

船舶無線電測向

A.M.巴依拉謝夫斯基著

張恩餘 姜武奎合譯



人民交通出版社

62/172
77-5

向 測 電 綫 無 船

A. M. 巴依拉謝夫斯基著

張恩餘 裘武奎 合譯

人民交通出版社

船舶無線電測向
А. М. БАЙРАШЕВСКОГО
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ
СУДОВОГО РАДИООПЕРАТОРА

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ»
МОСКВА 1952 ЛЕНИНГРАД

本書根據蘇聯海運出版社1952年莫斯科列寧格勒俄文版節譯

張恩餘 裘武奎 合譯

人民交通出版社 出版

(北京北兵馬司一號)

新華書店 發行

(全國各地)

北京市印刷一廠 印刷

編者 黃呈福

全書97,000字★定價12500元

1954年9月北京第一版★1954年9月北京第一次印刷

印數0001—2500冊

31''×43'' $\frac{1}{2}$ 印張3拾張

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

譯 序

本書是由蘇聯莫斯科海運出版社 1952 年出版的船舶無線電機管理人員參考書摘譯下來的。它系統地闡述了船舶無線電測向器的原理、性能、結構及其操作方法。可以作為中等技術學校教材及航海員、電訊工程技術人員、無線電員、無線電技術愛好者參考。

為了使讀者更全面地明瞭有關船舶測向業務起見，在附錄上補充了有關的參考資料，其中包括關於測向業務國際上的主要規定；測向通訊的程序；無線電波向位與麥氏海圖向位換算表以及北海德克特和波羅的海各區域示標台的台名、位置、工作特性等以供參考。

由於譯者的俄文及業務水平不高，難免有很多錯誤和缺點，希望讀者予以指正。

譯者

目 次

原序	1
1 無線電接收的方向性	3
2 旋轉式環狀天綫測向器	7
3 天綫效應	9
4 單方向的接收	18
5 固定環圈式測向器	22
6 測向時的偏差	30
7 測向器的自差	33
8 操船時測向器的運用	44
9 船用無線電測向器的結構	49
ППР-2 型無線電測向器	49
AR-8709 A 型無線電測向器	56
«Бурун-К» 型無線電測向器	60

習題

附錄

測向業務常識 (附大圈無線電向位——航用麥氏向位修正表)

附圖 1, 2, 3, 4, 5,

北海區域無線電示標台台名表

「無線電測向」譯名對照表

原 序

蘇聯的船舶爲了發展社會主義祖國的國民經濟，担负了光榮而艱巨的運輸任務裝載着成千上萬的旅客和巨量的物資。

蘇聯的海員具有勇敢無畏的光榮傳統，而且在航海技術上不斷求得改進，他們是世界上最優秀的海員，在祖國歷史上寫下了光輝的史蹟。

蘇聯的海員不僅是勇敢的，無畏的，並具有紀律性和克服困難的機智，他們堅決維護祖國的尊嚴，集中表現了高度的道德品質而鄙棄外國腐朽的諂媚的資產階級文化。

保障船舶航行和旅客生命財產的安全，使航行中不發生海損事故，勝利地完成船舶運輸任務，船舶無線電通訊是起着極大作用的。

無線電是一八九五年由偉大的天才的俄國人民的兒子克隆舒德斯基海軍學校教官——亞歷克山大·斯傑潘諾維奇·波波夫發明的。

早在一八九七年春天，波波夫就已在克隆舒德斯基的基地上與船舶上使用無線電通訊。世界上最早的無線電台首次就完成了三海里有效距離的通訊，通過這次實驗，他證實氣候變化，天綫懸掛高度以及金屬設備，對無線電通訊有莫大的關係。

在波波夫不斷的研究下，一八九八年在船用無線電裝置方面有了巨大的改進，繼在‘小魚’號快艇‘阿非利亞’號巡洋艦及‘歐羅巴’號運輸艦上用無線電通訊獲得了輝煌的成績。一八九八年九月三日當颶風襲擊船艦時，由於無線電傳遞消息迅速致各船均未遭受任何破壞和損失。

