

自动調整励磁装置

李 基 成編

水利电力出版社

目 录

第一章 自动调整励磁装置的发展	5
1-1 复式励磁简述	5
1-2 复式励磁的作用原理	5
1-3 复式励磁的强行励磁作用	9
1-4 电磁式电压校正器简述	10
1-5 电磁式电压校正器作用原理	11
1-6 双制电磁势电压校正器	16
1-7 电磁式电压校正器的频率特性	17
1-8 电磁式电压校正器的稳定变压器	20
1-9 电磁式电压校正器的电流稳定和电流补偿装置	22
1-10 电磁式自动调整励磁装置线路的改进	32
1-11 同期发电机的自激励磁系统	74
附录1-1 相补偿器的分析	78
第二章 自动调整励磁装置的整定计算	81
2-1 设计任务及要求	81
2-2 复式励磁线路参数的选择	82
2-3 整流器线路计算	84
2-4 确定调整电阻值及整流变压器变压比	87
2-5 校验复励电流互感器负载	89
2-6 复励系统工作特性计算	90
2-7 电压校正器接线的选择	96
2-8 带单制电磁式电压校正器的复励线路计算	98
2-9 强行励磁情况计算	102
2-10 带双制电磁式电压校正器的复励线路计算	109
2-11 用图解法选择复励和电压校正器的参数	117
附录2-1 正、反接校正器功率的比较	121
第三章 自动调整励磁装置元件计算	124
3-1 量测机构	124
3-2 电磁放大器	142
3-3 图解法	153
3-4 分析法	162

3-5 相似法	169
3-6 电磁放大器铁心冲片尺寸的选择	177
附录3-1 α 、 β 系数的计算	185
附录3-2 公式推导	186
附录3-3 按铜铁重相等条件选择最适宜的磁通密度值	187
附录3-4 三次谐波电流变化斜度的计算	189
第四章 自动调整励磁系统的稳定性	191
4-1 自动调整励磁系统各元件方程式的列出	192
4-2 具有电压硬反馈稳定器时系统各元件方程式的列出	198
4-3 具有稳定变压器时系统各元件方程式的列出	205
4-4 电磁式电压校正器时间常数的计算	213
第五章 自动调整励磁装置的设计(第一部分)	226
5-1 发电机和励磁机的原始数据	226
5-2 复励装置整定计算	227
5-3 具有单制正接校正器的复励线路整定计算	233
5-4 电磁放大器计算	239
5-5 量测机构计算	246
5-6 电压校正器时间常数计算	256
5-7 电压校正器放大系数计算	257
5-8 电压校正器调整系统空载稳定计算	259
第六章 自动调整励磁装置的设计(第二部分)	262
6-1 发电机及励磁机数据	262
6-2 发电机励磁电流计算	263
6-3 复励电流计算	266
6-4 确定复励线路参数	267
6-5 复励变压器计算	269
6-6 复励变压器的试验	270
6-7 电磁放大器计算	273
6-8 自动调整励磁装置结构简介	275
附录6-1 用于同期发电机复励线路的电流互感器允许负载	278
附录6-2 用于电磁式电压校正器线路的电压互感器每相允许负载	279
参考文献	279

序

不久以前，对自动调整励磁装置的作用，还有着这样的看法：认为它的主要任务是当电力系统工作在正常情况下，保持电站或电力网的额定电压。按照这种观点看来，“励磁调整器”与“电压调整器”这二个术语是具有相同意义的。

但是，大功率动力系统的运行经验及试验研究工作的结果表明：励磁调整器的作用并不局限于上述范围内。特别是当系统因事故而降低电压时，对机组进行强行励磁可显著提高机组或电站间并联运行的稳定性。

同时强行励磁还可以在机组短路时提高励磁机的电压上升速度，并在故障切除后可迅速恢复电压到额定值。这样可以保证感应电动机经自起动过渡到正常工作状态。

此外，采用自动调整励磁装置也相应地提高了电力系统（特别是远距传输）的静态稳定性。考虑到上述情况，在设计自动励磁调整器时，必须使其具有结构简单、运行可靠、维护方便和无失灵区等一系列特点。

