



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103558536 B

(45) 授权公告日 2016.06.22

(21) 申请号 201310534619.6

(22) 申请日 2013.11.01

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 华北电力科学研究院有限公司

国网冀北电力有限公司电力科学研究院

(72) 发明人 蔡巍 李志刚 董方舟 袁亦超

刘亮 李雨 邓春 贺惠民

段晓明 蒋鑫 魏苒

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王天尧

(51) Int. Cl.

G01R 31/14(2006.01)

(56) 对比文件

CN 203502551 U, 2014.03.26,

CN 202221465 U, 2012.05.16,

JP 特开 2006-200898 A, 2006.08.03,

JP 特开 2011-149896 A, 2011.08.04,

JP 特开 2007-333617 A, 2007.12.27,

吴盛刚等. 高压脉冲电容器耐久性试验线路的设计及实施. 《电力电容器》. 2006, (第 3 期), 第 16-17 页第 2.1 节.

刘万松. 模型电容器耐久性试验装置. 《电力电容器》. 1993, (第 2 期), 24-27.

审查员 胥志激

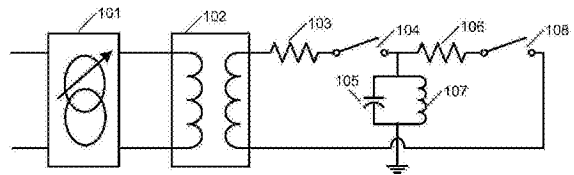
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

测试串联电容器耐受过负荷能力的电路及其工作方法

(57) 摘要

本发明提供了一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路及其工作方法,该电路包括:调压器,第一端为测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输入端,第二端为测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输出端;变压器,第一端与调压器的第三端相连,第二端与调压器的第四端相连,第三端与限流电阻的第一端相连;限流电阻,第二端与第一开关的第一端相连;第一开关,第二端分别与与被试串联电容器的第一端、匹配电抗的第一端、放电电阻的第一端相连;被试串联电容器,第二端分别与匹配电抗的第二端和地相连;匹配电抗,第二端与地相连;放电电阻,第二端与第二开关的第一端相连;第二开关,第二端与变压器的第四端相连,达到了保证串联电容器质量的效果。



1. 一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,包括:
  - 调压器,第一端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输入端,第二端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输出端;
  - 变压器,第一端与所述调压器的第三端相连,第二端与所述调压器的第四端相连,第三端与限流电阻的第一端相连;
  - 限流电阻,第二端与第一开关的第一端相连;
  - 第一开关,第二端分别与被试串联电容器的第一端、匹配电抗的第一端、放电电阻的第一端相连;
  - 被试串联电容器,第二端分别与匹配电抗的第二端和地相连;
  - 匹配电抗,第二端与地相连;
  - 放电电阻,第二端与第二开关的第一端相连;
  - 第二开关,第二端与变压器的第四端相连;其中,所述匹配电抗包含多个电抗器,每个电抗器自身内部的线圈采用串联的方式连接,各个电抗器之间采用并联的方式连接。
2. 如权利要求1所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,所述变压器包括:串联的多个变压器。
3. 如权利要求2所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,串联的变压器的个数为2。
4. 如权利要求2所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,所述多个变压器中各个变压器的变压比的乘积与调压器输出电压的乘积,等于设定的被试串联电容器应能承受的最大电压值。
5. 如权利要求1所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于:
  - 所述第一开关是六氟化硫断路器;
  - 和/或,所述第二开关是真空断路器。
6. 如权利要求1所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,所述放电电阻的电阻值满足以下公式:
$$U_t = U_c \times e^{(-t/RC)}$$
其中, $U_t$ 为所述被试串联电容器放电后的电压值, $U_c$ 为所述被试串联电容器放电前的电压值, $e$ 为一个无限不循环的自然常数, $t$ 为放电所需时间, $R$ 为所述放电电阻的电阻值, $C$ 为所述被试串联电容器的电容值。
7. 如权利要求6所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于, $U_t = 0.1U_c$ 。
8. 如权利要求1所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于:所述限流电阻的阻值范围为 $20\ \Omega$ 至 $100\ \Omega$ 。
9. 如权利要求1所述的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,其特征在于,所述多个电抗器中包括有可调电抗器。
10. 一种权利要求1至9中任一项所述电路的工作方法,其特征在于,包括:
  - 变压器将调压器所提供的交流电源的电压升压至预定的电压值;
  - 第一开关闭合,对被试串联电容器进行充电;
  - 在预定时间后第一开关断开,同时第二开关闭合,对所述被试串联电容器进行放电。

11. 如权利要求10所述的方法,其特征在于,所述匹配电抗的电抗值与被试串联电容器的电容值处于完全谐振状态。

12. 如权利要求10或11所述的方法,其特征在于,所述预定时间为100ms。

## 测试串联电容器耐受过负荷能力的电路及其工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电路测试技术领域,特别涉及一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路及其工作方法。

