

Mechanical indicator of Doppler Frequency Shift of own Echoes for EME

by OK1DAI and OK1KIR

E. To avoid possible errors when determining the value of Doppler frequency shift from graphs (see DUBUS 4/1982) we have designed and built a simple mechanical instrument with direct readout of the instantaneous value of frequency shift. Construction of this instrument is described below. There is a toothed pinion on the axis of the clockwork (1) which drives the toothed wheel (2) with 1:25 ratio - in this case 12 and 300 teeth. A clockwork from an alarm-clock was used. The hour-angle scale is fixed to the toothed wheel (2). Further, movable mounted on the wheel (2) there is a pin/journal with bearing (3), the eccentricity of which changes according to the value of declination of the moon. Bearing (3) runs in the groove of the sliding lever (4) which is connected to the pointer (5) running above the scale. The scale consists of fixed and movable parts. On its fixed part there are drawn two scales of declination. Declination is adjusted at hour-angle of +90 deg. or -90 deg. by means of change of position of the eccentric (3) on the wheel (2). On the movable part on the scale the particular scales for each band (Δf_E) are drawn. Measures of representation of the scales are in the ratio of used frequencies. At hour-angle value $t=0$ deg, the movable scale shifts by (Δf_M) against the pointer (5). The hour-angle scale appears in the window under the scales of declination and frequency shift (Δf_E).

For $\delta = 0^\circ$ and $t=90^\circ$ the following relation is valid:

$$\Delta f_E(\text{Hz}) = 3.0866 \times \cos \delta \times f \text{ (MHz)}$$

$$x = \Delta f_E \times M$$

where M is the scale of representation. In our instrument it is 2mm for 100 Hz in 1.3 GHz band. For change of declination this is valid:

$$y = x \times \cos \delta / \quad \max \delta = 28^\circ$$

This value is adjusted once for the whole orbit of the moon. The error caused by variation of declination within on orbit is negligible. The hour-angle value t is adjusted as follows:

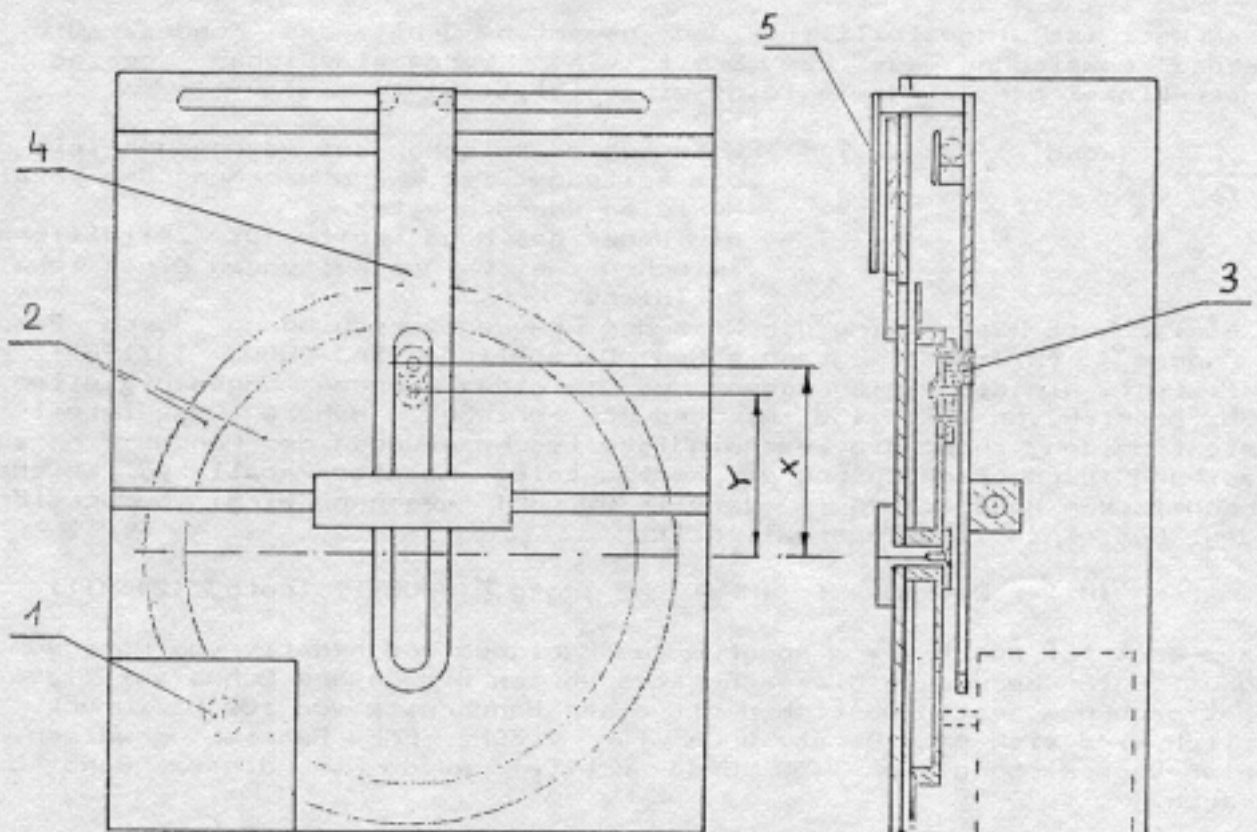
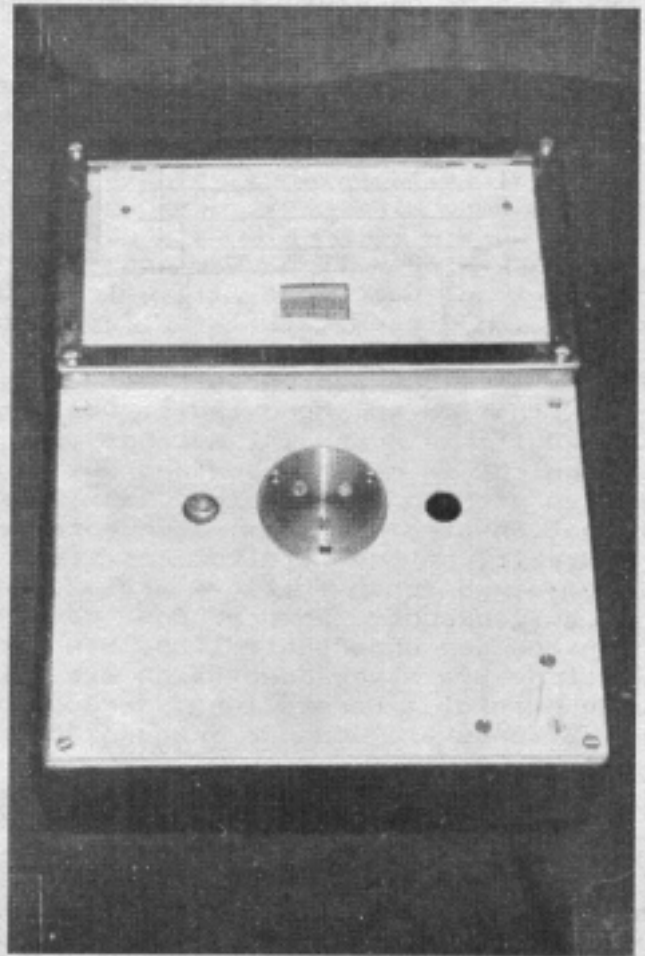
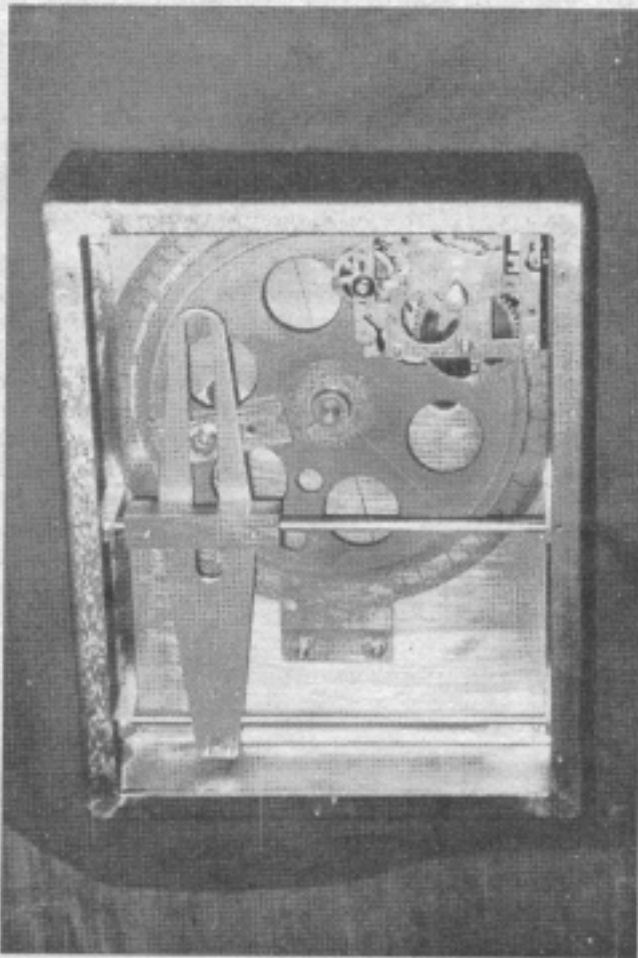
$$t = \frac{\Delta T}{T_o} \times 360^\circ \quad \text{where } \Delta T - \text{difference between the momentary time and the time of transit of the moon through the local meridian.}$$

