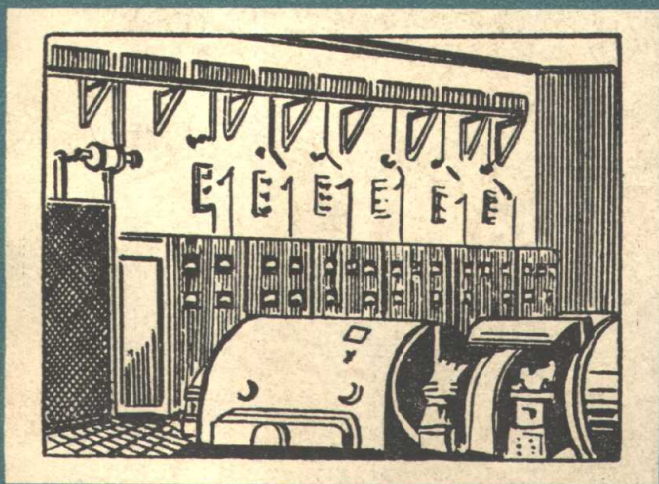




第 10 册

高频加热装置的发电机供电

〔苏联〕A. H. 沙莫夫 著



上海科学技术出版社

高频热处理丛书

第 10 册

高频加热装置的发电机供电

〔苏联〕A. H. 沙莫夫 著

小 冰 译

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本丛书原书第一版于1954年出版,曾由本社翻譯出版。1957年原书有了第二版,内容有相当大的修改,若干册书名亦有更改,为此根据新版本重譯重排,陸續出版。

本书是高频热处理丛书的第10册,主要討論高频加热的机械发电机的供电問題。为了提高发电机功率的利用率,本书着重研究了高频裝置的集中供电問題;对于用于自动控制的各種輔助元件如电机放大机、继电器、光电高温計、电磁液压开关、电磁气压开关等,也都有扼要的說明。

本书供从事高频加热的工作人員閱讀。

ПИТАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОТ МАШИННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

А. Н. Шамов

Машгиз • 1957

高频热处理丛书

第10册

高频加热裝置的发电机供电

小 冰 譯

上海科学技术出版社出版(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本787×1092 1/32 印张130/32 排版字数41,000

1963年9月第1版 1965年10月第2次印刷

印数3,001—7,200

統一书号 15119·1745 定价(科四) 0.22 元

目 录

第一章	高频装置的主要元件及其用途	1
第二章	自动控制用的辅助元件	17
第三章	淬火过程的自动控制	29
第四章	高频装置的集中供电	33
第五章	高频电能的输送	41
第六章	加热装置的调谐	50
附 录	高频装置的主要电气设备及应用仪表举例 (由 100 千瓦、8000 赫的发电机供电给万 能淬火机床)	56

第一章 高频装置的主要元件及其用途

高频装置是由电路系统联接起来的许多设备元件构成的。高频装置的每个元件均有它一定的用途，并以此决定它在电路内的位置。

高频装置工作的可靠性、运转上的便利、产品的质量和热处理过程的成本取决于正确地选择设备类型、元件在线路中的相互联系及其布置。

熟悉金属熔炼、钢件淬火、钎焊及锻件毛坯加热用的高频装置后，我们发现有许多相同的元件：实现感应加热的感应器，高频电源，提高负荷功率因数的电容器组，接触器，测量仪器和自动控制设备。

感应器因不同的用途而有不同的结构（见图 1, 2 和 3）。它们的尺寸和结构由需要淬火的零件、被加热毛坯的尺寸及形状或熔炼炉坩埚的容量来决定。

高频电流通过感应器，即在其内产生一交变磁场，使放在感应器内的金属产生感应电流，这电流就使金属发热。高频电流是由专用的高频发电机供给的。工业中广泛应用的发电机有两类：频率达 10000 赫的机械式发电机和频率超过 100000 赫的

