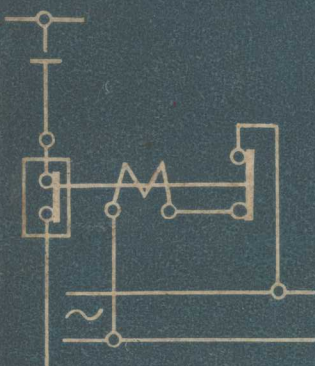


交流电操作的 继电保护

苏联П.М.米里尼科著



电力工业出版社

交流电操作的 继电保护

苏联 П. М. 米里尼科著
胡吟鏘譯 張瑞歧校訂



电力工业出版社

內 容 提 要

本書敘述了有关交流电操作的繼电保护的基本知識；介紹了实际采用的各种由交流电源向保护装置操作回路供电的結綫方式，提高其灵敏度的方法，各个元件的計算，試驗結果，以及附裝式继电器、跳閘綫圈和电流互感器的特性。

本書專供从事于繼电保护工作的工程技術人員使用。

П. М. МЕЛЬНИК

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА НА ОПЕРАТИВНОМ ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ
ГОСТЕХИЗДАТ УССР КИЕВ 1952

交流电操作的繼电保护

根据苏联国立烏克蘭技术書籍出版社1952年基輔版翻譯

胡吟鏞譯 張瑞歧校訂

*

497D185

電力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{4}$ 开本 * 9 $\frac{1}{2}$ 印張 * 189千字 * 定价(第9类)1.10元

1957年2月北京第1版

1957年2月北京第1次印刷(00001—10,100册)

前 言

由直接动作式继电器构成并由交流操作的继电保护装置不需要蓄电池组，是城市、工业及农业电网的电气装置中最普遍、最简单和最价廉的保护装置。

这种保护装置在苏联多年运行的经验证明它是高度可靠的，而且可以成功地采用于电压在 35 千伏及以下的配电网中，作为电缆和架空线路，电力变压器、电动机、同步补偿机及小容量发电机的保护。对于一般不复杂的保护装置而言，具有直接动作继电器和交流操作的保护接线方式与直流操作的接线方式不同点，就在于它非常简单而可靠。

在苏联电气装置的实际运行中，交流操作被用于各种类型的继电保护——过电流、接地、瓦斯、差动、平衡及其他。

采用交流操作最广泛的是在过电流保护的接线方式中。

根据保护装置的类型，对保护装置的要求，电流互感器的容量及其他条件的不同，在以交流作为操作回路电源的保护装置中采用各式各样的接线方式和电源设备。

电流互感器和电压互感器是保护装置操作回路的主要交流电源。

具有间接动作继电器的过电流保护中，操作回路通过中间饱和电流互感器(ПНТ)而由电流互感器供电是最普遍的方式。

对于这样的保护装置，也可利用继电器接点使油断路器跳闸线圈去分流的办法，而由电流互感器供电给操作回路。

在 35 千伏的电网中，在由 50/5、75/5 及 100/5 的 TB-35 型小容量电流互感器供电给过电流及瓦斯保护的操作回路时，为了提高保护的灵敏度，往往采用带固体整流器的接线方式，而在特殊的情况下，则采用利用电容器放电能量的接线方式来使断路器传动机构跳闸。

在这些結綫方式中，也用中間飽和電流互感器作為整流器的電源(ПНТБ)。

在許多交流操作的繼電保護方式中，同一個電流互感器，既供給繼電器的電流綫卷，又供給斷路器的操作回路。這種情況下的電源互感器比操作回路由獨立電源供電時的電流互感器多一個附加的負荷。這附加負荷是由中間飽和電流互感器的阻抗、跳閘綫圈阻抗及操作回路中的導綫電阻所組成的。