### 背景技术

[0002] 随着电力技术的不断发展,输变电容量及输电线路长度也在不断增加,随之而来的是相应的线路阻抗的不断增大,阻抗的增大又会使线路上的输送能力受到限制,电压质量得不到保证,也使得系统的稳定性变差。因此,需要在线路中串入串联电容器,以补偿一部分的线路阻抗、减小电压损失,提高电力系统的稳定性,从而达到优化并联回路之间的电力分配的目的,在这个过程中确保串联电容器的稳定运行是保证串联补偿稳定性的基本前提。

[0003] 所谓的串联电容器是一种用在串联补偿装置内的电容器,它在降低线路感性电抗的同时减小了线路两端的相角差,在长距离输电线中串联电容器可以用来改善电压特性和系统的稳定性,也可以增加输电线的输送容量。

[0004] 串联电容器的过负荷是指串联电容器在电力系统故障期间耐受的短时过电压,串联电容器的过负荷的确定是保证串联电容器的稳定运行的一个重要指标。对于典型的M型(即,带有旁路间隙的非线性电阻器)过电压保护装置,串联电容器应该能承受2.0pu到2.5pu范围内的短时过电压,其中,pu表示保护水平的标么值,此处将串联电容器的额定电压确定为一个pu。

[0005] 目前,串联电容器的交接试验所沿用的是并联电容器的试验标准,也就是使串联电容器经受直流电压试验,然而,串联电容器与并联电容器在运行方式上有很大的不同,因此,现行的试验标准难以有效确定串联电容器的性能。

[0006] 针对上述问题,目前尚未提出有效的解决方案。

### 发明内容

[0007] 本发明实施例提供了一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路及其工作方法,以达到有效确定串联电容器的性能目的。

[0008] 本发明实施例提供了一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,包括:

[0009] 调压器,第一端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输入端,第二端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输出端;

[0010] 变压器,第一端与所述调压器的第三端相连,第二端与所述调压器的第四端相连,第三端与限流电阻的第一端相连;

[0011] 限流电阻,第二端与第一开关的第一端相连;

[0012] 第一开关,第二端分别与被试串联电容器的第一端、匹配电抗的第一端、放电电阻的第一端相连;

[0013] 被试串联电容器,第二端分别与匹配电抗的第二端和地相连;

- [0014] 匹配电抗,第二端与地相连;
- [0015] 放电电阻,第二端与第二开关的第一端相连;
- [0016] 第二开关,第二端与变压器的第四端相连。
- [0017] 一个实施例中,所述变压器包括:串联的多个变压器。
- [0018] 一个实施例中,串联的变压器的个数为2。
- [0019] 一个实施例中,所述多个变压器中各个变压器的变压比的乘积与调压器最大输出电压的乘积,等于设定的被试串联电容器应能承受的最大电压值。
- [0020] 一个实施例中,所述第一开关是六氟化硫断路器;和/或,所述第二开关是真空断路器。
- [0021] 一个实施例中,所述放电电阻的电阻值满足以下公式:
- [0022]  $U_t = U_c \times e^{(-t/RC)}$ ,其中, $U_t$ 为所述被试串联电容器放电后的电压值, $U_c$ 为所述被试串联电容器放电前的电压值, $e$ 为一个无限不循环的自然常数, $t$ 为放电所需时间, $R$ 为所述放电电阻的电阻值, $C$ 为所述被试串联电容器的电容值。
- [0023] 一个实施例中, $U_t = 0.1U_c$ 。
- [0024] 一个实施例中,所述限流电阻的阻值范围为20 $\Omega$ 至100 $\Omega$ 。
- [0025] 一个实施例中,所述匹配电抗包含多个电抗器,每个电抗器自身内部的线圈采用串联的方式连接,各个电抗器之间采用并联的方式连接。
- [0026] 一个实施例中,所述多个电抗器中还包括有可调电抗器。
- [0027] 本发明实施例还提供了一种上述电路的工作方法,包括:
- [0028] 变压器将调压器所提供的交流电源的电压升压至预定的电压值;
- [0029] 第一开关闭合,对被试串联电容器进行充电;
- [0030] 在预定时间后断开第一开关,同时第二开关闭合,对所述被试串联电容器进行放电。
- [0031] 一个实施例中,所述匹配电抗的电抗值与所述被试串联电容器的电容值处于完全谐振状态。
- [0032] 一个实施例中,所述预定时间为100ms。
- [0033] 本发明实施例的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路中设置了调压器、变压器、被试串联电容器,并且在被试串联电容器两端并联了匹配电抗,通过电路中设置的开关的配合可以通过调压器和变压器提供的交流电在短时间内对由被试串联电容器和匹配电抗组成的谐振电路进行快速充电,从而实现对被试串联电容器的耐受过负荷进行测试,与现有技术中采用的直流电压试验来测试串联电容器耐受过负荷能力的技术方案相比,本发明实施例能够实现采用交流电压来测试串联电容器耐受过负荷能力的目的,从而保证串联电容器的质量。