鑒於上述試用的結果，波波夫指出‘現在用無線電作爲船舶通訊工具的問題已可決定，希望不久的將來，海洋船舶都能普遍裝置無線電設備，並由受過專門訓練的人員來掌握，使它成爲經常性的船舶通訊工具’。

波波夫不僅解決了船舶無線電通訊問題，同時還發現船舶的船壳反射電波的現象。這種現象的發現成爲以後創造無線電助航設備的主要依據。當時他認爲如在船桅上裝置‘能阻止電磁波特性的’設備，利用電波反射以探視目標或測定方向，這樣可望減少或避免船舶在大霧中或

暴風雨中航行的碰撞事故。

無線電發明以後進步之速難以言喻，不論在機器方面助航方面以及在使用方法上都獲得了巨大的成就。所有這些成就首先是由於我國科學家們勤勞工作的結果。特別在偉大的十月社會主義革命以後，在革命導師列寧和斯大林的領導下於一九一八年在高爾基城成立中央實驗室，蘇聯傑出的科學家，M. A. 蓬契-白魯也維奇創造了真空管式發訊機，其通訊效率大大地超過了火花式發訊機並能用於無線電通話。蘇聯科學家孟吉利舒達姆，巴巴來克西及謝哥列夫創造了無線電測向器，以後又發明了超短波無線電助航裝置——雷達。

目前蘇聯的船舶都有新式的電台設備，在任何地區航行都能利用無線電與各港口及調度部門取得密切和迅速的聯系。

第十九次黨代表大會指出第五個五年計劃（自一九五一年至一九五五年）蘇聯將更大的發展通訊工具，主要是建立巨型無線電廣播電台及無線電通訊電台。船舶無線電通訊，具有其特別重要的意義。

船舶電台設備完善是勝利完成國家運輸任務的有力保證，因為它能使通訊迅速，正確和持久，對保障航行安全及提高運輸效率有顯著的作用。

船舶無線電員是船舶成員之一，對本身的工作應嚴格遵守蘇聯政府規定的技術操作規程與海船船員職務條例，並直接受船長領導。因為船長是船上最高的領導者和工作組織者，是蘇維埃社會主義國家的全權代表，他負有保護全船生命財產的責任及管理權力。

船舶無線電報務員在執行任務時應認真負責，保證與各電台的通訊能夠及時與正確。

船舶無線電報務員能否順利完成任務，與其學識、經驗和正確執行各種制度有密切關係，就是說他對無線電知識愈豐富則他的才能愈高，在保證船舶通訊上也就愈可靠。

斯大林同志教導我們，理論不結合實踐是空洞的理論，同樣無理論的實踐是盲目的實踐。

船舶無線電報務員在船舶上工作，不但要鞏固所得的知識，而且要使知識更豐富起來。

1 無線電接收的方向性

最簡單的接收天綫（尤其是垂直式天綫）都是沒有方向性的。如果發訊台的方向不同，而電力、波長、距離相同，那末垂直天綫所收得來自不同方向的訊號具有相同的訊號強度，這就是說垂直天綫是沒有方向性的。

天綫的方向特性可由圖 1 來說明。所謂天綫的方向特性，就是用來表示發訊台的方向與接收天綫上的訊號強度的關係，也就是說由於發訊台方向的改變而引起收訊天綫上訊號強度有所改變的情形。訊號強度是指接收天綫上的電動勢的大小。

