為台灣加油打氣專欄(140)金屬濾波器

李家同

這篇文章所談到的濾波器乃是指電機方面的濾波器，通常我們不會感覺到我們的電力和波動有什麼關係，這是因為電力公司送來的電是低頻的原因。電力公司送到家裡的電並不是直流電，也是一個會變動的電。請看圖一。



圖一

通常我們的電力訊號是一個正弦波，正弦波震動一次所需要的時間叫做一個週期。每一秒鐘震動多少次叫做頻率。以電力公司送給我們的電為例，頻率是60，但是我們的肉眼有所謂的暫存效應，所以我們不會感覺到電燈在一秒鐘內忽明忽暗60次之多。假如頻率是10，任何人都會發現電燈不停地在閃。當然，我們的通訊系統中，訊號都是高頻的，也就是說，一秒鐘要震動至少100萬次。

如果我們的訊號是在空氣中傳播，這時訊號是電磁波，像波浪一樣前進的，如圖二所示。

圖二

既然是個波浪，當然就會有一個波浪的速度。大自然給了我們一個非常好的禮物，那就是電磁波的速度是光速，光速是。這是自然界最高的速度。我們現在收看到的電視新聞，就是用光速傳送的，幾乎是和真正的新聞完全同步。

因為訊號是一個波，我們就可以有所謂波長的觀念，請看圖三。



圖三

請大家千萬注意，波長以長度為單位，而週期是以時間為單位。波長(λ)、光速(c)和頻率(f)有一個關係如下:



也就是說，頻率越高，波長越小。反過來說，頻率低的話，波長就會非常之長。如果頻率是60，你可算出來波長等於5000公里。所以電力公司所送來的店也是一個波，可是這個波的波長長達5000公里，你家裡用到的電線常常1米都不到，因此沒有人會感覺到波的。

可是在通訊上，波長是常常用到的，請看圖四。



圖四

就以手機通訊而言，到處都有所謂的基地台，每一具手機會有一個頻率，基地台收到很多不同頻率的訊號以後，必須將它們一一分開，因此就有濾波器的需要。一個基地台常常需要多個濾波器來確保基地台與手機、基地台與基地台之間沒有互相干擾，確保多人同時利用手機通訊的品質。

當然對於學電機的同學來說，濾波器往往是用電容和電感所做出來的，但是如果我們需要高頻率而且高功率的話，用電容和電感是不夠的，工業界因此就有一種金屬濾波器，我們也可以叫它為金屬波導管被動元件。請看圖五。



圖五

這是一個最簡單的示意圖，用來解釋金屬濾波器的原理。圖中的橫線是金屬條，假設我們將兩端接地，如果有電波通過，因為兩端接地，電波的強度在兩端都是0。學過物理的同學都會知道，電壓在接地的那一端永遠是0。如果金屬條的長度正好是波長的一半，那麼金屬中間訊號最強。當然其他的波也可能會通過金屬條，在圖五中，我們可以看到有另外一個波，它的波長是金屬條的一半。如果A訊號的波長是金屬條長度的兩倍，而且我們的訊號從金屬條的中間射進去，我們可以想像得到這個訊號是很強的。假設B訊號的波長是金屬條長度的一半，B訊號簡直就完全沒有通過了，因為對金屬條而言，中間點對A訊號最有利，對B訊號最不利。所以我們說這個金屬條有濾波的作用。

假設我們的訊號頻率是86GHz，它的波長大約是3.5mm(1mm等於1/1000米)，金屬條的長度就要是1.75mm。

這當然是示意圖而已，真正的金屬濾波器比這個金屬條濾波器要複雜。請看圖六。



圖六

圖六是一個長方形的金屬盒子，因為盒子邊緣是金屬的，而且電波的方向是平行於盒子邊緣的，所以電波在盒子邊緣一定會是0，最強的電波一定是在盒子的對角線上。經由一些複雜的數學運算，我們可以得到以下的方程式:



從以上的公式可以看出來，如果我們要得到一個高頻率的電波，a和b都要很小。

我們台灣已經可以生產這種金屬濾波器提供給通訊廠商，他們所要濾掉的波頻率常常是86GHz(1GHz等於1秒鐘內震動10億次)。雖然濾波器可以用數學的方式來設計，問題是製造的時候必須要非常精密，比方說，如果轉角應該90度，結果有一點不正確，這個濾波器就沒有用了。所以設計濾波器的工程師不僅要懂得電機，還要懂得機械，因為要用哪一種工具機來製造是一個很關鍵性的問題。

當然，最重要的仍然是工程師對於電磁學的了解。值得我們擔心的是，電磁學牽涉到相當複雜的數學，如果我們的電機工程教育不重視數學，工程師就不可能設計這一類的設備。

全世界能夠製造這一類設備的，絕對不超過十個國家。我們應該感到欣慰的是，我們仍然有很不錯的工程師，他們不僅僅懂電機、機械，而且也重視工業工程的學問。這使得我們的產品可以賣給全世界最大的電信公司。