電流互感器中的附加負荷使其電流誤差增大。

這種情形在電流互感器的負荷大到足以使它的變流比誤差超過10%時有極重要的意義，因為在這個條件下保護裝置動作的準確度就要低於許可限度了。

在這個條件下，不能根據電流互感器的變流比來決定繼電器起動電流的整定值而必須按照最大靈敏度的方法（根據一次電流和負荷阻抗的關係曲綫來決定電流互感器的二次電流）來選擇起動電流的整定值。

這樣的方法是繼電保護導則中所規定的，也是實際上所採用的，但是，這種方法並不適宜於在運行中採用，因為必須繪制電流互感器的負荷特性曲綫，此外，它也並不能經常保證解決問題。

因此，在交流操作的繼電保護方式中，主要的問題是儘可能地減小電流互感器的負荷。

解決這個問題對於小容量的電流互感器有特別重要的意義，例如，在35千伏的電網中，由於操作回路的電源通常是利用裝在油斷路器套管中的TB-35和ТВД-35型電流互感器，解決這個問題就有特別重要的意義。

減少斷路器跳閘綫圈和中間電流互感器的消耗，以及正確地選擇操作回路的供電方式均可減小電源互感器的負荷。

減小電源互感器的負荷，可以提高保護裝置動作的準確度，從而能提高它的靈敏度，這在過電流保護繼電器起動電流的整定值，應小於電流互感器的額定二次電流的情況下，是必需的。例如，對於電壓為35千伏，容量為560，750和1000千伏安的電力變壓器而言，額

定电流为 10, 13 和 16 安。

这些变压器的过电流保护的一次动作电源的下限为 14, 18 和 22 安。在帶直接动作繼电器而且跳閘綫圈是由 ПНТ 供电的交流操作的結綫方式中, 这些电源值不可能保証傳动機構的跳閘。

当电流甚小时, 跳閘綫圈的阻抗及 ПНТ 的空載阻抗大得足以使 TB-35 型电源互感器的二次电流远小于跳閘綫圈的起动电流。

当电流甚小时(小于額定电流), 仅在減少跳閘綫圈消耗及采用特殊的操作回路供电方式的情况下, 才可以保証断路器傳动機構的动作。

实际上, 在將交流操作采用于繼电保护时, 存在着各种減少跳閘綫圈及中間饱和电流互感器消耗的方法, 同时也存在着各种能够大大地減小电流互感器負荷以及在起动电流小于电流互感器額定电流时能够保証断路器傳动機構可靠地跳閘的操作回路供电方式。

所有的交流操作的繼电保护方式中, 电源及断路器跳閘綫圈的消耗決定保护的灵敏度及其动作的准确度。

这是交流操作的繼电保护与操作回路由独立电源——蓄電池組——供电的繼电保护方式不同的特点。

在苏联, 随着电气化的不断发展, 新的发电厂、电力網及各种电气裝置投入运行的速度也在加快。

为了加速它們的投入运行, 減少投資和減低运行費用, 并且提高运行的可靠性, 需要研究并采用最簡單, 最經濟及最可靠的保护裝置, 而能够滿足这些要求的, 首推帶直接动作繼电器及交流操作的保护装置。

現今, 由于党的偉大的改造自然計劃的實現, 由于許多巨大的水力發電站、运河及灌溉系統, 以及与之有关的規模巨大的工業和農業網、以及各种型式, 各种电压和各种容量的大量电气設備及裝置的行將投入运行, 这些要求更为重要。

在本書中, 簡短地敘述了实际所采用的交流操作的繼电保护方式, 指出了操作回路的各種供电方式对于保护灵敏度的影响, 并介紹了減少跳閘綫圈消耗的方法, 主要元件計算和操作回路由 TB-35 型小

容量电流互感器供电的結綫方式的試驗結果。

本書是以苏联电站部所屬許多電力系統的運行數據、火電設計院的研究結果，在定期文獻及科學著作文集中所發表的苏联學者和工程師們的著作、以及著者從事過的各種交流操作繼電保護方式的制定、運用及研究工作為基礎的。

