

1958年全国繼电保护交流操作現場会议文件之二

交流操作的繼电保护 裝置接綫图及計算

水利电力部北京电力設計院編

水利电力出版社

內 容 提 要

本書內容包括对遮断器掉閘回路的各種供电方式的分析，3—6千伏非同期电动机和3—6千伏綫路、变压器及母綫用交流操作的保护裝置的接綫圖例，保护裝置的构成原則和計算方法。对有关的交流操作裝置的特性也作了必要的介紹。本書可供研究与設計交流操作繼电保护裝置的工作人員参考。



交流操作的繼电保护装置接綫圖及計算

水利电力部北京电力設計院編

*

2014D578

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本*4 $\frac{1}{2}$ 印張*102千字

1959年6月北京第1版

1959年6月北京第1次印刷(0001—15,300册)

統一書号：15143·1599 定价(第10类)0.93元

序 言

近年来交流操作电源在国内外均日益广泛地被应用于电力系统继电保护装置、自动装置及遙远自动化装置中。交流操作电源的主要优点是可以节省价格昂贵且需要細心维护的直流充电设备及蓄電池組和取消多分支的直流操作网络。从而节省控制电纜，簡化保护装置与自动装置接綫，簡化运行操作并提高运行的可靠性。同时亦可加快建設速度，减少运行人員及维护費用，为实现无人值班及遙远控制創造了有利条件。

目前在苏联，在6~10千伏的电气装置中已广泛采用交流操作电源，在35千伏的电网中正大力推广，在110千伏网络中采用交流操作也积累了良好的运行經驗。

交流操作电源已完全能够用于过电流保护，~~接地保护~~，电流电压方向保护；平行綫路的橫联差动方向保护和电流平衡保护；綫路、发电机、变压器和同步补偿机的縱联差动保护；变压器的瓦斯保护；自动重合閘装置；备用电源自动投入装置以及按周波自动减負荷装置中。目前对交流操作的成套距离保护屏亦正在研究試制，不久即将投入生产。

現在国内除已生产适于交流操作的手动-自动式高压遮断器操作机构(IIPA型和IIPIA型)外，并已試制成功УП-51型及ПГМ-10型万能重錘傳动机构，此种傳动机构能保証机械的或电气的自动重合閘(АПВ)、备用电源自动投入(ABP)和远距离操作，但因此种傳动机构結構比較复杂，价格昂贵还未大批投入生产。为了順利地推广交流操作电源，制造厂家应尽快地成批生产結構簡單，价格便宜且能保証机械的或电气的АПВ、ABP和远距离操作的高压遮断器傳动机构(包括适用于МКП-35型遮断器的傳动机构)。

目前阿城继电器厂已试制成功以下几种交流操作继电器:

1. 消耗小(在2倍动作电流时为6伏安)并带有附装中间饱和电流互感器的,接于电流回路内的串接中间继电器。此种继电器分两种型号:

(1) DZJ 21 型,有4个常开接点。

(2) DZJ 22 型,有1对一般的切换接点与一对强力桥式切换接点。

2. 带两个当失去励磁时延时闭合接点的交流电压时间继电器(DSJ-110 系列)。

3. 消耗小(额定电压下为4伏安)接于电压回路中的并接中间继电器(DZJ-11 型)。

4. 带有加强接点的感应式过电流继电器(GL-10 系列)。

5. 交流操作的重合闸继电器(MH-10 系列)。

所生产的这些设备,使得交流操作电源的应用范围进一步扩大并使得应用交流操作的保护装置更加完善。上述继电器的动作原理及技术数据见附录。

为了广泛地在电力系统中及各工业企业的电气装置中推广交流操作电源,本院根据水利电力部技术司的指示,编制了这本参考书。本书是按照国内已能生产的设备,将过去本院编印的几本有关交流操作的继电保护装置设计参考资料修改后汇编成的。

