
電力系統的繼電保護

下 冊

蘇聯 A.M. 費多謝也夫著



高等學校教學用書

電力系統的繼電保護

下 冊

蘇聯 A. M. 費多謝也夫著

樊 俊 陳德裕 王明俊 羅徑南譯

吳竟昌 張瑞歧校訂

蘇聯高等教育部批准作為動力和電工院系的教学參考書

內 容 提 要

本書和本書的上冊（已於1957年4月出書）是目前有關繼電保護方面內容最豐富、最全面的教學參考書和專業參考書。本書承接上冊由第五章開始，共包括五、六、七、八等四章；主要內容是：震動保護、高頻保護、電網保護的選擇原則、同步發電機的保護裝置、變壓器的保護裝置、發電機-變壓器組及線路-變壓器組的保護裝置、發電廠及變電所的母線保護裝置、異步及同步電動機的保護裝置等。在講述每一種保護裝置時都對該種保護的特點、它所對應的故障的性質、動作原理、結線方式和計算方法等加以詳細的敘述和分析。

А. М. ФЕДОСЕЕВ

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

電力系統的繼電保護 下冊

根據蘇聯國立動力出版社1952年莫斯科版翻譯

樊 俊 陳德裕 王明俊 羅徑南譯

吳竟昌 張瑞枝校訂

*

1077D316

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里街）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

350×1168 $1/32$ 開本 * $10^3/16$ 印張 * 267千字 * 定價（第10類）1.50元

1953年8月北京第1版

1959年1月北京第2次印刷（3,901—5,920冊）

目 录

第五章 差动保护	329
5-1 动作原理	329
5-2 不平衡电流	332
5-3 动作电流及时滞	339
5-4 提高保护装置可靠性和灵敏度的方法	341
5-5 应用中間飽和变流器向繼电器的綫圈供电	342
5-6 帶飽和变流器的保护裝置的計算原則	344
5-7 帶制动作用的差动繼电器的应用	346
5-8 四極圓筒感应式帶制动作用的差动繼电器	349
5-9 帶有速飽和中間变流器的差动保护裝置与具有制动作用的 繼电器的比較	352
5-10 保护裝置的动作电流及灵敏系数	354
5-11 綫路的縱联差动保护裝置的構成	355
5-12 РДЛ型縱联差动保护裝置	358
5-13 監視輔助导綫完整状态的机构	366
5-14 縱联差动保护裝置的評價及其应用范围	367
5-15 平行綫路的橫联差动保护	368
5-16 橫联差动电流保护裝置的工作原理及其应用范围	369
5-17 橫联差动电流方向保护裝置的工作原理	371
5-18 橫联差动电流方向保护裝置的启动机构的动作电流	374
5-19 橫联差动方向保护裝置的相繼动作区	377
5-20 橫联差动电流方向保护裝置的特殊的启动机构	379
5-21 橫联差动方向保护裝置的死区	380
5-22 当綫路断綫并且有一側短路时, 橫联差动方向保护裝置的 动作情况	383
5-23 橫联差动方向保护裝置总结綫圖举例	383
5-24 橫联差动方向保护裝置的評價及其应用范围	385
5-25 橫联差动电流平衡保护裝置的工作原理	386
5-26 ИТБ-201型电流平衡繼电器	388

5-27	电流平衡保护装置的相继动作区的决定	390
第六章 高频保护		392
6-1	高频保护的构成方法	392
6-2	具有高频闭锁的方向保护装置的工作原理	394
6-3	具有高频闭锁的方向保护装置的原理結綫	395
6-4	在振荡及异步状态下, 高频闭锁方向保护装置的 动作情况	398
6-5	高频闭锁方向保护装置的启动机构	400
6-6	方向闭锁高频保护与距离保护的組合	402
6-7	用高频电流在远方启动發送机的高频方向保护装置的 原理結綫	404
6-8	高频闭锁方向保护装置在一侧有电源的綫路上的工作	409
6-9	高频闭锁方向保护装置的繼电器部分与收發机之間的 相互作用	410
6-10	高频闭锁的负序方向保护装置的構成原則	411
6-11	Π 3-164型具有高频闭锁及远方启动發送机的过滤器 式方向保护装置	412
6-12	反应于不对称短路的高频闭锁方向保护装置的 原理結綫	421
6-13	相差动高频保护装置的工作原理	424
6-14	相差动高频保护装置的原理結綫	426
6-15	过滤器式高频方向保护装置与相差动高频保护装置的 相对评价	429
第七章 电網保护的选择原則		429
7-1	保护装置的動作区	429
7-2	主要保护装置、备用保护装置及輔助保护装置	432
7-3	对保护装置動作時間的要求	433
7-4	对保护装置灵敏度的要求	433
7-5	电網中性点的接地方式对其繼电保护装置的影响	435
7-6	电網結構及其个别元件的联接方式对繼电保护的影响	438
7-7	电压为3—10千伏的电網的保护	440
7-8	接地电流小的35千伏架空电網的保护	441
7-9	接地电流大的110—220千伏架空电網的保护	442