在外国文獻中，關於這個問題沒有發表過任何重要的著作。我們有充分根據可以肯定苏联專家們在交流操作的繼電保護的發展上的先驅地位，苏联在這方面的技術也像其他許多方面一樣，已經大大地超前於外国。

現今的任務是找出能使交流操作的繼電保護最廣泛和最有效地應用於配電網、發電廠廠用電、發電機、同步補償機及電動機上的方法；解決此任務的對策已在本書中有了部份的反映。

在編寫本書的過程中，苏联电站部技術司副司長依·阿·塞洛米雅特尼克夫，基輔動力系統中心保護處處長叶·非·考尔尼恩柯、基輔動力系統中心試驗所所長斯·叶·卡施普洛夫斯基以及基輔動力系統、莫斯科動力系統、阿塞動力系統、頓巴斯動力系統、高爾基動力系統和莫斯科火電設計分院的其他許多工作人員，都給了著者很大的幫助。

目 录

前 言

第一章 操作电流和手动—自动式传动机构	7
1. 操作电流	7
2. 高压断路器用的手动—自动式传动机构	11
3. 手动—自动式传动机构跳闸线圈及附装的直接动作 继电器的特性	17
4. 减少跳闸线圈所消耗的容量的方法	31
5. 跳闸线圈起动电流的近似计算及衔铁与停止器间的空 气间隙对起动电流的影响的确定	34
6. 在跳闸线圈中采用薄管壁式衔铁的条件	42
第二章 电流互感器	43
1. 电流互感器的选择	43
2. 电流互感器的特性	49
3. 电流互感器的接线法	53
4. 电流互感器的一次电流和误差的确定	58
5. 吸收电流的确定	66
6. 电流互感器二次电流最大的倍数	73
7. 电流互感器的最大容量	78
第三章 中间饱和和电流互感器	82
1. 实际采用的中间饱和和电流互感器	82
2. ПНТ 线圈的配置	87
3. ПНТ 的铁芯	89
4. ПНТ 的负荷特性	94
5. ПНТ 和跳闸线圈的起动电流	104
6. 中间饱和和电流互感器的计算	110
7. 中间饱和和自耦变压器的计算	127

8. 中間的互感器和自耦變流器的試驗	135
第四章 保護裝置操作回路的供電方式	146
1. 繼電保護操作回路由中間飽和電流互感器供電的方式	146
2. 保護裝置操作回路帶固體整流器的電源的結綫方式	158
3. 保護裝置操作回路帶電容器的電源的結綫方式	163
4. 用繼電器接點使斷路器的跳閘綫圈去分流的結綫方式	183
5. 保護裝置操作回路各種供電方式的比較	188
6. 特殊的結綫方式	191
7. 操作回路由中間電流互感器供電的過電流保護的結綫 方式的靈敏度	196
附錄	213