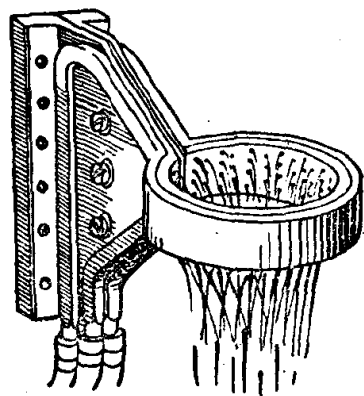


图 1 同时感应加热法用的
淬火感应器

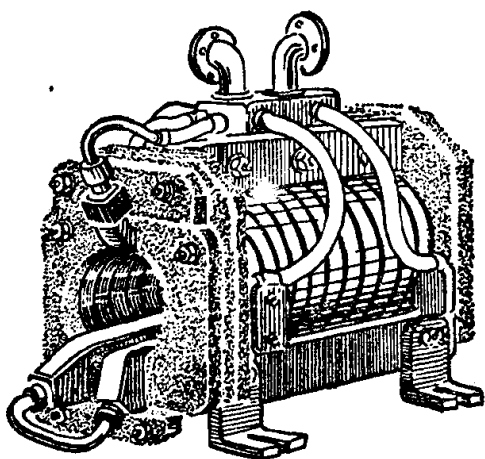


图2 感应加热锻件毛坯用的多匝感应器

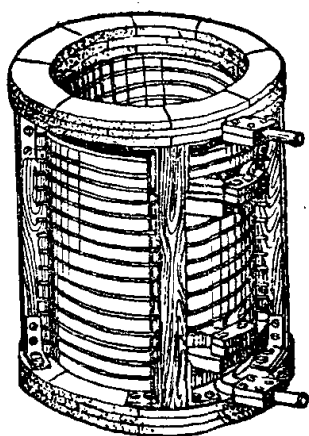


图3 熔炼炉用的感应器

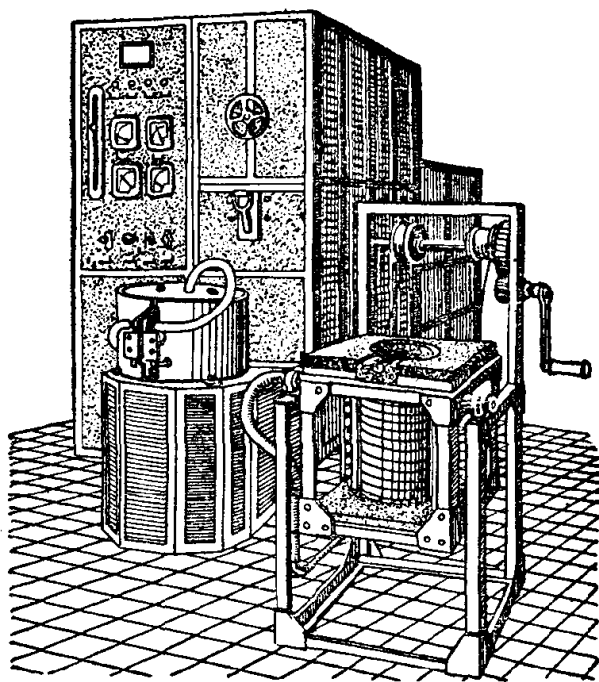


图4 带有电子管振荡器的淬火、熔炼和钎焊用 JII 型高频装置,其频率为 150~250 千赫,功率为 30~60 千瓦

射頻电子管振蕩器^①。

电子管振蕩器通常制成为完善的高頻装置，其内部所有的元件都装在一个壳体中（图 4）。由电子管振蕩器发出的电流頻率的高低决定于振蕩回路的参数，而振蕩回路的参数又受加热时发生改变的負荷参数的影响。由此可见，电子管振蕩器的电流頻率可以在很大範圍内变更，并且，在加热过程中不是恒定的。

