

电业工人  
学习文选

27



刘 孟 平編著

# 发电机和变压器的 絕緣干燥法

水利电力出版社

中国工人  
出版社

一

作者 王德明

# 发电机和变压器内 部短路故障速

中国工人出版社

## 內 容 提 要

电气设备的絕緣为什么会受潮？怎样判別絕緣有没有受潮？受潮后应用什么办法干燥？这些問題在書中都用淺显的道理和实用的办法——加以敘述。讀者看了既能了解受潮的原因，又能鑑定受潮不受潮，并可学会用什么方法来干燥以及怎么进行干燥等知識。

## 发电机和变压器的絕緣干燥法

刘 孟 平編著

\*

1475D415

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 \* 1 $\frac{1}{2}$ 印張 \* 31千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷(0001—8,100册)

統一書号: T15143·264 定价(第9类)0.16元

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第一章 絕緣受潮的原因和对电机运行的影响 .....    | 2  |
| 第一节 电机和变压器的絕緣 .....           | 2  |
| 第二节 絕緣受潮的原因 .....             | 3  |
| 第三节 絕緣受潮后对电机和变压器运行有什么影响 ..... | 4  |
| 第二章 絕緣受潮的鑑定 .....             | 7  |
| 第四节 怎样知道絕緣受潮了 .....           | 7  |
| 第五节 发电机受潮的鑑定法 .....           | 7  |
| 第六节 变压器的受潮鑑定法 .....           | 11 |
| 第三章 絕緣的干燥法 .....              | 18 |
| 第七节 发电机的各种干燥法 .....           | 18 |
| 第八节 变压器的各种干燥法 .....           | 28 |

# 第一章 絕緣受潮的原因和对电机运行的影响

## 第一节 电机和变压器的絕緣

大家都知道，在电机和变压器里有許多綫捲，电机在工作时就有电流流过这些綫捲。要把电流限制在綫捲里讓它沿着指定的道路通过，綫捲用的銅綫就需要包上一些“絕緣”。所謂“絕緣”，簡單地說就是“不傳电的东西”。事实上世界上还没有完全不傳电的东西。而“絕緣”或多或少的也能傳一些电。只是它的电阻很高比一般金屬的电阻要高出許多許多倍。所以能傳的电流也就变得很小了。例如金屬的电阻系数(就是每边都是1公分長的立方体在它相对两个面之間的电阻数，通常用欧/公分<sup>3</sup>表示)較大的也不过 $10^{-4}$ 欧/公分<sup>3</sup>，而絕緣的电阻系数較低的也有 $10^{12}$ 欧/公分<sup>3</sup>，高的可达到 $10^{20}$ 欧/公分<sup>3</sup>。就是說，絕緣的电阻系数要比金屬高几千万倍以上。

在綫捲的銅芯外面包了絕緣以后，电机里絕大部分电流就只能沿銅芯流过，而通过絕緣的只有微乎其微的一点“泄漏电流”了。只有这样，才能使电流沿着指定的道路流动，才能使电机工作。因此任何电机(包括变压器)都是少不了絕緣的。然而在各种电机中所应用的絕緣并不完全相同。就是在一台电机里也应用了許多种不同的絕緣。有固体的，液体的和气体的。最常見的气体絕緣是空气。架空綫就是一个例子。常用的液体絕緣有变压器油。它广泛地被应用在变压器和油开关里。日常所見的固体絕緣就比气体和液体的多的多了。事实上，日常所遇到的电机絕緣往往都是許多种絕緣的复合体。例如在变压器上有些地方靠空气絕緣(出綫銅杆之間)，有些地方靠液体