7-10	110—220千伏電網中当开关拒絕动作时的备用保护	445
7-11	110—220千伏電網中备用保护方法的比較	446
7-12	發電厂及变电所母綫联络开关的保护	447
7-13	110—220千伏接地电流大的電網中实现按相切除單相 短路时瀝电保护装置的法上的特点	447
第八章 同步發電机的保护裝置		455
8-1	發電机的各种故障和不正常的运行情况	455
8-2	發電机中的多相短路	456
8-3	靜子綫卷中的層間短路	459
8-4	靜子綫卷中的單相接地	460
8-5	發電机电压的系統内中性点接地方式的选择	463
8-6	过电流	465
8-7	电压的升高	467
8-8	靜子綫卷的縱联差动保护装置	468
8-9	發電机靜子綫卷的橫联差动电流保护装置	471
8-10	差动原理应用于發電机保护的評價	474
8-11	靜子綫卷單相接地專用保护裝置的構成原理	475
8-12	使用零序变流器的电流保护裝置的計算原理	478
8-13	發電机各相对地的电容	480
8-14	有零序变流器的結綫中的不平衡电流	481
8-15	保护大容量發電机用的零序变流器的構成	482
8-16	將磁放大器用于發電机的接地保护裝置	485
8-17	帶有电站部电工研究所型式的磁放大器的零序电 流保护裝置	488
8-18	具有烏克蘭科学院电工研究所型帶助磁的变流器的零 序电流保护裝置	490
8-19	使用帶助磁的变流器的保护裝置的参数的选择	491
8-20	三个变流器式零序电流过滤器中的不平衡电流	496
8-21	带有三个变流器式电流过滤器的零序电流保护裝置	498
8-22	带有不平衡电流补偿的零序过电力保护裝置	501
8-23	發電机零序电流保护裝置的評價	503
8-24	發電机外部短路的过电流保护裝置	504
8-25	保护短路过电流的过滤器式电流保护裝置	507

8-26	过负荷过电流的保护装置	508
8-27	励磁回路中的故障	509
8-28	励磁回路的两点接地保护装置	510
8-29	灭磁装置	513
8-30	灭火装置	515
8-31	发电机保护装置的总结线图	516
第九章	变压器的保护装置	518
9-1	变压器的故障与不正常运行情况的种类	518
9-2	变压器内的短路	519
9-3	变压器的不正常运行情况	521
9-4	瓦斯继电器及瓦斯保护装置的動作原理	523
9-5	瓦斯保护装置的原理接线图	526
9-6	瓦斯保护装置的評價及其應用範圍	528
9-7	采用电流速断装置作为变压器的短路保护装置	528
9-8	利用差动保护装置来保护变压器	530
9-9	实现变压器线卷共同的差动保护装置的条件	531
9-10	变压器的励磁电流	534
9-11	防止共同的差动保护装置在励磁涌流下誤動作的方法	535
9-12	带速飽和中間变流器的差动保护装置的結綫	536
9-13	变压器差动保护接綫中的速飽和中間变流器的用途及 工作原理	541
9-14	速飽和变流器参数的选择	543
9-15	利用兼有速飽和及平衡作用的中間变流器的差动保护 装置	544
9-16	带速飽和变流器的差动电流保护装置的起動电流及灵 敏系数	546
9-17	差动电流速断装置	547
9-18	采用带制動作用的继电器并带有速飽和中間变流器的 差动保护装置	548
9-19	带有ИДБ-211型繼电器的变压器差动保护装置	551
9-20	差动保护装置的評價及其使用範圍	556
9-21	当开关多于两个时, 变压器差动保护装置的構成的基 本特点	557