T_o - duration of the orbit of the moon.
Differenz between the following transits through the loc. meridian.

For reasons of simplicity, the value of the frequency shift caused by moving of the moon (f_M) was a little idealized in the graphs shown in DUBUS 4/1982. Experience has taught us however, that due to considerable unevenness in the move of the moon the error in the 1.3 GHz band may reach as much as 150 Hz. More accurate method appears to be evaluation of the value of frequency shift from the real velocity of the moon with help of equator horizontal parallax π , which is usually given for 00 GMT in astronomical handbooks. For one day interval it is:

$$f_M(\text{Hz}) = 0.4915 \times f \text{ (MHz)} \times (\cotg \pi(00 \text{ GMT}) - \cotg \pi(24 \text{ GMT}))$$

This value is positive at going from apogee to perigee and negative from perigee to apogee. Using this instrument we are able to detect our own echoes at the first tuning of RX 1296 MHz with 100 Hz bandwidth. The instrument will be particularly useful on 2.3 GHz where at our latitude the 50 deg Doppler shift may reach much as 5.7 kHz.



D. Mechanische Anzeige der Frequenz-Doppler Verschiebung der eigenen Echos bei EME-Betrieb. Von OK1DAI und OK1KIR.

Um eine falsche Einschätzung der Frequenz bei Echotests auf höheren Frequenzen durch Doppler-Verschiebung zu vermeiden oder die Verschiebung anhand einer Graphik (wie in DUBUS 4/1982 beschrieben) haben wir ein einfaches mechanisches Gerät entwickelt, welches uns die Doppler-Verschiebung in Abhängigkeit der Frequenz, Geschwindigkeit des Mondes und der Deklination des Mondes, anzeigt. Nachfolgend die Beschreibung des Gerätes:

Das Uhrwerk eines alten Weckers wurde als Antrieb benutzt. Dort ist ein Zahnritzel auf der Achse (1), welches das Zahnrad (2) in einem Verhältnis 1:25 antreibt (in diesem Fall 12 zu 300 Zähne), vorhanden. Der Stundenzeiger ist mit dem Zahnrad (2) verbunden. Weiter, beweglich auf dem Rad (2) angebracht, befindet sich das Zapfenlager (3), dessen Exzentrik im Gleichlauf zu dem Wert der Deklination vom Mond läuft. Das Lager (3) bewegt sich in der Aussparung des beweglichen Armes (4) welcher mit dem Zeiger (5) verbunden die Skala überstreicht. Die Skala besteht aus einem festen und einem beweglichen Teil. Auf dem festen Teil sind zwei Deklinationsskalen aufgezeichnet. Die Deklination wird mit dem Stundenzeiger auf + 90 Grad oder - 90 Grad eingestellt, bei gemittelter Position auf dem exzentrischen (3) Zahnrad (2). Auf dem beweglichen Teil der Skala sind die verschiedenen Skalen für jedes Band aufgebracht. Entsprechend den verschiedenen Frequenzen, sind die Verschiebungen unterschiedlich. Steht der Stunden-Winkel auf $t=0$ Grad, die bewegliche Skala verändert sich wie (Δf_M) entgegengesetzt dem Zeiger (5). Die Stunden-Winkel Darstellung erscheint in dem Fenster unter der Deklinationsskala und der Frequenzänderung (Δf_E) .

$$\text{Für } \varphi = 0^\circ \text{ und } t = 90^\circ \text{ ist die folgende Beziehung gültig:}$$

$$\Delta f_E \text{ (Hz)} = 3.0866 \times \cos \varphi \times f \text{ (MHz)}$$

$$x = \Delta f_E \times M$$

wobei M die Darstellung auf der Skala bedeutet. In unserem Gerät beträgt die Auflösung 2mm für 100 Hz im 1.3 GHz Band. Für die Veränderung der Deklination hat folgende Formel Gültigkeit:

$$y = X \times \varphi \cos / \varphi_{\max} = 28^\circ$$

Dieser Wert ist eingestellt für den gesamten Orbit des Mondes. Die sich ergebene Abweichung aus dem Orbit sind vernachlässigbar gering. Der Stunden-Winkel Wert wird wie folgt eingestellt:

$$t = \frac{\Delta T}{T_0} \times 360^\circ \quad \text{wobei } \Delta T - \text{Unterschied zwischen der momentanen Zeit und dem Zeitpunkt ist, wenn der Mond den lokalen Meridian überschreitet.}$$

T₀ - Die Dauer des Mond orbits. Die Zeitdifferenz zwischen zwei Überschreitungen eines lokalen Meridians.

Der Einfachheit halber wird der Wert der Frequenzverschiebung durch Bewegung des Mondes (f_M) in der graphischen Darstellung in DUBUS (4/1982) etwas idealisiert. Wie die Erfahrungen uns zeigten, werden Ungenauigkeiten bei 1.3GHz Betrieb von etwa 150 Hz dadurch erzeugt. Höhere Genauigkeit kann erreicht werden, indem die Geschwindigkeitsschwankungen des Mondes in seiner Umlaufbahn (durch Beobachtung der horizontalen Äquator-Parallaxe π , welche in astronomischen Handbüchern für jeweils 00 GMT gegeben wird) berücksichtigt werden. Für einen Tagesintervall gilt:

$$f_M \text{ (Hz)} = 0.4915 \times f \text{ (MHz)} \times (\cotg \pi(00\text{GMT}) - \cotg \pi(24\text{GMT}))$$

Dieser Wert ist positiv vom Apogäum zum Perigäum und negativ vom Perigäum zum Apogäum. Unter Benutzung dieses Gerätes hörten wir unsere Echos auf 1296 MHz sofort nach dem ersten Abstimmen mit einer Bandbreite von 100 Hz zurück. Sehr nützlich wird sich das Gerät auch für 2.3GHz EME Betrieb erweisen. Die Doppler-Verschiebung hier (50 Grad Breite) würde in diesem Band 5.7kHz betragen.