絕緣（油箱內部的裸銅杆），有些地方又靠固体絕緣（瓷套管處），而大多數的地方則是既靠液体又靠固体絕緣的（如繞組本身）。

在电机和变压器中常用的絕緣材料有木材，棉紗，絲綢，各种紙及紙板，纖維板，云母及云母制品，瓷，各种緣緣漆，油以及空气等等。

对絕緣材料的主要要求有：机械性能，抗电性能及耐热性能等。此外，絕緣的吸湿性（耐潮性能）也是衡量絕緣的一个重要指标。

## 第二节 絕緣受潮的原因

在电机和变压器里使用得最多的絕緣材料是木，絲，綢，紗，布，紙之类的“纖維材料”。所謂“纖維材料”，就是說是由許多細絲般的，学名称为纖維的东西組合而成的材料。这种材料中的纖維对水份而言就是一根毛細管<sup>①</sup>。当空气中有相当数量的水份时，这些水份就沿着毛細管而进入絕緣材料的內层。因此这些材料的吸湿性就显得特別强。如生絲在干燥空气中吸湿量即达10~12%，紙在普通湿度时即含有7~12%水。

以上所述的是未經浸漆处理的纖維材料。纖維材料經浸漆处理后，它的吸湿性要小很多。这是因为漆能將纖維的毛細管填滿或在表面結成一道防水的漆膜，使水份难以侵入。但即使是絕緣漆本身也有一定的吸湿性（0.6~3.5%）。例如虫膠漆的吸湿性就是比較大的。因此，虽然云母本身是不吸湿的，而用虫膠膠合的云母制品也就具有一定的吸湿性了。

---

<sup>①</sup>象毛髮一样的管子把它的下端浸在水中那么水就会自动上升到細管的頂部，这种現象就叫做毛細管現象。

此外，如变压器油等对水份的亲合力也很强。

### 第三节 絕緣受潮后对电机和变压器运行有什么影响

絕緣吸水后有些什么变化呢？我們知道純淨的水也是具有相当絕緣能力的。但是它的电阻系数仅  $10^3$  欧/公分<sup>2</sup>，要比一般絕緣的电阻系数低得多。再加上水中或多或少溶有杂质。如果溶解物中有电解物质（溶解在水中后能导电的东西如各种酸，碱，鹽类等），就会使它的电阻系数大大地降低。例如水中含有万分之七的氯化鉀，它的电阻系数就只有  $7.2 \times 10^3$  欧/公分<sup>2</sup>。絕緣物內吸收了这样的水份以后，它的絕緣电阻就剧烈地降低。图1为青壳紙的电阻系数与含水量之間的关系，由图可見青壳紙的含水量达8%时它的电阻系数下降了一百万倍。在对絕緣加交流电压时，絕緣电阻的下降会使絕緣里的損失（介質損失）增加。因而使絕緣的温度升高。我們知道一般絕緣电阻都具有負的温度系数，就是說，随着温度的升高絕緣电阻將下降。因而所引起的介質損失將更大了。这样下去經過若干時間后就会导至絕緣发热而被击穿（所謂热击穿）。

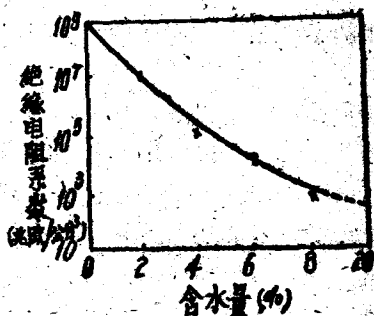


图1 青壳紙的絕緣电阻系数与含水量的关系

此外，潮气还会影响到絕緣表面的泄漏电流。例如空气中的相对湿度由50%增加到90%时，玻璃板的表面电阻系数由  $5 \times 10^{10}$  欧/公分<sup>2</sup>，降低到  $2 \times 10^7$  欧/公分<sup>2</sup>，就是說下降了2500倍。

水的介質常数(以某种絕緣体作为电介質的电容器, 与同样的电容器, 而用标准条件下的空气作为电介質时, 它們的电容量之比称为該絕緣体的介質常数。空气的介質常数等于1) 达到80, 而一般絕緣材料的介質常数只有2~10。在絕緣体的縫隙里, 原来可能是充滿了空气的(介質常数为1), 現在如果充填了水的话, 虽然加在絕緣体上的总电压不变, 但会使电压的分布改变, 使加在純絕緣(不包括水)上的电压增加。有时这种分布会使純絕緣上所受的电压降低, 因而使絕緣的击穿强度升高, 但通常这种情况是很少見的。假如絕緣个别点的縫隙較多(或較大), 那么在这些地方的純絕緣所受的电压最大, 很可能就在这些地方絕緣被击穿。