9 22	在具有两个以上开关的变压器的保护装置中利用带有 制动特性的差动继电器	550
9 23	变压器的短路过电流的保护装置	562
9-24	防御变压器短路过电流的特殊的电流保护装置	564
9-25	过负荷过电流的保护装置	568
9 26	三卷变压器以及具有两个以上开关的变压器的过电流 保护的特点	568
9 27	具有带负荷调压装置的变压器的保护装置的特点	570
9 28	用辅助变压器进行调压的变压器的差动保护装置 的构成	571
9 29	调压用辅助变压器的特殊的电流保护装置	574
第十章	发电机-变压器组及线路 变压器组的保护装置	575
10- 1	发电机-变压器组的保护装置的特点	575
10- 2	在发电机-变压器组的发电机电压系统中, 发电机中 性点接地方式的选择	576
10- 3	与变压器组合成机组而工作的发电机的接地保护	579
10- 4	发电机-变压器组中发电机的零序过电压保护装置的 动作参数不灵敏度	580
10- 5	发电机-变压器组的差动电流保护装置的特点	583
10- 6	发电机-变压器组的过电流保护装置的特点	585
10- 7	线路-变压器组的保护装置的特点	585
第十一章	发电厂及变电所的母线保护装置	586
11- 1	母线故障的种类	586
11- 2	对母线保护装置所提出的要求	587
11- 3	母线保护装置构成方法	588
11- 4	电流保护装置	590
11- 5	由连接元件上的电流继电器或电力方向继电器进行闭 锁的电流保护装置	592
11- 6	距离保护	594
11- 7	差动原理的应用	597
11- 8	母线保护装置差动原理的评价及其发展途径	598
11- 9	单母线系统的差动电流保护装置	600
11-10	元件经常工作于一个系统上的双母线系统中的差动电	

流保护装置	602
11-11 母綫系統之間帶有固定的配电元件的双母綫系統的差 动电流保护装置	603
11-12 当双回綫上使用横連差动保护装置时, 帶有固定配电 元件的母綫的差动保护装置的特点	607
11-13 不完全的母綫差动保护装置	608
11-14 母綫差动保护装置的变流器的选择及其与繼电保护盤 联接的方法	612
11-15 具有無鉄心的变流器的母綫差动电流保护装置	614
11-16 具有接地母綫的零序保护装置	616
11-17 部分中性点接地的系統中, 母綫保护装置的特点	617
11-18 多角形結綫的母綫的保护装置	618
11-19 为提高接到分装式变流器上的母綫保护装置的动作的 可靠性而采用的特殊备用装置的电流保护装置	619
第十二章 異步及同步电动机的保护装置	620
12- 1 电动机的不正常运行情况及故障的类型	620
12- 2 电动机的过負荷过电流	622
12- 3 由于供电电綫的电压对称地降低然后又恢复而引起的 異步电动机的过电流	624
12- 4 在电源电綫中發生不对称的电压降低时, 異步电动机 的工作情况	628
12- 5 同步电动机失去同步	629
12- 6 电动机的多相短路保护装置	632
12- 7 利用热力繼电器構成的电动机过电流保护装置	635
12- 8 利用有时滯的电流繼电器所構成的电动机过电流保护 装置	637
12- 9 根据起动時間决定过电流保护装置的时滯	639
12-10 低电压保护装置的用途	640
12-11 低电压保护装置的結綫	642
12-12 同步电动机失去同步的特殊保护装置	645
12-13 同步調相机的保护装置的特点	646

第五章 差动保护

5.1. 动作原理

根据将被保护元件的起端和末端的电流或其任何两点的电流进行比较的原则而构成的保护装置，称为差动电流保护。这种保护装置在1908年就已经出现了。

为了实现这种保护，在被保护元件的起端和末端，或在要比较其电流的另外两点，装设具有同样变流比 n_n 的变流器（图5-1）。在图5-1中，按照习惯仅示出一相的变流器。假设这些变流器的一次线卷及二次线卷的同名端子系位于同一侧。每一相的变流器的二次线卷靠近被保护元件侧的端子彼此联接起来，外侧的端子也彼此联接起来，而电流继电器的线圈则与之并联。