由苏联乌克兰科学院电工研究所Л.В.楚克尔尼克等学者研究成功的具有电磁式电压校正器的复式励磁装置，有效地满足了上述对自动调整励磁装置所提出的要求。

苏联在动力系统中研究与采用运行可靠、性能良好的自动调整励磁装置所获得的成就，超过了资本主义国家现有的水平。

我国在解放前不能制造自动调整励磁装置，一向是向国外訂購机械振动型电压调整器作为机组主要的调整励磁装置。

解放后，在党的正确领导下，象其他工业一样，自动调整励磁装置的生产得到了迅速发展。

一九五五年九月，在中国科学院机电研究所的指导与清华大

学苏联专家巴然諾夫同志亲切的关怀下，哈尔滨电机厂試制成功了第一台具有单制电磁式电压校正器的复式励磁装置。同年年底，这台装置在我国第一座自行設計的自动化水电站——官厅水电站与一万瓩机組配合投入运行。經鉴定試驗及近四年来的运行結果証明：自动調整励磁装置有效地滿足了机組对励磁系統所提出的要求。

此后，在我国自行設計的各水电站（如古田，獅子滩，上硐等）都广泛地应用了具有电磁式电压校正器的复式励磁装置。

可以这样說：我国这些自行設計的水电站自动化程度具有世界的水平。

五年来，作者从事于自动調整励磁裝置的設計工作，深感資料缺乏，現有資料不足以滿足工作的要求。为此，于工作之余对于有关資料进行了广泛的搜集，点滴积累，編集成冊，供有关人員参考。

本书仅以国内应用較广泛的电磁式自动調整励磁装置作为主要的叙述內容。而对采用具有微分型励磁調整器的快速离子励磁系統未能予以介紹，这是深感遺憾的。

另外，本书对具有广泛应用前途的相补偿型电磁式励磁調整器及列車电站用励磁調整器作了簡要的介紹，希讀者对此部分予以特別的注意。

由于作者理論水平及实践經驗的限制，书中一定存有不少缺陷，希望讀者多加批評指正。

最后，本书在出版前，蒙业师童世璜副研究員在百忙中抽空予以詳細的校閱，并提出宝貴的意見，在此謹致以衷心的感謝。

李基成

1959年5月于哈尔滨电机厂

目 录

第一章 自动调整励磁装置的发展	5
1-1 复式励磁简述	5
1-2 复式励磁的作用原理	5
1-3 复式励磁的强行励磁作用	9
1-4 电磁式电压校正器简述	10
1-5 电磁式电压校正器作用原理	11
1-6 双制电磁势电压校正器	16
1-7 电磁式电压校正器的频率特性	17
1-8 电磁式电压校正器的稳定变压器	20
1-9 电磁式电压校正器的电流稳定和电流补偿装置	22
1-10 电磁式自动调整励磁装置线路的改进	32
1-11 同期发电机的自励励磁系统	74
附录1-1 相补偿器的分析	78
第二章 自动调整励磁装置的整定计算	81
2-1 设计任务及要求	81
2-2 复式励磁线路参数的选择	82
2-3 整流器线路计算	84
2-4 确定调整电阻值及整流变压器变压比	87
2-5 校验复励电流互感器负载	89
2-6 复励系统工作特性计算	90
2-7 电压校正器接线的选择	96
2-8 带单制电磁式电压校正器的复励线路计算	98
2-9 强行励磁情况计算	102
2-10 带双制电磁式电压校正器的复励线路计算	109
2-11 用图解法选择复励和电压校正器的参数	117
附录2-1 正、反接校正器功率的比较	121
第三章 自动调整励磁装置元件计算	124
3-1 量测机构	124
3-2 电磁放大器	142
3-3 图解法	153
3-4 分析法	162