被吸收在纖維材料里的水份, 还会形成許多很小很小的水泡。这些水泡在受到电压作用时还会伸長。这样就造成电場的集中, 因而可能在不高的电压下造成絕緣的击穿。图2为空气中湿度对紙的击穿强度的影响。由图可見相对湿度增加到70%时击穿强度的降低已超过一半了。

潮气对变压器油的影响是很严重的。图3很明确的显示了这点。由图可見油中如果吸入十万分之一的水,

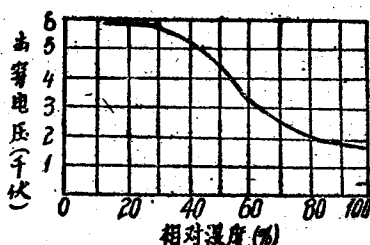


图2 空气中的湿度对紙的絕緣强度的影响

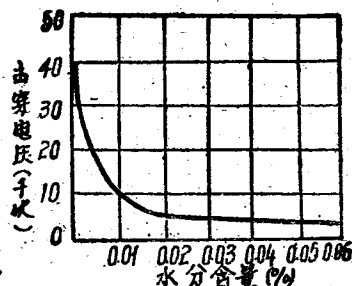


图3 变压器油的抗电强度与含水量的关系



就能使油的絕緣強度降低一半。

在发电机和变压器中，由于絕緣方法的不同，潮气对絕緣的影响也是不一样的。对于云母襯套式的发电机絕緣<sup>①</sup>來說，最弱的部分是槽部絕緣和端部絕緣的接縫处。这个地方的絕緣受潮后，就会使泄漏电流大大地增加。因此，也就很容易引起击穿了。这种絕緣的端部主要是靠墊块(木制的或膠木的)及空气絕緣。假使墊块受潮了，那么全部电压就都加到薄弱的端部絕緣上。那就必然会引起相間的击穿。这种情况在实际运行中曾发生过許多次。有几台3600瓩的备用柴油发电机系云母襯套式絕緣，电压为5.2千伏。发电机附近比較潮湿。为了節約，沒有采取适当的防潮措施。运行中有好几次，在启动升压时，定子綫捲端部发生相間击穿事故。发电机的另一种絕緣称为連續式复合云母絕緣(綫捲全部用瀝青云母帶包扎，端部可能少包1~2层，然后进行真空浸膠处理)。它沒有槽部到端部的絕緣接縫，因此是比較优越一些。对槽部而言，無論云母襯套絕緣或連續式复合云母絕緣在受潮以后它的絕緣強度都会降低一些。根据某些試驗結果說明，完好的絕緣受潮后，其絕緣強度一般下降不超过10%。假使絕緣存在缺陷，則將降低好多倍。絕緣強度下降10%对运行的影响虽不很大，但也是不希望的。

此外，当絕緣中存在水份时，如果发电机負荷增加速度較快，由于水的膨脹和汽化可能对絕緣造成机械性的損伤。

如上所述，变压器的綫捲和油受潮时，它的絕緣強度便会降低很多。假使在运行中碰到各种过电压时，就易发生絕緣击

---

①綫卷的槽部是用虫膠云母紙卷包起来再加烘压而成，端部往往就用青壳紙及漆布等包扎，也有少数用云母帶包的。

穿事故。变压器内部的木架及垫块受潮时往往也引起击穿事故。有一台31500千伏安，110/35/6.3千伏的三卷变压器，由于高压线卷无载分接头处的垫木含有水分（未经好好处理）在升压到50%左右时，绝缘就被击穿了。