本书包括:对遮断器掉闸回路各种供电方式的分析;3~6千伏非同期电动机和3~35千伏线路、变压器及母线保护装置的接线图例;保护装置构成原则和计算方法;所采用的保护设备的主要数据和电流互感器的主要特性等。可供研究与设计交流操作的继电保护装置的工作人员参考。

目 录

第一章 遮断器掉閘回路的供电方式	4
第一节 利用預先充电的电容器的能量	6
第二节 遮断器掉閘綫卷通过在保护装置动作前二次綫卷开路的 中間飽和变流器由电流互感器供电	7
第三节 利用当繼电保护装置动作时将掉閘綫卷回路 去分流的方法由电流互感器直接供电	20
第二章 保护装置接綫图的构成原則	21
第一节 3~6千伏非同期电动机的保护装置	23
第二节 3~35千伏綫路保护装置	28
第三节 元件为固定联結的 35 千伏双母綫的保护装置	42
第四节 3~35千伏变压器的保护装置	46
第三章 保护装置整定計算	75
第一节 帶直接动作式二次繼电器的保护装置	75
第二节 帶去分流掉閘綫卷的保护装置	99
第三节 帶中間飽和变流器的保护装置	111
附录	

序 言

近年来交流操作电源在国内外均日益广泛地被应用于电力系统继电保护装置、自动装置及遙远自动化装置中。交流操作电源的主要优点是可以节省价格昂贵且需要細心维护的直流充电设备及蓄電池組和取消多分支的直流操作网络。从而节省控制电纜，簡化保护装置与自动装置接綫，簡化运行操作并提高运行的可靠性。同时亦可加快建設速度，减少运行人員及维护費用，为实现无人值班及遙远控制創造了有利条件。

目前在苏联，在6~10千伏的电气装置中已广泛采用交流操作电源，在35千伏的电网中正大力推广，在110千伏网络中采用交流操作也积累了良好的运行經驗。

交流操作电源已完全能够用于过电流保护，~~接地保护~~，电流电压方向保护；平行綫路的橫联差动方向保护和电流平衡保护；綫路、发电机、变压器和同步补偿机的縱联差动保护；变压器的瓦斯保护；自动重合閘装置；备用电源自动投入装置以及按周波自动减負荷装置中。目前对交流操作的成套距离保护屏亦正在研究試制，不久即将投入生产。

現在国内除已生产适于交流操作的手动-自动式高压遮断器操作机构(ПРА型和ПРБА型)外，并已試制成功УГП-51型及ПГМ-10型万能重錘傳动机构，此种傳动机构能保証机械的或电气的自动重合閘(АПВ)、备用电源自动投入(ABP)和远距离操作，但因此种傳动机构結構比較复杂，价格昂贵还未大批投入生产。为了順利地推广交流操作电源，制造厂家应尽快地成批生产結構簡單，价格便宜且能保証机械的或电气的АПВ、ABP和远距离操作的高压遮断器傳动机构(包括适用于МКП-35型遮断器的傳动机构)。

目前阿城继电器厂已试制成功以下几种交流操作继电器：

1. 消耗小(在2倍动作电流时为6伏安)并带有附装中间饱和电流互感器的，接于电流回路内的串接中间继电器。此种继电器分两种型号：

(1) DZJ 21 型，有4个常开接点。

(2) DZJ 22 型，有1对一般的切换接点与一对强力桥式切换接点。

2. 带两个当失去励磁时延时闭合接点的交流电压时间继电器(DSJ-110 系列)。

3. 消耗小(额定电压下为4伏安)接于电压回路中的并接中间继电器(DZJ-11 型)。

4. 带有加强接点的感应式过电流继电器(GL-10 系列)。

5. 交流操作的重合闸继电器(MH-10 系列)。

所生产的这些设备，使得交流操作电源的应用范围进一步扩大并使得应用交流操作的保护装置更加完善。上述继电器的动作原理及技术数据见附录。

为了广泛地在电力系统中及各工业企业的电气装置中推广交流操作电源，本院根据水利电力部技术司的指示，编制了这本参考书。本书是按照国内已能生产的设备，将过去本院编印的几本有关交流操作的继电保护装置设计参考资料修改后汇编成的。

