

人工接地刀閘 在工业企业電力系統中 的 應 用

煤炭工業出版社

内 容 提 要

本书作者参加了人工接地刀閘及快速分閘輕型隔离开关的新产品試制及其在电力系統中联合工业試驗的研究和試驗工作，根据国内外有关資料写成此書，内容包括采用人工接地刀閘及快速分閘輕型隔离开关系統的設計方案及其适用范围，該項設備的試驗数据，与旧設備的經濟比較数据，采用該項設備的降压变电所布置情况等。可供煤炭工业及其他工业电力系統工程技術人員参考。

1410

人工接地刀閘在工业企业电力系統中的应用

张宏勳編著 赵白璧校

*

煤炭工业出版社出版(社址：北京东长安街煤炭工业部)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 084 号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

开本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印张 $2\frac{5}{16}$ 插頁 8 字數 44,000

1960年2月北京第1版 1960年2月北京第1次印刷

統一書号：15035·1059 印數：0,001—5,000册 定价：0.28元

前 言

为了贯彻党的社会主义建设总路线的精神，贯彻技术革命政策，在设计中采用先进技术措施，以求节省国家基本建设投资、节省钢材和加快工程建设进度。从1958年起，我们同水利电力部技术改进局、沈阳高压开关厂、沈阳变压器厂、本溪矿务局、本溪供电局、双鸭山矿务局、佳木斯供电局和哈尔滨电影制片厂等单位合作，进行了“用隔离开关操作大容量变压器空载电流”系统的试验工作。

同时，为了解决应用问题，我们同沈阳高压开关厂协作，进行了人工接地刀闸及快速分闸轻型隔离开关的新产品试制及其在电力系统中联合工业试验等试验研究工作。1959年4、5月间又会同鸡西矿务局、鸡西基本建设局、牡丹江电业局、鸡西供电局、鸡西发电厂等单位在鸡西34KV系统中进行了联合工业性试验。

这些试验研究工作，在党的统一领导下，采取了大协作、三结合、分工负责互相支持的方法，克服了许多困难，获得了良好的成效。

这是在党的领导下，破除迷信、解放思想、发挥协作精神、深入具体工作的结果，是党的技术革新和技术革命政策的又一次胜利。

在试验研究过程中，沈阳高压开关厂、鸡西、本溪、双鸭山矿务局等单位参加工作的同志们，都发挥了极大的劳

勁熱情，使試驗工作得到了有力的保證。

在電力系統中，採用人工接地刀閘來代替油斷路器的技術措施，是降壓變電所工程中的一個很大的變革，不僅節省了投資和材料設備，而且減少了設備製造和安裝工程的內容，並簡化了運行維護工作，這是对我國經濟建設很有價值的措施。

關於人工接地刀閘及快速分閘輕型隔離開關在電力系統中應用的有關資料，作者曾在“礦山機電”和中共瀋陽市委基建部所編的“機電設計”等刊物中述及，其中一些技術參數在試驗研究過程中有所變更，因此，各項數據應以本文為準。

人工接地刀閘是蘇聯的新技術，關於它的應用，一開始就引起了國內各設計、研究機構的注意，並且做了許多工作。本文是作者一年多來試驗研究工作的總結，有些理論問題尚缺乏深入探討，匆促寫成本文，免不了有許多缺點和錯誤，請讀者提出指正。

編 著 者

目 录

前言

第一章 緒論	5
一、用隔离开关操作变压器空载电流	6
二、关于GWC系列快速分闸輕型隔离开关及 JWA系列人工接地刀閘	7
第二章 采用人工接地刀閘及快速分闸輕型隔离开关系統 的設计方案及其适用范围	11
一、綫路变压器組	11
二、“双 T”系統的結綫方案	13
三、刀閘母綫的結綫方案	23
第三章 試驗	24
一、开关試驗	24
二、人工接地刀閘及快分开关在电力系统中的工业試驗	25
三、校正試驗	42
第四章 采用人工接地刀閘及快分开关的降压变电所	46
一、保护和自动裝置	46
二、交流操作問題	54
三、开关場的布置問題	66
四、經濟分析	67
第五章 初步結論	70
一、用刀閘操作变压器空载电流問題	70
二、开关性能問題	71
三、采用人工接地刀閘的适用范围問題	72
四、其他	73
主要參考資料	74



