

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfassung der Neigung mit der möglichst hohen Genauigkeit ist in breiten Gebieten der Technik und der Wissenschaft notwendig {1},{4},{6}. Dies wurde bis jetzt meistens durch die genauen Röhrenlibellen (bis 1") verwirklicht. Diese Röhrenlibellen sind gegenüber Temperatur sehr empfindlich. Die lange Einspielzeit der Blase verursacht einerseits lange Wartezeiten für den Beobachter, andererseits die Unbeweglichen Objekte. Die elektronischen Libellen sind bei der Bestimmung der Deformationen und der Lotrichtung im Vergleich zu den Röhrenlibellen vorteilhafter {4},{6}.

Die Vorteile der elektronischen Libellen kann kurz so zusammengestellt werden:

- 1- Kontinuierliche Messung
- 2- Die mechanischen Grössen (Länge, Höhe und Neigungsänderung) können in elektrische Grössen (Spannung, Frequenz) umgewandelt und können somit zu EDV-Anlage gesandt werden.
- 3- Für die digitalen bzw. graphischen Aufzeichnungen sind sie sehr gut geeignet.
- 4- Die Handhabung ist leicht und sie haben sehr hohe Genauigkeit.
- 5- Wirtschaftlich, weil sie bei der Vermessung wenig Personal erfordern.

Aus diesen Gründen haben die elektronischen Libellen bei den Arbeiten über die genauen Neigungsmesser eine besondere Stellung und fallen besonders als eine neue Entwicklung auf.

## 1. GİRİŞ

Eğimin büyük bir doğruluk ile saptanması bilim ve tekniğin birçok alanındaki presizyonlu ölçmeler için gereklidir {1},{4},{6}. Bu şimdiki kadar hemen hemen yalnızca yüksek doğruluklu silindirik düzeçler ile (1" ye kadar) yapılıyordu. Bu presizyonlu düzeçler özellikle temperatürden etkilenmektedir. Gaz kabarcığının uzun salınım süresi, bir yandan gözleyicinin uzun zaman beklemesine, diğer yandan da ancak kısa bir süre için hareketsiz durumda bulunan objelere ölçme olanığının ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Son yıllarda bu sakıncaları taşımayan, yapı açısından birbirinden tamamen farklı, aşağıda açıklanacak olan iki çeşit elektronik düzeç geliştirilmiştir {2},{3},{5}.

## 2. ELEKTROLİTİK DÜZEÇLER

Bir silindirik düzeçte, alkol, elektrik ileten bir akışkan (Elektrolit) ile değiştirilir ve hem uçlara hem de tam ortaya birer elektrod yerleştirilirse bir elektrolitik düzeç elde edilir {3}. Elektrodlardan ortadaki bir voltaj kaynağının pozitif, diğer iki yandaki negatif kutbuna birleştirilir. Ayrıntılı olarak konstrüksiyon özelliklerine girmeden önce aşağıda birkaç fiziksel olay açıklanacaktır. Elektrolit; sulandırılmış asit, sudkostik veya metal çözeltiden elde edilebilir. Öz yüklerin taşınması burada iyon tarafından sağlanır. Metalik ileticilerde olduğu gibi elektrolit de elektriksel bir dirence sahiptir. Bu direnç,