感应加热用电子管振蕩器的頻率是在 100 千赫到 15 兆赫範圍内。

机械式发电机发出的电流頻率是不能改变的，对于一定的结构来说，电流頻率只决定于电动机的轉数。

机械式发电机（图 5）是按照一定的功率、頻率、电压、电流和功率因数制成的。此外，机械式发电机有各种不同的结构。

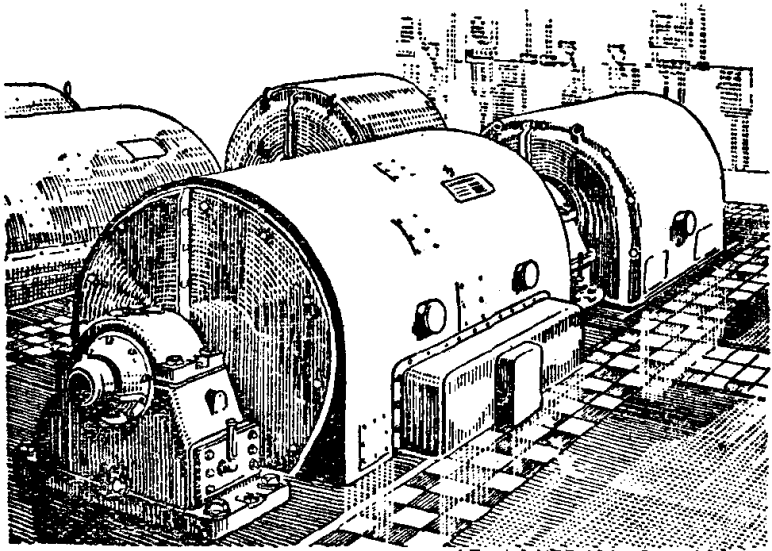


图 5 2500 赫、500 千瓦的 BFO-500-2500 型空气水冷式机械发电机

① 見本丛书第 6、8、9、12 和 14 各册。

频率达 500 赫和较大功率(超过 500 千瓦)时,采用的发电机类型是在转子的极上有激磁绕组的普通同步电机。

为了获得 500 至 10000 赫的频率,可利用转子上没有绕组的所谓机械式感应体发电机。感应体发电机的激磁绕组和工作绕组一样是安在定子上的。

根据磁系统的构造和激磁绕组的配置,感应体发电机可分为两类:同极发电机和异极发电机^①。某些感应体发电机(例如 ИБ-100-8000)串联在高频绕组电路上的电容器是不可拆卸的。

这种电容器专为补偿发电机绕组内的无功电压降。如果使电容器的容抗等于发电机绕组的感抗,那末当负荷电流和功率因数改变时负荷电压可自动地保持恒定。但是应该注意到这时发电机绕组上的电压会剧烈改变,即电压在负荷的电容功率因数时增大,而在电感功率因数时减小。

短路时,电流的显著增加和绕组及电容器上的电压急剧增高,这应该认为是调谐电容的缺点。

为了消除发生电击穿的可能,装置空气放电器来保护发电机的绕组或电容器,当电压增高时,空气放电器使保护的元件短路。在这种情况下,电路的阻抗增加,因为系统超出调谐,于是短路电流减小到安全值。

电容器照例具有较高的额定电压,以容许发电机的电流过载。实际上选择的电容量一般都稍大于调谐电容,这样就减小了短路电流。在这种情况下,发电机的电压不保持恒定,而随着负荷和功率因数的改变也略有变化。

只有在负荷参数与发电机的参数匹配时,发电机才能发

^① 参看 P. II. 热日林和 M. A. 斯比岑著的“高频加热用发电机”,本丛书第 8 册。

出全部功率。根据負荷的参数，我們可以知道負荷的有效电阻和电抗。

为了加热或熔化金属，应将一定的电能傳給金属，或在規定的加热時間內輸給金属以必需的功率。若加热零件的感应器的形状和尺寸一定，或熔料的数量和状态一定，則只有在感应器上加以一定的电压时，才能輸送必需的功率。

因而，为使发电机和感应器正常工作，它們的电压必須匹配。在感应炉或感应器內加热长毛坯，要做到这一点是比較容易的，只要選擇相应的匝数就行了。但是淬火加热用的感应器大都是单匝的，感应器上所需的电压在 15 到 100 伏範圍內。而机械发电机的电压为 375、750 和 1500 伏。因此，要使感应器和发电机的电压相匹配，必須利用降压变压器(图 6)。

降压变压器（或通称为淬火变压器）一般分为壳式鉄心变压器和心式鉄心变压器^①。为了减小变压器的外形尺寸，鉄心和繞組的綫匝都用水来冷却，因此，綫匝用銅管做成。次級繞組一般为一匝或二匝。感应器接在次級繞組的引出端上。高频发电机发出的电压則輸到初級繞組。初級繞組的匝数应选择得使感应器上产生必需的电压。現代的淬火感应器是做成初級繞組的匝数可以变换的，这样便大大簡化了发电机的

