

443468

50554
34922

BCH—4型差动继电器

成都工学院图书馆
基本馆藏

54
22

湖南省水利电力局调度试验所

1975年3月

前 言

这资料是根据 1972 年水利电力部继电保护学习班资料“BCH—4 型差动继电器”和原水电部技改局 1961 年 2 月“变压器 BCH 型差动保护的试验与计算须知”编写的，其中有以下几个问题提出来供大家讨论：

1. 工作线圈 W_P 由差动线圈 W_A 和制动线圈 W_T 的二分之一所组成，即：

$$W_P = W_A + \frac{1}{2} W_T$$

具有一定的误差。只有忽略磁路四个角的磁阻这式才成立。

2. 差动线圈的计算公式：

$$W_A = \frac{AW_0}{i_{CP}(1+0.5m)}$$

从理论上的推导和实际测量的结果都不相符。因为 i_{CP} 流过制动线圈时，提高了动作安匝数，因此需按：

$$W_A = \frac{AW_0}{i_{CP}(1+0.5m-\rho m)}$$

其中 ρ 为最低制动特性曲线的斜率。

3. 制动线圈与差动线圈之比

$$m = \frac{W_T}{W_A} = \frac{2K_T}{4N - K_T} \text{ 或 } m = \frac{W_T}{W_A} = \frac{2\Delta I}{2\lg\alpha - \Delta I}$$

电
的①
是2
际
只流
次电
)
1)
)
丙部
[，
钱卷
101

的公式中，计算工作线圈的计算值与实际整定值不一致而产生的不平衡电流时，因为基本侧的制动线圈的计算值与实际整定值不一致，也出现不平衡。因此必须包括这一项。

鉴于水平关系，可能有的问题理解错误，希望同志们批评指正。并将意见直接寄给我所。

目 录

第一章 原理介绍	(1)
第一节 用途	(1)
第二节 结构	(2)
第三节 动作原理	(3)
第四节 特性	(5)
第二章 技术数据	(23)
第三章 整定计算	(26)
1. 计算变压器各侧额定电流	(26)
2. 计算基本侧的启动电流	(26)
3. 计算制动线圈 W_T 与差动线圈 W_H 之比	(26)
4. 计算基本侧的差动线圈匝数 (包括平衡线圈在内)	(45)
5. 计算基本侧的制动线圈匝数	(46)
6. 校核实际的启动电流及可靠系数	(46)
7. 计算其他各侧的差动线圈匝数 (包括平衡线圈在内)	(47)
8. 计算其他各侧的制动线圈匝数	(47)
9. 计算各侧的工作线圈匝数	(47)
10. 核算 Δf 、 N 、 m 值	(48)
11. 校验灵敏度	(49)
附1. 校验灵敏度时的二次电流与变压器接线和 电流互感器接线以及短路形式的关系	(51)
附2. 计算实例	(62)

第四章 试验方法	(82)
一、典型试验	(82)
1. 执行元件DL—11/0.2的校验	(82)
2. 继电器无制动时起始动作安匝(AW_0)的校验	(84)
3. 中间变流器线圈接线正确性的检查	(85)
4. 制动线圈接线正确性的检查	(87)
5. 制动特性 $AW_P = f(AW_T)$ 的录制	(89)
6. 区内故障时差动继电器的灵敏度及二次电流 倍数试验	(93)
7. 特性曲线 $\varepsilon = f(K)$ 的录制	(96)
8. 动作时间的测定	(96)
9. 功率损耗的测定	(97)
10. 温升试验	(98)
11. 耐压及绝缘电阻的试验	(98)
二、投入运行前的试验	(98)
1. 外部检查、安装回路检查	(98)
2. 继电器机械部分检查及调整接点	(98)
3. 校验和调整执行元件DL—11/0.2的动作 电流和动作电压	(99)
4. 起始动作安匝(AW_0)的校验和调整	(99)
5. 中间变流器线圈接线正确性的检查	(99)
6. 制动线圈接线正确性的检查	(99)
7. 制动特性 $AW_P = f(AW_T)$ 的录制	(99)
8. 测量继电器的灵敏度和可靠系数	(102)
9. 动作时间的测定	(102)
10. 功率损耗的测定	(102)