#### 附图说明

- [0034] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的限定。在附图中:
- [0035] 图1是本发明实施例的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的示意图;
- [0036] 图2是本发明实施例的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的具体示意图;

- [0037] 图3是本发明实施例的串联电容器耐受过负荷能力测试方法流程图；
- [0038] 图4是本发明实施例的串联电容器的近区短路故障波形示意图；
- [0039] 图5是本发明实施例的串联电容器的远区短路故障波形示意图；
- [0040] 图6是本发明实施例并联谐振加压试验回路示意图；
- [0041] 图7是本发明实施例并联谐振加压电容器充电波形示意图。

### 具体实施方式

[0042] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合实施方式和附图，对本发明做进一步详细说明。在此，本发明的示意性实施方式及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

[0043] 发明人发现，对串联电容器的电压试验一般是采用直流耐压试验，直流耐压试验与交流耐压试验相比，虽然具有试验设备轻便、对绝缘损伤小和易于发现设备的局部缺陷的优点，然而，直流耐压试验由于交、直流下绝缘内部的电压分布不同，导致直流耐压试验对绝缘的考验不如交流试验更接近实际，难以很好地考核电容器在实际工况下的过电压情况，这也就导致部分串联电容器在交接试验时没有出现问题，而一旦挂网运行就会出现问題。

[0044] 考虑到串联电容器具有电压不能突变的特性，因此可以利用并联谐振的方法进行串联电容器耐受过负荷能力的测试。所谓的并联谐振是一种完全的电路补偿，电源无需提供无功功率，仅需要提供电阻所需要的有功功率，即电源电能全部被电阻消耗，成为纯电阻电路。在本发明实施例中提供了一种采用与被试串联电容器谐振匹配的电抗与之并联来达到快速升压的目的的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路，如图1所示，包括：

[0045] 调压器101，第一端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输入端，第二端为所述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的输出端；

[0046] 变压器102，第一端与调压器101的第三端相连，第二端与调压器101的第四端相连，第三端与限流电阻103的第一端相连；

[0047] 限流电阻103，第二端与第一开关104的第一端相连；

[0048] 第一开关104，第二端分别与被试串联电容器105的第一端、匹配电抗107的第一端、放电电阻106的第一端相连；

[0049] 被试串联电容器105，第二端分别与匹配电抗107的第二端和地相连；

[0050] 匹配电抗107，第二端与地相连；

[0051] 放电电阻106，第二端与第二开关108的第一端相连；

[0052] 第二开关108，第二端与变压器102的第四端相连。

[0053] 在上述实施例中，测试串联电容器耐受过负荷能力的电路中设置了调压器、变压器、被试串联电容器，并且在被试串联电容器两端并联了匹配电抗，通过电路中设置的开关的配合可以通过调压器和变压器提供的交流电在短时间内对由被试串联电容器和匹配电抗组成的谐振电路进行快速充电，从而实现对被试串联电容器的耐受过负荷进行测试，与现有技术中采用的直流电压试验来测试串联电容器耐受过负荷能力的技术方案相比，本发明实施例能够实现采用交流电压来测试串联电容器耐受过负荷能力的目的，从而保证串联电容器的质量。

[0054] 调压器为变压器一次侧提供0V-400V的单相交流电源,考虑到如果采用一个变压器达到所需要的变压比成本比较高,可以通过多个变压器串联的方式来达到所需的变压比,从而将调压器输出的电压升高至试验所需的电压值。在一个实施例中,变压器102可以如图2所示包括两个变压器:第一变压器201和第二变压器202。第一变压器201与第二变压器202的连接方式如图2所示,第一变压器201的第一端作为变压器102的第一端,第一变压器201的第二端作为变压器102的第二端,第一变压器201的第三端与第二变压器202的第一端相连,第一变压器201的第四端与第二变压器202的第二端相连,第二变压器202的第三端作为变压器102的第三端,第二变压器202的第四端作为变压器102的第四端。上述是以由两个变压器组成测试串联电容器耐受过负荷能力的电路中的变压器102为例进行的说明,如果由3个或者更多的变压器一起组成测试串联电容器耐受过负荷能力的电路中的变压器102,则按照上述两个变压器的方式进行扩展连接即可,在此不再赘述。变压器中选择的变压器需要满足:多个变压器中各个变压器的变压比的乘积与调压器最大输出电压的乘积,等于设定的被试串联电容器应能承受的最大电压值的要求,这样才能将调压器输出的电压升高至试验所需的电压值。