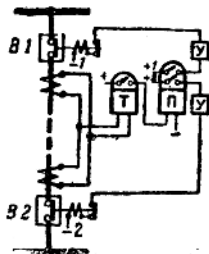


图 5-1 环流法差动电流保护装置的原理接线图

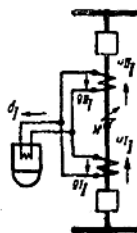


图 5-2 环流法差动保护接线中的电流分佈

为了决定在继电器中的电流，必须对接线图中所有的电流给予规定的正方向。依照图5-2的接线可得：

$$I_p = I_1 - I_2 \quad (5-1)$$

继电器中的电流等于两个变流器的电流的向量差。在联接变流器二次线卷的辅助导线中，环流着变流器的二次电流。因此保护装置获得差动的名称，而所讨论的接线图称为环流法接线。

正常工作状态下以及两个变流器之间的区域以外发生短路时，如果忽略电容电流和被保护元件的泄漏电流，则一次侧电流 I_{1n} 及 I_{2n} 的大小相等并且同相。如果电流的变换很准确，则二次电流 I_{1B} 及 I_{2B} 也相等；继电器中的电流 $I_p=0$ ，而它不动作。

当两个变流器之间的区域内发生短路时（K点），通常电流 I_{1n} 及 I_{2n} 大小不等而且也不同相。在采用同样的规定正方向时，

则故障处的电流为 $I_{K.s}=I_{1n}-I_{2n}$ 。因此， $I_p=\frac{I_{K.s}}{n_n}$ 。如果

这个电流等于或大于继电器的动作电流 $I_{c.p}$ ，也就是说，如果

$\frac{I_{K.s}}{n_n} \geq I_{c.p}$ ，则继电器动作并经过中间继电器而断开故障元

件。中间继电器的功用，除了在 § 2 40 中所指出的以外，还要使开关 B1 和 B2 的操作电流回路分开。

当故障处只是单侧有电源时，例如，在 $I_{2n}=0$ 时，则 $I_{1n}=$

$I_{K.s}$ ，而 $I_p=I_{1B}=\frac{I_{K.s}}{n_n}$ 。

由上述可知，这样构成的保护装置，仅当其变流器之间的被保护区域内发生故障时才会动作。

用标准变流器构成的环流法接线图，可用来保护长度不超过几百公尺的线段（例如，发电厂的厂用电线路，此外，又如在用来保护电机、电器和母线时）。当线路较长时，为了保证变流器的负载（由辅助导线的阻抗所决定）在容许值以内，辅助导线的截面可能需要大到不容许的地步，甚至大于被保护线路的导线的截面。同时也就发生了关于继电器的联接地点问题以及如何使开关跳闸的问题。

为了能在长的线路上使用这种保护方式，应减小联接到变流器上的负载。为了作到这一点，可以使用二次侧额定电流较小的主变流器，或者用标准的主变流器而另装中间的降流变流器。例如，当 $I_{s.n0.n}=0.1$ 安时，变流器的负载为 $S_n=0.1^2 R_{np}=0.01 R_{np}$ ，比起标准变流器在 $I_{s.n0.n}=5$ 安时的 $25 R_{np}$ ，仅为其 2,500 分

之一。

减小保护装置的二次侧电流首先要受到辅助导线上电压的增高的限制。电压值不应超过对辅助导线绝缘的容许值。部分地由于这个原因，中间变流器时常作成饱和式的 (§ 5-12)。

采用这样的接线时，最好同时在两端的变电所中装两套继电器，以断开相应的开关。

考虑到上述情况并用标准变流器作成的环流法保护装置的原理接线图，如图 5-3 所示。

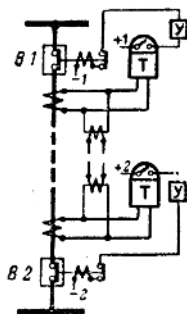


图 5-3 具有两套继电器的降低环流的差动电流保护装置的原理接线图

也有均压式差动电流保护接线方式 (图 5-4)，在此接线方式中同一相的变流器的二次绕组的联接方法是使一个变流器的朝向被保护元件内侧的端子 (1) 与另一个变流器的朝向被保护元件外侧的端子 (2) 互相联接。电流继电器的线圈与辅助导线串联 (接在辅助导线断开处)。

对于图 5-4 的接线方式而言，在采用规定的正方向时，则

$$I_p = \frac{E_1 - E_2}{Z_B}, \quad (5-2)$$

式中 E_1 和 E_2 —— 变流器二次绕组的感应电动势， Z_B —— 二次回路的总阻抗，包括辅助导线的阻抗；继电器线圈的阻抗及变流器二次绕组本身的阻抗。

在正常工作状态下以及在保护区以外短路时， $E_1 = E_2$ ，电流 $I_p = 0$ ，而继电器不动作。当保护区内发生故障时， $E_1 \neq E_2$ 。因此在继电器中出现电流，如果 $I_p > I_{c.p}$ ，则继电器动作并切除故障元件。