第一章 原 理 介 绍

第一节 用 途

BCH—4型差动继电器和BCH—1、BCH—2一样。都用于电力变压器的差动保护做为主保护。它们的特点是：

1.都应用直流助磁原理，降低了饱和变流器的传变励磁涌流的特性，因而能够很好地躲过变压器励磁涌流的影响，有效地防止变压器空载投入或外部故障切除后电压恢复时产生的励磁涌流所造成的误动作。

2.BCH—2躲过励磁涌流的性能最好，但没有制动作用，必须按躲过外部故障时产生的最大不平衡电流来整定；因而变压器内部故障时可能灵敏度不够，它只适应于外部故障时短路电流比较小的情况下做为变压器的差动保护，特别适应于做为发电机或母线的差动保护。BCH—1和BCH—4则应用交流磁制动的原理，能有效地防止外部故障时的误动作。但BCH—1只有一个制动线圈，特别适应于外部故障时短路电流比较大的单电源的双卷变压器或带负荷调压的变压器，至于多电源的多卷变压器由于要躲过没有制动作用侧的外部故障最大不平衡电流，因此在变压器内部故障时灵敏度有可能不够，就必须采用BCH—4。由于BCH—4有四个制动线圈，在BCH—1不能满足灵敏度要求的以下场合采用：

- a.多电源多卷变压器；
- b.具有分裂线圈或有带负荷调压的多卷变压器；
- c.开关数目(或电流互感器的数目)大于3的变压器。

d. 其他特殊的场合。

第二节 结 构

BCH—4差动继电器，由以下两部分组成：

1. DL—11型电流继电器，
2. 中间速饱和变流器(如图1)。

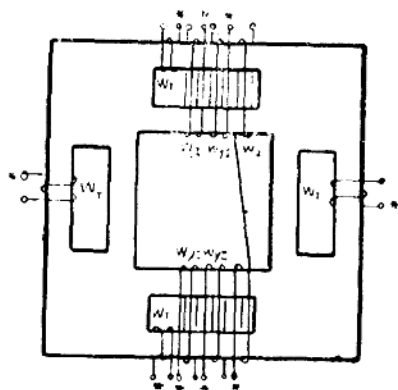


图 1

DL—11 型电流继电器作为执行元件，中间速饱和变流器构成 BCH—4 的主要性能：如制动特性，躲过励磁涌流特性，以及消除不平衡电流效应等。

中间速饱和变流器的导磁体为正方形的磁路，四侧都由 Π 型导磁片叠成，所以每侧都有长方形孔。如图 1 所示。

四个制动线圈分别布置在四侧，并穿过长方形孔包围孔的外边铁芯柱，差动线圈和一个平衡线圈布置于磁路的一侧包围整个铁芯柱，另两个平衡线圈置于对侧。二次线圈的 60% 置于差动线圈的一侧，其余的 40% 置于对侧，也是包围整个铁芯柱。这样布置消除了制动线圈对二次线圈的位置不一样而产生的影响。使四个制动线圈的制动作用大致相同。差动线圈、平衡线圈和制动线圈均有抽头，并引到整定板上。整定板的数字表示线圈的匝数，可根据整定要求将整定螺丝置于整定板相应孔的位置。达到整定的目的。

中间速饱和变流器的二次线圈与执行元件联结，当保护达到启动值时，二次电压使执行元件动作。经出口继电器去跳闸，切除变压器。

第三节 动作原理

BCH-4的原理接线如图2。制动线圈共有四组，分别接变压器各侧电流互感器的二次侧，电流互感器的二次电流全部通过接该侧的制动线圈。如果电流互感器的数目超过4组，则可将同一电压级的互感器二次并联以后接入制动线圈，但这时当该侧一个分支发生外部短路时，由该侧另一分支电源供给的短路电流在并联的电流互感器二次回路中抵消，不通过制动线圈，不起制动作用，因此最好选择分支电源供给穿越性短路电流较小的一侧。要是电流互感器的数量不到四组，则可将制动线圈空着不用。制动线圈的极性是按差动线圈与任一制动线圈串联通过电流时，制动绕组产生的工作磁通与差动绕组产生的磁通方向一致。