## 第二章 绝缘受潮的鉴定

### 第四节 怎样知道绝缘受潮了

怎样知道绝缘受潮了？当然，我们可以从绝缘保存的情况，放置地点的空气湿度，绝缘表面是否滴水等来判断。但是这样的判断往往是不够的。一般受潮的绝缘在表面滴水以前它的电气强度很可能已降低到危险程度了。所以判断绝缘受潮与否的主要方法还是依靠绝缘试验。我们可以利用绝缘在干燥时和受潮时电气特性上的不同来进行比较。这样，就可以在不破坏绝缘的条件下可靠地判断它是否受潮。由于发电机与变压器中所用的绝缘性质不相同，因此，判断的方法也有些不同（或者相同的方法所得的结果不一样）。当然绝缘保存的情况等等仍然是判断绝缘受潮与否的辅助根据。下面我们将分别讨论发电机和变压器的受潮鉴定法。

### 第五节 发电机受潮的鉴定法

用摇表（梅格表）所作的吸收试验是鉴定发电机受潮程度最灵敏的方法。摇表本身不过是一个手摇直流发电机和一个用兆欧刻度的流比计<sup>①</sup>。在做摇表试验时，对绝缘而言，等于加

<sup>①</sup> 测量两个电流之比的仪器叫做流比计。在摇表中一个电流正比于摇表的输出电压，另一个就是通过绝缘的电流。两个电流之比就指示出绝缘电阻。

上了一个直流电压。所以我们先来看看，在絕緣上加直流电压时所发生的基本过程。

实际上电机的絕緣好比一个电容器。为了使絕緣体上的电位从原来的零值（搖表接上以前絕緣体上的电位）升高到搖表的額定电压值，就需要供給它一定的电量。这情况正象我們把一个电容器接到直流电源时一样。供給这种电量所产生的电流就叫做充电电流。这电流不能算是通过絕緣体的。开始时这个电流很大，但随着時間的增長很快就減小了。所以如果把搖表搖久一些，那么在它的讀数里就沒有这个成分了。充电电流所供給的电量是不会損失的。它在絕緣体放电时可以完全被放出来。

在电荷累积（充电）的过程中，为了使絕緣体上的电位升高，絕緣物中的某些質点产生了移动或轉动。这种移动和轉动需要消耗能量，这种现象就称为介質吸收。供給这项能量所产生的电流通常称为吸收电流。这个电流也不能算是通过絕緣体的。它也是开始时大，随着加压時間的增長而減小，但是比充电电流的衰减要慢得多。假如我們把搖表搖很久很久，最后，搖表的讀数里也就不包括这项电流了。

前面曾談过絕緣体多少也能傳一些电流。因此，在作搖表試驗时也产生这种所謂傳导电流。这是真正通过絕緣体的电流。另外，由于絕緣表面有灰尘，潮气等因而引起了表面的傳导电流。这两項傳导电流在加电压后，經過很短的时间就趋于穩定不变了。因此如果搖表搖得很久很久。那么讀数中就只有这一項了。这才是真正的絕緣电阻值。

所以在作搖表試驗时通过搖表的电流就是上述三个电流的总和。充电电流；吸收电流和傳导电流的变化以及这三个电流总和的变化示于图4中。

在搖表試驗中，不但可以讀出絕緣電阻值，而且還可以求得絕緣電阻與加電壓時間的關係。表示這一關係的曲綫（見圖4曲綫I）通常稱為吸收曲綫。

前面已談到發電機的定子絕緣有云母襯套式和連續式复合云母絕緣兩種。它們都由云母、紙與綢等用絕緣漆或瀝青膠劑粘合成。所以這些絕緣體的結構是不均勻的，和純云母的性質不相同。純云母的介質吸收很小，而這些絕緣體的吸收現象是非常明顯的。但是這些絕緣的主要材料