天綫的方向特性可以用直角座標（圖 1a）或用極性座標（圖 1b）來表示的。

從這兩個圖上所看到的測角 θ ，是某一預知方向（例如船首方向）與發訊台的方向所成的角度；圖上天綫電動勢的強度和它的相位，對任何方向都是相同的，這是因為收訊天綫所感受的電動勢等於天綫實際高度與電場之乘積：

$$E_A = E h_d$$

式中： E_A ——天綫上的電動勢；

E ——電場強度；

h_d ——天綫實際高度。

因為任何 θ 角度的電場及

實際高度都是同值，所以在天綫上測得電動勢的數值也是固定不變的。天綫電動勢的相位之固定性，可用訊號強度的測算公式證明：

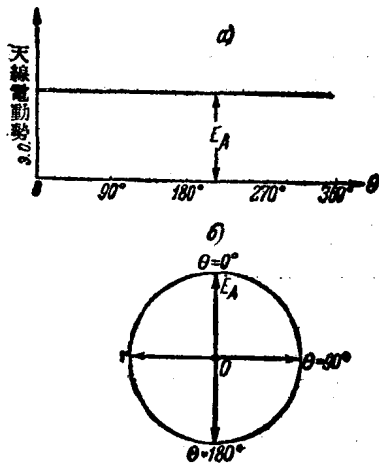


圖 1

$$E = E_m \sin \omega t$$

E_m ——最大電動勢。

同理，測算天綫的電動勢可用下式：

$$e_A = E_m h_d \sin \omega t,$$

e_A = 天綫上的電動勢。

除了這些因素以外，如果我們將開路天綫代以環狀天綫或框形天綫，那麼從各方面射來的訊號將有完全不同的圖形。

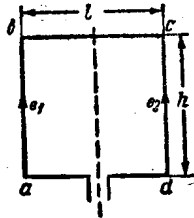
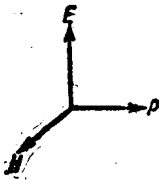


圖 2

我們可以得到一個公式，假設環狀天綫的高度為 h ，寬度為 l 。它在訊號電磁場中的作用如圖 2 所示。如果環圈的平面與磁波傳射的方向相合時，在環圈的垂直端 ab 與 dc

的兩個電場 E 的矢量相遇而發生電動勢。 ad 與 bc 端的電動勢等於零。因為電場的矢量僅在那環圈的垂直部分。位於環圈中央的電場可用公式：

$$E = E_m \sin \omega t,$$

電波到達左邊 ab 端的時間要比環圈中央超前 $\frac{l}{2c}$ 時間，因此發生於環圈 ab 端的電動勢就等於：

$$e_1 = E_m h \sin \omega \left(t + \frac{l}{2c} \right).$$

在上述公式中可將環圈左邊 ab 的實際高度代以幾何高度。這是因為船舶測向器的波長是長波，環圈的高度要比波長小許多倍，所以分佈環圈兩端的電動勢幾乎相等。

由此， $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ，而 $c \cdot T = \lambda$

c = 速度 T = 週期 λ = 波長

ω = 角速度

因此我們可將公式寫成：

$$e_1 = E_m h \sin\left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda}\right)。$$

電波到達右邊 d 端的時間要比環圈中央落後 $\frac{l}{2c}$ 時間。

產生於環圈右邊 d 的電動勢則為：

$$e_2 = E_m h \sin\left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda}\right)。$$

由圖 2 可以看出環圈左邊的電動勢與右邊的電動勢相遇後，則環圈上的總電動勢(電位差)將等於：

$$\begin{aligned} e_p &= e_1 - e_2 = E_m h \sin\left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda}\right) - E_m h \sin\left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda}\right) \\ &= E_m 2h \cos \frac{\left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda}\right) + \left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda}\right)}{2} \cdot \sin \frac{\left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda}\right) - \left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda}\right)}{2} \end{aligned}$$