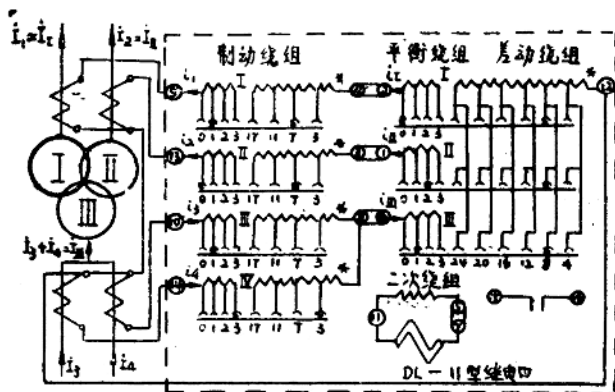


图2. BCH-4继电器原理接线图

平衡线圈共有三组，并与制动线圈串联联结，当电流互感器超过三组时，可将同一电压级的电流互感器二次经制动线圈后并联接到一组平衡线圈去。平衡线圈属于差动线圈的一部分，可以更好地补偿由于变压器变比和电流互感器变比不能完全相符合而产生的电流不相等。

差动线圈接变压器二次侧差流回路中(经抽头补偿后接入)。当有电流流过时产生的磁通使二次线圈感应出电势，当电流达到整定值时，保护即动作。选择不同的差动线圈匝数与平衡线圈匝数共同达到补偿作用。

动作原理：

1. 正常运行情况：

变压器正常运行时，由于负荷电流流入变压器的等于流出变压器的。电流方向如图 2 所示。一次电流之和等于零。即：

$$\sum \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 0$$

二次电流之和也等于零，即：

$$\sum \dot{i} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3 + \dot{i}_4 = 0$$

$\dot{i}_1$ 、 $\dot{i}_2$ 、 $\dot{i}_3$ 、 $\dot{i}_4$ 分别流经制动线圈，所产生的制动磁通各自起制动作用，而产生的工作磁通互相抵消，总效应相当于 $\sum \dot{i} = 0$ ，即无工作磁通(实际上由于很小的不平衡电流产生很小的工作磁通)。 $\dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3 + \dot{i}_4$ 流经差动线圈，总效应相当于 $\sum \dot{i} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3 + \dot{i}_4 = 0$ ，不产生工作磁通(实际上由于很小的不平衡电流流过差动线圈产生很小的工作磁通)所以保护不会动作。

2. 外部故障情况：

变压器外部故障时，电流的关系和正常运行情况一样，只是数值上的增大，由于电流很大，各侧电流互感器的饱和程度

不一样，误差很大以及由于变压器分头位置不一样，所以有很大的不平衡电流流过差动线圈，使保护产生动作作用。但由于流过制动线圈的电流很大，制动作用很大。在整定时保证制动作用足以克服动作作用，所以保护不会动作。

3. 内部故障情况

变压器内部故障时，各电源侧都向变压器内部供给短路电流。图2所示电流方向 $\dot{I}_1$ 、 $\dot{I}_2$ ， $\dot{i}_1$ 、 $\dot{i}_2$ 反向，故一次电流 $\Sigma \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = \dot{I}_K$ ，和二次电流 $\Sigma \dot{i} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3 + \dot{i}_4 = \dot{i}_K$ ，($\dot{I}_K$ 、 $\dot{i}_K$ 为变压内部故障时的一次和二次短路电流，公式中没有电源侧的电流为零)。

$\dot{i}_1$ 、 $\dot{i}_2$ 、 $\dot{i}_3$ 、 $\dot{i}_4$ 分别流经制动线圈，所产生的制动磁通各自起制动作用；而产生的工作磁通互相相加，总效应相当于 $\Sigma \dot{i} = \dot{i}_K$ ，故这部分工作磁通是很大的。

通过差动线圈的电流为： $\Sigma \dot{i} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3 + \dot{i}_4 = \dot{i}_K$ 数值很大，整定上保证变压器内部故障时动作作用足以克服制动作用，有足够的灵敏度，因而保护可靠地动作。

4. 励磁涌流情况：

变压器空载投入或外部故障切除后电压恢复时产生的励磁涌流，数值上是很大的(5—10倍额定电流)，对变压器来说，电流流向相当于内部故障一样，但由于它含有大量的非周期分量，使中间速饱和变流器产生大量的直流助磁作用。提高了继电器的动作电流，使保护不动作。

