磁路

1. ★电机和变压器的磁路常采用什么材料制成，这种材料有那些主要特性？

答：电机和变压器的磁路常采用硅钢片制成，它的导磁率高，损耗小，有饱和现象存在。

1. ★磁滞损耗和涡流损耗是什么原因引起的？它们的大小与那些因素有关？

答：磁滞损耗由于B交变时铁磁物质磁化不可逆，磁畴之间反复摩擦，消耗能量而产生的。它与交变频率f成正比，与磁密幅值的α次方成正比。

涡流损耗是由于通过铁心的磁通ф发生变化时，在铁心中产生感应电势，再由于这个感应电势引起电流（涡流）而产生的电损耗。它与交变频率f的平方和的平方成正比。

1. 什么是软磁材料？什么是硬磁材料？

答：铁磁材料按其磁滞回线的宽窄可分为两大类:软磁材料和硬磁材料。磁滞回线较宽，即矫顽力大、剩磁也大的铁磁材料称为硬磁材料，也称为永磁材料。这类材料一经磁化就很难退磁，能长期保持磁性。常用的硬磁材料有铁氧体、钕铁硼等，这些材料可用来制造永磁电机。磁滞回线较窄，即矫顽力小、剩磁也小的铁磁材料称为软磁材料。电机铁心常用的硅钢片、铸钢、铸铁等都是软磁材料。

1. 磁路的磁阻如何计算？磁阻的单位是什么？

答：，其中：µ为材料的磁导率；l为材料的导磁长度；A为材料的导磁面积。磁阻的单位为。

1. 说明磁路和电路的不同点。

答：1）电流通过电阻时有功率损耗，磁通通过磁阻时无功率损耗；

2）自然界中无对磁通绝缘的材料；

3）空气也是导磁的，磁路中存在漏磁现象；

4）含有铁磁材料的磁路几乎都是非线性的。

6．★说明直流磁路和交流磁路的不同点。

答：1）直流磁路中磁通恒定，而交流磁路中磁通随时间交变进而会在激磁线圈内产生感应电动势；

2）直流磁路中无铁心损耗，而交流磁路中有铁心损耗；

3）交流磁路中磁饱和现象会导致电流、磁通和电动势波形畸变。

7．基本磁化曲线与起始磁化曲线有何区别？磁路计算时用的是哪一种磁化曲线？

答：起始磁化曲线是将一块从未磁化过的铁磁材料放入磁场中进行磁化，所得的B=f（H）曲线；基本磁化曲线是对同一铁磁材料，选择不同的磁场强度进行反复磁化，可得一系列大小不同的磁滞回线，再将各磁滞回线的顶点连接所得的曲线。二者区别不大。磁路计算时用的是基本磁化曲线。

1. 路的基本定律有哪几条？当铁心磁路上有几个磁动势同时作用时，磁路计算能否用叠加原理，为什么？

答：有：安培环路定律、磁路的欧姆定律、磁路的串联定律和并联定律；不能，因为磁路是非线性的，存在饱和现象。

直流电机

1. ★在直流电机中换向器-电刷的作用是什么？

答 在直流电机中，电枢电路是旋转的，经换向器-电刷作用转换成静止电路，即构成每条支路的元件在不停地变换，但每个支路内的元件数及其所在位置不变，因而支路电动势为直流，支路电流产生的磁动势在空间的位置不动。

1. ★直流电枢绕组元件内的电动势和电流是直流还是交流？若是交流，那么为什么计算稳态电动势时不考虑元件的电感？

答 直流电枢绕组元件内的电动势和电流是交流的。直流电机电枢绕组是旋转的，经换向器-电刷的作用，变换成为静止电路，两电刷间的电路在空间位置是不变的，因而电刷电动势是直流的，所通过的电流也是直流的，电感不起作用。

1. 直流电机的磁化曲线和空载特性曲线有什么区别？有什么联系？

答 直流电机的磁化曲线是电机主磁通与励磁磁动势的关系曲线，电机的空载特性曲线是指电机在某一转速下空载电压与励磁电流的关系曲线。由于，，因此两者形状相似。

1. ★何谓电机饱和现象？饱和程度高低对电机有何影响？

答 电机的磁路由铁心部分和空气隙部分组成，当铁心的磁通密度达到一定程度后，铁心部分的磁压降开始不能忽略，此时随着励磁磁动势的增加，主磁通的增加渐渐变慢，电机进入饱和状态，即电机磁化曲线开始变弯曲。电机的饱和程度用饱和系数来表示，饱和系数的大小与电机的额定工作点在磁化曲线可以分为三段，如图2-1所示，a点以下为不饱和段，段为饱和段，b点以上为高饱和段。将电机额定工作点选在不饱和段有两个缺点：①材料利用不充分；②磁场容易受到励磁电流的干扰而不易稳定。额定工作点选在过饱和段，有三个缺点：①励磁功率大增；②磁场调节困难；③对电枢反应敏感。一般将额定工作点设计在段的中间，即所谓的“膝点”附近，这样选择的好处有：①材料利用较充分；②可调性较好；③稳定性较好。