第一章 操作电流和手动—自动式传动机构

1. 操作电流

在繼电保护的結綫中，操作电流使断路器的传动机构跳閘或合閘、使訊号裝置發出訊号，以及使帶有重錘或彈簧的自动重合閘裝置和备用設備自动合閘裝置起動。

在变电所，配电站或变压器站中，操作电流的电源可以采用蓄電池組、低压电、电压互感器及电流互感器。

操作电流可以用直流，也可以用交流。根据操作电流的种类，在断路器的传动机构中，安裝适当的跳閘綫圈。

实际上，在电压为 35 仟伏及以下的高压電網中，裝有各种型式的手动—自动式传动机构的很多种。保护結綫方式都用交流作操作电流。

交流操作主要是应用于無經常值班人員的电气裝置上，以及沒有独立直流电源的发电厂和变电所中。

在电压为 35 仟伏及以下的任何电气裝置中，即使有直流操作电源，但如采用交流操作能使保护裝置簡單化时，同样可以采用交流操作。

动力系統和許多工業企業中許多很簡單的交流操作保护方式的多年运行經驗証明：它的維護非常簡單，且在运行上也具有高度的可靠性。

許多动力系統里各种用交流操作的繼电保护的結綫方式的多年运行中，还没有一次由于操作电流的过失而造成保护裝置失效的情形。

在繼电保护的結綫中，主要的交流操作电源是电流互感器和电压互感器。

电流互感器能多种多样地用作操作电流的电源。

在最簡單的具有直接动作繼电器的过电流保护方式中，电流互感

器的二次电流 I_2 只有一个任务：使继电器动作(决定于起动电流的整定值)。继电器则在经过由其本身特性所确定的时间之后，使断路器的传动机构跳闸(图 1)。

在大多数具有间接动作继电器的过电流保护方式中，电流互感器的二次电流 I_2 有两个任务：(1)使继电器动作；(2)在继电器的接点闭合或开启之后，直接地或通过中间饱和电流互感器而使断路器的跳闸线圈动作。

在具有间接动作继电器的过电流保护接线中，由电流互感器向跳闸机构的线圈供电的方式如下：

a) 直接供电，也就是使跳闸线圈去分流的接线方式(图 2)；

6) 借助于中间饱和电流互感器(图 3 及 4)；

B) 应用固体整流器(图 5)；

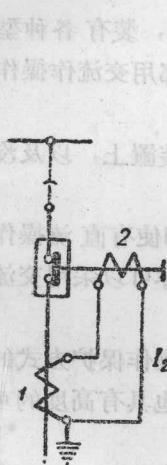


图 1 具有直接动作继电器的过电流保护的原理接线图

1—电流互感器；2—断路器传动机构中附装的直接动作的过电流继电器。

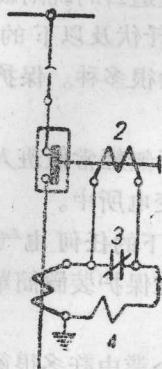


图 2 具有间接动作继电器利用跳闸线圈去分流的方法的过电流保护的操作回路供电的原理接线

1—电流互感器；2—跳闸线圈；3—过电流继电器的常时闭路接点；4—过电流继电器的线圈。

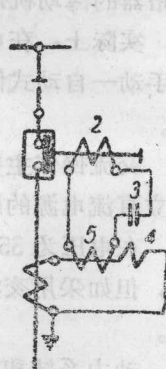


图 3 具有中间饱和电流互感器的过电流保护的操作回路供电的原理接线

1—电流互感器；2—跳闸线圈；3—过电流继电器的常时开路接点；4—过电流继电器的线圈；5—中间饱和电流互感器。

г) 利用电容器的放电能量(圖 6),

在具有間接动作繼电器的过电流保护結綫中, 如果有双鉄心的电流互感器, 則其中每一个电流互感器的二次电流 I_2 仅有一个任务。一个二次綫卷的电流使繼电器动作, 而另一个二次綫卷的电流, 在繼电器的接点閉合或开啓之后, 直接地(圖 7 a), 或通过中間电流互感器(圖 7 б), 或通过固体整流器(圖 7 в), 而使断路器的跳閘綫圈动作。