第四节 特 性

1. 躲过励磁涌流的特性：

BCH—4差动继电器躲过励磁涌流是靠直流助磁原理降低中间速饱和变流器传变励磁涌流的性能。

变压器励磁涌流的特点是数值很大，但有很大的衰减缓慢的非周期分量，它是偏于时间轴的一侧。当变压器空载投入或是外部故障切除后电压恢复时由电源侧流入变压器，相当于变压器内部故障一样，二次电流流过制动线圈、平衡线圈和差动线圈，在制动线圈内产生直流助磁作用，交流磁制动作用和动作作用；在差动线圈和平衡线圈内产生直流助磁作用和动作作用。其总效果可以用一个一次线圈通以励磁涌流和二次线圈感应出电势的关系来代替。如图3。a表示等效回路图，b表示一次电流与二次电势的关系曲线。b图的下部示出了励磁涌流随时间的变化曲线，上部示出中间速饱和变流器的磁化曲线。当励磁涌流从零增大到 $I_{\text{HAM.Макс}}$ 时，中间速饱和变流器的磁感应沿 B' 从0上升到 $B_{\text{Макс}}$ 而当励磁涌流从 $I_{\text{HAM.Макс}}$ 降低到最低时，

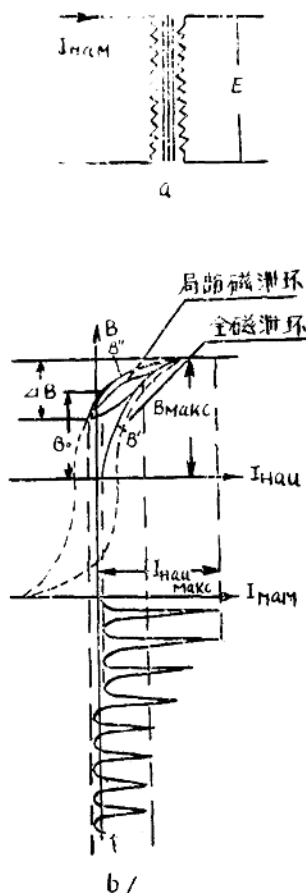


图3. BCH—4继电器躲过励磁涌流原理说明图

磁感应沿 B 下降到 B_0 ，下一个周期励磁涌流从最低上升到最大磁感应沿局部磁滞环上升到最大，励磁涌流下降时，磁感应则沿该磁滞环下降到相应值。随着励磁涌流的变化，磁感应沿不同的局部磁滞环变化。在整个过程中，磁感应的变化 ΔB 数值很小，因而二次感应的电势很低。所以保护不会动作。

接在中间速饱和变流器二次线圈上的DL-11型执行继电器的动作电压 U_{CP} ，决定了工作磁通密度： $B_{CP} = \frac{U_{CP} \times 10^{-8}}{4.44fW_2S}$

(f 为电源频率。 W_2 为二次线圈匝数， S 为中间速饱和变流器的截面)。从躲过励磁涌流来说， B_{CP} 选择愈大愈好，因为这时要达到保护动作，磁感应的变化 $\Delta B \geq 2B_{CP}$ 必须很大，也就是容许较大的励磁涌流。但 B_{CP} 选得太高。中间速饱和变流器工作在

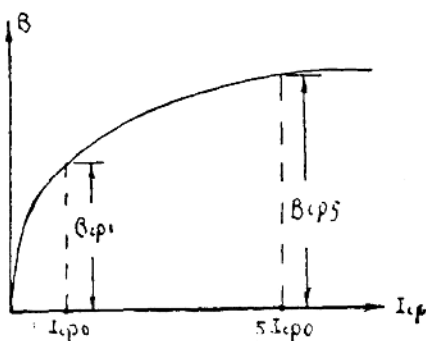


图 4

饱和点，这样当动作电流倍数既使很大，磁感应也增加很少。为保证执行继电器的动作可靠性，故 B_{CP} 不能选得太高。规定差动继电器的动作电流为 5 倍起始值时，执行继电器的可靠系数不小于 1.35。如图 4 所示。