[0055] 在一个实施例中,上述第一开关可以选择六氟化硫断路器,上述第二开关可以选择真空断路器。

[0056] 限流电阻103的作用主要是实现对电路的保护作用,限流电阻的取值一般在20Ω至100Ω之间,过大会延长电容器电压上升时间,过小则会使得电容器的两端电压出现过充导致经受额外的过负荷考核,例如,可以将50Ω的电阻作为限流电阻。

[0057] 为了使得放电电阻106的取值更为合理,可以按照以下公式选取放电电阻的大小,即,放电电阻的电阻值满足以下公式:

$$[0058] \quad U_t = U_c \times e^{(-t/RC)}$$

[0059] 其中, $U_t$ 为所述被试串联电容器放电后的电压值, $U_c$ 为所述被试串联电容器放电前的电压值, $e$ 为一个无限不循环的自然常数, $t$ 为放电所需时间, $R$ 为放电电阻的电阻值, $C$ 为所述被试串联电容器的电容值。

[0060] 然而,如果将放电后的电压值 $U_t$ 设为零,则电阻值将是一个无穷小的数,所以可以认为电容器电压放电到90%即可,即,取 $U_t = 0.1U_c$ 。

[0061] 为了满足达到电容器额定电压的预定倍数的过电压,如果直接提供一个电抗器作为匹配电抗,那么这个电抗器的成本将会很高,也难以实现,因此匹配电抗可以是一个由多个电抗器组成的电抗器组,每个电抗器自身内部的线圈采用串联的方式连接,各个电抗器之间采用并联的方式连接,从而使得匹配电抗最终的电抗值可以满足要求,为了使得电抗器的电抗值可调,以满足不同情况的需求,也可以在电抗器组中增加可调电抗器,通过对可调电抗器的调节使得匹配电抗与被试电容器完全谐振。

[0062] 基于上述图1至图2所示的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,本发明实施例还提供了一种测试串联电容器耐受过负荷能力的电路的工作方法,如图3所示,包括以下步骤:

[0063] 步骤301:变压器将调压器所提供的交流电源的电压升压至预定的电压值;

[0064] 步骤302:第一开关闭合,对被试串联电容器进行充电;

[0065] 步骤303:在预定时间后断开第一开关,同时第二开关闭合,对所述被试串联电容器

进行放电。

[0066] 在上述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路工作的过程中,匹配电抗与被试电容器完全谐振。在上述步骤302之后,最后还可以包括:在被试串联电容器放电结束后,断开第二开关,完成测试过程。

[0067] 为了实现快速放电,上述预定时间可以为100ms,即,控制第一开关在闭合100ms后断开,同时闭合第二开关。值得注意的是,上述对第一开关和第二开关的断开和闭合的控制可以通过编写计算机程序进行控制的,可以是采用单片机、FPGA等方式实现控制的,只要能够实现对开关通断时间精准的控制的方式都在本发明的保护范围以内。

[0068] 下面结合一个具体的实施例对上述测试串联电容器耐受过负荷能力的电路进行具体说明,然而值得说明的是,下述实施例仅是为了对本发明进行更好的说明,并不构成对本发明的不当限定。

[0069] 目前串联电容器发生问题多是在0.1秒的保护动作时间内,主要是由于经受不住2.3pu的过负荷而发生内部故障,最终引发事故。根据并联电容器标准主要进行局部放电试验、介损试验、交流耐压试验并不能有效的发现串联电容器的问题,因此迫切需要研究串联电容器的交接试验方法以及相应的串联电容器交接试验的设备,以有效测试串联电容器耐受过负荷能力,从而保证串联电容器的安全运行。

[0070] 如图4所示,是近区短路故障的典型波形,在图4中15ms时刻发生短路故障,由于短路点位于串补线路侧,短路电流很大,因此在故障后第1个半波串补电容器电压即达到2.3pu。图5所示是远区故障波形,短路时刻同为15ms,由于故障点较远,短路电流不是很大,因此串联电容器的电压在第一个半波的幅值不是很大,MOV(金属氧化物限压器)也没有动作,直至第二个半波峰值才达到2.3pu,同时MOV导通。

[0071] 基于对上述图4和图5所示的串联电容器的近区短路故障波形和远区短路故障波形,以及绝缘配合设计和MOV的保护水平,分析得出串联电容器应能承受0.1s、2.3pu的短时过电压。

[0072] 因此,设计的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路,试验回路必须能够在电源容量一定的情况下,将被试串联电容器上的电压从1.1pu以下,在三个周期60ms内突然升高至2.3pu,并在0.1s后切除,同时对测试电压和持续时间实现精确的控制。

[0073] 基于上述要求,对串联电容器短路冲击试验回路的设计进行研究,通过MATLAB仿真软件Simulink中的电气模块对设计方案进行仿真。考虑到电容器具有电压不能突变这一特性,可以利用具有完全补偿作用的并联谐振的方法,电源无需提供无功功率,只提供电阻所需要的有功功率,即电源电能全部为电阻消耗,成为纯电阻电路。采用与被试串联电容器谐振匹配的电抗器与之并联来达到快速升压的目的。