3-5 相似法	169
3-6 电磁放大器铁心冲片尺寸的选择	177
附录3-1 α 、 β 系数的计算	185
附录3-2 公式推导	186
附录3-3 按铜铁重相等条件选择最适宜的磁通密度值	187
附录3-4 三次谐波电流变化斜度的计算	189
第四章 自动调整励磁系统的稳定性	191
4-1 自动调整励磁系统各元件方程式的列出	192
4-2 具有电压硬反馈稳定器时系统各元件方程式的列出	198
4-3 具有稳定变压器时系统各元件方程式的列出	205
4-4 电磁式电压校正器时间常数的计算	213
第五章 自动调整励磁装置的设计(第一部分)	226
5-1 发电机和励磁机的原始数据	226
5-2 复励装置整定计算	227
5-3 具有单制正接校正器的复励线路整定计算	233
5-4 电磁放大器计算	239
5-5 量测机构计算	246
5-6 电压校正器时间常数计算	256
5-7 电压校正器放大系数计算	257
5-8 电压校正器调整系统空载稳定计算	259
第六章 自动调整励磁装置的设计(第二部分)	262
6-1 发电机及励磁机数据	262
6-2 发电机励磁电流计算	263
6-3 复励电流计算	266
6-4 确定复励线路参数	267
6-5 复励变压器计算	269
6-6 复励变压器的试验	270
6-7 电磁放大器计算	273
6-8 自动调整励磁装置结构简介	275
附录6-1 用于同期发电机复励线路的电流互感器允许负载	278
附录6-2 用于电磁式电压校正器线路的电压互感器每相允许负载	279
参考文献	279

第一章 自动调整励磁装置的发展

1-1 复式励磁简述〔文献1、2〕

在苏联，复式励磁的研究工作是在苏联科学院 B. H. 赫鲁晓夫院士的创议和领导下开展起来的。后来在乌克兰科学院电工研究所 J. B. 楚克尔尼克、C. A. 列别捷夫、B. J. 伊诺索夫等学者，对复式励磁的理论分析和实际应用进行了深入地研究工作，并获得了显著的成就。

复式励磁所具有的最大的优点是线路简单，运行可靠，其特性无失灵域，从而使发电机有可能运行到人工稳定区，这对电力系统稳定而言是有意义的。

特别是当系统发生短路或因直接起动与发电机容量相近的感应电动机时，在引起发电机定子电流增大的同时，复式励磁装置可对机组进行几乎无惯性的强行励磁，从而加速了系统电压的恢复，并提高系统运行的稳定性。

1-2 复式励磁的作用原理

为了明确地叙述复式励磁的作用原理，现以复激直流发电机为例加以说明。

如图 1-1 所示，当发电机无串励绕组 OB_2 时，其端电压与负载电流的关系式为：

$$u_a = E_a - i_a R_a, \quad (1-1)$$

式中 E_a ——发电机电势；

i_a, i_s ——发电机相应的电枢电流和负载电流；

R_a ——电枢电阻。

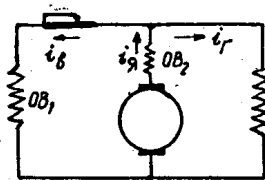


图 1-1 复激直流发电机原理系统图

$$i_a = i_s + i_l$$

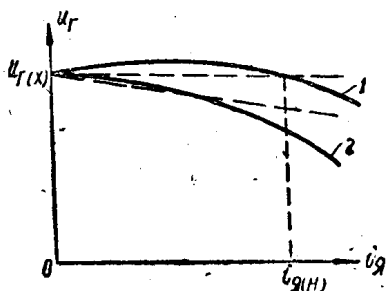


图 1-2 直流发电机外特性

其外特性 $u_s = f(i_a)$, 如图 1-2 曲线 2 所示。

当适当地选择串励绕组匝数 OB_s , 有负载时由该绕组所产生的附加磁势补偿了电枢的电压降, 此时的 $u_s = f(i_a)$ 如图 1-2 曲线 1 所示。此时, 在额定负载情况下, 发电机的端电压仍为额定值。

复式励磁装置就是将这一

原理应用到大型同步发电机上的结果, 所不同的只是同步发电机的负载电流是交流, 而所需的励磁电流是直流。为了解决这个问题在复励装置中, 首先应用了具有适当变比的电流互感器, 然后将其二次电流一部分或全部加以整流(通常称为复励电流), 供给励磁机励磁绕组部分的附加励磁, 以补偿同步发电机的电压降。