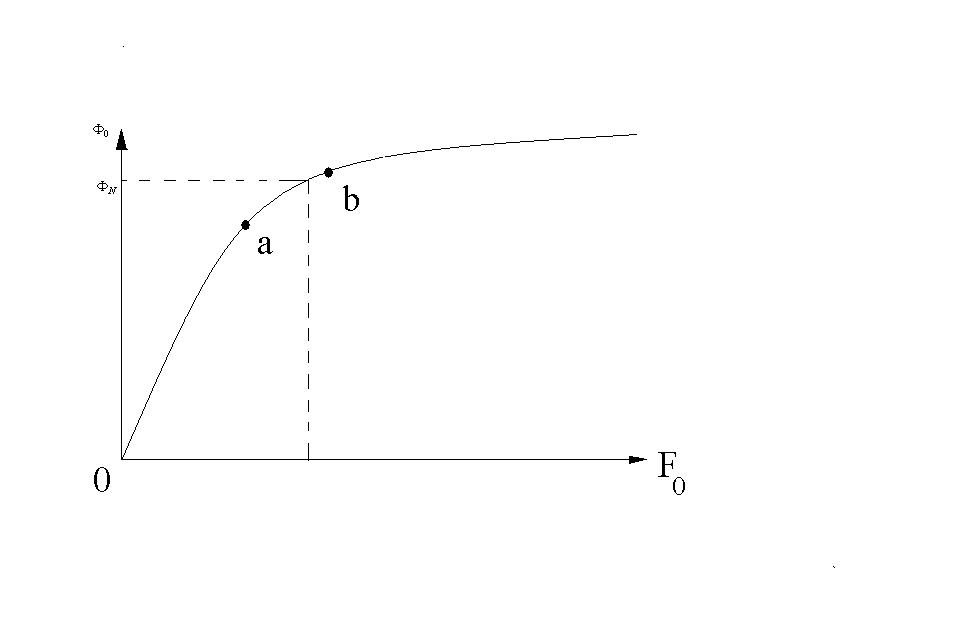


图2-1

1. 直流电机电枢绕组型式由什么决定？

答 直流电机绕组型式由绕组的合成节距决定。为叠式绕组；为波绕组，其中为换向器片数，为极对数。

1. 直流电机电枢绕组为什么必须是闭合的？

答 因为直流电枢绕组不是由固定点与外电路连接的，而是经换向器-电刷与外电路想连接的，它的各支路构成元件在不停地变化。为使各支路电动势和电流稳定不变，电枢绕组正常、安全地运行，此种绕组必须是闭合的。

1. ★直流电机电刷放置原则是什么？

答 在确定直流电机电刷的安放原则上就考虑：（1）应使电机正、负电刷间的电动势最大：（2）应使被短路元件的电动势最小，以利于换向。两者有一定的统一性，一般以空载状态为出发点考虑电刷的安放。因此，电刷的合理位置是在换向器的几何中性线上。无论叠绕组还是波绕组，元件端接线一般总是对称的，换向器的几何中性线与主极轴线重合，此时电刷的合理位置是在主极轴线下的换向片上。

1. ★电枢反应的性质由什么决定？交轴电枢反应对每极磁通量有什么影响？直轴电枢反应的性质由什么决定？

答 电枢反应的性质由电刷位置决定，电刷在几何中性线上时电枢反应是交轴性质的，它主要改变气隙磁场的分布形状，磁路不饱和时每极磁通量不变，磁路饱和时则还一定的去磁作用，使每极磁通量减小。

电刷偏离几何中性线时将产生两种电枢反应：交轴电枢反应和直轴电枢反应。当电刷在发电机中顺着电枢旋转方向偏离、在电动机中逆转向偏离时，直轴电枢反应是去磁的，反之则是助磁的。

1. 直流电机空载和负载运行时，气隙磁场各由什么磁动势建立？负载后电枢电动势应该用什么磁通进行计算？

答 空载时的气隙磁场由励磁磁动势建立，负载时气隙磁场由励磁磁动势和电枢磁动势共同建立。负载后电枢绕组的感应电动势应该用合成气隙磁场对应的主磁通进行计算。

1. **×**一台直流电动机，磁路饱和。当电机负载后，电刷逆电枢旋转方向移动一个角度。试分析在此种情况下电枢磁动势对气隙磁场的影响。

答 电刷移动后，电刷不在几何中性线上，同时存在交轴电枢磁动势和直轴电枢磁动势。交轴电枢磁动势使气隙磁场发生畸变，因磁路饱和，还有去磁作用，使每极磁通减少。对电动机而言，电刷逆旋转方向移动后，直轴电磁磁动势方向相反，电枢反应起去磁作用，使每极磁通减少。

1. ★直流电机的感应电动势与哪些因素有关？若一台直流发电机在额定转速下的空载电动势为230V（等于额定电压），试问在下列情况下电动势变为多少？（1）磁通减少10% ；（2）励磁电流减少10% ；（3）转速增加20%；（4）磁通减少10%。

答 感应电动势，在其它条件不变的情况下，感应电动势E与磁通Φ和转速n成正比。

（1）Φ减少10% ，E亦减少10% ，为20V。

（2）励磁电流减少10% ，由于磁路饱和，Φ减少不到10% ，E亦减少不到10% ，因此207V<E<230V。

（3）n增加20% ，E亦增加20% ，为276V。

（4）Φ减少10% ，n上升10% ，。

1. 直流电机的励磁方式有哪几种？每种励磁方式的励磁电流或励磁电压与电枢电流或电枢电压有怎样的关系？

答 直流电机励磁方式四种：①他励——励磁电流由独立电源供给，与电枢电流无关；②并励——励磁电流并在电枢两端，励磁电压等于电枢电压U；③串励——励磁绕组与电枢串联，；④复励——既有并励绕组又有串励绕组，按两绕组磁动势方向的异同分成：积复励——串励与并励磁动势同向，差复励——串励与并励磁动势反向。

1. 直流电机空载和负载时有哪些损耗？各由什么原因引起？发生在哪里？其大小与什么有关？在什么条件下可以认为是不变的？

答 电机空载运行时有机械损耗、铁耗和附加损耗。机械损耗由转子旋转时轴承摩擦、电刷摩擦以及通风引起，其大小与转速有关。铁耗是由转子旋转时主磁通在电枢铁心交变引起的，其大小与转速的次方（1<<2〉和铁心磁密的平方成正比。空载时的附加损耗包括转子旋转时电枢齿槽引起气隙磁通脉动，从而在铁心中产生脉振损耗，以及转子上的拉紧螺杆等结构件中的铁耗。以上三种损耗统称为空载损耗，其中附加损耗所占比例很小。在转速和主磁通不变的情况下，可以认为空载损耗不变。此外，在空载时还存在励磁功率，即励磁电路铜耗。