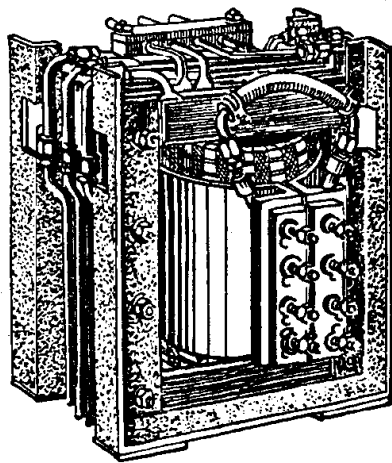


图 6 2500~8000 赫的
淬火变压器

^① 参看 B. B. 沃洛格金和 A. E. 斯普霍茨基著的“高频加热用变压器”，本丛书第 7 册。

电压与感应器的电压相匹配的問題。

直接或經過淬火变压器与发电机相接的負荷（帶零件的感应器）有很大的电感。电感性电路在与电源接通时，能在磁場中儲藏能量。

磁場随着发电机的頻率而周期性地消失，同时磁場內儲藏的能量也周期性地回輸給电源。在下一瞬間，能量又重新儲藏于磁場中，如此循环不已。

接有負荷的高頻发电机的功率，不完全用于加热金属，有一部分用于产生周期性儲藏能量的磁場。

发电机的总功率为

$$P_t = U_t \cdot I_t \times 10^{-3} \text{ 千伏安,}$$

式中 U_t ——发电机的額定电压(伏)；

I_t ——发电机的額定电流(安)。

消耗于負荷上的功率（由电能变为热能）称为有功功率；有功功率为：

$$P_a = U_t \cdot I_t \cdot \cos \varphi \times 10^{-3} \text{ 千瓦。}$$

有功功率与总功率之比，称为負荷功率因数：

$$\frac{P_a}{P_t} = \cos \varphi。$$

負荷功率因数在数值上等于負荷全电流与电压間相位角的余弦。若負荷为有效电阻，則在发电机的电压相同的情况下，可以在較小的电流时将功率輸送給被加热零件。

在具有电感的負荷情况下，发电机的电流就包含有功及无功两个分量，并等于

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = \frac{I_a}{\cos \varphi}。$$

无功分量加大了总电流，同时使发电机和供电綫路过载。

为了用无功功率减小发电机的負荷，将电容器組与感应器并接，因为电容器組每单位功率的成本通常只有发电机每单位功率成本的几分之一。負荷电路的电感和电容器組的电容組成了諧振回路，或通常叫它做振蕩回路。

在这种情况下，儲藏在感应器磁場內或儲藏在感应器-变压器系統的磁場內的能量就傳送給电容器，并变成了电場能。然后电容器組放电，能量又重新变为磁場能。

由此可見，負荷电路的电感与电容器組的电容不停地交換着儲藏的能量。发电机和电纜（将电能由发电机輸至振蕩回路）就仅載有有功电流。

无功电流只在振蕩回路上流动（图7）。这样，发电机的全部功率都能用于加热了。电容的大小应由計算来选取，务使电感磁場內儲藏的全部能量都轉变为电容器的电場能，也就是使电容器組能完全改正感应器的低功率因数，或者如一

