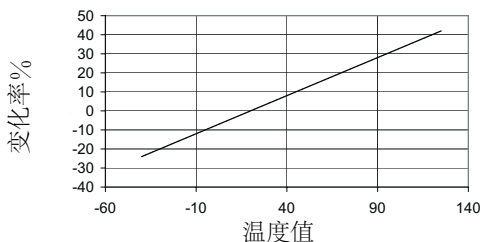


干簧产品的基本电性参数

吸合值 (PI) 是表示干簧开关吸合点位置, 使用磁铁时, 通常量度干簧开关到磁铁之间的距离 (单位是毫米或英吋) 或量测磁场的强度 (单位是AT, mTesla 或 Gauss) 来表示。在线圈内, 吸合值是以线圈电压 (伏特), 流过线圈的电流 (毫安) 或安培匝数 (AT) 来表示, 通常这些参数是定义成最大值, 无论簧片退火处理做得多好, 它们都仍会残存微量的磁力 (将从干簧开关附近的磁场移除后, 仍然会有微量的磁力残存滞留在干簧片上)。如要得到一致的吸合值和断开值结果, 首先要以强大的磁场来令干簧开关饱和, 这样来量度吸合值, 所得到的数值会更加准确一致 (见图#5)。

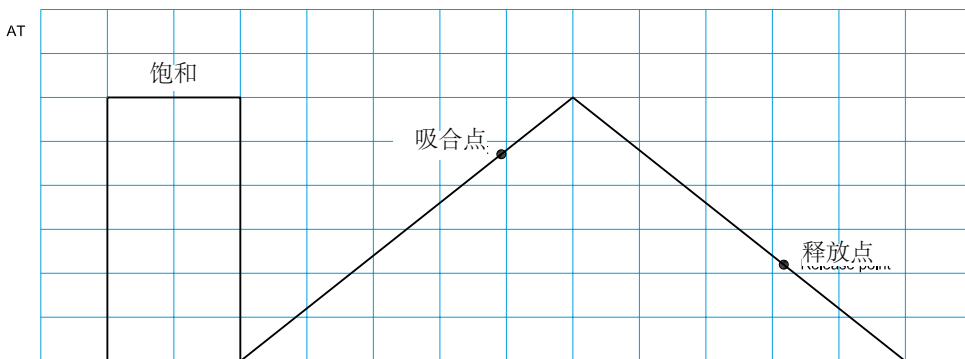
当量测一个线圈或特定的干簧继电器, 吸合值会因温度不同而改变, 通常都是定义在 20°C 下量度的 (见图#6)。

吸合, 断开温度变化



(图#6, 吸合和断开点会因温度改变而有 $0.4\%/^{\circ}\text{C}$ 的改变率。)

此外, 由于铜线圈会随温度变化而膨胀或收缩, 吸合值或操作点会因温度改变而有 $0.4\%/^{\circ}\text{C}$ 的变化, 在设计优良的继电器中, 往往都会将此参数的变动列入设计及规格上的考虑范围。