图 5-4 的接线方式与图 5-1 的接线方式的差别，首先在于当正常工作状态及外部短路时在前一种接线的二次回路中没有电流，因为电压 E_1 与 E_2 互相平衡，而变流器工作于空载状态。全部一次电流都是励磁电流。这

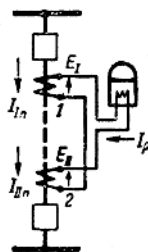


图 5-4 均压式差动电流保护装置中变流器及继电器的原理接线图

可能引起变流器的鉄心不容許的过热，并且使二次回路中出現对絕緣及工作人員有危險的电压。此外，当被保护的線路較長时，則甚至当保护区內沒有短路时，在二次回路及繼电器中將出現由于輔助導綫橫心之間的电容所引起的相当大的电流，要用整定电流 $I_{c.p}$ 的方法来避开此电流可能是有困难的。因此当采用标准变流器时，不能采用上述形式的均压式結綫方式。

为了实現在实际上适用的方案，可將保护裝置的回路例如經特殊設計的中間变流器供給，后者的二次線卷中的感应电动势互相平衡。此时主变流器以中間变流器的全部阻抗为負載而工作在容許的状态之下。

和在环流法的線路保护結綫中一样，在均压式結綫方式中每一端的变电所中也都要裝設繼电器。

如用均压式結綫方式来保护輔助導線不很長的元件时，比环流法結綫方式更复杂些，如用它来保护較長的線路，則与环流法比較起来沒有很大的优点。因此在实际上它的应用有限。

5-2. 不平衡电流

当討論差动保护裝置的动作原理时（圖5-2），曾假定在正常工作状态下及外部短路时， $I_\mu=0$ 。这种情况仅当使用 $I_{na\mu}=0$ 的理想的变流器时，或者变流器具有絕對相同的特性及負載时，才可能發生。实际上不会有这种情况。

在圖5-5上示出保护裝置的兩個变流器的二次电流的稳态值与外部短路电流 $I_{k.s}$ 的关系曲綫。当 $I_{k.s}$ 的倍数不大时，它們在数值上几乎重合，而当对应于10%誤差的电流倍数时（那时某些类型的变流器的磁感应約达18,000—19,000高斯），二个曲綫可能差異很大。在繼电器中的电流 $I_\mu = I_{I\delta} - I_{II\delta}$ 不等于零，因而 $I_{c.p}$ 應該整定得避开它。

在一般情况下，当外部短路时，依照变流器的等值电路圖（圖2-51）可知， $I_{IB} = I'_{IN} - I'_{I\mu a, B}$ ； $I_{IIB} = I'_{IIN} - I'_{I\mu a, B}$ ；而繼电器中的电流即所謂不平衡电流 I_μ ，根据（5-1）等于

$$I_\mu = I_{\mu\delta} = I'_{I\mu a, B} - I'_{I\mu a, B} \quad (5-3)$$

通常，一次电流的倍数愈大，則不平衡电流也愈大。

在外部短路的第一个週波內, I_{a0} 达到特別大的数值, 这是由于短路电流 $i' = i'_n + i'_a$ 的非週期分量 i'_a 以及鉄心的剩磁使得变流器饱和所致。

变流器不但变换一次电流的週期分量 $i'_n = I'_m \cos \omega t$, 而且也变换一次电流的非週期分量 $i'_a = -I'_m e^{-\frac{t}{T_1}}$ (圖5-6), 因为后者

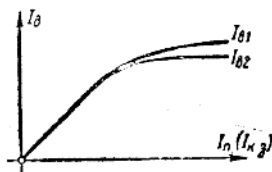


圖 5-5 变流器的二次电流与一次电流的关系曲线

的符号虽然不变, 然而其数值还是随着時間在变化, 因为它要依照系統短路点以前的一次回路的时间常数 $T_1 = \frac{L_C}{R_C} = \frac{x_C}{\omega R_C}$ 的大小而衰减。但是这些变换的規律是不同的。