本书包括：对遮断器掉闸回路各种供电方式的分析；3~6千伏非同期电动机和3~35千伏线路、变压器及母线保护装置的接线图例；保护装置构成原则和计算方法；所采用的保护设备的主要数据和电流互感器的主要特性等。可供研究与设计交流操作的继电保护装置的工作人员参考。

目 录

第一章 遮断器掉閘回路的供电方式	4
第一节 利用預先充电的电容器的能量	6
第二节 遮断器掉閘綫卷通过在保护装置动作前二次綫卷开路的 中間飽和变流器由电流互感器供电	7
第三节 利用当繼电保护装置动作时将掉閘綫卷回路 去分流的方法由电流互感器直接供电	20
第二章 保护装置接綫图的构成原則	21
第一节 3~6千伏非同期电动机的保护装置	23
第二节 3~35千伏綫路保护装置	28
第三节 元件为固定联結的 35 千伏双母綫的保护装置	42
第四节 3~35千伏变压器的保护装置	46
第三章 保护装置整定計算	75
第一节 带直接动作式二次繼电器的保护装置	75
第二节 带去分流掉閘綫卷的保护装置	99
第三节 帶中間飽和变流器的保护装置	111
附录	

第一章 遮断器掉閘回路的供电方式

目前，在完全交流操作的发电站中除直接动作式继电器外主要采用下列三种遮断器掉閘回路供电方式：

(1) 利用预先充电的电容器能量。

(2) 遮断器线卷通过在保护装置动作前二次线卷开路的中間飽和变流器由电流互感器供电。

(3) 利用当保护装置动作时将掉閘线卷回路去分流的方法由电流互感器直接供电。

后两种方式并不能避免当某几种保护装置（例如瓦斯保护和单相接地保护）动作时，掉閘回路由电压互感器供电的必要性。

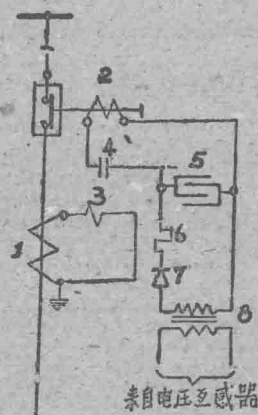


图 1-1 带电容器儲能的过电流保护装置的操作回路供电原理图

1—电流互感器；2—掉閘线卷；3—过电流继电器线卷；4—过电流继电器接点；5—电容器；6—电阻；7—固体整流器；8—升高变压器。

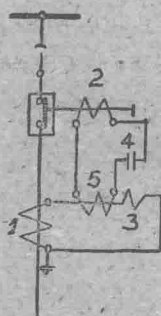


图 1-2 带中間飽和变流器的过电流保护装置的操作回路供电原理图（保护装置及掉閘回路由同一组电流互感器供电）

1—电流互感器；2—掉閘线卷；3—过电流继电器线卷；4—过电流继电器接点；5—中間飽和变流器。

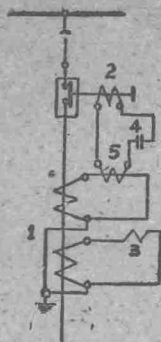


图 1-3 带中间饱和变流器的过电流保护装置的操作回路供电原理图
(掉闸回路由单独的一组电流互感器供电)

1—电流互感器；2—掉闸线圈；3—过电流继电器线圈；4—过电流继电器接点；5—中间饱和变流器。

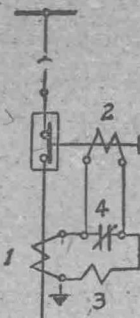


图 1-4 带去分流掉闸线圈的过电流保护装置的操作回路供电原理图
(保护装置及掉闸回路由同一组电流互感器供电)