[0074] 其中,匹配电抗(即补偿电感)的电感值可根据公式 $2\pi f = 1/\sqrt{LC}$ 来确定,其中, $f$ 为电力系统工作频率50(Hz), $L$ 为匹配电抗器电感值(H), $C$ 为被试串联电容器的电容量( $\mu\text{F}$ )。

[0075] 首先,针对通过试验电源对串联谐振加压的方式进行分析,通过仿真分析和初步的试验验证,采用两级升压变压器变给串联谐振回路升压导致整个回路阻抗较大,现有的电源容量下达到稳态后回路的电流较小,电容器上的电压也无法达到2.3pu,在现有的试验设备基础上采用串联谐振加压方式不可行。随后,对并联谐振加压方式进行了仿真分析,回



路如图6所示,其中未表示标号的元件所代表的内容与图2中的元件所代表的内容相同的,图中K1、K2、K3、K4代表四个开关,601表示电压互感器,602表示电容,603表示限压器、604表示旁路间隙,仿真结果如图7所示,通过这种回路类型可以比较理想地达到预期的试验效果,对实际串联电容器短路回路试验平台的搭建的参数及设备选型提供了理论基础。

[0076] 依据仿真的结果,实际串联补偿电容器的短路冲击试验回路原理设计如图2所示,主要包括:电源部分和试品部分,按照电气原理上述图2所示的电路可分为升压回路和放电回路。由于实际回路采用了包含放电电阻的放电回路,因此仿真分析时不需要采用MOV限压器和保护旁路间隙。结合目前的试验条件,分析中采用的相关设备如图2所示,调压器为变压器一次侧提供0V-400V的单相交流电源,通过两级分别为0.4/10kV和10/35kV的升压变压器升高至试验所需的电压值。

[0077] 当电源侧升压到位后,控制第一开关闭合为被试串联电容器谐振回路充电,根据串联电容器承受0.1s、2.3pu的短时过电压的要求。控制第一开关在闭合100ms后断开,同时第二开关闭合对被试串联电容器谐振回路进行快速放电,使放电过程在一个周期20ms内结束,以保证试品接受过电压的考核在0.1秒内完成。

[0078] 对于试验回路中参数的选择可以通过以下方式:根据电源调压器范围、两级升压变压器变比,可计算出试验回路的最大输出试验电压,其值应该等于2.3pu。

[0079] 即,  $U_m = U_s \times k_1 \times k_2$

[0080] 其中,  $U_m$  为最大输出试验电压,  $U_s$  为电源调压器最大输出电压,  $k_1$  和  $k_2$  分别为第一变压器和第二变压器的变比。

[0081] 限流电阻的选取范围一般在  $20\ \Omega - 100\ \Omega$  之间,较优的,限流电阻的阻值可以定为  $50\ \Omega$ ,过大可能会延长电容器充电到2.3pu的时间,过小则会使电容器的电压过冲导致经受2.3pu额外的过负荷考核。

[0082] 放电电阻的选取范围可以根据电容器的放电公式确定:

[0083]  $U_t = U_c \times e^{(-t/RC)}$

[0084] 其中,  $U_t$  为被试串联电容器放电后的电压值,  $U_c$  为所述被试串联电容器放电前的电压值,  $e$  为自然常数,其值约为2.71828,是一个无限不循环数,  $t$  为放电所需时间,  $R$  为放电电阻的电阻值,  $C$  为所述被试串联电容器的电容值。

[0085] 然而,如果将被试串联电容器放电后的电压值放电后的电压值  $U_t$  设为零,则电阻将是一个无穷小的数,因此通常认为电容器电压放电90%即可,也就是  $U_t = 0.1U_c$ 。

[0086] 下面举一个具体的进行串联电容器短路冲击试验的例子:

[0087] 回路中设备的具体参数设置如下:

[0088] 电容器参数:额定电压:6.186kV,电容量:65uF。

[0089] 试验电源:额定电压380V、额定电流600A、短路电流10kA;

[0090] 单相调压器:额定容量200kVA;

[0091] 第一变压器:0.4/10kV,额定容量400kVA,短路阻抗10%;

[0092] 第二变压器:10/35kV,额定容量5000kVA,短路阻抗10%;

[0093] 限流电阻通常选择  $50\ \Omega$  左右。

[0094] 由于放电电阻需要流过较大的放电电流,经分析后可以选用水阻,其具有装配简易,阻值易调整和容量较大的优点。

[0095] 第一开关使用的是六氟化硫断路器,额定电压40.5kV,可开断2.5kA的短路电流,第二开关使用的是真空断路器,第一开关和第二开关统一由程序控制器控制,其切换的精确时间可以达到1ms。