第一章 緒 論

为了节省重型而昂貴的油开关設備，降低降压变电所的造价，簡化变电所的运行操作，解决当前开关設備供应和制造問題，在完成了用隔离开关操作大容量变压器空载电流系統的試驗之后，繼續进行了人工接地刀閘和快速分閘輕型隔离开关試制及試驗研究工作。

我們知道，用隔离开关操作变压器空载电流，节省了降压变电所高压側油开关，此时保护变压器有两种方案，一是采用人工接地刀閘，一是采用大容量的高压熔断器。熔断器的性能在保护装置配合上有缺陷，同时熔断器在运行过程中陈老，特性不稳定，使保护装置的选择性不好。人工接地刀閘在保护变压器的工作中，对于扩大故障而产生的影响問題，在比較复杂的系統中可以由保护和自动裝置的設計加以解决。这一点在試驗中得到了良好的效果。因为变压器发生故障的机会很少，远远小于变压器二次側饋出綫产生短路故障的可能性。因此，总的来分析，采用人工接地刀閘是比熔断器优越的。

对于綫路变压器組的簡單系統來說，人工接地刀閘的优点也是肯定的。

人工接地刀閘及大容量高压熔断器在国内的产品中还没有。据上述理由，我們首先选择了人工接地刀閘的試驗研究。对于在复杂網路中分歧的降压变电所不宜采用人工接地刀閘，高压开关厂仍在研究試制大容量高压熔断器。

为了使讀者了解用隔离开关操作大容量变压器空载电流的試驗内容和人工接地刀閘及快速分閘輕型隔离开关的产品性能，茲分別摘要介紹如下。

一、用隔离开关操作变压器空載电流

用隔离开关操作变压器空載电流，解决了在节省了油开关的降压变电所中电力变压器的正常运行操作問題。1958年末到1959年初，水利电力部技术改进局和煤炭工业部沈阳煤矿設計院等单位曾进行了系統的試驗工作。各級电压較大容量变压器試驗的主要数据，列如下表(表1)。

此外，在国内外曾有許多这样的試驗或实际操作。現仅介紹容量較大，試驗成功的資料供讀者参考：

1. 用PJH-35型隔离开关操作35/0KV, 15,000KVA 变压器空載电流。

詳見1958年第3期苏联“电站”杂志。

2. 用PJH-35 型隔离开关操作35KV, 20,000KVA 变压器空載电流。

詳見1958年第2期苏联“电站”杂志。

3. 用44KV刀閘操作44KV, 15,000KVA 变压器空載电流，試驗时系統中性点經消弧圈接地。試驗地点：鞍山一水变电所，1958年8月沈阳中心試驗所供給資料。

4. 77KV的日式相連动刀閘操作77KV, 30 000KVA 变压器空載电流。試驗时，系統中性点經消弧圈接地。試驗地点：北京南苑变电所，1958年12月北京电业局供給資料。

5. 用PJH-110型隔离开关操作86KV, 10 000KVA变压器空载电流。

詳見1956年第10期苏联“电站”杂志。

6. 110KV刀闸操作 110KV, 31,500KVA 变压器空载电流。苏联专家N.B.馬尔哈兴 1958 年 9 月在技术改进局介绍。

7. 220KV刀闸上加装 6—8 大气压的吹气装置, 操作 220KV 112,500KVA 变压器空载电流。N.B.馬尔哈兴介绍美国試驗資料。

据以上試驗和試驗資料, 可以認為用隔离开关操作35—110KV大容量空载变电器的問題已經得到了比較完善的解决, 所获得的試驗資料对快速分閘輕型隔离开关的制造与安装提供了切实可靠的依据。