电机负载时除有机械损耗、铁耗、附加损耗和励磁损耗外，还存在电枢回路铜耗，它与电枢电流的平方成正比。在附加损耗中，除了空载时的两项外，还包括电枢反应使磁场畸变引起的额外电枢铁耗以及由换向电流产生的损耗。

1. ★他励直流发电机由空载到额定负载，端电压为什么会下降？并励发电机与他励发电机相比，哪个电压变化率大？

答 他励直流发电机由空载到额定负载，电枢电流由0增加到额定值电枢回路电阻压降增加，且电枢反应的去磁作用使主磁通下降，从而使感应电动势E下降。由公式可知，端电压U随的增加而下降。

对于并励发电机，除上面两个原因外，端电压下降，引起励磁电流下降，使得下降和E下降，所以并励发电机的电压变化率比他励发电机电压变化率要大些。

1. ★★做直流发电机实验时，若并励直流发电机的端电压升不起来，应该如何处理？

答 并励直流发电机的端电压升不起来，可按下述步骤进行处理，先检查一下线路和仪表接法是否正确，然后：①检查电机转速是否达到额定转速；②调节励磁回路所串电阻，使励磁回路电阻小于临界电阻；③把励磁绕组两端对调接在电枢绕组两端，使励磁磁通与剩磁磁通方向一致；④若以上三点都无效,则电机没有剩磁，应给电机充磁。

1. ★并励发电机正转能自励，反转能否自励？

答 发电机正转时能够自励，表明发电机正转时满足自励条件，即：①有一定的剩磁；②励磁回路的电阻小于与运行转速所对应的临界电阻；③励磁绕组的接线与电机转向的配合是正确的。这里的正确配合就是说当电机以某一方向旋转时，励磁绕组只有一个正确的接法与之相对应。如果转向改变了，励磁绕组的接线也应随之改变，这样才能保证励磁电流所产生的磁场方向与剩磁方向相同，从而实现电机的自励。当电机的转向改变了，而励绕组的接线未改变，这样剩磁电动势及其产生的励磁电流的方向必然改变，励磁电流产生的磁场方向必将与剩磁的方向相反。电机内磁场被削弱，电压不能建立，所以并励发电机正转时能自励；反转时，不改变励磁绕组的两个端头的接线，是不能自励的。

1. ★在励磁电流不变的情况下，发电机负载时电枢绕组感应电动势与空载时电枢绕组感应电动势大小相同吗？为什么？

答 负载时电动势比空载时小，由于负载时有电枢反应去磁作用，使每极磁通减小。

1. ★一台并励发电机，在额定转速下，将磁场调节电阻放在某位置时，电机能自励。后来原动机转速降低了磁场调节电阻不变，电机不能自励，为什么？

答 对应于不同的转速有不同的空载曲线，因而临界电阻也不同。电机转速降低，临界电阻减小，当临界电阻小于励磁回路电阻时，电机便不能自励。

1. ★一台他励发电机和一台并励发电机，如果其它条件不变，将转速提高20%，问哪一台的空载电压提高得更高？为什么？

答 当转速提高时，两者的空载电压都会提高。两者相比较，并励发电机的空载电压会更高些，因为由可知，并励发电机的电动势除与转速有关外，其磁场大小也与感应电动势有关。当转速升高时，不仅有转速升高的原因导致电动势增加，还有因电枢电动势的增加而使励磁电流磁加，并导致磁通增加的原因。这一因素半导致感应电动势进一步增加。

1. ★一台他励直流电动机拖动一台他励直流发电机在额定转速下运行，当发电机的电枢电流增加时，电动机电枢电流有何变化？分析原因。

答 直流电动机的电枢电流也增加。因为直流发电机电流增加时，则制动转矩即电磁转矩增大（磁通不变），要使电动机在额定转速下运行，则必须增大输入转矩即电动机的输出转矩，那么，电动机的电磁转矩增大，因此电枢电流也增大。

1. ★★如何改变并励、串励、积复励电动机的转向？

答 改变直流电动机转向就是要改变电磁转矩的方向，电磁转矩是电枢电流和气隙磁场相互作用产生的，因此改变电枢电流的方向或改变励磁磁场的方向就可以达到改变电动机转向的目的。①并励电动机：将电枢绕组的两个接线端对调或将并励绕组的两个接线端对调，但两者不能同时改变；②串励电动机：方法与并励电动机相同；③积复励电动机：要保持是积复励，最简单的方法是将电枢绕组的两个接线端对调。

1. ★★一台并励直流电动机原运行于某一、、和值下，设负载转矩增大，试分析电机将发生怎样的过渡过程，并将最后稳定的、、和的数值和原值进行比较。

答 直流电动机稳定运行时，，增大后，，从而使得下降。由知，下降，而，因此，上升。，故上升。这个过程一直持续到为止，电动机在新的状态下稳定运行。与原值相比，增大，减小，减小，增大。

1. ★★对于一台并励直流电动机，如果电源电压和励磁电流保持不变，制动转矩为恒定值。试分析在电枢回路串入电阻后，对电动机的电枢电流、转速、输入功率、铜耗、铁耗及效率有何影响？为什么？

答 由转矩平衡方程式可知，制动转矩不变时电磁转矩是不变的。当电动机的励磁电流保持不变，在不考虑电枢反应的影响或电枢反应保持不变时，气隙磁通=常数，因而电枢电流是不变的。又由于电压U不变，所以输入功率不变。从可知，当、、不变时，转速将随着的增大而减小。而，所以输出功率随下降而下降，因此电机的效率将降低。铜耗随增大而增大，铁耗随下降而减少。因此电枢回路串电阻后，电机的转速下降，电枢电流不变，输入功率不变，输出功率减少，铁耗减少，铜耗增加，效率降低。