在低电压保护裝置或接地保护裝置中, 操作电流的电源可以采用仪表用电压互感器, 电力变压器的低压母綫, 或从外部引进的低电压(圖 8、9 及 10)。

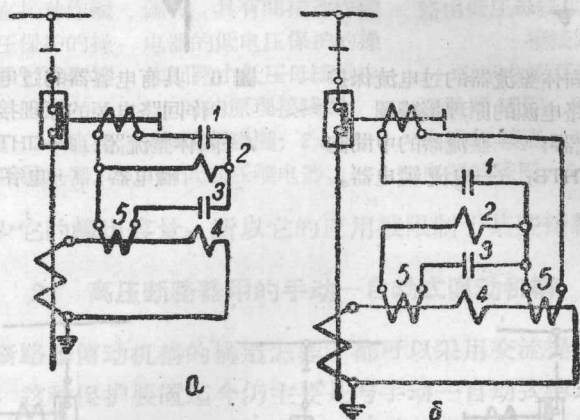


圖 4 具有時間, 繼电器和中間飽和电流互感器的过电流保护的操作回路电源的原理接綫圖

1—時間繼电器的接点; 2—時間繼电器的綫圈; 3—瞬动过电流繼电器的接点; 4—瞬动过电流繼电器的綫圈; 5—中間飽和电流互感器 ПНТ。

在瓦斯及差动保护結綫中, 采用一个或兩個操作电流电源(电流互感器及电压互感器)。

使用电流互感器作为操作电流电源的主要缺点是在短路电流的情况下互感器输出的容量大大地增加, 因此, 就有必要采用具有大容量接点的繼电器, 或采用限制二次电流数值的特殊裝置。

使用电压互感器作为操作电流电源的主要缺点是互感器在短路时

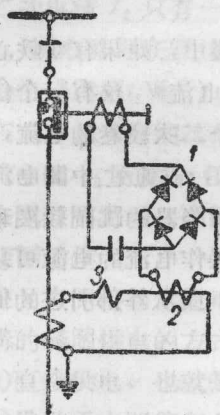


圖 5 具有固体整流器的过电流保护的操作回路电源的原理接线图

1—固体整流器；2—整流器的中间饱和互感器 ПНТБ；3—电流继电器。

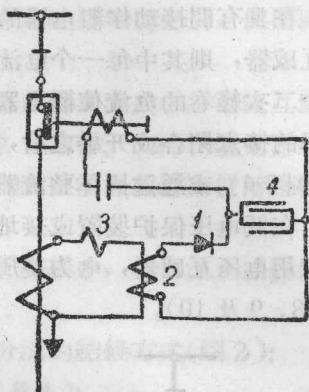


圖 6 具有电容器的过电流保护的操作回路电源的原理接线图

1—固体整流器；2—ПНТБ；3—电流继电器；4—电容器。

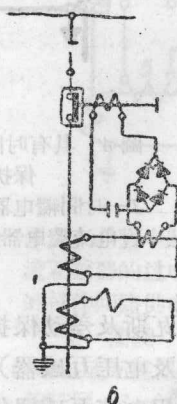
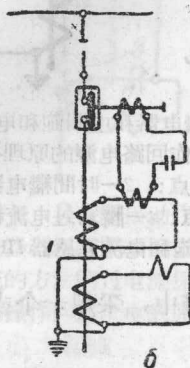