1—电流互感器；2—掉闸线圈；3—过电流继电器线圈；4—过电流继电器的常闭接点。



图 1-5 带去分流掉闸线圈的过电流保护装置的操作回路供电原理图
(掉闸回路由单独的一组电流互感器供电)

1—电流互感器；2—掉闸线圈；3—过电流继电器线圈；4—过电流继电器的常闭接点。

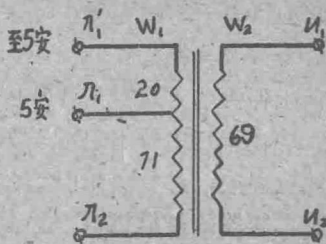


图 1-6 TRS-1型中间饱和变流器线圈接线图及匝数

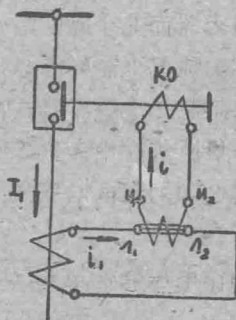


图 1-7 掉闸线圈与电流互感器二次回路中之电流分布

除上述的掉閘回路供电基本原則外，有的单位亦采用有由电压互感器及电流互感器联合供电的带有固体整流器的复式整流装置。此装置比較复杂，在能实现比較简单的由交流回路直接供电的情况下不推荐采用。

第一节 利用預先充电的电容器的能量

此电容器电源系經中間升高变压器及整流器，由电压互感器充电。

因为电容器自放电是經過整流器的反向电阻，此电阻相当大，所以即使在电压下降比較严重的情況下，电容器仍能在較長時間內保持充电状态。

当保护装置动作时，已充电的电容器接于傳动机构的掉閘綫卷上，其中儲存的能量保証遮断器可靠掉閘。

此种供电方式的主要优点是遮断器的掉閘与短路性質，电流互感器容量及其在操作回路中的数目完全无关。

但此种供电方式有下列严重缺点：

(1) 在运行中曾出現由于空气污秽及湿度增大而造成的电容器自放电現象，并曾由此引起在短路时遮断器的拒絕动作。因此为保証电容器的可靠供电，必須对其加以細心維護，而此点在无人值班的变电站內是不易做到的。

(2) 对每一个遮断器必須装有单独的电容器，这样就要安装很多的电容器而几个遮断器由同一个电容器供电是不允許的，因为在必要的情況下需要考虑当电容器經一个遮断器綫卷放电之后已不能保証第二个遮断器的掉閘。

(3) 根据苏联中央电工研究所的資料，用于手动式傳动机构的电容器电源的充电电压为 400 伏，因此在操作回路中将出現相当高的电压。

如操作电压降低至 200 伏，根据已知公式

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

式中 C ——电容器电容；

U ——充电电压。

可知在保持同样功率的情况下，将引起电容器容量增大 4 倍。具体地讲，当电压为 200 伏时遮断器所要求的电容器电容为 160 微法。

因由电容器供电的操作回路供电原则，具有上述缺点，故在所有可能实现由电流互感器给操作回路供电的情况下均不推荐采用。

第二节 遮断器掉闸线圈通过保护装置动作前二次

线圈开路的中間飽和变流器由电流互感器供电

掉闸回路经 TKB-1 和 TKB-89 供电的保护装置，已得到广泛应用。上述中間飽和变流器，根据其本身及掉闸线圈的不同型式，可将掉闸回路中的电流限制在 7~12 安的范围内。

由于中間变流器是由电流互感器供电，所以保护装置操作回路中的功率，首先决定于由电流互感器所可能得到的功率，在这种情况下为了能供给掉闸回路最大功率；中間变流器应尽可能具有较高的效率。

