



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103135014 A

(43) 申请公布日 2013.06.05

(21) 申请号 201210596585.9

(22) 申请日 2012.12.14

(71) 申请人 西安电子科技大学
地址 710071 陕西省西安市太白南路2号

(72) 发明人 王保保 张生林 王瑾 魏鹏

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心
61205

代理人 田文英 王品华

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006.01)

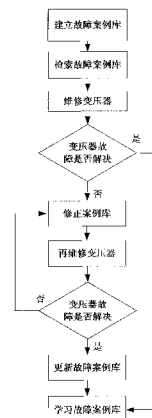
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于案例推理的变压器故障诊断方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于案例推理的变压器故障诊断方法,其实现步骤为:(1)建立故障案例库;(2)检索故障案例;(3)维修变压器;(4)判断目标故障案例集中的维修方案能否解决变压器故障,如果不能,则转入步骤(5);否则,转入步骤(9);(5)修正故障案例;(6)维修人员使用修正后的维修方案对变压器进行维修;(7)判断修正后的维修方案能否解决变压器故障,如果能,则转入步骤(8),否则,执行步骤(5);(8)更新故障案例库;(9)学习故障案例。本发明是将故障案例修正和故障案例学习策略思想应用到变压器故障诊断方法中,较之以往的变压器故障诊断方法具有更强的适应性、更高的案例检索效率。



1. 一种基于案例推理的变压器故障诊断方法,其具体实现步骤如下:

(1) 建立故障案例库

1a) 从单个实际变压器故障案例中提取故障信息;

1b) 将单个实际变压器故障案例中提取的故障信息用故障信息四元组表示;

1c) 将所有变压器故障案例的故障信息四元组保存到数据库中,得到初级故障案例库;

1d) 将初级故障案例库按照故障案例库二级分类法分类,得到最终的故障案例库;

(2) 检索故障案例

采用相似度公式,系统从变压器故障案例库中通过二级分级检索方法,检索出与故障征兆信息相似的目标故障案例集;

(3) 维修变压器

维修人员根据目标故障案例集中的维修方案对变压器进行维修;

(4) 判断目标故障案例集中的维修方案能否解决变压器故障,如果不能解决变压器故障,则转入步骤(5);否则,转入步骤(9);

(5) 修正故障案例

5a) 技术人员根据实际操作经验对目标故障案例集中的维修方案进行修正;

5b) 更新目标故障案例集;

(6) 维修人员使用修正后的维修方案对变压器进行维修;

(7) 判断修正后的维修方案能否解决变压器故障,如果能解决变压器故障,则转入步骤(8),否则,执行步骤(5);

(8) 更新故障案例库

维修人员在解决变压器故障之后,系统将修正的故障案例保存到变压器故障案例库中;

(9) 学习故障案例

9a) 系统查询变压器故障案例库,统计变压器故障案例库中案例的引用次数和所有案例的总引用次数;

9b) 将变压器故障案例库中案例的引用次数与所有案例的总引用次数之比,作为该案例的使用率;

9c) 采用步骤9a)、步骤9b)的方法,获得变压器故障案例库中所有案例的使用率;

9d) 系统查询变压器故障案例库,统计变压器故障案例库中案例解决实际故障的次数和案例的引用次数;

9e) 将变压器故障案例库中案例的解决实际故障的次数与引用次数之比,作为该案例的有效率;

9f) 采用步骤9d)、步骤9e)的方法,获得变压器故障案例库中所有案例的有效率;

9g) 系统将使用率和有效率乘积最小的案例删除。

2. 根据权利要求1所述的基于案例推理的变压器故障诊断方法,其特征在于:

步骤1a)所述的故障信息是指,变压器故障说明信息、变压器故障征兆信息、变压器故障成因信息、变压器故障案例维修方案信息。

3. 根据权利要求1所述的基于案例推理的变压器故障诊断方法,其特征在于:

步骤 1b) 所述的故障信息四元组是指与故障信息对应的变压器故障案例的说明元组、变压器故障案例的征兆元组、变压器故障案例的成因元组、变压器故障案例的维修方案元组。

4. 根据权利要求 1 所述的基于案例推理的变压器故障诊断方法,其特征在於:

步骤 1d) 所述的故障案例库二级分类法具体步骤如下:

第一步:将变压器故障案例库按照变压器故障案例征兆元组中是否过热、电弧、火花放电的征兆信息,分为过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库;

第二步:将过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库按照变压器故障说明元组中绕组、开关、铁芯、引线、导线、绝缘纸和密封圈的故障部位信息,分为绕组案例库、开关案例库、铁芯案例库、引线案例库、导线案例库、绝缘纸案例库、密封线圈案例库。

5. 根据权利要求 1 所述的基于案例推理的变压器故障诊断方法,其特征在於:步骤 (2) 所述的相似度公式如下:

$$\text{sim}(S_x, S_y) = \left\{ \sum_{h=1}^n W_h [(f_{xh} - f_{yh})^2 + (d_{xh} - d_{yh})^2] \right\}^{1/2}$$

其中, S_x 表示目标故障案例的故障征兆元组, S_y 表示源故障案例的故障征兆元组, h 表示目标故障案例的故障征兆元组中元素的序号, n 表示目标故障案例的故障征兆元组的元素总数, W_h 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个故障征兆的权值, f_{xh} 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个定性故障征兆值, f_{yh} 表示源故障案例的故障征兆元组的第 h 个定性故障征兆值, d_{xh} 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个定量故障征兆值, d_{yh} 表示源故障案例的故障征兆元组的第 h 个定量故障征兆值。

6. 根据权利要求 1 所述的基于案例推理的变压器故障诊断方法,其特征在於:

步骤 (2) 所述的二级分级检索方法具体步骤如下:

第一步:维修人员在客户机上输入目标故障案例的征兆信息,系统采用相似度公式,计算目标故障案例的征兆信息与过热案例库、电弧案例库和火花放电案例库的征兆信息的相似度,将相似度最大的案例库记为变压器目标故障案例所属的案例库;

第二步:系统采用相似度公式,计算目标故障案例的征兆信息与相似度最大的案例库中的故障案例的征兆信息的相似度,将相似度最大的案例组成相似案例集;

第三步:维修人员在客户机上,根据相似案例集中的维修方案是否符合实际维修经验,从相似案例集中选出故障案例组成目标故障案例集。

基于案例推理的变压器故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力技术领域,更进一步涉及人工智能故障诊断技术应用于电力领域中的一种基于案例推理的变压器故障诊断方法。本发明可用于变压器故障的判断、识别、检测,更好地辅助变压器的故障诊断与维修。

背景技术

[0002] 目前,针对变压器维修领域,传统的故障诊断大部分是采用 RBR(rule based reasoning,基于规则推理),MBR(model based reasoning,模式推理)的专家系统技术。由于这些传统的专家系统是基于模型化驱动的(基于模型的诊断方法是用诊断对象的结构,行为和功能模型等深知识进行诊断推理),在模型的构建,信息的获取,信息的处理方面存在严重不足,有一些难以克服的缺点,如系统领域知识的规则提取困难;规则库,模式库的创建和管理复杂艰巨;推理过程中规则与模式难以准确选取等。

[0003] 朱余启的硕士学位论文“基于案例推理的大型电力变压器故障诊断系统的研究”(华北电力大学,发表时间:2007.12.01)公开了一种基于案例推理的变压器故障诊断方法,包括:(1)案例表示、方案设计及案例库的建立,搜集、整理了大量的变压器故障实例,提取与变压器故障相关的信息(或是数据)为基础来建立案例库。包括:DGA数据、电气试验数据、运行记录(外观现象)、维修记录、变压器铭牌、故障现象及解决方案等。(2)检索案例库,获取与源案例相似的案例集,利用已有的诊断规则(包括《规程》以及IEC三比值法)先对目标案例和源案例进行数据的定性分析处理,判断其大致故障类型,而后再按照分析得到的故障类型进行案例检索,找出故障类型相似或者相同的源案例。该方法存在的不足是,变压器案例库维护困难从而影响检索变压器故障案例的效率、变压器案例库保存的知识有限不足以解决实际变压器故障。

发明内容:

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足,提供一种效率高、适应性强的基于案例推理的变压器故障诊断方法。