[0096] 补偿电抗器需匹配0.156H,该值主要是通过电容器的电容量参数65 $\mu$ F确定的。

[0097] 为了满足电容器额定电压的2.3倍pu过电压14.2kV的要求,可以选用电抗器组来实现匹配电抗的目的,电抗器组中的所有的电抗器可以选用串联接线方式后并联(即各个电抗器内部的线圈采用串联的方式,电抗器之间采用并联的方式连接,从而达到所需的电抗值),调节可调电抗器以达到完全补偿,限流电阻取50 $\Omega$ 。然后编写程序控制器代码,使其满足在运行后100ms第一开关导通,在电容器承受0.1s、2.3pu的短时过电压后,控制第一开关在100ms后断开,同时控制第二开关导通,以对试品进行快速放电,最后断开第二开关。

[0098] 具体的,也可以是调节电源侧调压器使其升压至14.2kV,打开程序控制器使其运行一次,可以手动断开第二开关,电容器在关闭第一开关3个周期以内达到了2.3倍pu,然后保持5个周期100ms后经放电回路快速降压,从而完成测试的目的。

[0099] 在本例中,提出了一种新的测试串联电容器耐受过负荷能力的电路和测试方法,在挂网投运前进行模拟实际工况的过负荷测试,可以及时发现串联电容器的绝缘问题,从而避免了直接投运后出现重大事故,保证了串联电容器的安全运行。

[0100] 从以上的描述中,可以看出,本发明实施例实现了如下技术效果:测试串联电容器耐受过负荷能力的电路中设置了调压器、变压器、被试串联电容器,并且在被试串联电容器两端并联了匹配电抗,通过电路中设置的开关的配合可以通过调压器和变压器提供的交流电在短时间内对由被试串联电容器和匹配电抗组成的谐振电路进行快速充电,从而实现对被试串联电容器的耐受过负荷能力进行测试,与现有技术中采用的直流电压试验来测试串联电容器耐受过负荷能力的技术方案相比,本发明实施例能够实现采用交流电压来测试串联电容器耐受过负荷能力的目的,从而保证串联电容器的质量。

[0101] 显然,本领域的技术人员应该明白,上述的本发明实施例的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现,它们可以集中在单个的计算装置上,或者分布在多个计算装置所组成的网络上,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,并且在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样,本发明实施例不限制于任何特定的硬件和软件结合。

[0102] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明实施例可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