带有中間飽和变流器的保护装置接线方式的灵敏度是有限的，它决定于能保证遮断器传动机构的掉闸线圈具有足够动作功率的电流互感器的最小一次电流值。所有以电流互感器做为操作电源的接线方式，都具有这种原则性的缺点。

在一些具体条件下，常常需要将保护装置的动作电流选择的比遮断器传动机构可靠动作所需的电流还要大些，因此在一般情况下，并未发现所不希望的保护装置灵敏度与遮断器传动机构掉闸线圈间的不相配合的现象。

带有中間变流器的保护装置的主要缺点是在空载状态下运行的中間变流器具有很大的消耗功率。此时电流互感器所负担的负载可达到相当大的数值，因此在很多情况下，电流互感器是在较大的误差下工作，以致无法保证保护装置的可靠动作。

將中間變流器分出由單獨一組電流互感器供電，可擴大帶中間變流器的接綫方式的使用範圍，因為這樣可不受電流互感器允許誤差範圍的限制，並可能使電流互感器在最大輸出功率下工作。但是並不是經常都具備有足夠數量的電流互感器能允許將掉閘回路與保護回路分開。

在評價經中間變流器的供電原則時，應附加地評價中間變流器的效率及其對保護裝置靈敏度的影響程度。

1. 保護裝置及掉閘回路由同一組電流互感器供電

將保護裝置及中間變流器接於同一組電流互感器上，從減少控制電纜的數量及簡化保護裝置運行的觀點來看，是相當理想的。但是在此種情況下，由保護裝置聯接導綫，繼電器及空載運行的中間變流器所構成的負載下，電流互感器的誤差不應超過10%。電流互感器誤差的這個界限是由保護裝置可靠工作這一要求所決定的。隨着電流的增加而使中間變流器飽和可減小其阻抗值，但是負載仍是相當大的，並常常因此而限制電流速斷裝置的工作。

例如：對TKB-1型中間變流器，當電流為70安時，阻抗為0.8歐。而TБД-35型電流互感器當變比為200/5及以下時，所允許的負載遠遠小於此值。

如果考慮中間變流器的阻抗當電流在5~10安的范围变化時為6.5~4歐姆，則在保證較靈敏的保護裝置的可靠工作上，亦常常發生較大的困難。對電流互感器10%誤差的分析表明，當電流為10安培時，各類電流互感器所允許的負載為：

(1) 對TБД-35型電流互感器，當變比為50/5至150/5時，所允許的負載遠低於上述範圍，甚至當 $n_T = 150/5$ 時，極限負載亦不超過1.6歐姆。增加電流互感器變比至 $n_T = 200/5$ ，僅能提高允許負載水平至2.7歐姆。

(2) 對ТПФ-10型電流互感器當電流為10安培時，允許負載根據變比及鐵心等級的不同，分別等於2.3~4歐姆。

由以上分析，可說明以下兩點：

(1) 中間變流器對電流互感器負載的影響是嚴重的。

(2) 保護裝置與掉閘回路共用一組電流互感器有一定的局限性。

已做過的計算指出，將保護裝置與中間變流器共同接於變比為 200/5, 150/5, 100/5, 75/5 和 50/5 的 ТБД-35 型電流互感器上及鐵心等級為 1 和 3 的 ТПФМ 型的電流互感器上，實際是不可能的。

問題尚有由保護裝置靈敏度所決定的一面，亦即供電給遮斷器掉閘回路時電流互感器的輸出功率問題。根據工廠參數，專用於聯接在 ТКБ-1 型中間變流器上的 9Т 型掉閘電磁鐵，當動作電流 $i_{cp}=3.5$ 安時，需用功率 40 伏安。此時所得的線卷阻抗為