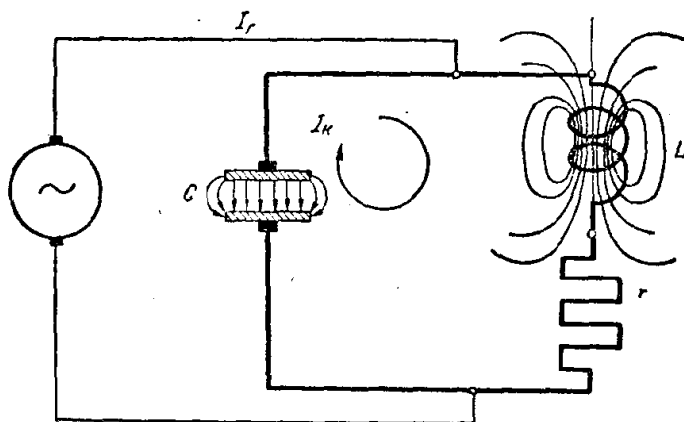


图7 負荷电路的振蕩回路

L —回路电感； C —回路电容； r —負荷电阻； I_r —发电机电流；
 I_K —回路电流

般所說,发生了調諧。要滿足这个条件,必須使电容器的功率

$$P_c \approx \frac{P_a}{\cos \varphi} \text{ 千乏 } ①,$$

式中 P_a ——从电源得到的有功功率(千瓦)。

感应加热时,負荷的功率因数随着电流頻率的增高而减小。当用 1000 到 10000 赫頻率的电流进行感应熔炼和鍛件毛坯的加热时,功率因数通常在 0.05 至 0.3 之間。感应淬火时,功率因数数值在 0.2 至 0.5 之間。

最简单的电容器是由两块金属极板制成的平板电容器,在极板之間夹有介质。工业上在交流电路內主要采用三种类型的电容器:即用于頻率达 10000 赫的紙-油电容器、用于射頻的云母电容器和陶瓷电容器。这些电容器通常都制成水冷式的。

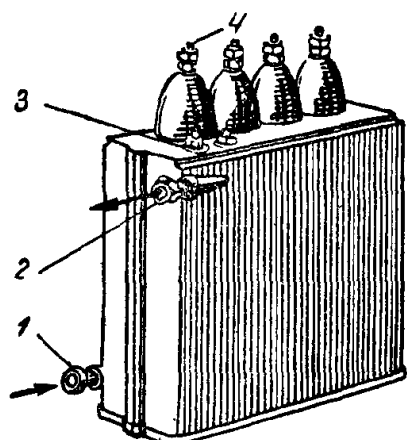


图 8 水冷式紙-油絕緣电容器,
当頻率为 2500~8000 赫时,
功率为 100~150 千伏安

1—进水口; 2—出水口; 3—公共极;
4—每个部分的另一个极的引出端

工业上用的紙-油电容器(图 8)一般由数个(2~6 个)部分组成。每个部分也包括一定数量的并联元件——綫圈。綫圈是用两层或多层寬 80~100 毫米的鋁箔帶繞成的,鋁箔帶中間夹数层亚麻紙。每一层鋁箔和亚麻紙的厚度为 10~20 微米。紙的电容率和电极的工作表面愈大,紙夹层愈薄,則这种綫圈的电容就愈高。

① 当 $\cos \varphi < 0.2$ 时,近似地可认为 $\sin \varphi$ 接近于 1。精确計算应为

$$P_c = P_a \operatorname{tg} \varphi。$$

电容器的各个部分是装在金属罐內的。每个部分有一个极接在相应的接触螺柱上，螺柱借助套管絕緣子伸出在金属罐的頂盖外面。所有綫圈的另一个极是公共的，通常与壳体保持接触。

电容器的罐內注滿特別純的矿物油，紙就浸透在油內。

电容器的无功功率取决于电容、頻率和电压的大小，并按下式計算：

$$P_c = 2\pi f \cdot C \cdot U^2 \times 10^{-3} \text{ 千乏,}$$

式中 U ——电容器上的电压(伏)；

f ——頻率(赫)；

C ——电容(法拉)。

电容器的功率受电容器的电能損耗所限定，电能的損耗与頻率及电压的平方成比例。

电容器內能量的損耗会引起其本身的发热，这就减弱了介质的絕緣性能，因而有可能引起所謂的热击穿現象。

在生产大功率的高頻电容器时，介质的散热是一个主要問題。可以說，电容器每单位容积的功率基本上取决于介质冷却的强烈程度。大部分現代的大功率高頻电容器都制成水冷式的。

工业上生产的 ПМВ 型电容器^①，其功率为 90~160 千乏，頻率为 1000、2500 和 8000 赫，电压为 1500/750，750/375 和 1000/500 伏。这种类型电容器共有两个或四个等电容的部分，在金属罐的頂盖上相应有两个或四个絕緣子和从每一部分接出的引出端，另外还有一个公共的引出端与罐壳相連接。电容器的每个部分可以单独接在負荷上。