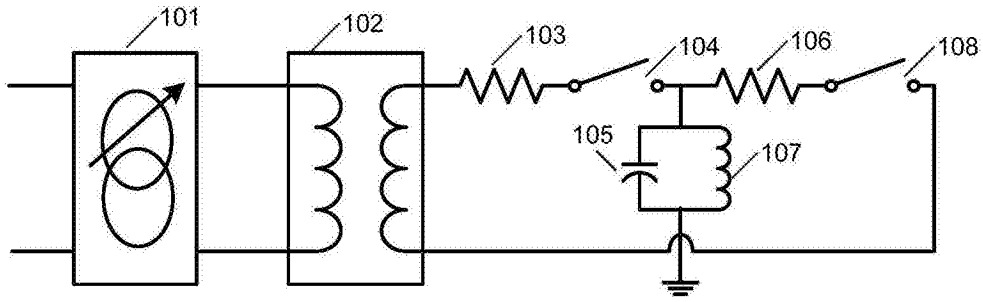


图1

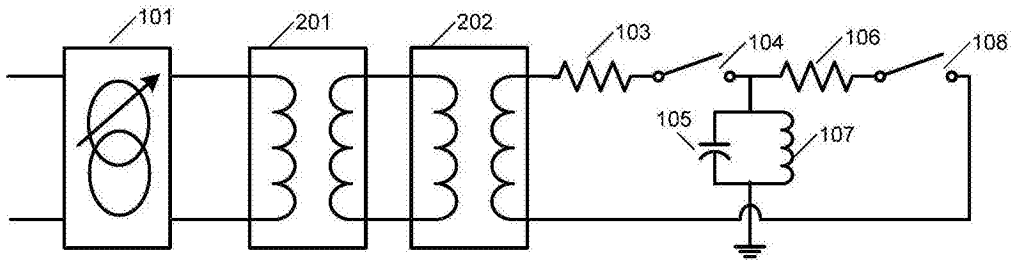


图2

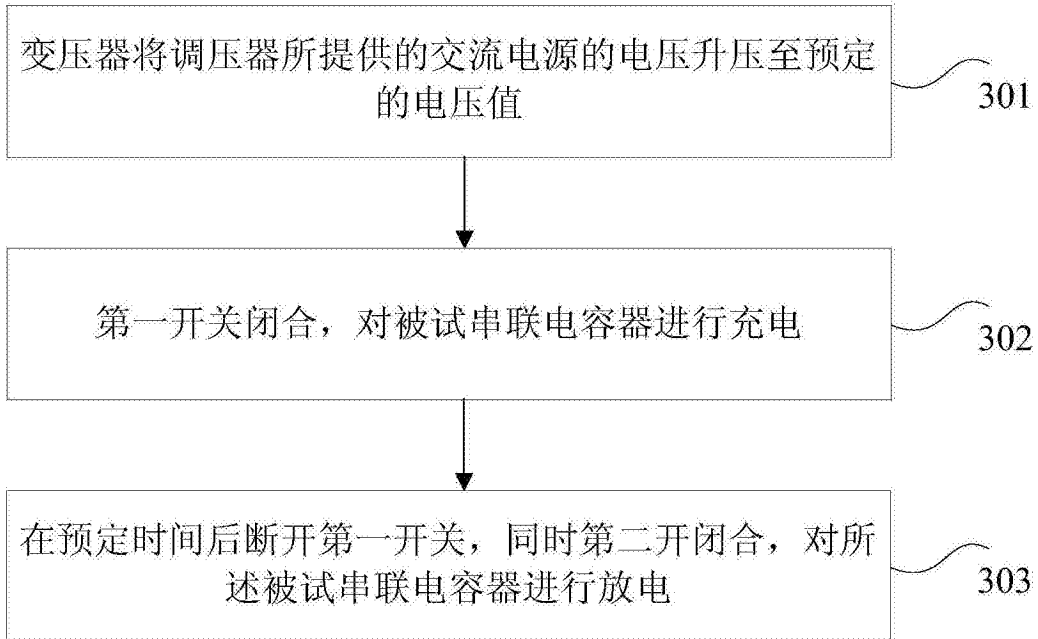


图3

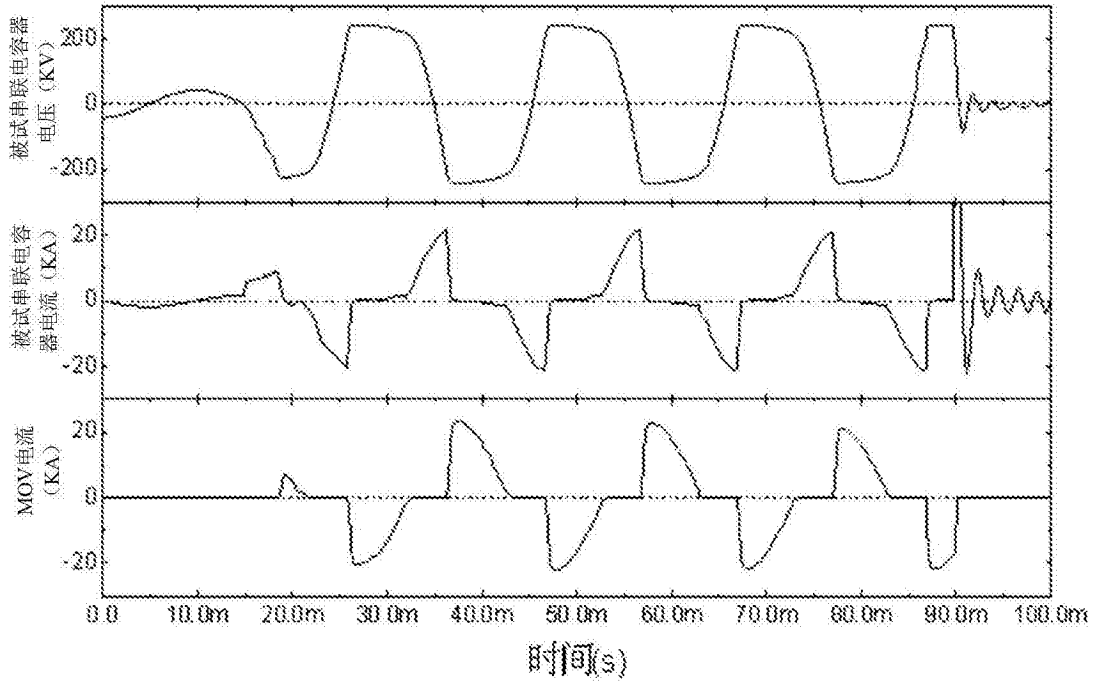