[0005] 实现本发明目的的技术思路是,针对大量的实际变压器故障案例,提取故障信息,建立故障案例库。采用相似度公式,系统从变压器故障案例库中通过二级分级检索方法,检索出与故障征兆信息相似的目标故障案例集。维修人员根据目标故障案例集中的维修方案对变压器进行维修。如果应用目标故障案例集中的维修方案能将变压器故障修好,则进行变压器故障案例库的学习。否则,对目标故障案例集中的维修方案进行修正直到能解决变压器故障,然后将修正好的目标案例更新保存到故障案例库中,最后再进行变压器故障案例库的学习。

[0006] 本发明的具体实现步骤包括如下:

[0007] (1) 建立故障案例库

[0008] 1a) 从单个实际变压器故障案例中提取故障信息;

- [0009] 1b) 将单个实际变压器故障案例中提取的故障信息用故障信息四元组表示；
- [0010] 1c) 将所有变压器故障案例的故障信息四元组保存到数据库中，得到初级故障案例库；
- [0011] 1d) 将初级故障案例库按照故障案例库二级分类法分类，得到最终的故障案例库；
- [0012] (2) 检索故障案例
- [0013] 采用相似度公式，系统从变压器故障案例库中通过二级分级检索方法，检索出与故障征兆信息相似的目标故障案例集；
- [0014] (3) 维修变压器
- [0015] 维修人员根据目标故障案例集中的维修方案对变压器进行维修；
- [0016] (4) 判断目标故障案例集中的维修方案能否解决变压器故障，如果不能解决变压器故障，则转入步骤 (5)；否则，转入步骤 (9)；
- [0017] (5) 修正故障案例
- [0018] 5a) 技术人员根据实际操作经验对目标故障案例集中的维修方案进行修正；
- [0019] 5b) 更新目标故障案例集；
- [0020] (6) 维修人员使用修正后的维修方案对变压器进行维修；
- [0021] (7) 判断修正后的维修方案能否解决变压器故障，如果能解决变压器故障，则转入步骤 (8)，否则，执行步骤 (5)；
- [0022] (8) 更新故障案例库
- [0023] 维修人员在解决变压器故障之后，系统将新的案例保存到变压器故障案例库中；
- [0024] (9) 学习故障案例
- [0025] 9a) 系统查询变压器故障案例库，统计变压器故障案例库中案例的引用次数和所有案例的总引用次数；
- [0026] 9b) 将变压器故障案例库中案例的引用次数与所有案例的总引用次数之比，作为该案例的使用率；
- [0027] 9c) 按照步骤 9a) 步骤 9b) 方法，获得变压器故障案例库中所有案例的使用率；
- [0028] 9d) 系统查询变压器故障案例库，统计变压器故障案例库中案例解决实际故障的次数和案例的引用次数；
- [0029] 9e) 将变压器故障案例库中案例的解决实际故障的次数与引用次数之比，作为该案例的有效率；
- [0030] 9f) 按照步骤 9d) 步骤 9e) 方法，获得变压器故障案例库中所有案例的有效率；
- [0031] 9g) 系统将使用率和有效率乘积最小的案例删除。
- [0032] 本发明与现有的技术相比具有以下优点：
- [0033] 第一、由于本发明采用了基于案例推理的变压器故障诊断方法，克服了现有技术知识的规则提取困难、规则库和模式库的创建管理复杂艰巨、推理过程中规则与模式难以准确选取的缺点，使得本发明相比现有技术中的 RBR、MBR 的专家系统具有更强的适应性。
- [0034] 第二、由于本发明提出了将故障案例进行分类，进而检索的策略思想，较之现有技术的变压器故障诊断方法，本发明克服了案例表示、组织以及案例库的构建难度大的缺点，极大地提高了案例检索的效率。

[0035] 第三、由于本发明提出了故障案例修正策略,这种策略解决了现有技术因变压器案例库中保存的知识有限,不足以解决实际变压器故障的问题。

[0036] 第四、由于本发明提出了故障案例学习策略,这种策略通过将故障案例库中冗余案例删除,使变压器案例库的维护更为方便且易于操作,从而提高了变压器故障案例的检索效率。

附图说明

[0037] 图 1 为本发明的流程图;

[0038] 图 2 为本发明变压器故障案例库分类结构图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述。

[0040] 参照图 1,本发明的具体实施步骤如下:

[0041] 步骤 1、建立故障案例库

[0042] 第一步,从单个实际变压器故障案例中提取故障信息。故障信息是指变压器故障说明信息、变压器故障征兆信息、变压器故障成因信息、变压器故障案例维修方案信息。

[0043] 第二步,将单个实际变压器故障案例中提取的故障信息用故障信息四元组表示。故障信息四元组是指与故障信息对应的变压器故障案例的说明元组、变压器故障案例的征兆元组、变压器故障案例的成因元组、变压器故障案例的维修方案元组。

[0044] 将故障信息四元组表示为 $C = (E, S, A, P)$ 。其中:变压器故障说明元组 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_r\}$ 是一个有限非空集合, $e_j (j = 1, 2, \dots, r)$ 表示一条说明信息,例如:案例编号,变压器型号,故障部位,维修人员,维修日期以及效果评价。

[0045] 变压器故障案例的征兆元组 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 是一个有限非空集合,故障征兆分为定性故障征兆和定量故障征兆,故障征兆 $s_j = \{f_j, d_j\} (j = 1, 2, \dots, m)$, f_j 是定性故障征兆,如:油箱焊接质量不好,绕组变形或绝缘油老化等模糊概念时, d_j 表示故障征兆的置信度,用来说明故障征兆事实的严重程度; f_j 是定量故障征兆,如油中气体,游离气体等, d_j 表示这些参数的实际测量值经过转换后的值, d_j 在区间 $[0, 1]$ 之间;在变压器故障诊断领域,有些定性故障征兆是明确的量,即仅表现为“有”或者“没有”,如电路故障,可以用二值逻辑的方法来处理,“有”则表示为“1”,没有则表示为“0”。但是,更多定性故障征兆往往是一些模糊量,如绕组变形“严重”与“很严重”,绝缘油老化“有点”与“严重”不稳等。采用二值逻辑方法来处理存在一定的不足,为此,可以采用故障严重程度的方法来刻画,并通过赋予一个值来表示其严重的程度,如“很严重”表示为“0.9”,“严重”表示为“0.7”,“中等”表示为“0.5”,“一般”表示为“0.3”,“轻微”表示为“0.1”,“正常”表示为“0”。

[0046] 变压器故障的成因元组 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ 是一个有限非空集合, a_1, a_2, \dots, a_r 为其中的某一成因,某一故障可以由 1 个故障成因。

[0047] 变压器故障案例的维修方案元组 $p = \{p_1, p_2, \dots, p_r\}$ 是一个有限非空集合, p_1, p_2, \dots, p_r 为其中的某一解决方案。

[0048] 第三步,将所有变压器故障案例的故障信息四元组保存到数据库中,得到初级故障案例库。

[0049] 第四步,将初级故障案例库按照故障案例库二级分类法分类,得到最终的故障案例库。故障案例库二级分类法具体步骤为(1)将变压器故障案例库按照变压器故障案例征兆元组中是否过热、电弧、火花放电的征兆信息,分为过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库;(2)将过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库按照变压器故障说明元组中绕组、开关、铁芯、引线、导线、绝缘纸和密封圈的故障部位信息,分为绕组案例库、开关案例库、铁芯案例库、引线案例库、导线案例库、绝缘纸案例库、密封线圈案例库。

[0050] 将初级故障案例库按照故障案例库二级分类法分类,得到变压器故障案例库分类结构图,参照附图2。附图2是一个树形结构图,第一层为初级故障案例库;将第一层中的初级故障案例库分为第二层中的过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库;将第二层中的过热案例库,电弧案例库和火花放电案例库又分别分为第三层中的绕组案例库、开关案例库、铁芯案例库、引线案例库、导线案例库、绝缘纸案例库、密封线圈案例库。

[0051] 步骤2、检索故障案例

[0052] 采用如下相似度公式,系统从变压器故障案例库中通过二级分级检索方法,检索出与故障征兆信息相似的目标故障案例集。

$$[0053] \quad \text{sim}(S_x, S_y) = \left\{ \sum_{h=1}^n W_h [(f_{xh} - f_{yh})^2 + (d_{xh} - d_{yh})^2] \right\}^{1/2}$$