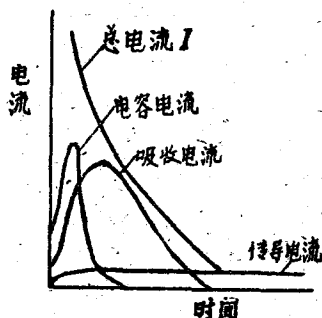


圖4 充電電流，吸收電流，傳導電流以及三個電流總和的變化

是云母。云母本身是不吸濕的，它們的結構又大多能防止潮氣浸入，所以用這種絕緣的電機在受潮後（除非特別嚴重）它的吸收特性（對云母襯套式的絕緣僅指槽部）基本上是不變的。

但是絕緣的接縫處或個別缺陷處受潮時，經過這些地方的傳導電流却大大地增加。這樣就會使總的吸收曲綫發生變化。由於充電電流和吸收電流變化不大而傳導電流却增加了很多，這樣就會使吸收曲綫衰減得較快。實際試驗中搖表很快地就能得到“最後讀數”了。

由此可見，吸收曲綫的衰減情況可以用來判斷絕緣的受潮程度。

假如搖表可以搖得很久很久，直到它的讀數穩定不變，那麼就可以用下面的式子來表示吸收曲綫的衰減：

$$\frac{R_{\infty}}{R_0} = 1 + \frac{i_0}{i_{傳}}$$

中  $i_{傳}$ ——傳導電流穩定值；

$i_0$ ——充电电流及吸收电流的起始值；

$R_0$ ——刚加电压时的绝缘电阻值；

$R_\infty$ ——最后稳定不变的绝缘电阻值。

绝缘良好和干燥时， $\frac{R_\infty}{R_0}$  很大。绝缘受潮时， $R_\infty/R_0$  就要小一些。当情况最坏时  $i_\infty$  比  $i_0$  大了许许多多。这时， $R_\infty/R_0$  就接近于 1 了。

实际上用摇表做试验时，既不可能读出  $R_0$ （因为指针正在很快地摆动），也不可能读到  $R_\infty$ （绝缘良好和干燥时，介质吸收会继续几十分钟到几个钟点）。因此，为了易于读表和便于比较起见，我们就规定出两个时间来读取绝缘电阻值以代替  $R_\infty/R_0$ 。常用的标准有  $R''_{60}/R'_{15}$  及  $R'_{10}/R'_1$  二种。其中  $R'_{15}$ ， $R''_{60}$  相应表示加压 15 秒和 60 秒时摇表的读数； $R'_1$ ， $R'_{10}$  相应表示加压 1 分钟和 10 分钟时的读数。这两个比数通常就叫做“吸收比”或“吸收系数”。在有电动摇表时可采用  $R'_{10}/R'_1$ 。但通常用的都是手动摇表。用人力不可能摇这么久，因此，只能用  $R''_{60}/R'_{15}$ 。

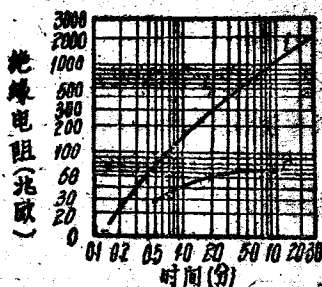


图 5 31,000 千伏安 3.3 千伏发电机干燥前后的吸收曲线  
1—干燥后；2—干燥前。

显然，对于同一条吸收曲线来说， $R'_{10}/R'_1$  及  $R''_{60}/R'_{15}$  的数值都比  $R_\infty/R_0$  小。而且  $R''_{60}/R'_{15}$  的值比  $R'_{10}/R'_1$  小。根据苏联电力系统早期的经验认为  $R'_{10}/R'_1 \geq 2$ 。或  $R''_{60}/R'_{15} \geq 1.3$  时发电机的绝缘可认为是干燥的。否则就被认为是潮的。这个标准大致上是正确的。但是有些发电机干燥时，它的吸收比可

