用[J].长沙电力学院学报:自然科学版,1998,56(3):95-96.

(收稿日期:2015-02-10) EA



让绝缘变得轻松自如!

干变、油变绝缘件、高低压开关柜绝缘件、充气柜绝缘件, SMC板、环氧板销售加工

**baiPO 佰珀新材料**  
青春 谦学 责任 奉献

上海佰珀新材料有限公司地处上海青浦,以独特的区位优势,深得中国经济发展先机。佰珀新材料已经成为中国知名的SMC材料、模压制品、绝缘板材供应商。

产品广泛应用于电工电气、汽车、卡车、农业机械、轨道交通、建材、卫浴用品等领域。公司拥有丰富的研发资源,出众的工程技术。

地址:上海市青浦区天淀路168号 Post Code:201713  
Add: Shanghai city Qingpu District days Lake Road No.168  
Fax: 021-59831666 57766999  
M.T: 138 1612 7328  
http: www.bai-poo.com  
E-mail:401071998@qq.com



中国知网

<https://www.cnki.net>