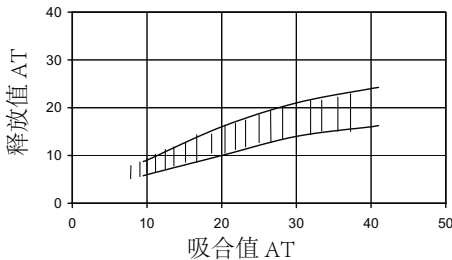


图#5. 要测量出精确的吸合值和断开值, 首先要用强大的磁场使干簧开关饱和。

断开值 (DO) 是表示干簧开关断开点位置, 和上述的吸合值特性相似, 也可以使用释放/复位电压电流 (毫安) 或安培匝数 (AT) 来表示。

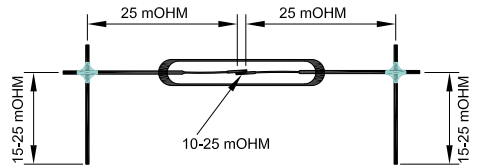
磁滞现象 存在于吸合值和断开值之间, 通常是表述为 DO/PI 的比例, 以 % 来表示的。磁滞现象可随干簧开关的不同设计而改变 (见图#7), 电镀或溅镀的厚度, 干簧片的硬度, 干簧片重叠部份的大小, 干簧片的长度, 两片干簧片之间的间隙大小, 玻璃管的长度, 等的变化都会影响此参数。见图#29, 这个例子显示的就是当使用磁铁去处理干簧开关时出现磁滞现象。

吸合与断开之比较



(图#7, 显示吸合值和断开值的范围, 注意这磁滞现象的变化在低安培匝数 (AT) 时是非常小的, 并随 AT 值提高增加而变化会加大。)

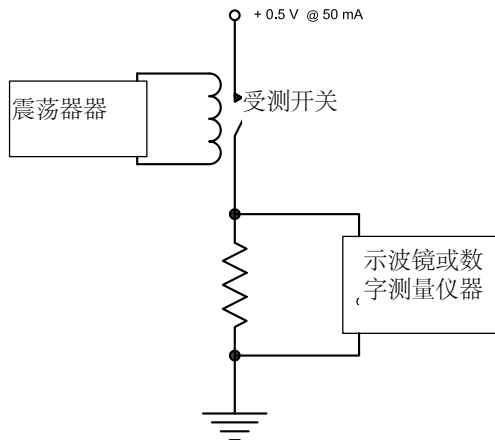
接触电阻 是由干簧片本身 (体电阻) 和开关端子间间隙的电阻所造成的直流电阻, 大部份的接触电阻存在于镍/铁的干簧片上, 它们的电阻率分别是 $7.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 和 $10.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 相较于铜的电阻率 (铜的电阻率是 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$), 这是相当高的。通常整个干簧开关的接触电阻大约是 $70 m\Omega$, 其中开关端子间间隙的电阻值实际约为 10 至 $25 m\Omega$ 。于干簧继电器上, 继电器的引脚通常都是由镍/铁所组成的, 以改善整体的磁效能, 但这样也增加了簧片的电阻, 增加的阻值约为 25 至 $50 m\Omega$ (见图#8)。



(图#8, 图所示的是一个干簧开关, 由于簧片本体电阻和开关端子间间隙的电阻组成的接触电阻, 以欧姆来表示电阻值大小的例子。)

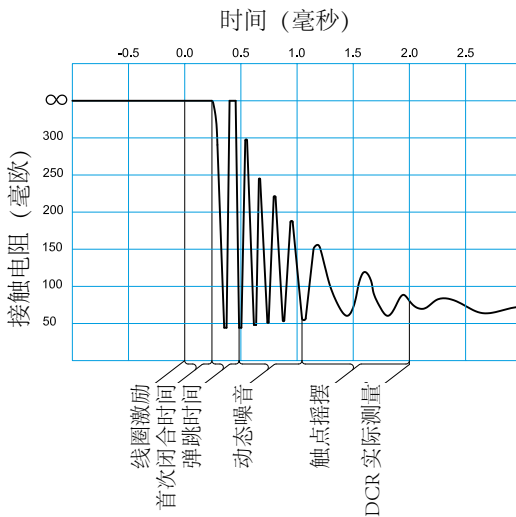
动态接触电阻值 (DCR) 可量度出开关的实际动态状态, 之前已描述的, 接触电阻大多数由干簧片本身的电阻或引线电阻所组成的。量度干簧开关端子间的电阻仅能概略显示开关功能是否正常, 要提供更详尽关于开关的操作功能, 务必要在动态情况下观察量度干簧开关的操作, 这样才会更为准确。