能大大地超过 1.3 或 2。图 5 所示为 1 台 31,000 千伏安 3.3 千伏的发电机在受潮时（曲线 2）及干燥后（曲线 1）的吸收曲线。由该图可见这台发电机在干燥时吸收现象很显著， $R'_{10}/R'_1$  达到 6 左右，而  $R''_{10}/R''_1$  竟然也有 5。在受潮时吸收现象大为减弱。这时， $R'_{10}/R'_1$  降低到 1.5 左右。而  $R''_{10}/R''_1$ （照例  $R''_{10}/R''_1$  应小于  $R''_{10}/R''_1$  的）降低到 1.6；但仍然大于 1.3。由此可见，上述标准在某些情况下还是不完全恰当的。因此，后来苏联对这项标准有了变更。对吸收比的值不作规定，而是以每台发电机在干燥情况下的吸收比作为根据进行比较。很明显的，这样的规定是比较更合理了。

## 第六节 变压器的受潮鉴定法

变压器的绝缘和发电机的是不一样的。在变压器里主要的绝缘材料有棉纱，电缆纸，层压板等纤维材料和变压器油。其中主要的绝缘就是变压器油。我们知道变压器油是没有吸收特性的（合成油除外）。而且变压器里的纤维绝缘它的组成是相当均匀的（不像发电机绝缘那样，里面的云母是夹漆又带纸的）。所以在干燥时吸收电流很小，吸收现象很不显著。即使浸入变压器油，吸收现象也不显著。在受潮以后，纤维材料的传导电流是会增加的。但是它的吸收电流也随着增加。所以吸收试验对判断变压器的受潮程度是不太灵敏的。

此外，变压器的绝缘电阻通常比发电机要高出许多倍。室温时，大型发电机的绝缘电阻（60秒值）不过 500~700 兆欧。而大型变压器的绝缘电阻可以高到 2,000~4,000 兆欧。这样高的绝缘电阻用普通的摇表是很难测定的（普通 1,000 伏的摇表最大只能测到 2,500 兆欧）。只有用 2,500 伏的摇表才能读出它的吸收系数。

而且变压器的吸收系数受温度的影响较大。例如一台 15,000 千伏安 110/35/6 千伏的变压器，当温度由  $20^{\circ}\text{C}$  上升到  $65^{\circ}\text{C}$  时，110 千伏线卷的吸收系数由 1.87 降低到 1.25。

由于以上几点原因，所以用吸收系数来确定变压器是否受潮的方法到现在还没有获得广泛的应用。

然而，假使变压器里只有个别零件如绝缘垫块，无载分接头等受潮或存在局部缺陷时，那么吸收试验是发现这种缺陷最有效的方法。因为有局部缺陷（或局部受潮）时，传导电流将大大增加致使吸收系数减小。例如有一台 3,200 千伏安的变压器在检修干燥后装了没有干燥好的垫块。用其它方法检定高压线卷的湿度证明是干燥的。但是测量吸收系数只有 1.17（温度  $15^{\circ}\text{C}$ ）。这说明绝缘中可能有局部缺陷。把垫块重新干燥后，吸收系数就升高到 1.7 了。

这样一来，可见吸收系数对鉴定变压器的受潮还是有一定作用的。因此，可以把它作为辅助的检查方法。

确定变压器受潮情况，较灵敏的方法是电容比试验。前面我们曾经谈到把直流电压加到绝缘上去会产生充电，吸收和传导等三种电流。在一定的条件下，我们可以就这三种电流画出一个等值电路图（见图 6）。图中  $R$  是决定传导电流的电阻。

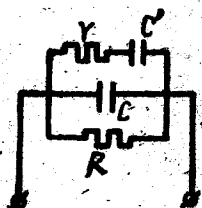


图 6 绝缘在一定条件下的等值电路图

$C$  称为几何电容①，它决定于瞬时完成的充电电流。 $C'$  相当于吸收电流所产生的电容，而  $r$  则是相当于介质损失的等值电阻。它使  $C'$  的充电时间延长。