二、关于GWC系列快速分閘輕型隔离开关及 JWA系列人工接地刀閘

人工接地刀閘的試制成功, 解决了变压器保护的設備問題; 快速分閘輕型隔离开关的試制成功, 解决了扩大人工接地刀閘在电力系統中使用范围的設備問題。

按設計系統的要求, 人工接地刀閘及快速分閘輕型隔离开关应为远方自动脫扣的, 在接受保护和自动裝置系統脉冲电流之后, 人工接地刀閘应自动合閘, 而快速分閘輕型隔离开关自动分閘。据系統运行的要求, 它們的动作时间应尽量縮短; 同时保証在短路工作时的穩定并能滿足正常运行条件下的要求。

1. GWC系列快速分閘輕型隔离开关:

GWC 系列隔离开关, 在室外安装, 三相联动。在隔离开关相间联杆上装有弹簧装置, 手动合閘时将弹簧压紧。分閘时, 手动操作或跳閘线圈脱扣, 利用弹簧的储能自动跳閘。操作由与PBA型相似的简单快分机构传动。开关与机构间的传动连杆改为鋼絲繩。操作机构除快分外还可以使用气动、电动和手动的。

开关由底座、瓷瓶、閘刀与閘刀触头等組成V字形, 如图1。底座由韌性鑄鉄制成, 两端装有圓錐滾柱轴承与黃銅軸的轉动臂, 瓷瓶固定在轉动臂上, 閘刀、接綫板均固定于瓷瓶頂端的支座上。閘刀与接綫板用軟綫联结, 操作时, 两瓷瓶同时以相同速度, 相反方向, 沿与瓷瓶軸垂直方向轉动約 90° , 完成分閘或合閘。由于轉臂装有滾柱轴承, 操作时可达較高的速度。



图1 GWC-35 型隔离开关外形图

GWC 系列隔离开关 35 KV 及 60KV 現已試制成功, 110KV 由于瓷瓶問題尚未解决, 現仍在試制中。試制成功的GWC系列隔离开关的主要技术数据如表2所示。

試驗的最大分閘時間, 从接受脉冲电流到分閘位置止为0.26~0.3秒。

表 2

型 号	额定 电压 千伏	最高工作 电 压 (千伏)	额定 电流 (安)	极限通过电流(千安)		10秒钟热 稳定电流 (千安)
				峰 值	有效值	
GWC-35/600	35	40.5	600	50	29	10
GWC-35/1000	35	40.5	1000	50	29	15
GWC-60/600	60	69	600	50	29	10
GWC-60/1000	90	69	1000	50	29	10

这种开关除具有上述性能外，与PJH(3)系列隔离开关相较有许多优点，如结构简单、操作灵活、体积小、重量轻、用材省、成本低以及性能方面都比较优越。通过试验，GWC系列隔离开关将取代PJH(3)系列隔离开关。

此外，高压开关厂准备在触头部分附装简单的气体消弧装置，作小容量的负荷开关使用；目前正准备进行试验。

2. JWA系列人工接地刀闸:

JWA系列人工接地刀闸现已试制成功，投入生产的有35KV、60KV及110KV产品。

JWA系列人工接地刀闸由HPBA型机构操作。配组有：35KV三相，60KV单相和两相以及110KV单相。其中多相均为联动的。

60KV中的组按系统中性点安装情况选择，中性点接地系统可采用单相的。因为110KV系统一般中性点均接地，故只有单相的。

JWA系列人工接地刀闸亦为室外安装的，配组中单

相或多相中之一相裝有彈簧裝置，在分開時拉緊彈簧；合閘時，由脫扣線圈脫扣，利用彈簧儲能合閘。開關與機構閘用鋼絲繩傳動。操作過程與PJH(3)接地開刀相似。外形如圖2所示。



圖2 JWA-35型人工接地
刀閘外形圖

主要參數如表3所示。表中所列資料采自高壓開關廠樣品試制總結。其他各項均按蘇聯國家標準(ГОСТ)試驗通過。表中合閘時間為，從接受脈沖電流到合閘位置為止(穩定後)。