[0054] 其中, S_x 表示目标故障案例的故障征兆元组, S_y 表示源故障案例的故障征兆元组, h 表示目标故障案例的故障征兆元组中元素的序数, n 表示目标故障案例的故障征兆元组的元素总数, W_h 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个故障征兆的权值, f_{xh} 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个定性故障征兆值, f_{yh} 表示源故障案例的故障征兆元组的第 h 个定性故障征兆值, d_{xh} 表示目标故障案例的故障征兆元组的第 h 个定量故障征兆值, d_{yh} 表示源故障案例的故障征兆元组的第 h 个定量故障征兆值。

[0055] 二级分级检索方法具体步骤为:

[0056] 第一步,维修人员在客户机上输入目标故障案例的征兆信息,系统采用相似度公式,计算目标故障案例的征兆信息与过热案例库、电弧案例库和火花放电案例库的征兆信息的相似度,将相似度最大的案例库记为变压器目标故障案例所属的案例库。

[0057] 第二步,系统采用相似度公式,计算目标故障案例的征兆信息与相似度最大的案例库中的故障案例的征兆信息的相似度,将相似度最大的案例组成相似案例集。

[0058] 第三步,维修人员在客户机上,根据相似案例集中的维修方案是否符合实际维修经验,从相似案例集中选出故障案例组成目标故障案例集。

[0059] 步骤3、维修变压器

[0060] 维修人员在客户机上,。

[0061] 步骤4、维修人员根据维修变压器后的结果,判断目标故障案例集中的维修方案能否解决变压器故障,如果不能解决变压器故障,则系统转入步骤5;如果能解决变压器故障,则系统转入步骤9。

[0062] 步骤5、修正故障案例

[0063] 第一步,当维修人员参照目标故障案例集中的维修方案,不能将变压器故障解决的时候。技术人员由于操作经验更丰富,系统将会把该案例交给技术人员来处理。技术人员根据实际操作经验对目标故障案例集中的维修方案进行修正。

[0064] 第二步,技术人员将维修方案修正好后,系统将自动更新目标故障案例集。以供维修人员参照学习维修。这样就节省了大量的人力,提高了工作效率。

[0065] 步骤 6、当技术人员对维修方案进行修正之后,维修人员在客户机上,参照修正后的维修方案,对变压器进行维修。

[0066] 步骤 7、维修人员根据维修变压器后的结果,判断修正后的维修方案能否解决变压器故障,如果能解决变压器故障,则系统转入步骤 8,如果不能解决变压器故障,则系统执行步骤 5。

