

韩柏青 编著

变电所储能电容 跳闸装置 原理和应用

水利电力出版社

TM63
298H
2

变电所贮能电容 跳闸装置原理和应用

韩柏青 编著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书较为全面地论述了整流操作的变电所贮能电容跳闸装置的构成原理和应用方法,全书共分八章,包括:贮能电容跳闸装置的构成原理以及现行方案存在的问题;在直流系统中贮能电容跳闸装置的接线及其元件的选择;贮能电容器的分组及变电所主设备保护电源的配置;贮能电容量的选择和计算;贮能电容跳闸装置正常运行的监视;贮能电容跳闸型变电所的二次线设计;贮能电容跳闸装置的试验分析和实际验证;铝电解电容器用作贮能元件时的特性分析。

本书适于从事变电所设计、安装、运行和继电保护专业的工程技术人员阅读,可作为上述专业的培训教材,也可供输变电工程技术人员和中等专业学校有关专业师生参考。

变电所贮能电容跳闸装置 原理和应用

韩柏青编著

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

天津武清大南官印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6.375印张 138千字 3插页

1986年6月第一版 1986年6月北京第一次印刷

印数00001—10000册 定价1.40元

书号15143·6048

序 言

目前国内有相当数量的35kV变电所和110kV终端变电所采用电容贮能装置做为保护和跳闸电源。这种装置具有投资低、寿命长、结构简单、便于施工和维护等优点,但在运行中也暴露了不少问题。尤其是不能满足保护或断路器拒动时对其后备保护和跳闸电源的可靠性要求。

我局韩柏青同志,在领导支持和同志帮助下,从安全生产出发,针对贮能电容跳闸装置的存在问题,长期刻苦研究,从理论到实际,从设计到运行不断实践,总结出一套经验,提出了新的贮能电容跳闸装置构成方案和应用方法,并写成了这本书。这本书的出版,将有助于促进变电所贮能电容跳闸装置的安全正确运行,也将为设计变电所贮能电容跳闸装置提供宝贵的材料。望全国专业同行同志关注并提宝贵意见。

本书适合变电所设计、安装、运行和继电保护专业人员阅读,可作为上述专业的培训教材,也可供输变电工程技术人员和中等专业学校有关专业师生参考。

沈忠民

一九八五年十月 于太原

目 录

序言

第一章 贮能电容跳闸装置

第一节 贮能电容跳闸装置原理和结构.....(1)

一、原理.....(1)

二、结构.....(1)

第二节 贮能电容跳闸装置在变电所中的应用 及特点...(2)

一、贮能电容跳闸装置在变电所的应用.....(2)

二、贮能电容跳闸装置供电的特点.....(3)

第三节 变电所现有电容贮能装置运行中存在的

要主问题.....(5)

一、电容贮能装置的设计和安装.....(6)

二、控制、保护及信号回路.....(8)

三、所用交流供电系统.....(9)

四、直流供电系统.....(11)

第二章 在直流系统中贮能电容跳闸装置的接线及

其元件的选择.....(15)

第一节 对接线的基本要求.....(15)

第二节 几种充电回路接线方案的比较.....(17)

一、充电与控制电源共用一条回路的接线.....(17)

二、各组电容器共用一条充电回路的接线.....(18)

三、具有各自独立充电回路的接线.....(19)

四、保护电源独立接线.....(20)

第三节 贮能电容跳闸装置各元件的选择.....(22)

一、贮能电容器的选择.....(22)

二、限流电阻和逆止二极管的选择.....(25)