從表中可以看出合閘時間是可以縮短的，因此廠家應規定最小數值。

表3

型 號	額定 電壓 千伏	合閘電流 峰 值 (千伏)	2秒鐘熱 穩定電流 (千伏)	合閘時間(秒)		刀閘迴路電阻(微歐)	
				規定的	試驗的	規定的	試驗的
JWA-35	35	40	13	<0.3	0.2	<800	200-245
JWA-60	60	40	13	<0.3	0.26	<800	210-400
JWA-110	110	40	13	<0.3	0.29	<800	380-415

第二章 采用人工接地刀閘及快速分閘 輕型隔离开关系統的設計方案及其适用范围

为了說明采用人工接地刀閘（以下簡稱刀閘）和快速分閘輕型隔离开关（以下簡稱快分开关）的使用情况及其主要試驗意图，本章簡要介紹采用刀閘及快分开关系統の三種設計方案。

一、綫路变压器組

主結綫图如图 3 所示，系統中只有单独的終端降压变电所。在降压变电所中电力变压器的一次側裝有隔离开关及人工接地刀閘，作为操作变压器空載电流及保护变压器之用以代替高压側的油开关。变压器二次側需裝油开关作为母綫保护，二次饋出綫备用保护和操作变压器工作的負載电流用。

1. 工作原理：

用人工接地刀閘代替电力变压器高压側油开关，則送端油开关担負双重保护作用，保护輸电綫路和降压变电所中的电力变压器。

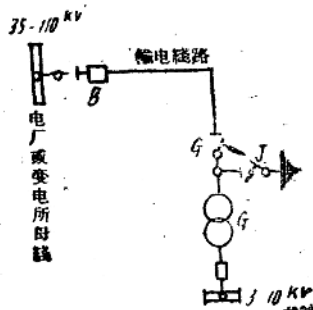


图 3 綫路变压器組方案主結綫图

人工接地刀閘与油开关作用相反，当变压器 T 发生故

障时，其保护装置动作于刀闸 J，刀闸合闸，造成人工接地短路，扩大了故障，使送端保护装置动作，断开送端油开关 B，切断线路、故障变压器和已投入的刀闸。

送端保护装置的电流原件应按系统最小运行方式下，由降压变电所中刀闸所造成的短路电流整定。保证刀闸 J 投入后，油开关 B 可靠地动作。

$$\text{即: } I_{cs} = K_n I_{K_{G_{M_{HH}}}^{(J)}}$$

式中 $I_{K_{G_{M_{HH}}}^{(J)}}$ ——由降压变电所刀闸造成的送端母线最小运行方式下的短路电流。保护装置无时限。 $K_n = \frac{-1}{1.05}$ 。——可靠系数。

如在 60KV 中性点绝缘的系统中采用两相刀闸，则应按系统最大运行方式下变压器二次三相短路电流来校验保护装置的选择性。若二次最大三相短路电流大于整定电流，则不能使用两相刀闸。

2. 问题讨论:

终结图中隔离开关 G，只为操作变压器空载电流用。因此，可不装设自动分闸装置，采用 PJH(3) 系列隔离开关也可以。

终结图中只有一个终端降压变电所，因此，对其他用户并无什么影响。如果满足了上述选择性的要求，这种方案可以普遍应用。下面讨论几个具体问题：

(1) 与采用高压熔断器来保护变压器比较，按前章所说采用人工接地刀闸的优点是肯定的。这是因为：采用高压熔断器当变压器二次发生短路故障时，熔断器会无选择

性地断开，而采用刀閘就沒有这个缺点。同时，由于长期运行使熔断器陈老，在一般过载时可能有单相熔断的現象。

采用刀閘对系統运行无甚影响，因此，对于这种方案無論在什么情况下采用刀閘都是肯定的。

(2)在电力系統中，这种情况的情况是比較少的，但对于我国許多新矿区的建設，作为过渡形式存在是很多的。在过渡时期也应采用人工接地刀閘以节省初期建設投資，在設計中可以考虑改为永久运行方式的措施。