[0067] 步骤 8、更新故障案例库

[0068] 维修人员在解决变压器故障之后,系统将新的案例保存到变压器故障案例库中。

[0069] 步骤 9、学习故障案例

[0070] 第一步,系统查询变压器故障案例库,统计变压器故障案例库中案例的引用次数和所有案例的总引用次数。

[0071] 第二步,将变压器故障案例库中案例的引用次数与所有案例的总引用次数之比,作为该案例的使用率。

[0072] 第三步,重复本步骤的第一步和第二步方法,获得变压器故障案例库中所有案例的使用率。

[0073] 第四步,系统查询变压器故障案例库,统计变压器故障案例库中案例解决实际故障的次数和案例的引用次数。

[0074] 第五步,将变压器故障案例库中案例的解决实际故障的次数与引用次数之比,作为该案例的有效率。

[0075] 第六步,重复本步骤的第四步和第五步方法,获得变压器故障案例库中所有案例的有效率。

[0076] 第七步,系统将使用率和有效率乘积最小的案例删除。

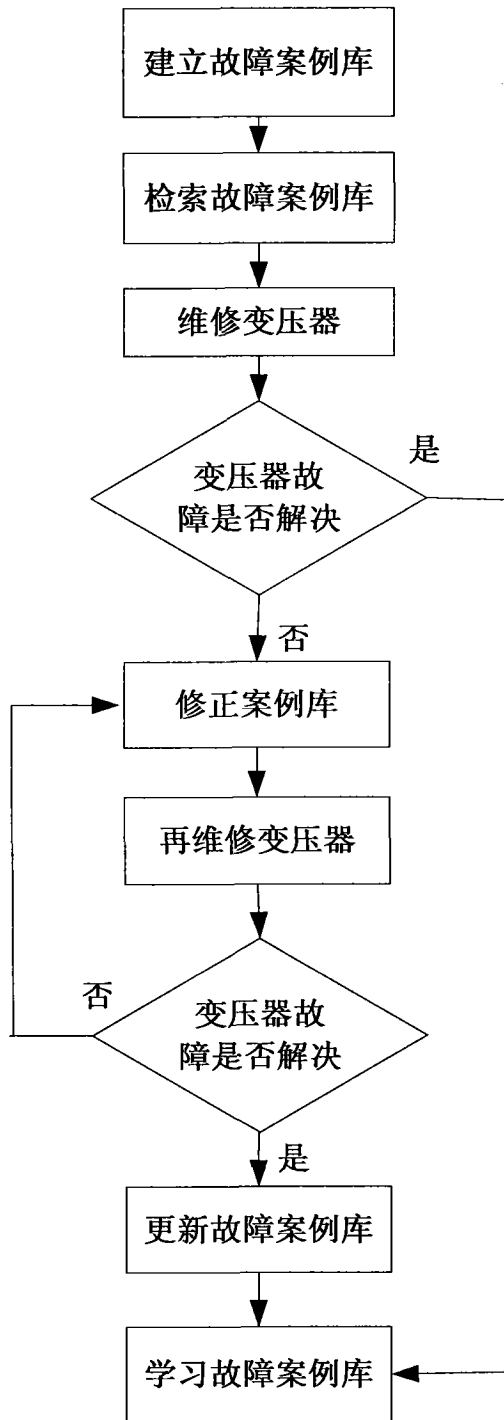


图 1

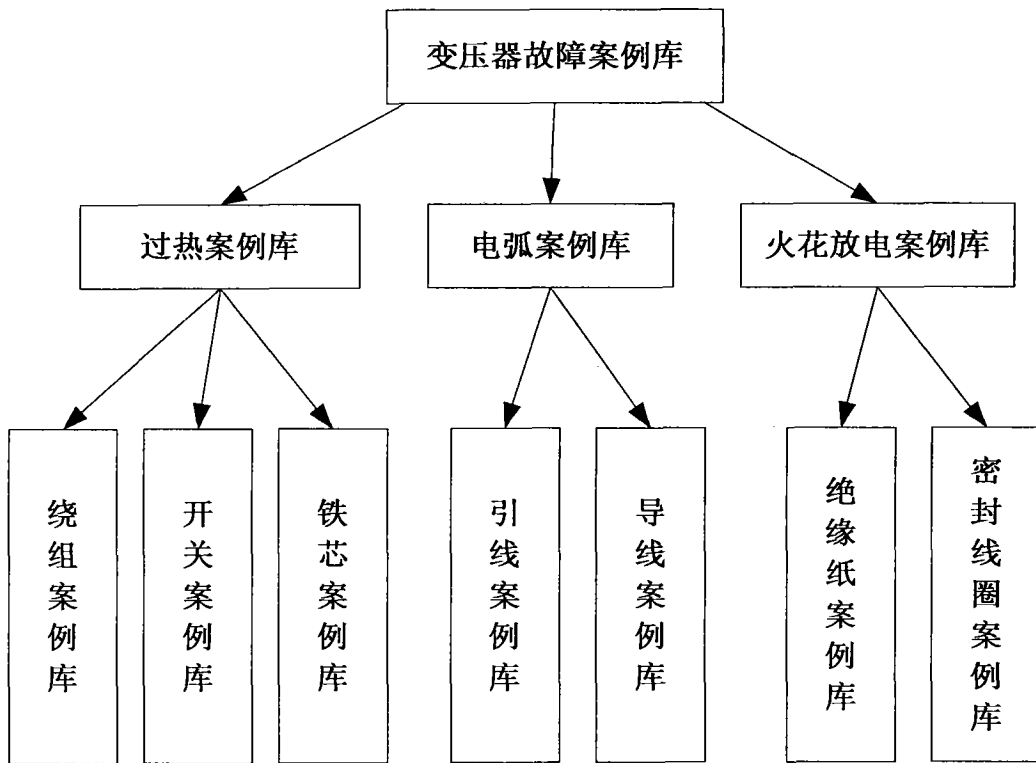


图 2