以 $50 Hz$ 至 $200 Hz$ 的频率范围去操作开关, 可展现出更多详尽的讯息, 切换 0.5 伏的电压及约 $50 mA$ 的电流, 能够测出潜在的问题。这种测试能以示波器来实现, 或者通过些自动测试方式来进行数字化, 需特别注意的是应避免测试电压超过 0.5 伏, 以免产生“贯穿”现象。如一个干簧开关在制造过程中清洁未能控制好, 会残留些几个埃厚度的非传导性薄层, 当切换非常低的讯号或接近无电流时 (在任何电压或电流流经过干簧开关前, 让干簧管先闭合), 此薄层就如同断路一样, 当使用高电压测试时, 可能会错失掉发现此潜在问题的机会。见图#9。



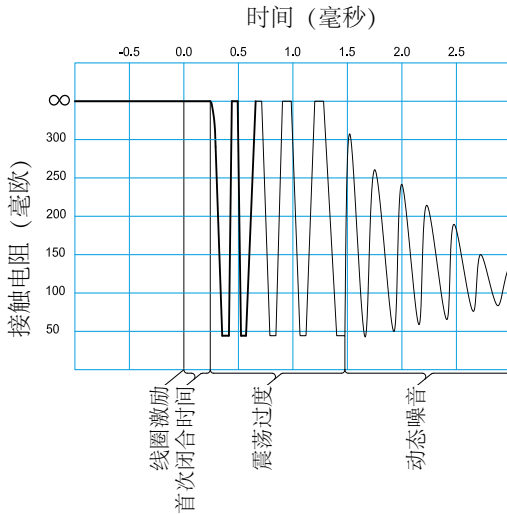
(图#9, 一个典型线路的原理图用于测量干簧开关的动态电阻。)

当以50Hz至200Hz频率加至一线圈上, 开关会在约0.5ms时动作, 这开关将振荡约 $100\ \mu\text{s}$ 并在0.5 ms的时历经一段动态噪声, 这动态噪声是由开关不断振荡但未开启时产生的, 此时接触电阻随着开关干簧片受到的压力不同而发生相应的变化。在约0.5 ms或更小的时期, 簧片振荡弹力会出现急速衰减。见图#10, 一旦此动态噪声消失, 开关将经历一个“波动期”。此时开关仍闭合着但维持振荡至1ms或更长的时间。开关在磁场下振荡时, 会在簧片间产生电流, 一旦停止摆动后, 开关将呈静态状况。



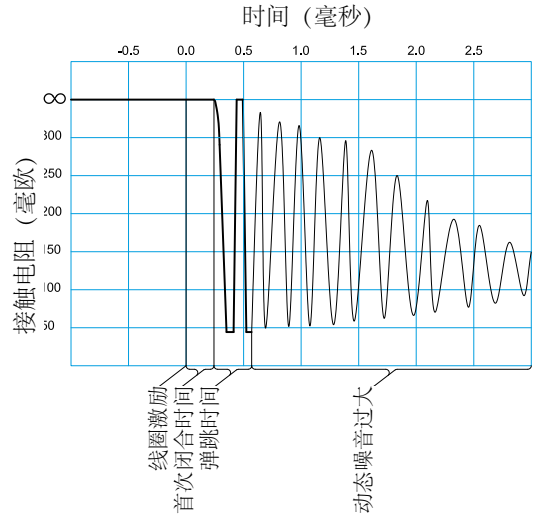
(图#10, 一个典型动态接触电阻波形图, 显示初期的闭合, 振荡, 动态噪声及波动期的摆动状况。)

由动态测试所产生的各种波形种类可显示出干簧开关的品质水准, 通常, 当加上线圈电压后, 开关的动态状况应在1.5ms内稳定下来。若开关持续振荡超过 $250\ \mu\text{s}$, 闭合力会减弱, 导致开关寿命减短, 尤其在没有任何负载的情况之下。(见图#11)