三、贮能电容跳闸装置的开关、熔断器及其它 附属设备的选择.....	(29)
第三章 贮能电容器的分组及变电所主设备保护电源 的配置.....	(30)
第一节 贮能电容器分组目的和分组原则.....	(30)
一、分组目的.....	(30)
二、分组原则.....	(31)
第二节 变电所主设备保护电源的配置.....	(32)
一、保护电源配置的基本方法.....	(32)
二、典型接线保护电源配置举例.....	(32)
第四章 贮能电容跳闸装置电容量的选择和计算.....	(39)
第一节 贮能电容跳闸装置电容量的选择原则.....	(39)
一、基本原则和要求.....	(39)
二、最大耗能保护动作方式的意義及选择方法.....	(40)
三、最低允许电压与最低充电电压的关系.....	(41)
四、断路器跳闸铁芯动作过程的简要分析.....	(43)
第二节 计算方法.....	(45)
一、典型电路的分析计算.....	(49)
二、工程实用计算公式的导出.....	(67)
三、贮能电容量的选择计算方法及步骤.....	(71)
第三节 实际选择.....	(71)
一、计算说明.....	(72)
二、计算举例.....	(74)
第五章 贮能电容跳闸装置正常运行的监视.....	(86)
第一节 贮能电容跳闸装置熔断器的监视.....	(86)
一、对熔断器监视装置的要求.....	(86)
二、充电回路熔断器的监视.....	(87)
三、贮能电容器组熔断器的监视.....	(88)

第二节	贮能电容跳闸装置电容量的检测·····	(91)
一、	对以往电容量检查装置的分析·····	(91)
二、	新电容量检测装置的构成原理·····	(94)
三、	电容量检测装置的实际接线·····	(98)
第六章	贮能电容跳闸型变电所的二次线设计·····	(102)
第一节	通用典型变电所二次线设计方案的特点及其 存在的问题·····	(102)
一、	通用典型设计方案的特点·····	(102)
二、	典型方案用于贮能电容跳闸型变电所时存在 的主要问题·····	(106)
第二节	对变电所二次线设计方案的探讨·····	(107)
一、	设计原则及要求·····	(107)
二、	保护回路全独立接线方案的分析·····	(110)
三、	采用全独立接线的几种控制回路接线·····	(119)
四、	直流电源自投装置的改进·····	(124)
五、	提高所用交流供电系统可靠性的具体措施·····	(125)
第三节	变电所直流二次回路及交流供电系统应用 设计举例·····	(139)
一、	某变电所的实际主接线特点·····	(140)
二、	保护回路的设计·····	(140)
三、	控制和信号回路的设计·····	(142)
四、	直流系统和贮能电容跳闸装置的设计·····	(143)
五、	所用交流供电系统的设计·····	(155)
第七章	贮能电容跳闸装置的试验分析和实际验证··	(157)
第一节	贮能电容跳闸装置投入运行前的试验·····	(157)
一、	电容量检测装置的试验·····	(157)
二、	熔断器监视装置的试验·····	(159)
三、	贮能电容量的可靠性检验·····	(159)

四、	贮能电容器的分組和保护电源配置的正确性检验···	(162)
第二节	贮能电容量计算公式的试验验证·····	(162)
一、	保护装置接线及其各耗能元件参数实测·····	(163)
二、	电容量计算公式的试验验证·····	(165)
第三节	可控硅隔离回路及晶体管负序和零序电压继电器工作可靠性检验·····	(170)
一、	可控硅隔离回路的检验·····	(170)
二、	晶体管负序和零序电压继电器受直流电源变化影响的试验分析·····	(173)
第八章	铝电解电容器用作贮能元件时的特性分析···	(175)
第一节	铝电解电容器的原理结构和特性·····	(175)
一、	原理和结构·····	(176)
二、	一般特性分析·····	(177)
第二节	铝电解电容器用作贮能元件时的试验·····	(186)
一、	电容量和 $\text{tg } \delta$ 值的测试·····	(186)
二、	漏电流的测试·····	(187)
三、	吸收系数的测试·····	(190)
第三节	铝电解电容器的运行维护和安装·····	(191)