① 所谓几何电容是一个均匀介质的电容器，根据它的几何尺寸及不变的介电系数所获得的电容。通常电容器的实际电容要比它的几何电容大很多，有时大到 5 倍。

把这个等值回路接到直流电源时，它所表现出来的总电容

$$C_{\text{总}} = C + C'.$$

假如把这个等值回路接到交流电源，那么  $C$  保持不变，但在吸收回路中的  $C'$ ，它所表现出来的电容将随着电源频率的变化而变化。

假如交流电源的频率为  $f$ ，电压为  $U$ ，根据计算交流电路的原理，吸收回路的阻抗  $Z = r - j \frac{1}{\omega C}$ ，吸收回路的电流为

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{r - j \frac{1}{\omega C}}.$$

式中  $\omega = 2\pi f$  表示频率的角速度。

将上式右边的分子，分母各乘以  $r + j \frac{1}{\omega C}$ ，得到

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{r^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \left(r + j \frac{1}{\omega C}\right) \\ &= \frac{Ur}{r^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} + j \frac{U}{\omega C \left(r^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2\right)}. \end{aligned}$$

上式中前一项是表示消耗在电阻里的有效电流，而后一项就是电容电流。从这个电容电流和电源电压  $U$  我们可以反过来求得吸收回路所表现出来的电容，因为

$$\text{电流} = \text{电压} \times \omega \times \text{电容},$$

所以

$$\text{电容} = \frac{\text{电流}}{\text{电压} \times \omega}.$$

$$\text{现在 电压} = U, \text{ 电流} = \frac{U}{\omega C' \left(r^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2\right)}.$$

假使把这个电容叫  $C_{\text{变}}$ ，那么



$$C_{\text{变}} = \frac{1}{U \times \omega} \times \frac{U}{\omega C' \left( r^2 + \left( \frac{1}{\omega C'} \right)^2 \right)} = \frac{1}{\omega C' \left( r^2 + \left( \frac{1}{\omega C'} \right)^2 \right)}$$

$$= \frac{1}{\frac{\omega^2 C'}{\omega^2 C'^2} [(\omega C' r)^2 + 1]} = \frac{C'}{(\omega C' r)^2 + 1}$$

由这个式子可見在加直流电压时频率 $=0$ ，即 $\omega=0$ ，那么 $C_{\text{变}}=C'$ ，或 $C_{\text{总}}=C+C'$ 。当加频率高的交流电时，随着 $\omega$ 的增大，上式的分母很快很快的增加而 $C_{\text{变}}$ 就越来越小。若频率很高时（ $\omega \rightarrow \infty$ ） $C_{\text{变}}$ 就趋近于零了。这时量出来的 $C_{\text{总}}$ 就等于几何电容 $C$ 了。图7表示 $C_{\text{变}}$ 与频率的变化关系。由該曲綫可見在频率較低的一段 $C_{\text{变}}$ 的变化較大频率較高时， $C_{\text{变}}$ 的变化就很小了。

此外，当絕緣的溫度上升时表現于介質的电阻 $r$ 就降低了。从上面 $C_{\text{变}}$ 的式子可以看出 $\omega$ 和 $C'$ 不变时，假使 $r$ 减小，那么 $C_{\text{变}}$ 就会增大，就是說溫度上升时 $C_{\text{变}}$ 也随着上升。

从上述各点可見絕緣的电容会随着频率和溫度的变化而变化。

某些絕緣材料还有这样的特性，它的吸收电容 $C'$ 和絕緣內所含的潮气关系很大。我們已經知道变压器里有許多纖維絕緣材料。吸收在这些材料里的潮气往往形成細条子形狀夾雜在纖維里（加电压时这种情况更显著）。潮气的数量越多，这种細条子就越長。有些細条子可能長到和絕緣的厚度相等。这样，就造成了和絕緣并联的分路。前面已談到，水的介質系数达到80，比絕緣的介質系数高很多。因此，这些高介質系数的分路就会使絕緣的吸收电容大太增加。潮气越多，吸收电容的增加也越多。現在假使我們用直流电（或频率很低的交流电）来测量变压器的电容。那么，在变压器潮湿时測得的电容显然比干燥