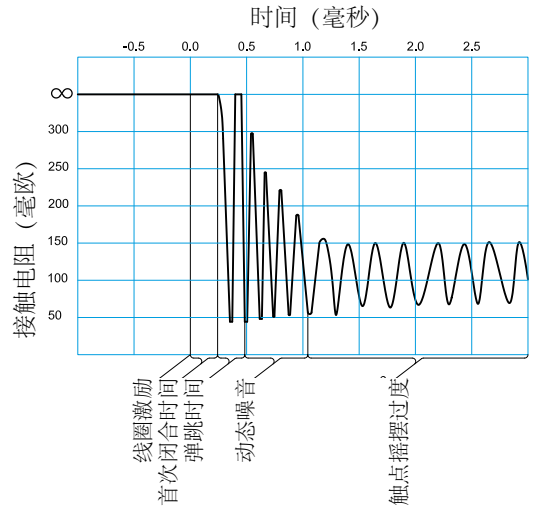


(图#11, 一个振荡过度的动态接触电阻波形图。)

如果动态噪声或振荡持续时间超长，这可能代表干簧开关密封不良或应力过大。此状况可能会导致玻璃管产生裂缝或破损，如果振荡振幅过大，这表示玻璃管可能承受过大应力而可能导致裂缝产生。在这状况下，外界的空气和水汽可能渗入玻璃管，导致开关上的污染产生。见图#12 & #13。

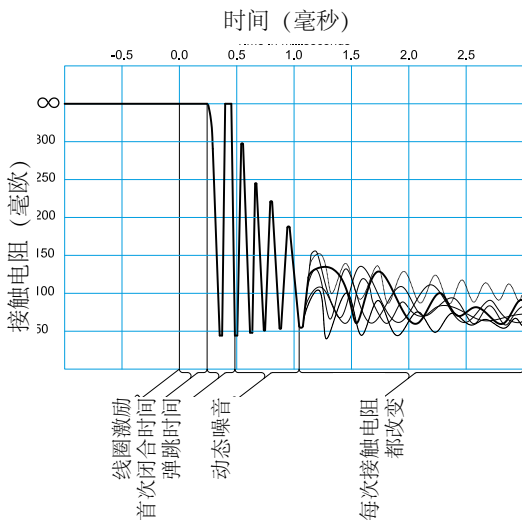


(图#12, 动态噪声过大时的动态接触电阻波形图, 显示玻璃管可能应力过大或有裂痕的状况。)



(图#13, 一个接触点振荡过度的动态接触电阻波形图, 显示玻璃管可能应力过大或有裂痕的状况。)

同时，当开关连续不断闭合而接触电阻随之混乱的小幅变化，这种状况可能是由污染，密封有裂缝，电镀层松动或剥落造成，可能会缩短开关寿命(见图#14)。改变加在线圈上的频率有时能察觉出更多有关共振的问题。开关噪声或波动的振幅加大或时间加长亦会显示出类似的问题。



(图#14, 一个开关在连续操作下, 每次接触电阻都产生改变, 表示触点有可能受到污染。)

任何时候, 良好的产品寿命, 稳定的接触电阻和正确的操作是您应用的必要条件, 同时还必须针对开关进行严格的动态测试。

切换电压: 通常以最大的直流电压(伏)或峰值电压来表示, 是开关切换时可承受的最大电压。电压过大时, 会产生电弧放电而致一些金属转换, 电弧通常超过5伏, 此电弧放电是造成开关寿命缩短最主要的因素, 在5伏至12伏的范围内, 当然取决于电流的大小, 大部份开关还是能多次操作后仍具非常优异的特性。大多闭合的干簧开关无法切换超过250伏, 主要原因是当尝试开启开关时, 无法避免电弧放电产生。

通常, 切换超过250伏时需使用真空的簧开关, 他们可以切换高达10,000伏。当切换电压低于5伏, 不会有电弧产生, 因此无簧片损耗产生, 因而干簧开关的寿命可高达十亿次操作, 良好设计的干簧继电器可以切换和分辨非常小, 低至10nano伏的电压。