$$= E_m 2h \sin \frac{\pi l}{\lambda} \cos \omega t。$$

由於船舶測向器的 $\lambda \gg l$ 因此可以認為沒有特別的誤差

$$\text{如：} \sin \frac{\pi l}{\lambda} \cong \frac{\pi l}{\lambda}；$$

$$\text{則：} e_p = E_m \frac{2\pi l h}{\lambda} \cos \omega t。$$

環圈的面積為環圈高度 h 和寬度 l 的乘積：即 $S = hl$ 。

此外，實際上環圈的圈數不止一圈，而是連續的 N 圈，環圈的電動勢也就是每圈的電動勢相加起來的總和，因此求環圈總電動勢的公式可寫成：

$$e_p = E_m \frac{2\pi NS}{\lambda} \cos \omega t。$$

由此公式，我們可以得到兩個要點：第一，在環圈上由無線電訊號

電場所產生的電動勢對該電場有 90° 的相位差，電磁波的電場是由 $\sin \omega t$ 的公式來求得的，環圈的電動勢是由 $\cos \omega t$ 公式來求得的；第二， $\frac{2\pi NS}{\lambda}$ 就是表示天線的實際高度。

至於環圈總的電動勢（電位差），是由於環圈的平面與無線電波傳射方向相合而產生的。

由圖 3 可以看到：環圈的平面自發訊台的方向旋轉，使環圈平面方向與發訊台的方向成 θ 角。

由圖 3 可以看出：根據計算環圈總電動勢的公式，可將闊度的投影 l_1 代替闊度。 $l_1 = l \cos \theta$ 。

由於環圈的旋轉，意味着發訊台的方向的改變；那麼環圈上的總電動勢也隨之改變。其公式：

$$\begin{aligned} e_p &= E_m \frac{2\pi N h l \cos \theta}{\lambda} \cos \omega t \\ &= E_m \frac{2\pi NS}{\lambda} \cos \theta \cdot \cos \omega t. \end{aligned}$$

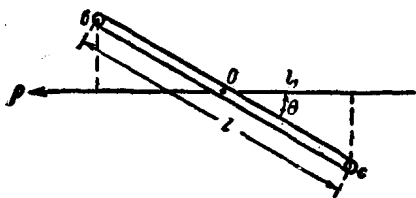


圖 3

根據上述公式可以知道環圈上產生的電動勢是由環圈的旋轉角度來決定的，例如當環圈平面與發訊台的方向所成的 θ 角等於 90° 時，環圈上的電動勢等於 0，因為 $\cos 90^\circ$ 等於 0。當環圈

的平面和發訊台的方向相符時，環圈上的電動勢為最大，因為 $\theta = 0^\circ$ ， $\cos 0^\circ = 1$ 。

由此可見普通開路天綫與閉合的環狀天綫之間的區別，是環狀天綫具有方向性，而普通開路天綫是沒有方向性的。環狀天綫的方向性已在前面談過了。運用上述求環圈總電動勢的公式，旋轉它的平面角度，用直角座標圖及極性座標圖（圖 4 a 和 6）就可確定環狀天綫的方向特

性。環狀天綫的旋轉不僅改變電動勢的數值，而且改變它的相位。例如環圈旋轉從 $0^\circ \sim 90^\circ$ 及 $270^\circ \sim 360^\circ$ 電動勢(相位)是正的。而環圈旋轉從 $90^\circ \sim 180^\circ$ 及 $180^\circ \sim 270^\circ$ 之間電動勢(相位)是負的。環圈上電動勢的相位在 180° 即改變，也就是 θ 角加以 180° 其相位即改變。

倘若將環狀天綫的兩端接至收訊機，並且使它諧振於訊號頻率上，再將環狀天綫旋轉，那時聽到的訊號強度將會改變。因為環圈上的電動勢是根據上述公式而改變的。但是除 θ 角外在 θ 角加 180° 之處同樣在耳機上能夠聽得音頻訊號，雖然在環圈上的射頻電動勢的相位與前者相反，但是此相反的相位僅作用於檢波級中，此時環圈電動勢的相位變動在聽覺上是辨別不出方向性的。