1. ★★并励电动机在运行中励磁回路断线，将会发生什么现象？为什么？

答 励磁回路断线时，只剩下剩磁。在断线初瞬，由于机械惯性，电机转速来不及改变。电枢电势与磁通成比例减小。由可知，将急剧增加到最大值，当增加的比率大于磁通下降的比率时，电磁转矩也迅速增加，负载转矩不变时，由于电磁转矩大于负载转矩，电动机转速明显提高。随着转速的升高，电枢电动势增加，从最大值开始下降，可能在很高的转速下实现电磁转矩与负载转矩的新的平衡，电动机进入新的稳态。由于这时转速和电枢电流都远远超过额定值，这是不允许的。从理论上讲，当励回路断线时，若是电动机的剩磁非常小，而电枢电流的增大受到电枢回路电阻的限制，可能出现电枢电流增大的比率小于磁通下降的比率，在负载力矩一定时，电枢的电磁力矩小于制动力矩，因而转速下降。但在这种情况下，电枢电流仍然是远远地超过了额定电流值。可见，并励电动机在运行中励磁回路断线可产生两个方面的影响：一方面引起电枢电流的大幅度增加，使电动机烧毁；另一方面，可能引起转速急剧升高。过高的转速造成换相不良。到使电动机转子遭到破坏。因此，并励电动机在运行中应绝对避免励磁回路断线。针对励磁回路断线的故障，应采取必要的保护措施。

1. ★★试述并励直流电动机的调速方法，并说明各种方法的特点。

答 并励直流电动机的调速方法有以下三种：

（1）改变励磁电流调速。这种调速方法方便，在端电压一定时，只要调节励磁回路中的调节电阻便可改变转速。由于通过调节电阻中的励磁电流不大。故消耗的功率不大，转速变化平滑均匀，且范围宽广。接入并励回路中的调节电阻为零时的转速为最低转速，故只能“调高”，不能“调低”。改变励磁电流，机械特性的斜率发生变化并上下移动。为使电机在调速过程中得到充分利用，在不同转速下都能保持额定负载电流，此法适用于恒功率负载的调速。

（2）改变电枢端电压调速。当励磁电流不变时，只要改变电枢端电压，即可改变电动机的转速，提高电枢端电压，转速升高。改变电枢端电压，机械特性上下移动，但斜率不变，即其硬度不变。此种调速方法的最在缺点是需要专用电源。在保持电枢电流为额定值时，可保持转矩不变，故此法适用于恒转矩的负载调速。

（3）改变串入电枢回路的电阻调速。在端电压及励磁电流一定、接入电枢回路的电阻为零时，转速最高，增加电枢路电阻转速降低，故转速只能“调低”不能“调高”。增加电枢电阻 ，机械特性斜率增大，即硬度变软，此种调速方法功率损耗大，效率低，如果串入电枢回路的调节电阻 是分级的，则为有级调速，平滑性不高，此法适用于恒转矩的负载调速。

27、★★简述并励发电机的自励条件，条件不满足时，应采取的措施。

变压器

1. ★从物理意义上说明变压器为什么能变压，而不能变频率？

答： 变压器原副绕组套在同一个铁芯上, 原边接上电源后，流过激磁电流im， 产生励磁磁动势fm，在铁芯中产生交变主磁通φm, 其频率与电源电压的频率相同，根据电磁感应定律，原副边因交链该磁通而分别产生同频率的感应电动势e1和e2，且有、显然，由于原副边匝数不等，即N1≠N2，原副边的感应电动势也就不等，即e1≠e2，而绕组的电压近似等于绕组电动势,即U1≈E1、U2≈E2，故原副边电压不等，即U1≠U2, 但频率相等。

1. ★试从物理意义上分析，若减少变压器一次侧线圈匝数（二次线圈匝数不变）二次线圈的电压将如何变化？

答：由、可知，所以变压器原、副两边每匝感应电动势相等。又U1≈ E1, U2≈E2，因此，当U1 不变时，若N1减少, 则每匝电压增大，所以将增大。或者根据，若 N1减小，则增大，又，故U2增大。

1. 变压器铁芯的作用是什么，为什么它要用0.35mm厚、表面涂有绝缘漆的硅钢片迭成？

答：变压器的铁心构成变压器的磁路，同时又起着器身的骨架作用。为了减少铁心损耗，采用0.35mm厚、表面涂的绝缘漆的硅钢片迭成。

1. 变压器有哪些主要部件，它们的主要作用是什么？

答：铁心: 构成变压器的磁路,同时又起着器身的骨架作用。

绕组: 构成变压器的电路,它是变压器输入和输出电能的电气回路。

分接开关: 变压器为了调压而在高压绕组引出分接头,分接开关用以切换分接头,从而实现变压器调压。

油箱和冷却装置: 油箱容纳器身,盛变压器油,兼有散热冷却作用。

绝缘套管: 变压器绕组引线需借助于绝缘套管与外电路连接，使带电的绕组引线与接地的油箱绝缘。

1. 变压器原、副方额定电压的含义是什么？

答：变压器一次额定电压U1N是指规定加到一次侧的电压，二次额定电压U2N是指变压器一次侧加额定电压，二次侧空载时的端电压。

1. ★为什么要把变压器的磁通分成主磁通和漏磁通？它们之间有哪些主要区别？并指出空载和负载时激励各磁通的磁动势？

答：由于磁通所经路径不同，把磁通分成主磁通和漏磁通，便于分别考虑它们各自的特性，从而把非线性问题和线性问题分别予以处理

区别：1. 在路径上，主磁通经过铁心磁路闭合，而漏磁通经过非铁磁性物质 磁路闭合。

2．在数量上，主磁通约占总磁通的99%以上，而漏磁通却不足1%。

3．在性质上，主磁通磁路饱和，φm与im呈非线性关系，而漏磁通磁路不饱和，φ1σ与i1呈线性关系。

4．在作用上，主磁通在二次绕组感应电动势，接上负载就有电能输出， 起传递能量的媒介作用，而漏磁通仅在本绕组感应电动势，只起了漏抗压降的作用。空载时，有主磁通和一次绕组漏磁通，它们均由一次侧磁动势激励。