图 1-3、1-4, 示出了简化的复式励磁典型线路图。对于大型发电机通常须采用三相式复励装置, 为简便计, 兹以单相线路作为讨论基础。

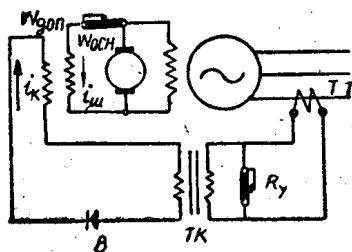


图 1-3 简化复式励磁线路

TT—电流互感器; B—复励整流器;
 R_y —调整电阻; TK—复励变压器。

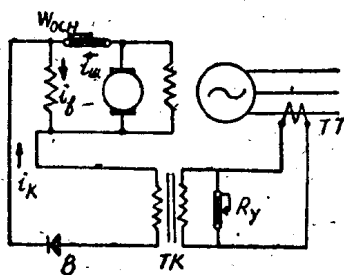


图 1-4 简化复式励磁线路
(无附加绕组)

TT—电流互感器; B—复励整流器;
 R_y —调整电阻; TK—复励变压器。

由图 1-3 中不难看出, 励磁机励磁绕组的总磁势 iW_s 应为:

$$iW_s = i_{\omega} \cdot W_{och} + i_{\kappa} \cdot W_{oon}. \quad (1-2)$$

而图 1-4 所示线路:

$$i w_a = (i_u + i_k) w_{ocH}. \quad (1-3)$$

上两式中

i_u ——流过磁场变阻器的励磁机自激电流；

i_k ——励磁电流；

$w_{ocH} \cdot w_{ocH}$ ——励磁机主极绕组和附加绕组的匝数。

在上述线路中，如果选择适当的复励电流 i_k 值，则有可能使发电机端电压在空载和满载时（功率因数一定），皆为额定值。为获得必需的复励电流值，可用选择不同的电流互感器和复励变压器的变流比，以及改变调整电阻 R_v 的数值等措施来实现。

复励变压器 TK 除了可以使发电机的励磁回路与接地的交流回路（复励用电流互感器通常须接地，图中未示出）隔离外，同时另一作用是和调整电阻 R_v 配合，可以满足对复式励磁线路提出的下述两个要求：

1) 发电机在空载和满载时（功率因数一定），端电压为额定值；

2) 发电机短路时，其励磁回路能得到一定的强行励磁电压值。

通常当复励线路的参数满足 (1-4) 式所示

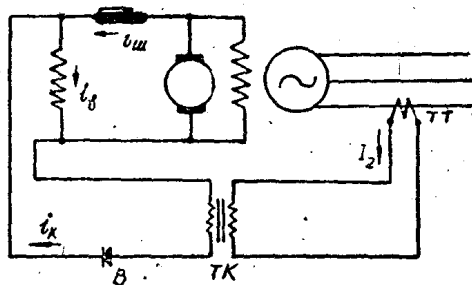


图 1-5 简单复励线路

的条件时（见 2-3），可以采用所谓简单复励线路，如图 1-5 所示。此线路的特点为电流互感器二次电流全部用作复励电流，正常运行时，无附加调整电阻损耗。

$$\frac{I_{2(\kappa, \beta)}}{I_{2(H)}} \geq \frac{i_{k(\kappa, \beta)}}{i_{k(H)}}, \quad (1-4)$$

式中 $I_{2(H)}$ 、 $I_{2(\kappa, \beta)}$ ——在额定和短路情况下，电流互感器二次电流值；

$i_{k(H)}$ 、 $i_{k(\kappa, \beta)}$ ——在同上情况下，复励回路的电流值。

此时由于调整电阻 R_v 仅作为平滑投入与切出复励装置用，可

以显著地减少电流互感器的负载。另外在图1-3、1-4所示的线路中,有时调整电阻亦可用电抗器 x_c 代替。这样对电流互感器来说,其伏安负载并未显著减少,所不同的只是相对地减少有功消耗而增加了部分无功负载。