$$Z_k = \frac{S_{cp}}{i_{cp}^2} = \frac{40}{3.5^2} = 3.25 \text{ 歐姆}.$$

利用當分接頭為“5 安”和“至 5 安”時的中間變流器一次電流和二次電流的关系曲線，可求得保證傳動機構可靠動作的電流互感器二次回路中的電流值：

$$\text{對“5 安”的分接頭} \quad i_{1'cp} = 5.6 \text{ 安}$$

$$\text{對“至 5 安”的分接頭} \quad i_{1''cp} = 4.5 \text{ 安}$$

如忽略中間變流器線卷中的電壓降落，則當傳動機構動作時，電流互感器所供給的功率可由下式決定

$$S = i_{1cp} \frac{w_1}{w_2} i_{cp} Z_k,$$

式中 w_2 ——ТКБ-1 二次線卷匝數， $w_2=69$ 匝；

w_1 ——ТКБ-1 一次線卷匝數，對“至 5 安”的分接頭 $w_1=91$ 匝，對“5 安”的分接頭 $w_1=71$ 匝。

將以數值代入上式可得：

$$\text{對“5 安”的分接頭 } S' = 5.6 \times \frac{71}{69} \times 3.5 \times 3.25 = 66 \text{ 伏安；}$$

$$\text{對“至 5 安”的分接頭 } S'' = 4.5 \times \frac{91}{69} \times 3.5 \times 3.25 = 68 \text{ 伏安。}$$

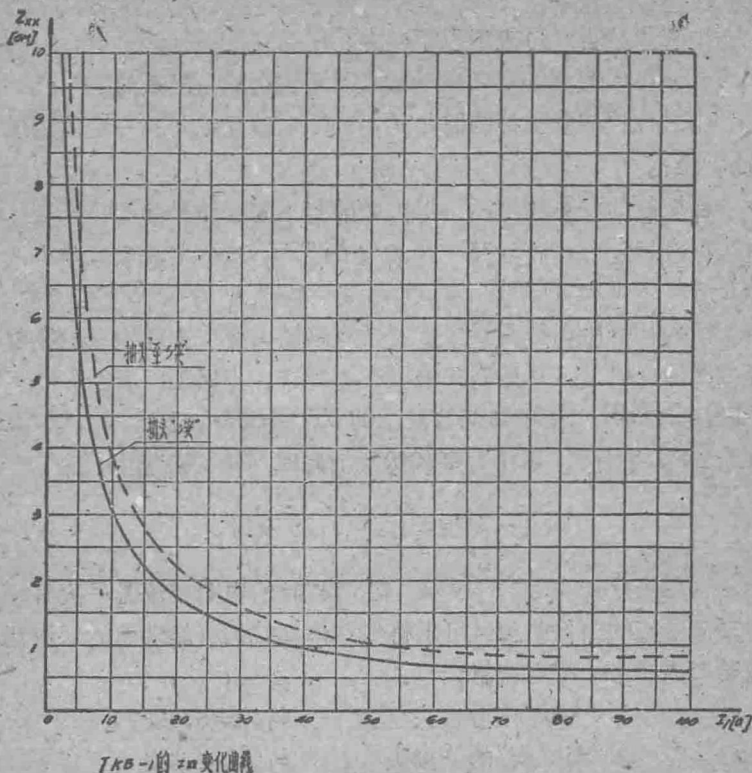


图 1-8 TKB-1 型中间饱和变压器的空载阻抗与一次电流的关系曲线

在以上两种情况下，中间变流器的效率近似地等于

$$\eta = \frac{S_{cp} \times 100}{S} = \frac{40}{68} \times 100 = 58.5\%.$$

在动作电流下并考虑掉闸线卷的阻抗时，中间变流器的等值阻抗按下式计算：

(1) 对“5安”的分接头

$$Z'_s = \frac{S'}{(i'_{1cp})^2} = \frac{66}{5.6^2} = 2.15 \text{ 欧}.$$

(2) 对“至5安”的分接头

$$Z''_s = \frac{S''}{(i'_{1cp})^2} = \frac{68}{4.5^2} = 3.4 \text{ 欧}.$$

很显然，当保护装置回路中的电流相应的达到5.6和4.5安培时，在保护装置动作前，即中間变流器在空载状态时，其阻抗要比所列出的数值大得多，如此时电流互感器是在10%的誤差範圍內工作，則当保护装置动作后，电流互感器經常能具有足够的容量来保証傳动机构的可靠动作。