负载时有主磁通，一次绕组漏磁通，二次绕组漏磁通。主磁通由一次绕组和二次绕组的合成磁动势即激励，一次绕组漏磁通由一次绕组磁动势激励，二次绕组漏磁通由二次绕组磁动势激励。

1. ★变压器的空载电流的性质和作用如何？它与哪些因素有关？

答：作用：变压器空载电流的绝大部分用来供励磁，即产生主磁通，另有很小一部分用来供给变压器铁心损耗，前者属无功性质，称为空载电流的无功分量，后者属有功性质，称为空载电流的有功分量。

性质：由于变压器空载电流的无功分量总是远远大于有功分量，故空载电流属感性无功性质，它使电网的功率因数降低，输送有功功率减小。

大小：由磁路欧姆定律，和磁化曲线可知，I0 的大小与主磁通φm, 绕组匝数N及磁路磁阻有关。就变压器来说，根据，可知，， 因此，由电源电压U1的大小和频率f以及绕组匝数N1来决定。

根据磁阻表达式可知，与磁路结构尺寸，有关，还与导磁材料的磁导率有关。变压器铁芯是铁磁材料，随磁路饱和程度的增加而减小，因此随磁路饱和程度的增加而增大。

综上，变压器空载电流的大小与电源电压的大小和频率，绕组匝数，铁心尺寸及磁路的饱和程度有关。

1. ★变压器空载运行时，是否要从电网取得功率？这些功率属于什么性质？起什么作用？为什么小负荷用户使用大容量变压器无论对电网和用户均不利？

答：要从电网取得功率，有功功率供给变压器本身功率损耗，即铁心损耗和绕组铜耗，它转化成热能散发到周围介质中；无功功率为主磁场和漏磁场储能。小负荷用户使用大容量变压器时，在经济技术两方面都不合理。对电网来说，由于变压器容量大，励磁电流较大，而负荷小，电流负载分量小，使电网功率因数降低，输送有功功率能力下降，对用户来说，投资增大，空载损耗也较大，变压器效率低。

1. 为了得到正弦形的感应电动势，当铁芯饱和和不饱和时，空载电流各呈什么波形，为什么？

答：铁心不饱和时，空载电流、电动势和主磁通均成正比，若想得到正弦波电动势，空载电流应为正弦波；铁心饱和时，空载电流与主磁通成非线性关系（见磁化曲线），电动势和主磁通成正比关系，若想得到正弦波电动势，空载电流应为尖顶波。

1. ★试述变压器激磁电抗和漏抗的物理意义。它们分别对应什么磁通，对已制成的变压器，它们是否是常数？

答：激磁电抗是表征铁心磁化性能和铁心损耗的一个综合参数；漏电抗是表征绕组漏磁效应的一个参数。

激磁电抗对应于主磁通，漏电抗对应于漏磁通，对于制成的变压器，励磁电抗不是常数，它随磁路的饱和程度而变化，漏电抗在频率一定时是常数。

1. 变压器空载运行时，原线圈加额定电压，这时原线圈电阻r1很小，为什么空载电流I0不大？如将它接在同电压（仍为额定值）的直流电源上，会如何？

答： 因为存在感应电动势E1, 根据电动势方程：

可知，尽管很小，但由于励磁阻抗很大，所以不大.如果接直流电源，由于磁通恒定不变，绕组中不感应电动势，即，，因此电压全部降在电阻上，即有，因为很小，所以电流很大。

1. ★如将铭牌为60Hz的变压器，接到50Hz的电网上运行，试分析对主磁通、激磁电流、铁损、漏抗及电压变化率有何影响？

答：根据可知，电源电压不变，从60Hz降低到50Hz后，频率下降到原来的（1/1.2），主磁通将增大到原来的1.2倍，磁密也将增大到原来的1.2倍， 磁路饱和程度增加， 磁导率降低， 磁阻增大。于是，根据磁路欧姆定律可知, 产生该磁通的激磁电流必将增大。

再由讨论铁损耗的变化情况。

60Hz时，

50Hz时，

因为，，所以铁损耗增加了。

漏电抗，因为频率下降，所以原边漏电抗，副边漏电抗减小。又由电压变化率表达式

可知，电压变化率将随，的减小而减小。

1. ★★为什么可以把变压器的空载损耗近似看成是铁耗，而把短路损耗看成是铜耗？变压器实际负载时实际的铁耗和铜耗与空载损耗和短路损耗有无区别？为什么？

答：因为空载时电流很小，在空载损耗中铁耗占绝大多数，所以空载损耗近似看成铁耗。 而短路时，短路电压很低，因而磁通很小，铁耗也很小，短路损耗中铜耗占绝大多数，所以近似把短路损耗看成铜耗。 实际负载时铁耗和铜耗与空载时的铁耗和铜耗有差别，因为后一个是包含有其它损耗。

1. 变压器空载时，一方加额定电压，虽然线圈（铜耗）电阻很小，电流仍然很小，为什么？

答：因为一方加压后在线圈中的电流产生磁场，使线圈有很大的自感电势（接近额定电压，比额定电压小），所以虽然线圈电阻很小，电流仍然很小。

1. ★一台的单相变压器，如接在直流电源上，其电压大小和铭牌电压一样，试问此时会出现什么现象？副边开路或短路对原边电流的大小有无影响？（均考虑暂态过程）

答：因是直流电，变压器无自感和感应电势，所以加压后压降全由电阻产生，因而电流很大，为。如副边开路或短路，对原边电流均无影响，因为不变。

1. ★变压器的额定电压为220/110V，若不慎将低压方误接到220V电源上，试问激磁电流将会发生什么变化？变压器将会出现什么现象？

答：误接后由知，磁通增加近一倍，使激磁电流增加很多（饱和时大于一倍）。此时变压器处于过饱和状态，副边电压440V左右，绕组铜耗增加很多，使效率降低、过热，绝缘可能被击穿等现象发生。