必须指出,当发电机的负载电流或功率因数在较大的范围改变时,复励装置并不能保证发电机端电压为额定值。这一特性是复式励磁装置的主要缺点。

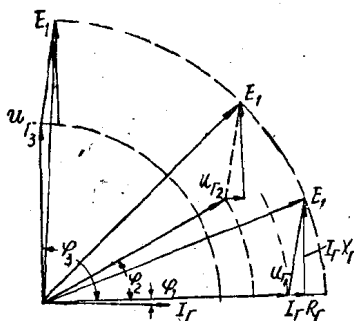


图 1-6 简化的同期发电机电端电压向量图

R_a —定子电阻; x_c —同期电抗。

当发电机的定子电流不变而负载功率因数改变时,可以认为复励电流 i_c 是近似不变的(忽略复励装置输出端负载电压的变化,对其输出电流的影响),但发电机端电压却起了变化,简化的向量图如图 1-6 所示。

当发电机定子电流 I_a 和内电动势 E_0 不变(即发电机励磁电流不变),而功率因数 $\cos\varphi$ 变化时,则与 $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$ 相应的端电压则为: $u_{a1} > u_{a2} > u_{a3}$ 。

相应的 $u_a = f(I_a)$,特性曲线图如图1-7所示。

图中 a 点通常称为复励的阈值,在此点以前,因复励整流器交流侧输入电压比相应的输出端,直流电压(归算于交流侧的交流电压)低,故无复励电流输出。当定子电流 $I_a > I_{nop}$ 时,由于交流侧输入电压比直流侧归算于交流侧的相似电压高,开始出现复电流。在 a 点以前发电机的外特性通常是按着无复励装置的外特性变化的。当复励装置采

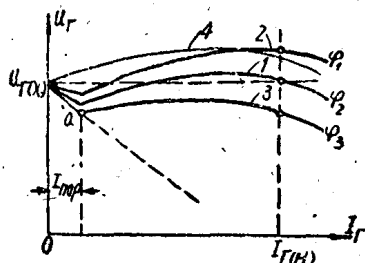


图 1-7 复励发电机外特性

1, 2, 3—采用普通复励线路的发电机外特性; 4—采用简单复励线路或复励输出端接在附加绕组时, 发电机的外特性;
 I_{nop} —阈值电流。

用简单线路或其输出端直接接在附加绕组上时,无复励限值出现,如图 1-7 曲线 4 所示。

由图 1-7 可看出,当发电机定子电流不变而负载功率因数改变时,复励装置不能保持发电机的端电压为额定值。

由于复励装置具有上述缺点,因此,通常须与电压校正器配合运行。

1-3 复式励磁的强行励磁作用

当发电机端或与机组联结的系统短路时,复励装置能供给的强行励磁程度决定于复励系统的参数,一般可获得较高的数值。

但在远方短路系统电压下降并不显著的情况下,正常复励线路所能供给的强行励磁程度并不显著。为了提高强行励磁倍数,通常可采用下列办法:

1. 复励调整电阻 R_y 采用非线性电阻,并具有正的温度系数。这样,在强行励磁时,由于分路变阻器电流增大的结果,电阻值(当电流互感器二次电流变化时相应的复励变压器输入电压亦随之变化)增加,从而提高了强行励磁电压值。

2. 复励装置采用具有直流励磁的电抗器 x_y 代替调整电阻 R_y [文献 3]。电抗器励磁绕组由发电机电压供电。当机组电压下降时,其励磁电流随之减少,从而使电抗器阻抗加大,而提高复励强行励磁的程度,其线路如图 1-8 所示。

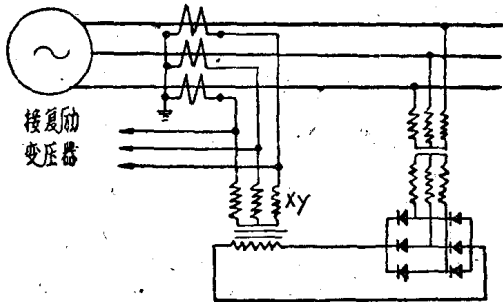


图 1-8 采用电抗器的复励线路

3. 采用低电压继电器 PH , 在正常情况下, 中间继电器 PII 接点短接一部分电阻; 当电压下降至一定值时, PII 接点打开, 增大了调整电阻 R_y 的电阻值, 如图 1-9 所示。