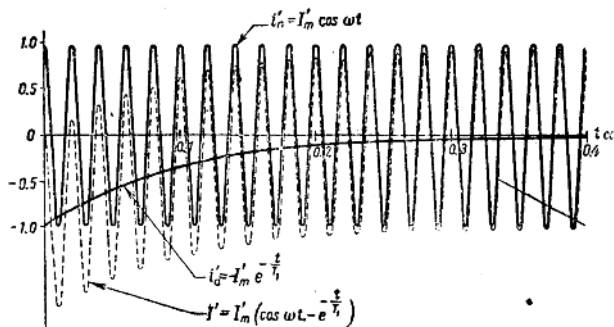


圖 5-6 短路全电流的瞬时值以及它的週期分量和非週期分量随时间的变化 ($I'_m = 1$, $T_1 = 0.1$ 秒)

接有負載的变流器的簡化等值电路圖 ($R'_{ua.n} = 0$) 如圖5-7 所示。

一次电流的週期分量 i'_n 的分佈是与激磁支路的阻抗 $Z'_{ua.n.n} = j\omega L_{ua.n}$ 和二次回路的阻抗 $Z_{2n} = Z_s + Z_{ua.p} = R_s + R_{ua.p} + j\omega (L_s + L_{ua.p})$ 成反比的:

$$\frac{i'_{\text{н.н.н}}}{i_{\text{с.н}}} = \frac{Z_{2\text{н}}}{Z'_{\text{н.н.н}}}, \text{ 或 } \frac{i'_{\text{н.н.н}}}{i_{\text{с.н}} + i'_{\text{н.н.н}}} = \frac{Z_{2\text{н}}}{Z'_{\text{н.н.н}} + Z_{2\text{н}}}.$$

因此，被週期分量所决定的激磁电流为

$$i'_{\text{н.н.н}} = i'_{\text{н}} \frac{R_{\theta} + R_{\text{нагр}} + j(X_{\theta} + X_{\text{нагр}})}{R_{\theta} + R_{\text{нагр}} + j\omega(L_{\text{н.н}} + L_{\theta} + L_{\text{нагр}})}. \quad (5-4)$$

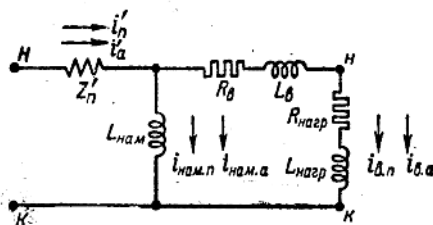


圖 5-7 接有負載的變壓器的簡化的等值電流圖
($R_{\text{н.н}} = 0$)

一次電流的非週期分量 i'_a 和週期分量一樣，與等值電路的支路的阻抗成反比地分佈： $\frac{i'_{\text{н.н.а}}}{i_{\text{с.а}}} = \frac{Z_{2a}}{Z_{\text{н.н.а}}}$ 。但是，這些支路對於非週期分量的阻抗與微分方程的解（參看下面），業已是另外的值，設等值電路的不同的 R 和 L 均與頻率無關，則可表示如下：

$$Z_{\text{н.н.а}} = -\frac{L_{\text{н.н}}}{T_1} \text{ 及 } Z_{2a} = R_{\theta} + R_{\text{нагр}} - \frac{L_{\theta} + L_{\text{нагр}}}{T_1}.$$

考慮這些關係，可得：

$$i'_{\text{н.н.а}} = i'_a \frac{R_{\theta} + R_{\text{нагр}} - \frac{L_{\theta} + L_{\text{нагр}}}{T_1}}{R_{\theta} + R_{\text{нагр}} - \frac{L_{\text{н.н}} + L_{\theta} + L_{\text{нагр}}}{T_1}}. \quad (5-5)$$

(5-4) 式與 (5-5) 式相比較可以看出，非週期分量的變換情況比週期分量壞得多，其絕大部分經激磁支路而連通，因而使激磁電流超過其穩態值許多倍。

(5-5) 式也指出, $i'_{\text{н.н.н}}$ 随时间常数 T_1 的加大而增加。在电力系统中, 大容量发电机的 T_1 的最大数值达 0.25—0.35 秒。 T_1 的平均值在 0.01—0.1 秒的范围内变动。因此, 当靠近大容量发电机的出口发生故障时, 短路电流的非週期分量的变换最坏。