17.★励磁电抗的物理意义如何？我们希望变压器的是大还是小好？若用空气心而不用铁心，则是增加还是降低？如果一次绕组匝数增加5％，而其余不变，则将如何变化？ 如果一次、二次绕组匝数各增加5％，则将如何变化？ 如果铁心截面积增大5％，而其余不变，则将大致如何变化？如果铁心叠装时，硅钢片接缝间存在着较大的气隙，则对有何影响？

答：激磁电抗是表征铁心磁化性能和铁心损耗的一个综合参数

大好；用空气心，下降。N1增加5％，降低，则增加，；若N1，N2各增加5％，仍然同上，增加；铁心面积增加5％，则增加5％（大致），所以约增加5％，叠装时硅钢片接缝间存在着较大，则降低。

18.有三台单相变压器，一、二次侧额定电压均为220/380V，现将它们联结成Y，d11三相变压器组（单相变压器的低压绕组联结成星形，高压绕组接成三角形），若对一次侧分别外施380V和220V的三相电压，试问两种情况下空载电流I0、励磁电抗和漏抗与单相变压器比较有什么不同？

答：三相变压器，Y，d11

（1）一次侧加380V， V ，

每台单相变压器的U1＝220V，与原来的空载运行一样。

所以I0、与均不变。

（2）一次侧加220V，则 V

即每台单相变压器的一次侧所加电压为127V<220V，所以此时的I0降低，增加，不变。

19★★.画出变压器的T形等效电路，并标明各相量的参考方向。并说明所代表的意义.

20. ★★画出变压器的简化等效电路，并作出简化相量图（感性负载）。

异步电机

1. ★★感应电动机等效电路中的)代表什么含义？ 能否用电感或电容代替﹖为什么？

答 代表与转子所产生的机械功率相对应的等效电阻，消耗在此电阻中的功率将代表实际电机中所产生的全（总）机械功率；不能；因为电感、电容消耗无功功率，而电机转子所产生的全（总）机械功率为有功功率。

1. ★感应电机转速变化时，转子磁势相对定子的转速是否改变？相对转子的转速是否改变？

答 转子磁势相对定子转速不变,相对转子转速改变。

1. ★绕线型感应电动机，若⑴转子电阻增加；⑵漏电抗增大；⑶电源电压不变，但频率由变为；试问这三种情况下最大转矩，起动转矩，起动电流会有什么变化？

答 (1)最大转矩不变，起动转矩上升，起动电流下降；

(2) 最大转矩下降，起动转矩下降，起动电流下降；

(3) 最大转矩下降，起动转矩下降，起动电流下降。

1. ★三相感应电动机运行时，若负载转矩不变而电源电压下降，对电机的同步转速，转子转速，主磁通，功率因数，电磁转矩有何影响？

答 同步转速不变；转子转速下降；主磁通下降；功率因数下降；电磁转矩不变。

1. ★★说明三相异步电动机等效电路中，参数以及各代表什 么意义？

答 定子绕组电阻；定子绕组漏抗，表征定子绕组漏磁效应；激磁电阻，表征铁心损耗；激磁电抗，表征铁心磁化性能；归算到定子侧的转子绕组电阻；归算到定子侧的转子绕组漏抗；代表与转子所产生的机械功率相对应的等效电阻。

1. 感应电动机运行时，定子电流的频率是多少？由定子电流产生的旋转磁动势以什么速度 切割定子和转子？由转子电流产生的旋转磁动势基波以什么速度切割定子和转子？两个基波磁动势的相对运动速度多大？

答 定子电流的频率为，转子电流的频率为，定子磁动势以速度切割定子，以（）速度即速度切割转子；转子磁动势也以速度切割定子，以速度切割转子。定、转子基波磁动势同步旋转，相对静止。

1. 说明三相感应电动机转子绕组折算和频率折算的意义，折算是在什么条件下进行的？

答 转子绕组折算就是用新绕组替换原绕组。为了导出等效电路，用一个与定子绕组的相相数、匝数和绕组因数相同的等效绕组替换实际转子绕组，折算前后转子绕组的磁动势和各种功率及损耗不变，因而从定子边看转子，一切未变。频率折算即用静止的转子替换旋转的转子，折算条件也是磁动势和各种功率及损耗不变。为此，只要将转子电阻换成。

1. ★★普通笼型感应电动机在额定电压下起动时，为什么起动电流很大，而起动转矩并不大？

答 起动时，，旋转磁场以同步速度切割转子，在短路的转子绕组中感应很大的电动势和电流，引起与它平衡的定子电流的负载分量急剧增加，以致定子电流很大；起动时，很小，电动机的等效阻抗很小，所以起动电流很大。由于，当、时，使转子功率因数角接近，很小，并不大；另外，因起动电流很大，定子绕组漏抗压降大，使感应电动势减小，与之成正比的也减小。起动时，减小，并不大，使得起动转矩并不大。

1. 感应电动机带负载运行，若电源电压下降过多，会产生什么严重后果？如果电源电压下 降，对最大转矩、起动转矩、转子电流、气隙磁通、转差率有何影响（设负载转矩不变）？

答 最大转矩和起动转矩与电压平方成正比。如果电源电压下降过多，当起动转矩下降到小于负载转矩时，电动机不能起动。当最大转矩下降到小于负载转矩时，原来运行的电动机将停转。