$$K_q = \frac{B_{CP5}}{B_{CP1}} = \frac{i_{CP5}}{i_{CP1}} \geq 1.35$$

式中：

B_{CP1} ……起始动作电流时的磁感应，

B_{CP5} ……5倍起始动作电流时的磁感应；

i_{CP1} ……起始动作电流时，通过执行继电器的电流；

i_{CP5} ……5倍起始动作电流时，通过执行继电器的电流。

躲过励磁涌流性能的直流偏磁特性曲线 $\varepsilon = f(K)$ 如图5。

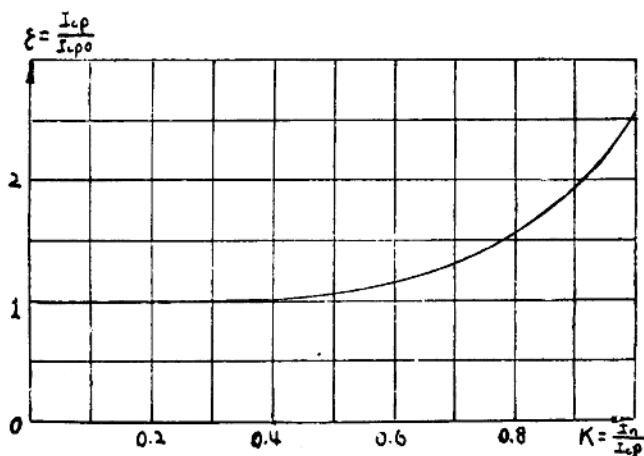


图5.直流偏磁特性曲线

$K = I_n / I_{CP}$ 为偏移系数

$\varepsilon = I_{CP} / I_{CP0}$ 为相对动作电流

式中： I_n 是电流中含有的非周期分量。

I_{CP} 是电流中含有非周期分量时BCH—4的动作电流。

I_{CP0} 是电流中不含有非周期分量时BCH—4的动作电流。

可见偏移系数K表示励磁涌流中非周期分量所占比例的大小。由于非周期分量所占比例大小不同，造成励磁涌流偏移时间轴的程度也不同。比例愈大，偏移也愈大，反之则小。相对动

作电流 ε 的大小表示励磁涌流中非周期分量对动作电流的影响程度。在同一 K 值下， ε 值越大，表示躲过励磁涌流的性能越好。

2. 制动特性：

BCH—4差动继电器的制动原理是交流磁制动。当制动线圈通过电流时，产生两部分磁通如图6所示，一部分为制动磁通 ϕ_T ，沿本磁分段内形成闭合回路，不与二次线圈键链，对二次线圈不感应电势，其作用仅使本段铁芯饱和，使保护动作电流增大，起制动作用。另一部分为工作磁通 ϕ_{TP} ，沿整个磁路形成闭合环路，与二次线圈键链，使二次线圈感应电势。当变压器外部发生故障时，由于各侧制动线圈产生的工作磁通互相抵消，因此对二次线圈感应的总电势为0（实际上由于电流不平衡，产生不大的电势）。而当变压器内部故障时，由于短路电流

都流向变压器，因此各制动线圈的工作磁通是相加的。二次线圈感应出较大的电势，提高了保护的灵敏度。当差动线圈通过电流时所产生的磁通，沿整个磁路形成闭合环路，与二次线圈键链，二次线圈感应电势，使保护动作。

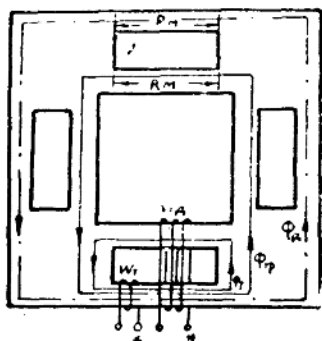


图6. 制动线圈通过电流时产生的磁通示意图

都流向变压器，因此各制动线圈的工作磁通是相加的。二次线圈感应出较大的电势，提高了保护的灵敏度。当差动线圈通过电流时所产生的磁通，沿整个磁路形成闭合环路，与二次线圈键链，二次线圈感应电势，使保护动作。

制动线圈产生的工作磁通的大小，如果忽略磁路四个角的磁阻，相当于 $\frac{1}{2}W_T$ 起工作线圈的作用，即：工作线圈

$W_P = W_A + \frac{1}{2}W_T$ 。推导如下：

假定磁路四个角的磁阻等于0，只有各分段磁路长方形孔

的两侧有磁阻，分别以 R_M 表示，如图6。对制动回路来说，总的磁阻为制动线圈包围的那一段磁阻加上本磁分段另一边的磁阻与整个磁路其他三侧的磁阻并联。等效回路如图7a。