还生产一种 ӨМВ 型的电容器。这种电容器有五个不等

① 原书为 ӨМВ 型，恐系印誤。——譯者

电容的部分，专供电路微細調諧之用。这些部分可以并联着接上低压，也可以每两个串联起来接上高压。在后一种情况下，公共极是各个部分的内部连接。以上两种情况，电容器的功率是相等的。

电容器的数据和接线图载于产品说明书中。

为了获得大的电容，可把几个电容器并联起来成为电容器组。电容器组的电容为各个电容器电容的总和。

电容器应该尽可能安装在干燥清洁的适当座基上，彼此相隔 25 毫米左右。为了更完善地保存电容器，在各个接线处应该使绝缘子上所受的机械力尽可能小些。

既然电容器的公共极与壳体连接，所以安装电容器的座基应该与地面绝缘，而水冷系统是利用橡皮管接通的，水由下面的支管流入，由上面的支管流出。

冷却水必须很洁净，没有杂质和硬粒的东西，否则会堵塞冷却系统的。

为了冷却数个电容器，可将它们串联起来，但是要保证每个电容器都有必需数量的冷却水，水的压力又不能超过说明书上的规定。

在切断电容器之后，应先将电容器的引出端短路和接地，然后才可去触摸引出端。在有电压的情况下决不可以切断电容器。

接触器是高频装置不可缺少的元件。接触器的作用是使电源发电机与负荷接通和切断，或者说是使加热开始和中止。工业上制造的专用高频接触器，其电压达到 1500 伏，断路电流——当频率为 2500 赫时达 700 安，而当频率为 8000 赫时达 400 安。高频接触器上有一个磁力熄弧装置，用来熄灭带电电路切断时产生的电弧。每一个极都有由 2~3 匝铜汇流

条繞成的感应綫圈，該綫圈設計成能长期通过断路电流。电流通过綫圈，就产生磁場，在切断电路的一瞬間，磁場与电弧电场相互作用，将电弧从切断区域中逐出，促使电弧熄灭。为了更好地熄弧，在接触器的每个极上加一石棉板盒。

有一种接触器，在每个极上有两个并联的触头——工作触头和輔助触头（图9）。只有断开用的輔助触头上才装有熄弧装置。在这种情况下，磁力熄弧綫圈上要装鉄心。工作触头及輔助触头应調节得当，使之在断开的一瞬間首先切断工作触头，而不切断电流电路。此时，所有的电流便都沿着輔助触头通过。当輔助触头断开时，所形成的电弧便被熄灭。由于电流通过的时间很短，所以輔助触头的截面可以做成很小。工作触头是設計成适于长期用的。这种型式的接触器必須正确調节才能很好地工作。