电源电压下降，则最大转矩下降到原来的，起动转矩也下降到原来的。磁通下降到原来的，不考虑饱和的影响时，空载电流下降到原来的。在负载转矩不变的情况下，上升，定子电流相应上升，电动机的转速有所降低，增大，不变。

1. ★漏抗大小对感应电动机的起动电流、起动转矩、最大转矩、功率因数等有何影响？

答 当电源电压和频率一定时，最大转矩近似与漏抗成反比，漏抗越大，起动电流、起动转矩越小，功率因数越低。

1. 绕线式感应电动机在转子回路串电阻起动时，为什么既能降低起动电流，又能增大起动转矩？所串电阻是否越大越好？

答 从等效电路可以看出，增加转子电阻使总的阻抗增加了，所以起动电流减小。转子电阻增加，使得提高；起动电流减小使得定子漏抗电压降低；电势增加，使气隙磁通增加。起动转矩与气隙磁通、起动电流、成正比，虽然起动电流减小了，但气隙磁通和增加，使起动转矩增加了。

如果所串电阻太大，使起动电流太小，起动转矩也将减小。

1. ★一台笼型感应电动机，原来转子是插铜条的，后因损坏改为铸铝的。如输出同样转矩，电动机运行性能有什么变化？

答 转子由铜条改为铝条后，相当于转子回路电阻增大，使得电动机起动电流减小、起动转矩增大，最大转矩不变，临界转差率增大。在负载转矩不变的情况下，增大，转速下降，效率降低。

1. ★感应电动机在轻载下运行时，试分析其效率和功率因数都较额定负载时低的原因。如定子绕组为联接的感应电动机改为联接运行，在轻载下其结果如何？此时所能负担的最大负载必须少于多少？

答 （1）轻载时功率因数低的原因是由于轻载时定子负载电流小，定子电流主要取决于无功的励磁电流，而在感应电动机中，由于空气隙的存在，励磁电流较大，一般为.。

(2) 效率低的原因是由于轻载在输入的电功率中输出的有功功率小，而不变损耗（铁耗和机耗）所占的分量较大，因此效率低。

（3）轻载时如将接改为接，由于相电压只为原来的，因此，励磁电流及铁耗都大为减少，功率因数及效率将显著改善。此时最大转矩必须小于联接时电动机的最大电磁转矩的。

1. ★★为什么相同容量的感应电机的空载电流比变压器的大很多？

答 变压器的主磁路全部用导磁性能良好的硅钢片构成，感应电机的主磁路除了用硅钢片构成的定、转子铁心外，还有空气隙。气隙的长度尽管很小，但磁阻很大，使得感应电机主磁路的磁阻比相应的变压器大，感应电机空载电流标么值为，变压器空载电流的标么值为 。

1. 感应电机中，主磁通和漏磁通的性质和作用有什么不同？

答 主磁通通过气隙沿铁心闭合，与定、转子绕组同时交链，它是实现能量转换的媒介，它占总磁通的绝大部分。主磁通可以由定子电流单独产生。也可以由定、转子电流共同产生。主磁通路径的磁导率随饱和程度而变化，与之对应的励磁电抗不是常数。

除主磁通以外的磁通统称为漏磁通，它包括槽漏磁通。端部漏磁通和谐波漏磁通。仅与定子交链的称为定子漏磁通，仅与转子交链的称为转子漏磁通。漏磁通在数量上只占总磁通的很小的一部分，没有传递能量作用。漏磁通路径的磁导率为常数，与之对应的定子漏电抗、转子漏电抗是常数。

16.异步电动机的转子有哪两种类型，各有何特点?

答：一种为绕线型转子，转子绕组像定子绕组一样为三相对称绕组，可以联结成星形或三角形。绕组的三根引出线接到装在转子一端轴上的三个集电环上，用一套三相电刷引出来，可以自行短路，也可以接三相电阻。串电阻是为了改善起动特性或为了调节转速。

另一种为鼠笼型转子。转子绕组与定子绕组大不相同，在转子铁心上也有槽，各槽里都有一根导条，在铁心两端有两个端环，分别把所有导条伸出槽外的部分都联结起来，形成了短路回路，所以又称短路绕组。具有结构简单、运行可靠的优点。但不能通过转子串电阻的方式改善起动特性或调节转速。