上述电流的限度亦決定保护装置按遮断器傳动机构动作的灵敏度。

利用显著降低中間飽和变流器容量的方法，可扩大帶一組电流互感器的保护装置接綫图的应用范围，但这只有在减小了傳动机构掉閘綫卷的消耗功率及具有动作电流大大超过該傳动机构掉閘綫卷的动作电流的保护装置情况下才是可能实现的。

如果工厂能制造掉閘綫卷消耗功率为 20~25 伏安的傳动机构，則此种傳动机构所需要的中間变流器比 TKB-1 型中間变流器容量小两倍。此种中間变流器的励磁分路阻抗减小了，因此电流互感器的負載亦随之减小。

保护装置动作电流的增长允許适当地增大掉閘綫卷之动作电流。因此可能在較高的电流水平及小容量的中間飽和变流器下，保証遮断器傳动机构的可靠动作。例如，将保护装置整定值比所分析的掉閘綫卷的动作电流值增大两倍时，能在电流互感器出口处得到比傳动机构所要求的大 4 倍的功率，因此在这种情况下采用大容量的飽和变流器 TKB-1 已显出是不合理的。

工厂在生产低消耗功率的傳动机构同时应生产新型的小容量的中間变流器，其励磁阻抗应比 TKB-1 型变流器小 2~3 倍。

最好能在 TKB-1 型变流器的一次綫卷中于 $w_1 = 35$ 匝处增加一个分接头，使其能在电流互感器二次側电流为 11.2 安培时保証遮断器傳动机构的动作。

TKB-1 型变流器的励磁阻抗，当分接头为“11.2 安”时电流为 11.2 安，这时电流比分接头为“5 安”及电流为 5.6 安时約小 4 倍，比在电流为 11.2 安时小两倍。

由此可以看出，当保护装置的动作电流較大时采用帶“11.2

安”分接头的TKB-1型变流器能显著改善电流互感器的的工作条件。

2. 掉闸回路由单独的一组电流互感器供电

分出一组专用于掉闸回路供电的电流互感器可能使其在最大输出功率方式下工作，因为可以不受按继电保护装置动作条件所要求的对电流互感器误差范围的限制。

在附图9中列出了几种电流互感器的在不同的一次电流下输出功率与负载阻抗的变化曲线。

对曲线分析表明，随着一次电流的增长电流互感器是在更小的误差下发出最大输出功率。根据不同的电流互感器的型号及一次电流值，最大输出功率出现在电流互感器的误差为35~50%的范围内。

其中，TБД-35型电流互感器，当变比为 $n_T=150/5$ 及以上且一次电流为150安左右时，所输出的功率大于带TKB-1型中间变流器的传动机构所要求的功率（即大于68伏安）。但这样大的功率仅在下列负载阻抗值下方能得到。

当 $n_T=150/5$	$Z_0=7.5$ 欧
$n_T=200/5$	$Z_0=13.2$ 欧
$n_T=300/5$	$Z_0=30$ 欧

上述阻抗值大大超过TKB-1型变流器与掉闸线卷的总和等效阻抗值(2.15欧和3.4欧)。

当 $Z_0=3.4$ 欧及一次电流等于150安时，输出功率为：

当 $n_T=150/5$	$S=60$ 伏安
$n_T=200/5$	$S=40$ 伏安
$n_T=300/5$	$S=25$ 伏安

因此，采用TKB-1型中间变流器，必须是在减小了传动机构的动作电流并设有“至5安”的抽头及采用了低值的电流互感器变比的情况下才是可能的。

进一步地降低电流互感器的变比(图1-10至1-12)可允许减小遮断器传动机构动作时的一次电流值。