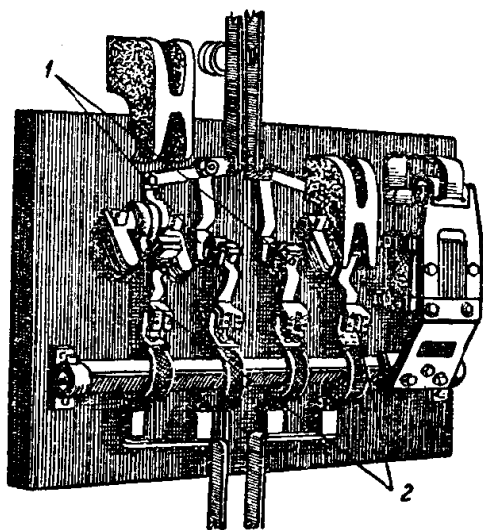


图9 接通加热装置与供电电源
的高频接触器

- 1—工作触头——切断无电流的电路用的；
2—輔助触头——与工作装置并联的、在切断电流的一瞬間用以熄灭电弧

接触器的断开和接通由电磁鉄来操纵。电磁鉄的綫圈制成交流 380 和 220 伏。

在电路上还采用一种負荷时不切断电路的接触器。

安装这种接触器是为电流准备通路，接触器的接通和断开是在电源切断时进行的。当由一个电源供电給数个变压器

輪流工作,且它們僅有一組公共的電容器時,在降壓變壓器的電路上要安裝這種類型的接觸器(圖10)。這種接觸器是沒有

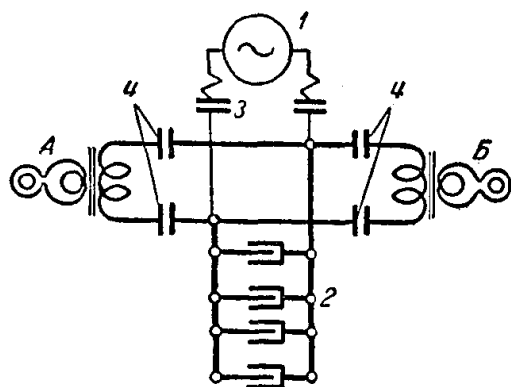


圖10 由同一台發電機供電的兩個
淬火裝置A和B

1—發電機; 2—兩個裝置共用的電容器組;
3—接通發電機用的主熄弧接觸器; 4—當發電機切斷時輪流接通
淬火裝置用的無熄弧接觸器

有磁力熄弧裝置的,它們的工作觸頭僅為通電之用。前一種接觸器稱為熄弧接觸器,而後一種接觸器稱為無熄弧接觸器。

無熄弧接觸器能承受的電流可達1000安。

有時在綫路中與淬火變壓器的初級繞組串聯一個扼流圈。扼流圈和淬火變壓器都是使感應器和發電機電壓相匹配的元件。

扼流圈由於感抗較大,因而降低了一部分由發電機輸出的電壓,這樣就降低了變壓器初級繞組上的電壓,從而也降低了感應器上的電壓。若扼流圈的結構正確,扼流圈內的有功損耗是很小的。只有在感應器上的電壓需要降低,也就是說變壓器初級繞組的匝數不足的條件下,扼流圈才起作用。

若要提高感應器上的電壓,則可以接入電容器來代替扼流圈。然而接入電容器實際上是極少見的,因為這樣的綫路不是平滑調節的綫路,並會造成從加熱一個零件轉換到另一個零件時重新調諧的困難。可以用一台中間自耦變壓器或初級繞組匝數可調節的淬火變壓器來代替扼流圈和電容器。

所有上述的幾種元件組成了高頻裝置的動力部分(圖11,

12 和 13)。这些元件的工作状态可用测量仪表来检查。线路上接有五个或六个仪表：测量发电机电压、电流和功率用的伏特计、安培计和瓦特计；测量负荷功率因数用的相位计；测量发电机激磁电流用的直流安培计（图 14）和测量熔炼装置电容器上电压用的伏特计。

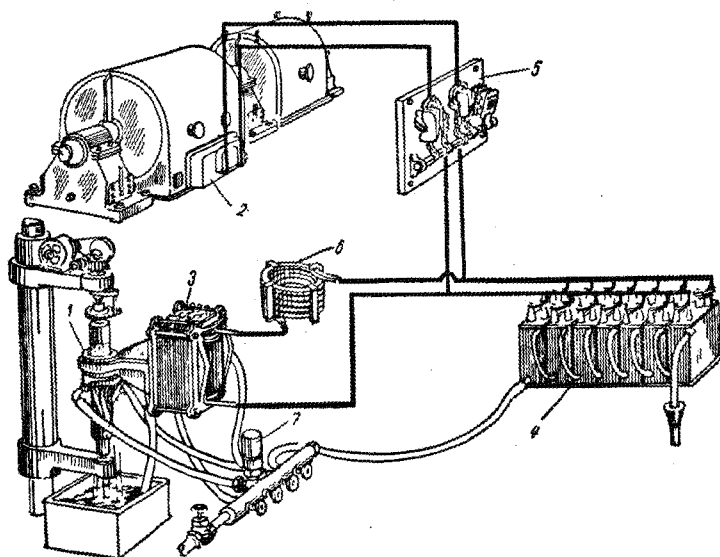


图 11 淬火装置的各种元件接线图

1—淬火感应器； 2—供给淬火装置的高频发电机； 3—使发电机电压与感应器电压相匹配的变压器； 4—电容器组； 5—接触器；
6—辅助电压匹配用的扼流圈； 7—电动液压开关

每个仪表只有在校准的频率时才能指出准确的读数。这个频率的大小示于仪表的刻度盘上。

仪表是通过电压互感器和电流互感器接入测量线路的。工业上制造的仪表，其适用频率为 1000、2500 和 8000 赫。