图4

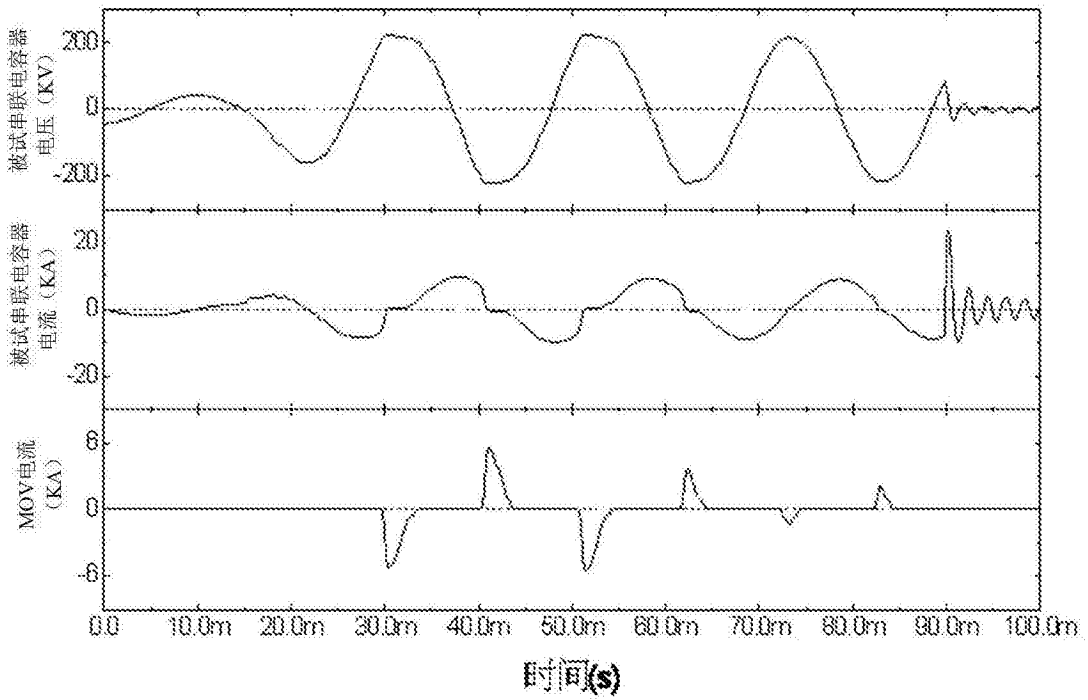


图5

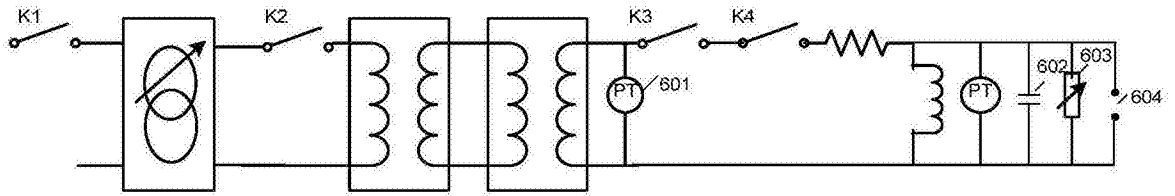


图6

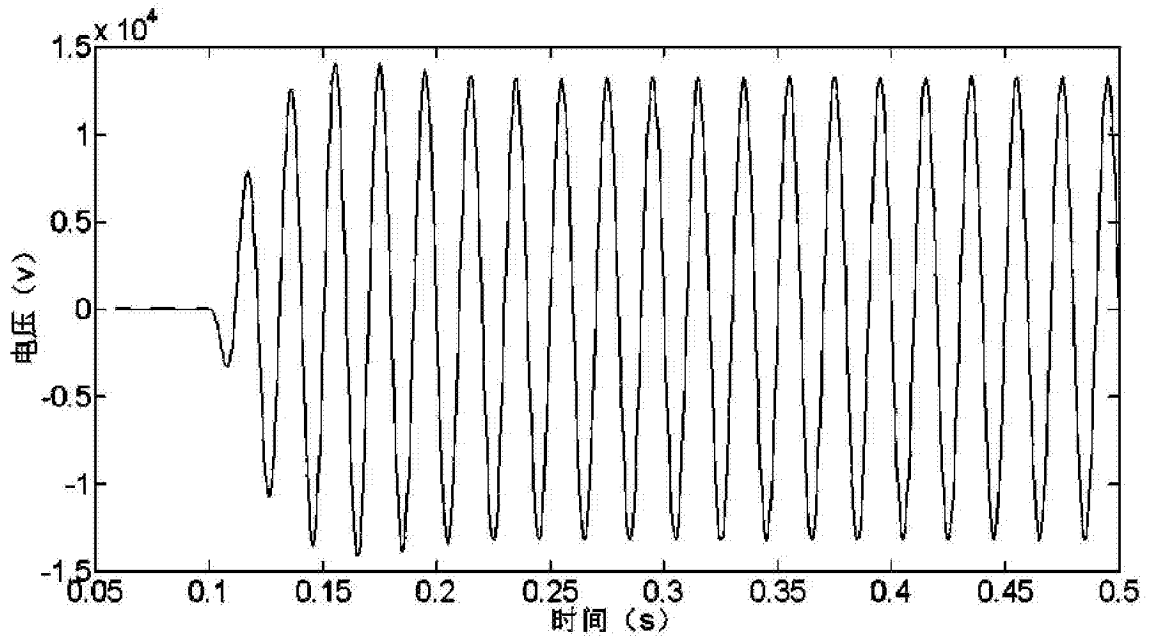


图7