17.★绕线型异步电机转子绕组的相数、极对数总是设计得与定子相同，鼠笼型异步电机的转子相数、极对数又是如何确定的呢?与鼠笼条的数量有关吗？

答：鼠笼型异步电机转子相数就是鼠笼转子上的导条数；转子极对数是靠定子绕组磁动势感应而得的，因此它始终与定子绕组的极对数相等，与鼠笼转子的导条数无关．

18.三相异步电动机的堵转电流与外加电压、电机所带负载是否有关?关系如何？是否堵转电流越大堵转转矩也越大?负载转矩的大小会对起动过程产生什么影响？

答：堵转电流与外加电压成正比关系，与负载大小无关。若电机参数不变，则堵转电流越大，堵转转矩也越大。负载转矩的大小会对起动时间的长短产生影响。

19. ★★ 画出异步电动机负载时的等值电路，说明 的物理意义？为什么异步电动机的功率因数总是滞后的？

20．★★简述异步电动机的工作原理。

试说明异步电动机的调速方法及主要特点。

21、★★说明三相交流绕组合成的基波磁动势性质。

22、★★为什么绕线型三相异步电动机转子回路串入电阻后，转子电流减小，而起动转矩反而增大

交流绕组的共同问题

1. ★★总结交流发电机定子电枢绕组相电动势的频率、波形和大小与哪些因素有关？这些因素中哪些是由构造决定的，哪些是由运行条件决定的？

答： (1)频率 ：频率频率f与磁极对数p和发电机的转速n有关，p是由构造决定，n是由运行条件决定。

(2)波形：波形与电机气隙磁通密度沿气隙圆周分布的波形有关，它由电机结构决定。

(3)大小： 与绕组结构（是短距还是整距绕组，是分布还是集中绕组）、绕组串联匝数有关，由构造决定；与频率、每极下磁通量有关，由运行条件决定。

1. ★★试从物理和数学意义上分析，为什么短距和分布绕组能削弱或消除高次谐波电动势？

答： 因谐波电动势，欲要消除或削弱某次谐波电动势，只需使某次谐波的短距系数或分布系数为零（或很小）即可。

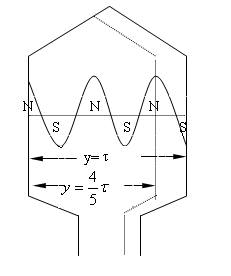
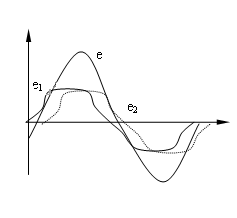
如短距绕组，欲消除υ次谐波，可令，得,即其节距只需缩短υ次谐波的一个节距。

欲消除5次谐波电动势，取节距.由图(a)知，此时线圈的两个有效边在5 次谐波磁场中，正处于同一极性的相同磁场位置下，因此，两有效边的5 次谐波电动势恰好抵消。

通过计算可得：, , , 等，可知采用短距绕组后基波电动势也有所削弱，但谐波电动势削弱程度远远超过基波电动势。

又如分布绕组，可取q=2,算出, , , 等，可知：采用分布绕组，基波电动势也有所削弱，但谐波电动势削弱程度远远超过基波电动势。

从波形图(b)可看出，本来相邻两线圈电动势波形为不同相的梯形波，其合成后的波形比原梯形波更接近于正弦波。

(a) (b)

1. ★总结交流电机单相磁动势的性质、它的幅值大小、幅值位置、脉动频率各与哪些因素有关？这些因素中哪些是由构造决定的，哪些是由运行条件决定的？

答： 幅值 

单相绕组基波磁动势幅值大小： 与一条支路匝数N、绕组系数kw1、磁极对数p及相电流有关，其中N、kw1及p 由构造决定，由运行条件决定。

幅值位置： 恒于绕组轴线上，由绕组构造决定。

频率： 即为电流频率，由运行条件决定。

1. ★★总结交流电机三相合成基波圆形旋转磁动势的性质、它的幅值大小、幅值空间位置、转向和转速各与哪些因素有关？这些因素中哪些是由构造决定的，哪些是由运行条件决定的？

答：幅值 

三相合成基波圆形旋转磁动势幅值大小，其决定因素与单相基波磁动势同。

空间位置：沿气隙圆周旋转。当哪相电流最大，三相合成基波圆形旋转磁动势就转至哪相绕组轴线上，绕组由构造决定，电流由运行条件决定。

转速： 

转速与电流频率f及磁极对数p 有关，p由构造决定，f由运行条件决定。

转向： 与电流相序有关（与电流相序一致），由运行条件决定。

1. ★一台50Hz的交流电机，今通入60Hz的三相对称交流电流，设电流大小不变，问此时基波合成磁动势的幅值大小、转速和转向将如何变化？

答： 本题题意为频率增加（增加倍）

由和知，基波合成磁动势幅值大小及转向与频率无关 。而转速n1与频率成正比，故转速增加1.2倍。

1. 一个整距线圈的两个边，在空间上相距的电角度是多少?如果电机有p对极，那么它们在空间上相距的机械角度是多少?

答：整距线圈两个边在空间上相距的电角度为；电机为p对极时，在空间上相距的机械角度为。

1. 为了得到三相对称的基波感应电动势，对三相绕组安排有什么要求?

答：三相绕组的构成(包括串联匝数、节距、分布等)应相同，且三相绕组轴线在空间应分别相差电角度．

1. ★绕组分布与短距为什么能改善电动势波形?若希望完全消除电动势中的第次谐波，在采用短距方法时，y1应取多少?

答：绕组分布后，一个线圈组中相邻两个线圈的基波和次谐波电动势的相位差分别是和电角度(为槽距角)，这时，线圈组的电动势为各串联线圈的电动势的相量和，因此一相绕组的基波和谐被电动势都比集中绕组时的小。但由于谐波电动势的相位差较大，因此，总的来说，一相绕组的谐波电动势所减小的幅度要大于基波电动势减小的幅度，谐波电动势相对减少，使电动势波形得到改善。

绕组短距时，—个线圈的两个线圈边中的基波和谐波(奇数次)电动势都不再相差，因此，基波电动势和谐波电动势也都比整距时减小。合理短距时，对基波，因短距而减小的空间电角度是较小的，因此基波电动势减小得很少；但对次谐波，短距减小的则是一个较大的角度(是基波的倍)，因此，总体而言，两个线圈边中谐波电动势相量和的大小就比整距时的要小得多，因为谐波电动势减小的幅度大于基波电动势减小的幅度，所以可使电动势波形得到改善。

若要完全消除第次谐波，y1应取为(为极距)。

1. 试述双层绕组的优点，为什么现代交流电机大多采用双层绕组(小型电机除外)？

答：采用双层绕组时，可以通过短距节省端部用铜量(叠绕组时)，或者减少线圈组之间的联线(波绕组时)。更重要的是，可以同时采用分布和短距来改善绕组电动势和磁动势的波形。因此，现代交流电机大多采用双层绕组。

12.★试说明一个脉振磁场可以分解成两个大小相等、转速相同、转向相反的旋转磁场。

答：因为

等式右边为两个大小相等、转向相反的旋转磁动势，且转速相同。

13.试说明一个圆形磁场可以用两个在时间上和在空间上相差90度的等幅脉振磁场来表示。

答：因为

显然上式第一项和第二项均为脉振磁动势，且在空间上和时间上均相差。