切换电流是在开关闭合时测量出来的电流值, 以直流电或峰值交流电来表示, 切换电流越高开关的寿命越短。

负载电流: 当开关已闭合后可容许流经的最大电流, 以直流电流或峰值交流电流来表示。因开关已经闭合了, 可容许更大的电流而无簧片损耗情况发生。唯一可能产生电弧放电的机会是在开关开启闭合之际。突如其来的高脉冲电流可以指当开关已经关闭时极短时间内流经的电流。和机械式的继电器不一样的, 干簧继电器可以切换或流经低至 10^{-15} 安培之小电流。

杂散电容: 当切换任何电压和电流时都会产生以微法或皮发为单位的杂散电容, 当切换一特定电压和电流时, 初期的50 ns 是最重要的, 因此时是电弧放电最可能会发生的时候。若切换电路上有显著的寄生电容产生(与切换的电压相关), 此时较大的电弧放电有可能会发生, 而导致开关的寿命更缩短。当切换任意大小的电压时, 放置一快速电流探针于线路上, 观察最初50纳秒实际的切换情况往往是一个明智的做法。整体来说, 当切换电压超过50伏时, 50pico Farads (10^{-12} 法拉)或更大的杂散电容对开关的使用寿命来, 已足够造成很显著的影响。

共模电压也是另一种对会对干簧开关寿命造成显著影响的参数。共模电压的模式取决于线路及不同环境下, 会在线路中产生杂散电容, 从而造成开关使用寿命始料未及的大幅减短。相同的, 将快速电流探针至于线路上, 显示出在首50纳秒的电压和电流切换状况, 当线性电压在线路显示或接近敏感线路时应特别注意, 这些电压会耦接于线路, 从而对开关的使用寿命

命产生严重危害。通常开关的质量问题被归因为干簧开关制造过程有缺失所致，但实际上它也可能是电路中不可预料的情况所致。

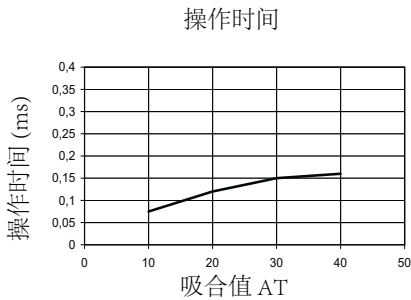
切换功率：开关闭合时切换的电压和电流组合，有时此参数会容易混淆，如一能切换200伏，0.5安培，10瓦特的开关，只要电压和电流的乘积不能超过10瓦特就好。例如，如果您要切换200伏，同时这样您只能切换50毫安培(10-3Amp)，而如果您要切换0.5安培，此时您只能切换20伏了。

击穿电压：通常高于切换电压，干簧开关能承受较高电压，因为不同于切换电压,不需要考虑断开时电弧的放电。对于大尺寸的真空干簧开关，耐压可高达直流15,000伏算是普遍的，有些较小的真空干簧开关耐压可以达直流4000伏，小型充填有气体的干簧开关普遍可耐压达直流250至600伏。

绝缘电阻是量测出来开关两端间的绝缘程度。也正是这一参数使得干簧开关与其他开关相比显得如此独特。通常干簧开关的绝缘电阻平均为 1×10^{14} 欧，这高绝缘电阻可容许漏电流范围在(picoAmp)和(femptoAmp)间，这就使得一些半导体测试得以可能。当测试半导体时，可能有几个门并联，汇集的漏电流将会对测试线路成产生很大的影响。

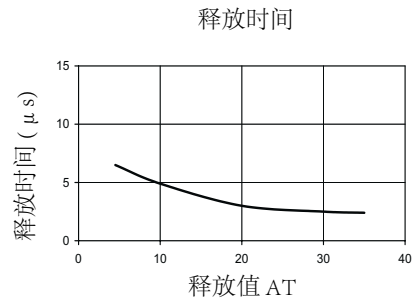
介电吸收：描述不同的电介质对小电流产生的影响，低过1纳安培的电流会受电介质倾向影响而减慢或延迟这些电流，取决于待测电流的高低，此延迟可以达数秒。MEDER的工程师已在干簧继电器和线路的设计上将电介质吸收的影响降到最低，如有特殊需求，请告诉我们以协助解决。