主要参考文献

后记

第一章 贮能电容跳闸装置

第一节 贮能电容跳闸装置原理和结构

一、原理

贮能装置是利用正常充电的贮能电容器组作为系统故障时保护动作和断路器跳闸的一种电源装置。

对整流操作的变电所，当系统故障的同时伴随着所用交流电源电压严重下降甚至完全消失时，继电保护装置和断路器将因电源电压不足而拒动，造成了事故的扩大。如果在系统故障时，采用正常时处在充电状态的贮能电容器组释放贮存的能量供给保护动作和断路器跳闸，就可以解决这一矛盾。按此原理构成的装置就称为贮能电容跳闸装置，或简称为贮能装置。

二、结构

贮能装置的接线形式虽有多种多样，但接线的方框图基本可以归结为图1-1所示的形式。即由充电回路，贮能回路、放电回路及监视、检测回路四部分组成。

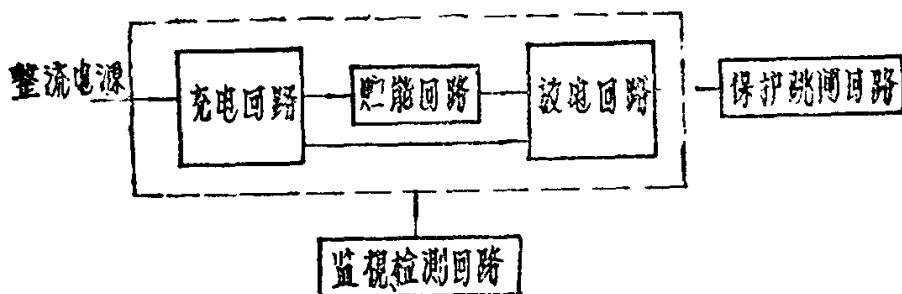


图1-1 贮能电容跳闸装置方框图

正常运行时，整流电源通过充电回路一方面供给贮能回路电容器组充电电源；另一方面则直接作用到放电回路。如果系统故障点距变电所较远，对操作电源影响不大，则由放电回路输出的保护电源是由贮能回路和充电回路共同提供的。此时即使贮能回路有故障，放电回路也能提供足够的电源能量。如果系统故障伴随着操作电源电压的严重降低或消失，则充电回路停止工作，贮能回路贮存的能量通过放电回路供给保护动作和断路器跳闸。

监视和检测回路分别用来监视贮能装置各熔断器的工作状态和检测电容器组容量的变化情况。当其中任一组熔断器熔断时，监视装置能及时地发出声光信号；通过用检测装置定期地对各组电容器进行容量检测，可以了解和掌握各组电容器容量的变化情况。

充电回路通常由充电开关（或刀闸）、熔断器、限流电阻、逆止二极管以及导线电缆等构成；贮能回路一般由贮能电容器组和其回路的熔断器等构成；放电回路主要由保护电源小母线和连接电缆等构成。由此可见，构成贮能装置的主要回路是比较简单的。

贮能装置的监视和检测回路通常是由监视充电回路熔断器故障的监视装置、监视电容器组熔断器故障的监视装置和监视电容器组容量变化的电容量检测装置等三个独立部分构成。

第二节 贮能电容跳闸装置在变电所中的应用及特点

一、贮能电容跳闸装置在变电所的应用

随着电力系统的发展，特别是中小型变电所在我国电力

网的大量出现,对于变电所操作电源的简单化和可靠性提出了愈来愈高的要求。从五十年代半导体技术迅速发展以来,用硅整流器整流和电容器贮能作为操作电源,目前已在中小型变电所得到了广泛采用,并且取代了过去的由发电机——蓄电池组构成的直流操作电源。

贮能装置作为继电保护和断路器跳闸的电源,所处的地位是非常重要的。因此,不但要求由贮能装置提供的电源(本书称之为保护电源)必须可靠,而且要求控制、保护等二次回路的接线必须合理。同时,为了缩短变电所在送电瞬间系统故障的切除时间,还要求贮能电容器具有快速充电的特性。此外,还希望贮能装置具有结构灵活、操作简便、便于维护等优点。

二、贮能电容跳闸装置供电的特点

(一) 主要优点

整流操作加贮能装置与蓄电池的直流操作方式相比,具有以下显著优点:

1. 投资低

整流操作加贮能装置之所以在投资方面远低于蓄电池的操作方式,主要是由于贮能装置具有显著的低投资效益。它不但在主设备(指硅整流器和电容器组等)的投资上远低于蓄电池方案,而且在辅助设备的投资、施工费用、有色金属的消耗以及占地面积等方面,都远低于蓄电池操作方式。加之蓄电池对充电整流设备的技术要求较贮能装置严格得多,因此,采用贮能装置经济效益之显著,是显而易见的。

2. 寿命长

这一优点主要体现在做为贮能装置的主要元件——铝电解电容器具有良好的自愈特性和较长的使用寿命。长期运行

经验表明,铝电解电容器只要选择合理,使用得当,作为变电所储能装置的储能元件使用时,其寿命一般可达二十年以上。这是由于:①电容器经常处在浮充状态下,运行条件好;②使用电压远低于电容器的实际标称电压,即采用降压运行方式可以提高其使用寿命;③电容器基本不承受反向电压;④环境温度不超过其允许范围;⑤作为电容器介质的氧化膜自愈后电容量一般不降低,故不需要补充容量。

3. 运行维护简便易行,费用低廉

储能装置在使用中只需要定期地通过自身的检测装置进行电容量检测和对部分辅助元件进行检验,不象蓄电池那样需要复杂而经常性的维护。这样,不但使运行单位的维护工作量大为减小,而且还节省了大量的维修费用。对变电所数量较多,分布又广的运行单位,其经济效益更为显著。

4. 操作回路的可靠性高

由于蓄电池的直流网络接线复杂,分布较广,接地故障往往较多。所以,与采用储能装置的直流系统相比,后一种方式在操作回路的可靠性方面明显有所提高。另外,当整流操作的变电所采用保护电源和保护回路均为独立的全独立接线方式时,控制、保护及信号回路形成了各自独立的系统,这样无论控制或信号回路发生短路、接地、或是进行其它任何需要断开电源的工作时,保护回路的正常运行都不会受到影响。也就是说,运行中的主设备并不因此而失去保护电源。从而大大提高了保护回路的可靠性。

5. 便于施工

由于储能装置结构简单,仅需要一块控制屏的安装面积,因而可以大大提高工程建设速度。

(二) 主要缺点

(1) 由于电容器具有自放电现象, 能量贮存的时间较短, 所以对整流电源的可靠性要求高。

(2) 能量小, 不足以供给信号、合闸、通讯以及事故照明的电源。

上述缺点并不是不可能得到解决。譬如通过改进所用交流供电系统的接线方式使操作电源的可靠性得以提高, 可以克服贮能时间短这一缺点, 在一定程度上也解决了能量小这一缺点。同时, 再配备一定数量的照明用手电筒, 便可解决极端故障情况下的事故照明问题。

随着贮能电容跳闸型变电所直流二次回路、交流供电系统, 尤其是贮能装置的进一步改进, 加之贮能元件产品质量的不断提高, 贮能装置的可靠性得到了很大提高, 其优点也得到了充分发挥。新的贮能装置不但可以提供足够可靠的保护电源, 而且还具有良好地输出电压波形。因此, 这一操作电源方式在电力系统中被进一步推广采用, 的确有着广阔的前景。

第三节 变电所现有电容贮能 装置运行中存在的主要问题

目前变电所使用的贮能装置, 习惯上称为电容贮能装置。它存在的主要问题可归结为两个方面: 一是贮能装置本身构成不合理; 二是使用方法上存在一些问题。这些问题的存在, 严重影响了这一操作电源方式的推广和发展。

为了便于说明问题, 图1-2举出了某110kV变电所实际采用的贮能装置接线, 这是一个典型的不合理接线。现就其在构成和使用方面存在的问题简要分析如下:

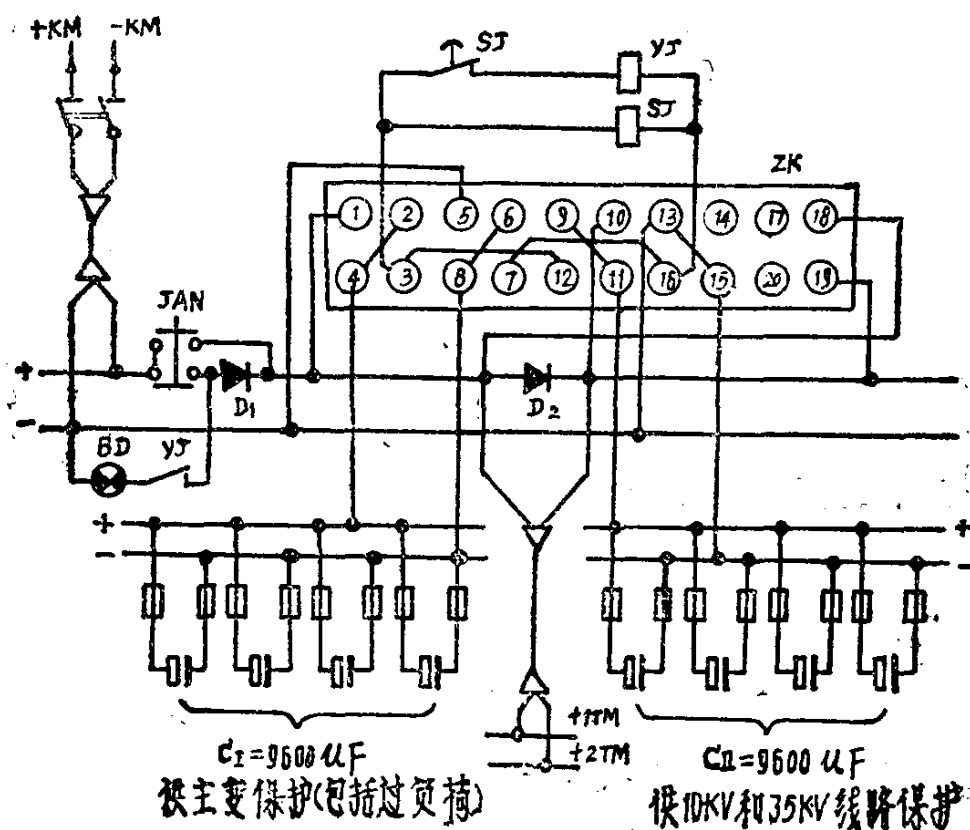


图1-2 电容贮能装置不合理接线举例

C_I 、 C_{II} —贮能电容器组； ZK —转换开关，

$LW-5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5/F4-X$ ； D_1 、 D_2 —二

极管； YJ —电压继电器； SJ —时间继电器；

JAN —按钮； BD —白色指示灯

一、电容贮能装置的设计和安装

(一) 贮能装置在直流系统中的接线不合理

(1) 分组逆止二极管 D_1 和 D_2 采用串接式的缺点

1) C_I 组电容器充电回路的开路故障(如 D_1 管烧断、 D_1 与 D_2 之间的引线连接不可靠等),直接影响着 C_{II} 组的正常充

电；

2) C_{II} 组电容器回路的短路故障直接影响着 C_I 组的正常工作；

3) 当10kV或35kV线路发生故障且断路器拒动时，不但 C_{II} 组贮存的能量很快被消耗，而且 C_I 组贮存的能量也会同时被消耗。从而造成后备保护失去电源，事故进一步扩大。