圖 7 过电流保护的操作回路由双组式仪表用电流互感器供电时的原理接线图

1—双组式电流互感器。

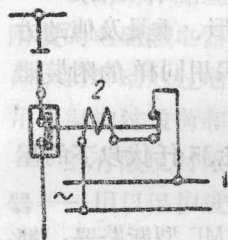


圖 8 具有直接動作繼電器的低電壓保護的操作回路電源的原理接綫

1—低壓母綫；2—直接動作的低電壓繼電器。

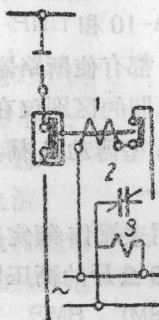


圖 9 具有間接動作繼電器的低電壓保護的操作回路由低壓母綫供電時的原理接綫圖

1—跳閘綫圈；2、3—低電壓繼電器。

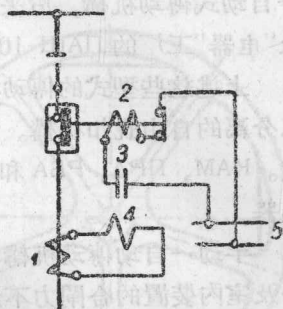


圖 10 接地保護的操作回路由低壓母綫供電時的原理接綫圖

1—零序電流互感器；2—電壓跳閘綫圈；3—過電流繼電器的接點；4—過電流繼電器的綫圈；5—低壓母綫。

大大地減少它的輸出容量，所以它的应用被限制于某些接綫方式中。

2. 高压断路器用的手动—自动式傳动机構

不論断路器傳动机構的構造怎样，都可以采用交流操作的保護裝置。但是，这种保護裝置迄今仍主要是与手动—自动式傳动机構配合使用。

在各种电气裝置和配電網中，手动—自动式，傳动机構的应用是很普遍的。

手动—自动式傳动机構規定如下：

- 1) 利用手輪或槓桿，而手动使断路器合閘和跳閘；
- 2) 利用电磁鉄，使断路器自动跳閘或远方跳閘，这电磁鉄的綫圈則經過保護繼電器的接點或远方控制的按紐而接到交流或直流的电源上；
- 3) 利用各种設備（有重錘或彈簧的自动重合閘，裝置 АПВ，或备用設備自动合閘裝置 АВР）使断路器自动合閘。

很多年以来，“电器”工厂都出产在运行中很著名的 KAM 型手动

一自动式传动机构。后来出产的传动机构有 ПРА、РБА 和 ПРБА 型及“电器”工厂的 ПАШ-10、ПРА-10 和 ППР-21 型新式传动机构。

上述这些型式的传动机构，都有使断路器和传动机构在跳闸时可以分离的自由脱扣机构。它们之间的区别仅在于外形、重量及传动方式。KAM、ПРА、РБА 和 ПРБА 型传动机构允许采用同样的附装继电器。

手动—自动传动机构可以用来操作额定电压在 35 千伏以下的屋外及室内装置的合闸力不超过 30 公斤的高压断路器。

所有的 BM、BMБ、BMД、BMГ、BMЭ、БГ 和 МГ 型断路器，都可以采用手动—自动传动机构。

BMГ-133、BMЭ-6、BM-16 及 BM-35H 型断路器和 РБА 或 ПРБА 型的传动机构配合使用；BMБ-10 型断路器和 ПРА-10 型传动机构配合使用；БГ 型断路器则和 ППР-21 型传动机构配合使用。

KAM 型传动机构

为了用手来操作断路器，KAM 型传动机构。轴上装有手轮（飞轮）。KAM 型传动机构的外形如图 11 所示。

KAM 型传动机构有两种尺寸——小型的 KAM-II，用于 BM-6 和 BM-16 型断路器，而大型的 KAM-III，则用于需要较大合闸力的 BM-18、BM-22 及 BM-35 型断路器。

如果是屋外装置，则传动机构应装在专用的金属箱内，以防雨雪。

箱中除传动机构和联动横杆之外，并装有用以联接闭锁装置、信号装置及电流互感器回路的端子板。

KAM 型传动机构，根据它的尺寸、附装继电器的数目、跳闸线圈、及其用途的不同，其重量也各不相同。KAM-II 型传动机构的重量为 36 至 43 公斤，KAM-III 型为 60 至 72 公斤，屋外装置用的带箱的 KAM-III 型则为 150 至 160 公斤。

为了断路器的自动跳闸，在 KAM 型传动机构中，可以附装过电流电磁继电器、低电压电磁继电器，以及跳闸线圈（电磁铁）。这些设备

的数目在一个到三个之間，根据所选择的保护方式而定。

根据动作原理和用途的不同附装的电磁继电器有下列几种：

- 1) 瞬动的过电流继电器——用以保护过负荷和短路电流；
- 2) 有限反时限的过电流继电器——用以保护过负荷和短路电流；
- 3) 瞬动的低电压继电器——用以保护电网中电压的低落。