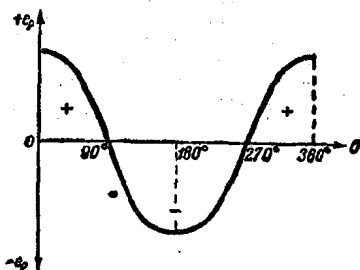


圖 4 a

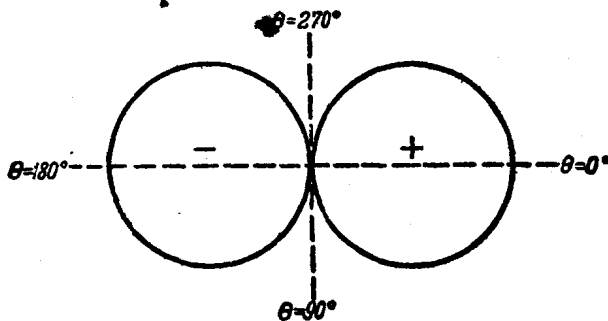


圖 4 b

2 旋轉式環狀天綫測向器

無線電測向器是測定無線電發訊台的方向和位置的儀器。無線電

測向器的概念是 A. C. 波波夫所創議的。最早完成這個理想的是 C. O. 麥克羅夫(院士)。他在 1904 年利用無線電波測定敵方艦隊的方向。同年(1904)H. Д. 巴巴來克西根據測向器的工作原理首先闡明了環狀天綫在接收訊號上的方向性的特點。上面已經說過,將環狀天綫接在收訊機上,並將其旋轉,就會感到音響強度在改變,音響強度是隨着環狀天綫電動勢的改變而改變。在環狀天綫特性圖上可看出各周圍的方位上有兩個訊號最響的和兩個訊號最弱的圖形。實際上不是使用最響的訊號,而是使用最弱的訊號。(見圖 5)

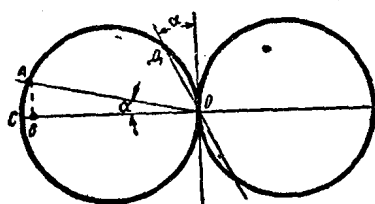


圖 5
(註: D 改爲 D)

如果以最響訊號來確定方向,旋轉環圈,使之與最響訊號點上成 α 角度,那時仍會得到相當強大的聽聞度,這聽聞度用 OA 綫來表示,在圖上可以看出 OA 綫與最大強度的 OC 綫的區別,僅相差一小端 BC

綫。

如果將環圈從最弱的訊號點上旋成同樣的角度 α ,那末聽聞度的改變將與 OD 綫成比例, OD 較 BC 要大得多,這還可以用下列實例來證明:在計算電動勢的公式中,環圈的轉動角度對環圈上所產生的電動勢有決定性的作用, $\cos \alpha$ 角度都是式中右部的變數。當 α 相近 10° 時 $\cos$ 的變動很少,而當 α 相近 90° 時 $\cos$ 的變動就很大。當環狀天綫上的電動勢有了改變時,在收訊機耳機上的訊號強度也隨之改變。

根據上述情況可以得出這樣的結論,那就是說使用最弱訊號測得的方位要比用最響訊號測得的方位精確得多。

關於研究環狀天綫無線電測向原理,可見圖 6。設 PQ 為船上的船首方向或岸上的真北方向,從 P 點開始以順時鐘的方向分成 0 度到 360 度, O 點為測向器環狀天綫的轉軸,設被測的發訊台的位置從 O 點上說與 PQ 綫成 α 角,而 α 角的數值不知道,那就須用測向器來尋探了。

測向者可在測向器的 O 點旁將環圈轉動，直到環圈的平面(如圖 6 所示)與發訊台的方位成垂直的位置時，發訊台方位恰在圖 6 所表示的環狀天綫方向特性之二個圓圈的切綫上(此二個圓圈和環圈平面相連定的)，也就是發訊台的訊號最小點。

α 角的數值是用指針 F 表示出來的，此指針裝在環狀天綫的轉軸上與環狀天綫一起旋轉的，這樣指針就會在固定的方位盤 G 上指出它與 PQ 綫平面的相對方位。指針與環狀天綫的平面恒成直角。

然而，測向者和測向器在工作時，可能發生這樣不利的情形，就是當環狀天綫的 b 端轉在 c 端的位置時，測向器同樣會得到訊號的最小點，而指針 F 所指的方向恰與前者相