当一次回路中发生短路时, 二次回路电感的磁通以及变流器磁导体中的磁通不能跳躍地增长。因此, 在由 $L_{\text{н.н.н}}$, $L_{\text{г}}$, $R_{\text{г}}$, $L_{\text{н.н.р}}$ 及 $R_{\text{н.н.р}}$ 所组成的闭合的二次回路中, 应该出现非週期性的自由分量, 以补偿在起始瞬间的上述强制分量。

一共出现 4 个非週期性自由分量: 其中两个补偿一次回路中的 $i'_{\text{н.н.н}}$ 和 $i'_{\text{н.н.г}}$, 而另外两个补偿二次回路的 $i_{\text{г}}$ 和 $i_{\text{н.н.р}}$ 。是, 考虑到它们以同样的二次回路时间常数

$$(T_2 = \frac{L_{\text{н.н.н}} + L_{\text{г}} + L_{\text{н.н.р}}}{R_{\text{г}} + R_{\text{н.н.р}}}) \text{ 而衰减, 故可以认为有一个综}$$

合的非週期性自由分量 $i_{\text{с.с.о}}$ 。

求它的起始值是很容易的, 因为一次电流的週期分量和非週期分量的起始值大小相等而符号相反。因此, 激磁支路中两个自由分量的起始值之和等于二次回路中两个自由分量之和, 并且在闭合的二次回路中与之具有相同的方向。由上述可知, 自由的非週期电流的起始值为激磁支路中 (或二次回路中) 强制电流起始值的代数和。

在瞬变过程中, 变流器的激磁总电流及基本分量的瞬时值的关系大致如图 5-8 所示, 该图系根据上述关系并考虑以下几点而作成的:

1. 不考虑磁导体的饱和。
2. 电流分量 $i'_{\text{н}}$ 不衰减。
3. 忽略了补偿 $i'_{\text{н.н.н}}$ 的分量。

由图 5-8 可知, 在瞬变过程中, $i_{\text{н.н.н}}$ 基本上决定于强制的非週期分量与自由的非週期分量之差。在大多数情况下, $T_2 > T_1$; 所以在发生短路后经过一些时间 (通常不超过几个週波), 强制分量显著地衰减, 而基本上只剩下超过稳态值 $i'_{\text{н.н.н}}$ 许多倍

的自由分量。

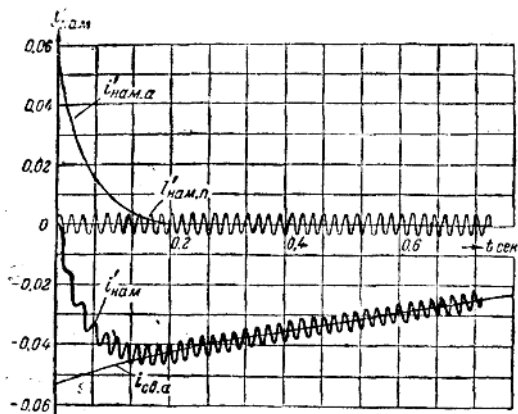


圖 5-8 在瞬变过程时，变流器的激磁电流及其
基本分量的瞬时值随着时间的变化 (T_1
 $=0.05$ 秒, $T_2=1$ 秒, $I'_m=1$)

当其他情况相同时，容量較大的变流器的时间常数 T_2 較大，所以其自由分量也衰減得比較緩慢，因此激磁电流的最大值出現得迟一些。

当外部短路时，差动保护装置中的負載几乎完全决定于輔助导线的电阻。当線卷均匀地分佈在磁导体上因而其漏磁很小时，变流器二次線卷的阻抗基本上决定于其有效分量，即 $x_s \sim R_s$ ；由此，为了簡化电流 i'_{HAM} 的分析計算，令 $Z_{HAP} = R_{HAP}$ ； $x_s = R_s$ ； $Z_{HT, n} = \omega L_{HAM} = \text{常数}$ （不考虑飽和及鉄損）。

假設故障發生在相当于一側側短路电流 i' 的週期分量 i'_n 的瞬时值最大的瞬間，那时用以补偿週期分量的非週期分量 i'_a 也具有最大值。为簡單計，可認為 i'_n 不衰減。所以 i' 按照下列規律而随時間变化

$$i' = i'_n + i'_a = I'_m \cos \omega t - I'_m e^{-\frac{t}{T_1}}. \quad (5-6)$$

解下列二方程式可求得激磁支路中的电流 i'_{HAM} 以及二次回路中的电流 i_s 。

$$i' = i'_{HAM} + i'_s$$