跳闸线圈可以制成适应于不同的操作电流，且在各种保护方式中通过个别继电器接点的闭合或开启而动作。

KAM型的传动机构现在已不生产，但在许多电力系统和工业电气装置中还装有很多，并且它们的动作完全可靠。

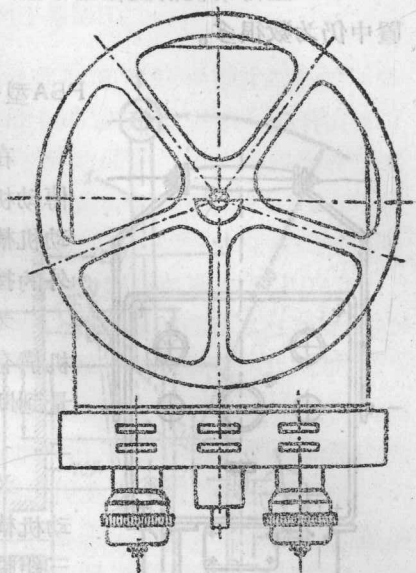


圖 11 KAM 手动—自动传动机构的外形

ΠΡΑ 型传动机构

ΠΡΑ 型手动—自动传动机构(圖 12)在 1937 年由烏拉尔电机工厂开始生产。

为了用手动来操作断路器，ΠΡΑ 型传动机构有臂长为 300 公厘的手柄，从传动机构箱的两边固定到横杆系统的軸上。

ΠΡΑ 型传动机构的传动方式完全不同于 KAM 型传动机构的传动方式。

制造厂將 ΠΡΑ 型传动机构与合闸所需的功不超过 15 公斤-公尺的 BMΓ-22 和 BMΓ-32 型的断路器配合使用。

为了断路器的自动跳闸，在 ΠΡΑ 型传动机构中，可以附装像 KAM 型传动机构中同样构造和同样数量的电磁继电器及跳闸线圈。

ПРА型傳動機構現在已不生產了，但在某些電力系統和工業的裝置中仍為數很多。

РВА型傳動機構

在1940年，烏拉爾工廠轉入РВА型傳動機構的生產，這種傳動機構比上述傳動機構具有較為改善的跳閘機構，以及另外的接裝尺寸和外型尺寸。

為了手動來操作斷路器，РВА型傳動機構有長350公厘的槓桿，固定在傳遞力量到斷路器牽引桿上去的內部機構的軸上。

為了斷路器的自動跳閘，在РВА型傳動機構中根據標準接線方式而裝有一組到三組瞬動的過電流繼電器，低電壓繼電器及跳閘線圈。與KAM型傳動機構不同，РВА型傳動機構中，不附裝延時的過電流繼電器。

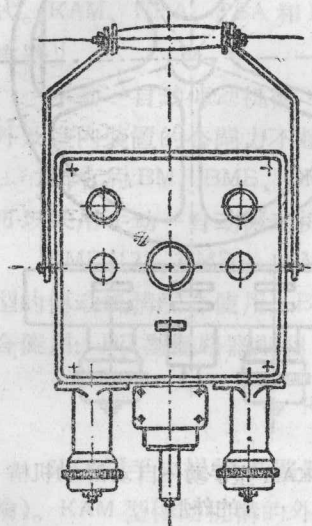


圖 12 ПРА型手動—自動傳動機構的外形

用地方實驗室的力量就可以很容易地將KAM型中的繼電器，改裝到РВА型傳動機構中去。

根據附裝繼電器數量的不同，РВА型傳動機構的重量為22到24公斤。

ПРВА型傳動機構

在1949年烏拉爾工廠開始生產ПРВА型傳動機構(圖13)，其不同於РВА型傳動機構者，就是它具有比較穩固的機構，並消除了自掉閘的可能。ПРВА和РВА型的傳動機構具有同樣的接裝尺寸和外型尺寸，製造廠將其裝于合閘所需的功不超過20公斤·公尺的БМГ-133、БМЭ-6、БМ-16及БМ-35型斷路器上。這種傳動機構也可以按裝于電壓為35仟伏以下在緩慢合閘的最大力量不超過30公斤的其他