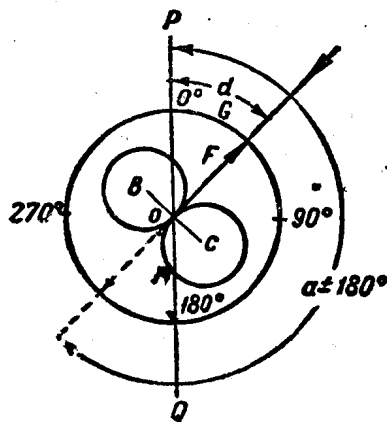


圖 6

反，它的位置相應地在另一個訊號最小點上。如圖 6 的虛綫所示，那時測向者在測向器的方位盤上所得到的不是 α 角，而是 $\alpha + 180^\circ$ ，它與實際的發訊台方位相差 180 度。因此，在無線電測向器上有兩個讀數，不知道那一個是真實的發訊台的方位。

爲了避免在無線電測向器中存在着的這種相差 180 度誤差的可能性，另外有一種鑑別裝置，以後再述。

3 天 綫 效 應

在學習測向器和旋轉環圈的動作原理時，知道環狀天綫上僅有一個電動勢在作用着。這電動勢乃由發訊台(被測的)的電磁場作用於環圈的垂直部分而產生的。在實際工作中測向器環狀天綫的作用甚爲複

雜。由於各種原因致使測向器的方向特性有所畸變，而使得正常的測向工作遭到很大的阻碍。環圈的天綫效應是使方向特性畸變的重要原因之一。

關於怎樣會產生天綫效應的解釋，可參看圖 7。這是一幅最簡單的綫路圖。環圈兩端接至收訊機的輸入部分，由於電磁波對環圈的影響而產生 I_p 電流， I_p 流經容電器 C 就產生電壓：

$$U_p = I_p \frac{1}{\omega C} \quad \left(\frac{1}{\omega C} = C \text{ 之廻阻} \right)$$

此電壓饋給收訊機第一個真空管的輸入端，予以放大以及相應地予以變週。

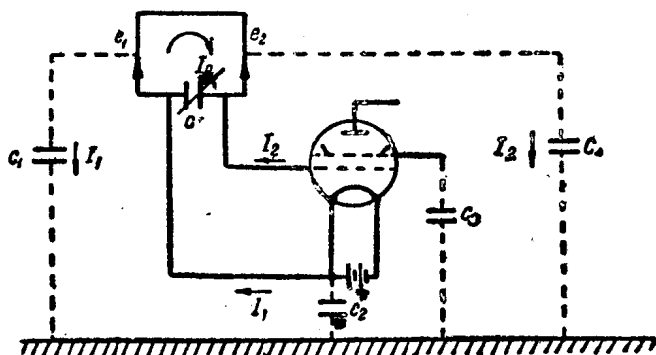


圖 7

(註：C₃改爲C₂)

從環圈的方向特性表上可以看出，環圈電流 I_p 或者輸入收訊機的電壓 U_p 之數值，是由環圈的平面位置來決定的。在測向器的實際工作情況下，因為環圈附近的四週，有各種接地的金屬障碍物存在着，(如管子、旗桿、金屬裝具和各種建築物等等) 所以環圈的兩端對這些障碍物存在着分佈電容量，如圖 7 的 C_1 及 C_4 所示。