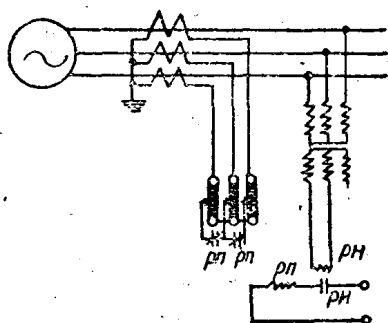


图 1-9 采用繼电强行励磁装置的复励綫路

PH—中間繼电器；PH—电压繼电器。

1-4 电磁式电压校正器

簡述〔文献4、5〕

当发电机功率因数或定子电流改变时，由于复励装置不能将发电机的电压保持在給定偏差范围内，因此复励装置通常須与电压校正器配合运行。

現在应用的电压校正器有三种基本結構型式：即电气机械型、电子管型和电磁型。但是，

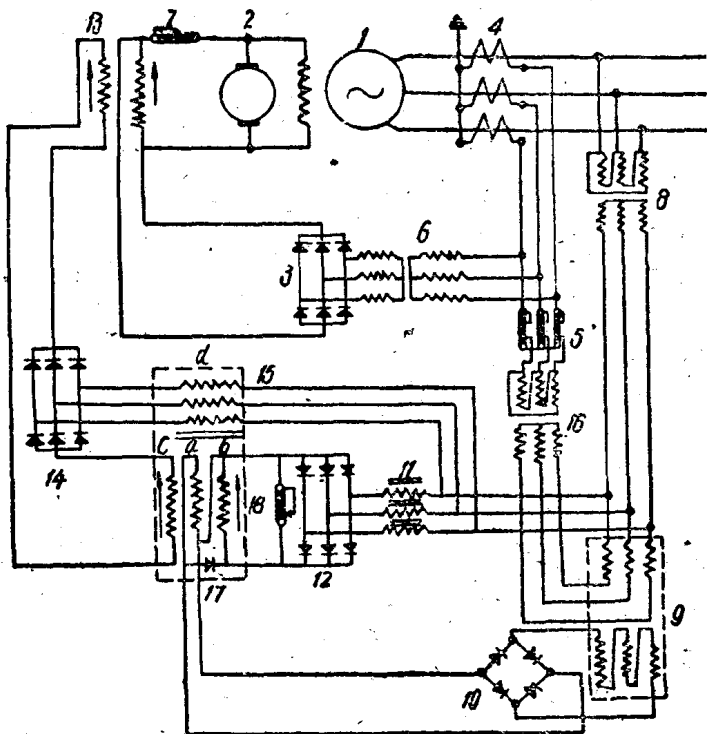


图 1-10 带单制正接校正器的复励綫路

1—发电机；2—励磁机；3—复励整流器；4—复励电流互感器；5—复励调整电阻；6—复励变压器；7—磁场变阻器；8—电压互感器；9—非直綫元件；10—非直綫元件整流器；11—直綫元件；12—直綫元件整流器；13—附加繞組；14—校正器輸出整流器；15—磁放大器；16—区分变压器；17—閉鎖整流器；18—調整电阻。

电气机械型校正器工作可靠性较差，且具有失灵区；电子管型也因电子管寿命等因素而影响了工作的可靠性，因此这两种型式的电压校正器并未广泛地应用。本书仅以应用较广泛的电磁式电压校正器作为叙述的主要内容。

电磁式电压校正器系苏联乌克兰科学院电工研究所B.И. 伊诺索夫、И.В. 楚克尔尼克等学者所研究成功的，与复励装置配合工作的典型原理系统图如图1-10

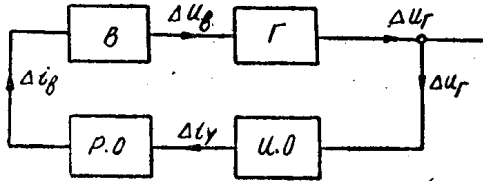


图 1-11 带有电磁式电压校正器的调节系统结构图

Γ—发电机；B—励磁机；P.O—放大机构；U.O—测量机构。

所示，带有电磁式电压校正器的调整系统结构图如图1-11所示。

1-5 电磁式电压校正器作用原理

电磁式电压校正器由测量机构、放大机构和硒整流器等部分组成，其输出端可以接在励磁机的附加绕组或主励磁绕组上。

校正器的测量机构由直线和非直线元件所组成。直线元件通常采用具有空气隙的三相（或者三个单相的）非饱和电抗器组成，其输出端接三相桥式整流器如图1-10中的12，整流后的电流供给磁放大器以直流励磁。