(2) 充电回路不装设限流电阻，降低了贮能电容器和逆止二极管的使用寿命。

(3) 充电回路未设置熔断器，当充电回路发生短路时会影响到整个直流系统的正常工作。

(4) 二极管 D_1 的检查按钮 JAN 的设置不合理。当 JAN 常闭接点接触不良时，会影响到整个电容器组的正常充电。

(二) 贮能电容器的分组和主设备保护电源的配置方式不合理

由于贮能电容器只分两组，因此不论保护电源如何配置，总有一级断路器不能满足拒动时其后备保护有可靠电源的要求。比如，在图1-2保护电源实际配置情况下，当10kV母线发生短路且主变10kV侧断路器拒动时，作为后备的主变110kV侧过电流保护将因保护电源能量不足（因主变10kV断路器拒动引起 C_I 组能量消失）而拒动，从而导致了事故的进一步扩大。

(三) 贮能电容器的容量不能满足可靠性要求

造成电容量选择过小的原因：一是缺乏完整的理论计算公式和方法；二是忽视了一些必要的因素（如充电电压的取值、放电终始电压的要求、多套保护同时动作的可能性等）。

(四) 贮能装置的正常运行没有得到合理监视

(1) 电容量检查装置的构成不合理

该检查装置是按反应被测电容器组经整定时间 t_{zd} 对固定电阻 R_{sf} (即时间继电器线圈电阻) 放电后, 其端电压不低于电压继电器的整定电压 U_{zd} 而构成, 即反映了电容器组电场能量 $\frac{1}{2}CU^2$ 的大小。主要存在下列问题:

1) 受电源电压变化的影响, 检查结果误差太大。当检查结果出现白灯 BD 不亮时, 很难说明是由于电容量降低, 还是电容器初始电压较低所致。这一结论已在长期实践中得到充分证实。

2) 在检查电容量过程中, 该组的负载改由另一组电容器兼供, 当接在同一组的断路器拒跳时, 后备保护将失去电源。因而在此期间不能满足拒动要求。

(2) 装置中的熔断器和逆止二极管的完好与否得不到监视, 从而降低了贮能装置供电的可靠性。

(五) 贮能电容器的安装不合理

(1) 作为贮能元件的铝电解电容器采用卧式安装, 不但对散热不利, 而且容易造成漏液。

(2) 电容器组没有采取防尘措施, 过厚的污垢使电容器绝缘质量降低, 漏电流增加, 自放电加快, 贮能效果降低。

(3) 电容器组采用整组焊接, 与屏紧固连接的结构, 不利于检修和试验。

二、控制、保护及信号回路

在目前使用电容贮能装置的变电所中, 控制、保护及信号回路的接线基本可分两大类: 一种是保护正电源独立, 直接供给保护和跳闸回路正电源, 保护和跳闸回路的负电源仍与控制电源共用; 另一种是控制和保护回路经同一组熔断器,

并由储能装置供电，而控制回路的信号灯、位置继电器及重合闸装置等与故障跳闸无关的元件，则由信号回路电源供给。信号负电源则与控制和保护负电源共用。

对于第一种接线方式，当出现直流系统负极接地时，很难确定接地点发生在哪一回路中。对于保护正电源直接进入保护装置的接线，还存在直流系统正极接地不易查找的缺点。

对于第二种接线方式，由于控制、保护和信号三个回路混接，直流系统的接地故障更难查找。并且，对于以上两种方式，当控制回路短路造成负电源保险熔断时，运行中的主设备都将失去保护电源。

在现行的方案中，除存在上述缺点外，在元件的选择和主设备保护电源的配置等方面，也都存在着一定的问题。这些问题将在第六章中讨论。

三、所用交流供电系统

所用交流供电系统是否可靠，对于线路重合闸的成功率、运动装置的推广使用以及事故后的照明等，都有着一定的影响。在现行的实际方案中，主要存在以下几个问题：

（一）所用变压器的选择及其一次电源的接线方式不合理

整流操作的变电所至少应采用两台所用变压器，但目前仍有不少变电所仅采用一台所用变压器的方式。这不但不能解决所用变压器本身的试验电源问题，而且当所用变压器出现故障一时又不能恢复供电时，变电所的全部主设备将被迫停止运行。从技术和经济价值上讲，都是不合理的。

所用变压器在一次电源的接线方式上主要存在以下几种不合理形式。