(3)由于保护变压器的一次电流互感器无其他保护和开关闭鎖的要求，因此，考虑采用在变压器一次套管中附装的套管电流互感器是經濟合理的，所以变压厂应考虑这种規格的电流互感器的設計和供应問題。

二、“双T”系統的結綫方案

为了扩大刀閘的使用范围，与快分开关和送端油开关配合，适应保护装置选择性的要求，采用于“双T”型接綫图中以求节省更多的降压变电所中的高压油开关。在“双T”型結綫中刀閘的作用与前节所介紹的一样。而变压器前的隔离开关必須具有快速自动分閘的性能。其主結綫图如图4所示。

1.工作原理:

在“双T”系統中由送端配出两回輸电干綫，每回干綫上T連結各降压变电所的电力变压器，当其中一台变压器发生故障时，其保护装置动作于相应的刀閘J，J合閘

后使送端保护装置动作，断开油开关B，此时电源切断，快分开关通过刀闸及电流闭锁回路自动分闸，将故障变压器及投入短路的刀闸隔离，其后送端油开关B由重合闸装置投入已解除故障的输电干线，向其他用户继续供电。为此要求“双T”系统的两回输电干线在任何运行方式下是不允许并列的。

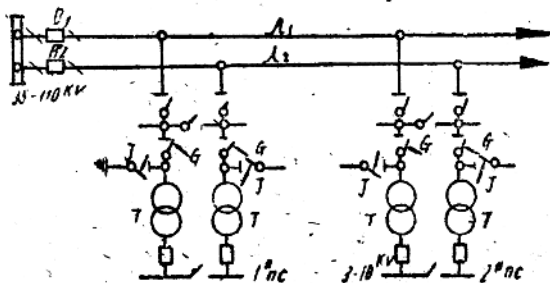


图 4

为了保证系统运行的灵活，在各降压变电所中高压侧由隔离开关组成内桥形接线，保证在一回输电干线因故障解列时各降压变电所中电力变压器的运行，此时，转投的各变压器由运行的送端油开关保护。因此，送端油开关除保护输电线路，还负责保护各降压变电所中的变压器。可以看出送端油开关的保护范围扩大了，刀闸的作用，就是增加保护油开关的灵敏度，使其故障发生后可靠地掉闸。而快分开关的作用就是保证在切除故障时的选择性。由于重合闸装置的配合，保证了系统供电的可靠性。

为使系统中任一变压器发生故障时，送端油开关能

可靠动作，送端油开关保护装置中的电流原件，应按系统最远端降压变电所一次母线，在最小运行方式下，由刀闸造成的短路电流来整定，即

$$I_{0.3} = K_n I_{K3 \text{ 母线}}^{(j)}$$

式中 $I_{K3 \text{ 母线}}^{(j)}$ ——最小运行方式下最远端降压变电所一次母线由刀闸所造成的短路电流值。 $K_n = \frac{1}{1.05}$ ——可靠系数。

应当指出，在上述切断故障的过程中，由于送端油开关配合故障变压器前快分开关动作而使系统供电电源有短时的中断，这对于非故障降压变电所用户是有影响的，因此，要求最大限度地缩小在切除故障过程中电源中断的时间。

全国第一次继电保护与电力系统自动装置学习班讲义所载的资料表明：

根据运行经验，电源中断而不致影响各类用户的时间约为0.5~1.5秒。电源中断时间大于1.5秒时，则可能需要断开一部分用户的电动机（如 M_{nar} 为恒定者），以减少自启动电流。当电流中断大于0.25~0.3秒时，则需要断开同期电动机或使其转入非同期方式运行。

以上讲义系根据苏联资料编译的，在我国虽然对第一个五年计划期间所装备的自动装置运行情况有所记载，但缺乏具体分析的資料，因此，很难根据国内自动重合闸的运行情况来作出结论。据了解锦州地区电力系统中的自动重合闸装置曾多次动作成功，其重合闸的周期均在1.0秒