由于磁路不饱和，故直线元件的输出电流与外加电压成正比。非直线元件可采用具有三相五柱式铁心的（或三个单相的）饱和变压器组成非直线元件的一次侧绕组接成星形，而二次侧接成开口三角形，其线路如图1-12所示。

假如一次侧外加电压是按正弦变化的，则任意两相的磁通差也应当是按正弦变化的。

但是，由于饱和变压器的一次绕组接成星形，根据克希荷夫定律在一次绕组的中性点必

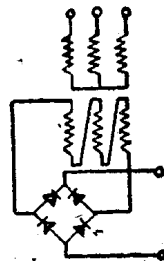


图 1-12 非直线元件简化线路

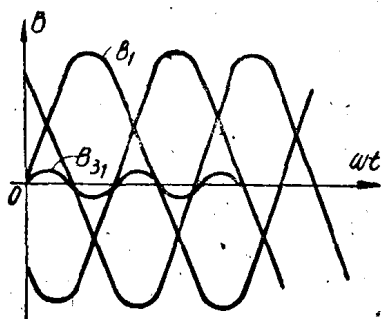


图 1-13 基波及三次谐波磁通密度变化(忽略三次以上谐波)

B_1 —基波磁通密度; B_{31} —三次谐波磁通密度。

有:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \text{ 之条件}$$

由上式可知, 每相电流只有按正弦变化并不含有谐波时, 此条件始能成立。另一方面, 因铁心工作在磁化曲线饱和部分, 此时磁场强度 H 是按正弦变化的, 因此每相铁心中磁通密度 B_1 将不是按正弦变化。而包含有三及三的倍数谐波分量如图 1-13 所示, 若忽略三的倍数以上的谐波磁通密度分量, 则在每相次数绕

组中感应的三次谐波电势分别为:

$$E_{3a} = E_{3m} \sin(3\omega t + \varphi);$$

$$E_{3b} = E_{3m} \sin[3(\omega t - 120^\circ) + \varphi] = E_{3m} \sin(3\omega t + \varphi);$$

$$E_{3c} = E_{3m} \sin[3(\omega t - 240^\circ) + \varphi] = E_{3m} \sin(3\omega t + \varphi); \quad \left. \vphantom{E_{3a}} \right\} (1-5)$$

式中 φ ——起始角;

E_{3a}, E_{3b}, E_{3c} ——每相次级绕组中所感应的三次谐波电压有效值;

E_{3m} ——同上最大值。

由 (1-5) 式可看出, 在三个铁心中所感应的三次谐波电势方向是相同的。当铁心不饱和时, 基波磁场强度及磁通密度都是按正弦变化的, 故次级无三次谐波电压。而当铁心饱和时, 由于铁心中呈现了三次谐波磁通密度, 故此时始有三次谐波电压发生。值得指出的是, 此时次级输出回路的电势频率为原级的三倍即 $f_3 = 3f_1$, 故通常亦称此种接线变压器为三倍频器。

饱和变压器的输出端接在单相桥式整流器 10 上。

整个量测机构(直线及非直线元件)的特性曲线如图 1-14 所示。

通常当发电机电压为额定值时, 整定量测机构, 令直线与非

直線元件兩者輸出電流相等（如图1-14中的 a 點）；當電壓產生偏差時，直線與非直線元件兩者的電流差決定於電壓偏差的大小與方向，利用這個特性可以達到了調整的目的。

如果以量測機構的輸出功率直接控制勵磁機的勵磁回路通常是不足的，為此量測機構與勵磁機勵磁回路之間須接入磁放大器。磁放大器可視為是一個隨鐵心飽和程度而改變電抗的電抗器。