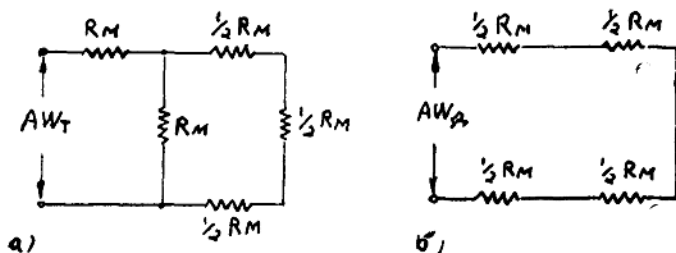


图7 磁阻等效回路

$$\begin{aligned}
 \text{总磁阻: } R_{M\Sigma} &= R_M + R_M \parallel \frac{3}{2} R_M \\
 &= R_M + \frac{R_M \times \frac{3}{2} R_M}{R_M + \frac{3}{2} R_M} \\
 &= R_M + \frac{3}{5} R_M \\
 &= \frac{8}{5} R_M
 \end{aligned}$$

假设流过制动线圈的电流产生的磁动势为 $A W_T$ 则

$$\text{总磁通: } \phi_{T\Sigma} = \frac{A W_T}{\frac{8}{5} R_M}$$

$$\text{工作磁通: 按分布系数 } C_P = \frac{\frac{3}{5} R_M}{\frac{3}{2} R_M} = \frac{2}{5}$$

$$\phi_{TP} = C_P \times \phi_{T\Sigma}$$

$$= \frac{2}{5} \times \frac{A W_T}{\frac{8}{5} R_M}$$

$$= \frac{A W_T}{4 R_M} \quad (\text{不忽略四个角的磁阻近似地})$$

等于 $\frac{A W_T}{4 R_M + 4 R}$ 其中 R 为每个角的磁阻)

对差动回路来说, 总磁阻为磁路四侧磁阻之和, 等效回路如图 7b。

$$\text{总磁阻: } R_{M\Sigma} = 4 \times \frac{1}{2} R_M$$

$$= 2 R_M$$

假设流过差动线圈的电流产生的磁动势为 $A W_K$ 则

$$\text{总磁通: } \phi_K = \frac{A W_K}{2 R_M} \quad (\text{不忽略四个角的磁阻等于 } \frac{A W_K}{2 R_M + 4 R})$$

比较 ϕ_{TP} 与 ϕ_K 知: 当忽略四个角的磁阻时, 制动线圈产生工作磁通的磁阻相当于差动线圈产生工作磁通的磁阻的 2 倍。因此, 在计算中可以认为制动线圈的匝数相当于工作匝数。但由于是忽略了磁路四个角的磁阻, 所以有一定的误差, 其大小决定于 R 对 R_M 的份量。

制动特性曲线如图8，表示动作安匝 AW_P 与制动安匝 AW_T 的关系。由于动作电流和制动电流的夹角不同，在同一制动安匝下，得出最大和最小的动作安匝数，所以特性曲线有两条。曲线1为最低制动特性曲线，它的获得是当工作和制动线圈中电流相角差使得制动为最小。曲线2为最高制动特性曲线，它的获得是当工作和制动线圈中电流相角差使得制动为最大。原理分析如下：（摘自原水电部技改局1961.2.“变压器BCH型差动保护的试验与计算须知”）

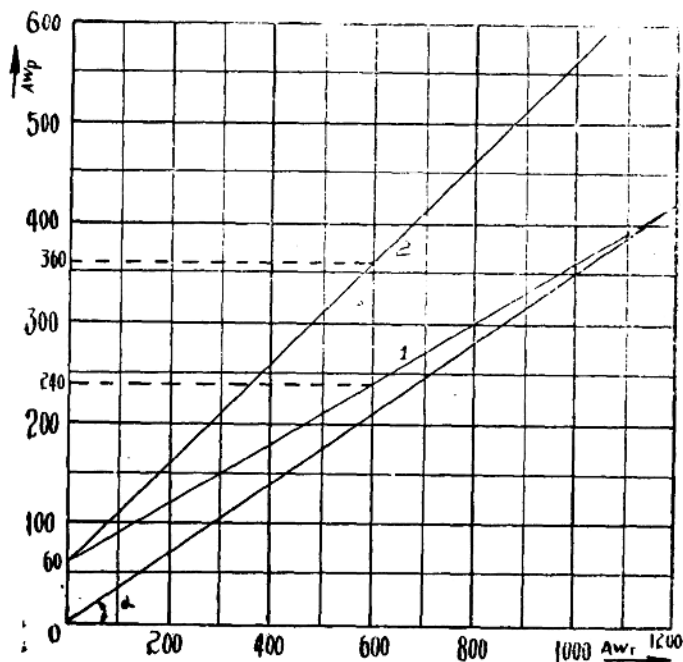


图8. 制动特性曲线