操作时间是指簧片闭合且停止振荡后的总时间，除了水银开关外，当干簧片闭合并产生协振时，簧片有足够强的弹力使协振动作很快就消失而稳定下来，通常仅在 $50\ \mu\text{s}$ 至 $100\ \mu\text{s}$ 期间看到一次或两次的振荡。大部份小干簧开关包括振荡期的操作时间通常是在 $100\ \mu\text{s}$ 至 $500\ \mu\text{s}$ 的范围内，见图#15。



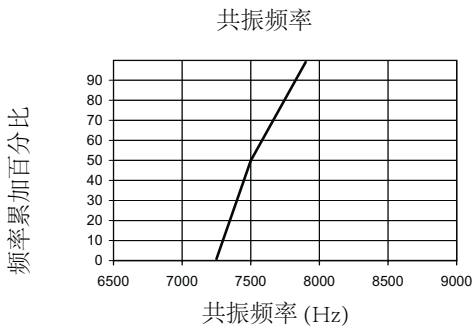
(图#15, 一个典型 吸合AT值与操作时间关系图, AT值越高, 干簧开关的簧片间隙亦越大, 开关闭合的时间也随之增加。)

释放时间是磁场移除后开关开启所需的时间。以一个继电器为例，当线圈电源关闭时，一个很大的反电动势的产生导致干簧片急速开启，这个释放时间约是 $20\ \mu\text{s}$ 至 $50\ \mu\text{s}$ 的范围。如果一个二极管跨接线圈，这样可以消除这反向感应脉压(这电压可以是100伏至200伏)，开关开启的时间会减慢到大约 $300\ \mu\text{s}$ 。部份设计师需要短的释放时间，但不能有潜在的反向感应脉压耦合在敏感的数位电路内，所以他们会加一12伏至24伏的稳压二极管串联至一整流二极管并与线圈并联。此时，当线圈电源关闭时，电压为反向的齐纳电压值，如此已能使开关在 $100\ \mu\text{s}$ 内开启，见图#16。



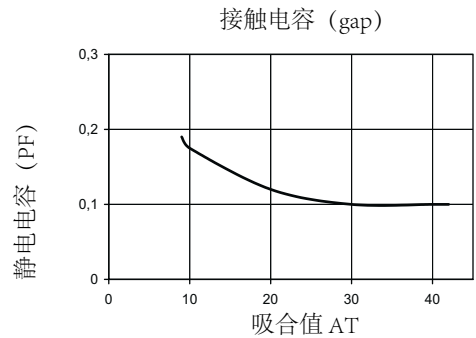
(图#16, 一个释放时间随释放AT值增加的关系图, 释放AT的提高增加了干簧片的恢复力,从而加快了释放时间。)

共振频率在干簧开关的共振点上, 各种干簧开关的参数都会受到影响, 20毫米长的玻璃管封装, 共振的范围通常是1500Hz 至2000Hz, 10 毫米长的玻璃管封装, 共振的范围将会是7000Hz 至8000Hz, 避免掉这些特定的共振范围将可确保干簧开关没有任何问题, 通常会受到影响的参数为切换电压和绝缘电压, 见图#17。



(图#17, 显示了一组10 毫米长的干簧开关和它们的共振频率分布。)

接触电容流经过开关的电容范围约为0.1pF 至0.3pF。这种非常低的电容允许适用于切换用途, 像半导体有高达100 pF的接触电容, 则无法被考虑使用。于半导体的测试仪器中, 很低的接触电容是非常并绝对重要的, 见图#18。



(图#18, 当吸合AT值增加, 簧片间的间隙增加, 从而降低干簧开关两端间的电容。)