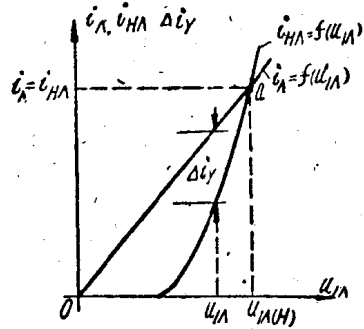


图 1-14 量測機構特性曲線

u_{HA} ——一次側外加綫電壓； i_A ——直綫元件整流電流； i_{HA} ——非直綫元件整流電流； Δi_Y ——控制電流差。

磁放大器15的鐵心上同時繞有交流繞組及與交流繞組沒有電磁聯系的直流勵磁繞組。通常可借助於不大的控制功率，而在廣泛的範圍內使磁放大器的電抗變化，從而控制了主回路中較大的功率。磁放大器可以採用單相或三相的。作為校正器用的磁放大器如图1-10所示，它具有三個直流繞組，其中 a 由量測機構非直線元件整流器供電， b 由直線元件整流器供電， c 為反饋繞組，其中流過校正器輸出電流。對於正接校正器而言，繞組 a 和 b 的直流磁勢方向相反。通常由於直線與非直線控制繞組匝數相等故對磁放大器實現控制作用的是量測元件的控制磁勢差（即控制電流差）。

交流繞組 d 與硒整流器14串聯，其電源由發電機的電壓互感器供電（對於低壓發電機可直接由發電機電壓供電），由整流器14輸出的校正器電流流入勵磁機附加或主勵磁繞組。當校正器輸出端接在勵磁機的主勵繞組上時，在一般情況下將比接在附加繞組上所消耗的功率增大1~2倍。

電壓校正器調節發電機電壓的過程為：當發電機的電壓較額定值有偏差時，由於直線與非直線元件產生的控制電流差，相應地引起控制繞組 a 和 b 的磁勢差，從而改變了磁放大器鐵心的飽

和程度，亦即改变了相应的校正器输出电流值。

在流过校正器输出电流的反饋繞組 c 中，所产生的附加磁势，显著地改变了磁放大器鉄心的饱和程度，其结果是当发电机电压輕微变化时，可以引起了陡度很大的校正器电流的变化。

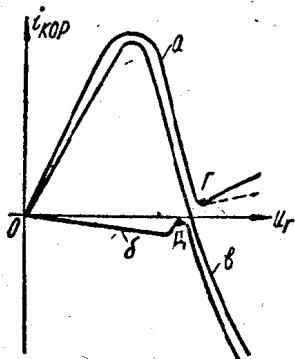


图 1-15 电压校正器特性曲线
a—正接校正器特性曲线；b—反接校正器特性曲线；c—合成校正器特性曲线。

在图 1-10 所示的正接校正器线路中，磁放大器控制繞組的极性应这样选择，使繞組所产生的磁势与 c 方向相同，而与 a 方向相反。当发电机电压为零时，因磁放大器交流繞組上无电压，故校正器电流亦为零。当发电机电压即校正器输入电压逐渐增加时，磁放大器所承受的电压以及控制繞組的磁势亦随之增加（即使磁放大器减少），从而校正器电流也随之增加。当控制繞組磁势差呈现最大值时，校正器电流也将达到最大值如图 1-15 曲线 a 所示。

当发电机电压再继续增加时，校正器电流将由于控制繞組磁势差的减少（即使磁放大器电抗增大）而减少。当发电机电压增加到位于直线与非直线元件特性曲线之交点工作电压值以上时，因非直线元件输出电流大于直线元件输出电流，故合成控制磁势方向与前相反，为负值。当合成的负的磁势恰好与反饋磁势抵消时，磁放大器鉄心中的直流励磁磁势的总和为零，而使磁放大器具有仅决定于交流电流的最大的电抗值。与此情况相应的校正器输出电流亦为最小值，如图 1-15 曲线 a 的 P 点。为了使校正器能实现对发电机调节励磁的作用，当发电机的电压下降时，所引起的校正器电流的变化必须是增加的，因此在图 1-15 中，只有曲线 a 的 P 点左边与校正器呈现最大输出电流点之间为正常的工作范围，特性曲线的其余部分称为非工作范围。对于图 1-15 曲线 b 所示的反接校正器特性曲线，其形成过程与正接校正器基本相