此外，連接環圈和收訊機間的電纜，燈絲電池，以及真空管的柵極等對地而言也有分佈電容量的存在。如圖 7 中的 C_2, C_3 都是。

環圈兩肩上的 e_1 及 e_2 的電動勢由於這些分佈電容量，而產生通過那

些電容量的各種位移電流 I_1 及 I_2 。這些電流的數值當視 c_1 及 c_2 電動勢以及相應的電容量 C_1 , C_2 , C_3 及 C_4 的大小而定。若 I_1 與 I_2 相等 ($I_1=I_2$)，那末因為它們在環圈上彼此相遇，在分佈電容量上的總電流等於 0： $I_A=I_1-I_2=0$ 。同時也可推知在環圈調諧電容器兩端由位移電流而產生的電壓 U_A 也必等於 0。

$$U_A = I_A \cdot \frac{1}{\omega C} = 0。$$

所以在收訊機中聽到的只是環圈的主電流 I_p ，但是實際上 C_1 , C_2 , C_3 及 C_4 的電容量不可能恰巧相等，此種情況在實用上常常會遇到的。因之 I_1 不等於 I_2 ，致使流經電容器的電流除環圈主電流 I_p 外尚有 $I_A=I_1-I_2$ 的

電流，而在電容器兩端產生了額外的電壓 $U_A = I_A \cdot \frac{1}{\omega C}$ 。因此這一

電壓的數值並不是由接收的電波方向來決定的。這種現象稱為環圈的天綫效應。

如果在綫路上將環圈和天綫連接在一起，那末同時將具有環圈和天綫的兩種性能。

我們來研究一下環圈的天綫效應對方向特性的影響。由於天綫效應的存在，在環圈的電容器上同時有兩個電壓： U_p 電壓是由環圈的作用而產生的及 U_A 電壓是由環圈的天綫效應所產生的。總的電壓應為這兩種電壓之總和。 U_p 電壓當環圈電路調諧至諧振時與 I_p 電流同相； U_A 電壓由 I_A 電流在非調諧電路中流動的，所以相差 φ 角的相位。

按照電工學定理，可將天綫效應的電壓分成兩個分量（圖 8）。分量電壓 U'_A 和電流 I_A 同相，稱為天綫效應的同相量。分量電壓 U''_A 對電流 I_A 相位差 90° 稱為天綫效應的異相量。

同相量對環圈的方向特性的影響可見圖 9 所示的曲綫。圖中的曲綫表示電壓 U_p 隨環圈的旋轉 (θ 角的改變) 而改變。圖上與橫座標並行的虛綫是天綫效應同相量電壓

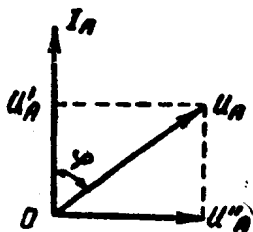


圖 8

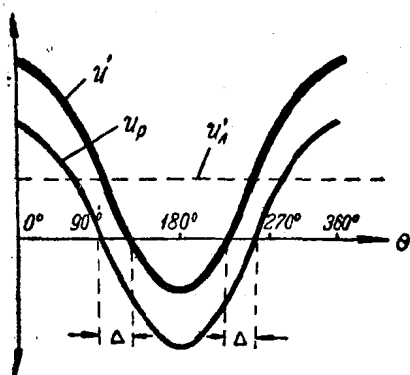


圖 9

向 $\theta = 180^\circ$ 方面移變了 Δ 角。

此種現象可用極性座標(圖10)說明之。圖中的兩個圓圈，用細綫畫的表示不計天綫效應影響的環圈方向特性，用虛綫畫的表示環圈天綫效應的極性圖。

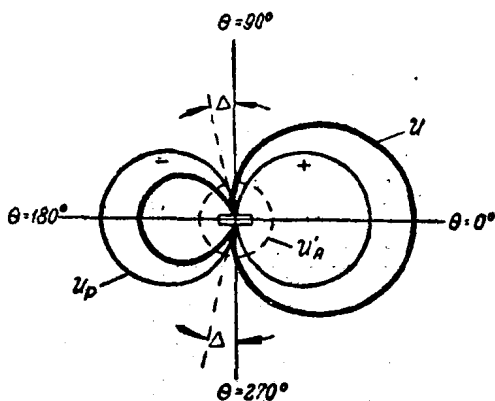


圖 10

圖中的粗曲綫是細曲綫與虛曲綫之代數和。由此可以看得更明顯，