1- Kullanılan malzemeye (Kimyasal terkip),

2- Eriyiğin konsantrasyonuna,

3- Elektrolitin temperatürüne

bağlıdır. Genel olarak elektriksel direnç için

$$R = \rho \cdot \frac{l}{F} \quad (2.1)$$

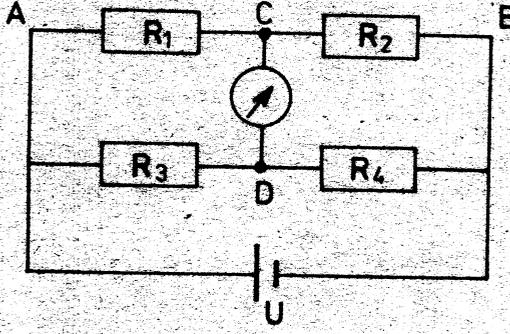
ifadesi geçerlidir {3}. Burada,

$\rho$  ; öz direnç

$l$  ; uzunluk (elektrolitik düzecen yarı uzunluğu),

$F$  ; kesit alanı

dır. Elektrolitik düzecen çalışma prensibi Şekil 1 deki elektrik devresi ile açıklanabilir. Bu devredeki  $R_1$  ve  $R_2$  değişken iki dirençtir. Düzec orta noktasının sağ ve sol yanında



ŞEKİL 1- Elektrolitik düzecen çalışma ilkesine karşılık tutulan elektrik devresi

kalan elektrolit parçaları  $R_1$  ve  $R_2$  direncine karşılık gelir. Düzec kabarcığının yer değiştirmesi ile bir direnç değişimi ortaya çıkar. Dirençlerin birinde Ar lik küçük bir direnç çıkar ve diğer dirence eklenir. Örneğin düzec kabarcığı B elektroduna giderse o zaman A ve C noktaları arasında yük taşınması için daha büyük bir elektrolit hacmi ortaya çıkar. Bu  $R_1$  direncinin azalması anlamına gelir. Eğer bu değişken dirençlere  $R_3$ ,  $R_4$  gibi iki sabit direnç eklenirse, bir Wheatston köprüsü elde edilir. Oluşturulan devreyi besleyen kaynağın voltajı  $U$ , devredeki akımlar  $I$  ve  $\bar{I}$  olmak üzere Şekil 1 deki devreye Krichoff kanunları uygulanırsa,

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = I \cdot R_1 \\ U_2 = I \cdot R_2 \\ U = U_1 + U_2 \end{array} \right\} \rightarrow U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad (2.2)$$

$$\left. \begin{array}{l} U_3 = \bar{I} \cdot R_3 \\ U_4 = \bar{I} \cdot R_4 \\ U = U_3 + U_4 \end{array} \right\} \rightarrow U_3 = \frac{R_3}{R_3 + R_4} U$$

elde edilir. C ve D noktaları arasındaki voltaj farkı (2.2) den,

$$U_1 - U_3 = U \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \quad (2.3)$$

dir. Eğer Wheatston köprüsü dengede ise, (2.3) den

$$U_1 - U_3 = 0 \rightarrow \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 0 \quad (2.4)$$

ve buradan da,

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \quad (2.5)$$

elde edilir. Bu durumda düzgeç kabarcığının ortada olması istenir, bu istek sonucu

$$R_1 = R_2 \quad (2.6)$$

olur. (2.5) den bu durum için

$$R_3 = R_4 \quad (2.7)$$

elde edilir. Egim ile voltaj arasındaki bağıntının araştırılması gereklidir. Düzecin herhangi bir konumunda, düzgeç ortasının bir yanında kalan elektrolitin hacmi  $V_1$ , diğer yanında kalan elektrolitin hacmi ise  $V_2$  ile gösterilirse (2.1) eşitliğinden ve  $F = V/l$  bağıntısından A ve C noktaları arasındaki direnç,

$$R_1 = \rho \cdot \left[ \frac{l^2}{V_1} \right] \quad (2.8)$$

B ve C elektrotları arasındaki direnç ise,

$$R_2 = \rho \cdot \left[ \frac{l^2}{V_2} \right] \quad (2.9)$$

dir. Düzgeç yatay konuma getirildiği zaman

$$V_1 = V_2 = \frac{V_e - V_k}{2} = \frac{V_0}{2} \quad (2.10)$$

olur. Burada  $V$  elektrolitin,  $V_0$  ise kabarcığın hacmini göstermektedir. (2.10) eşitliği, (2.8) ve (2.9) da yerine konursa,

$$R_1 = \rho \left[ \frac{l^2}{\frac{V_0}{2}} \right], \quad R_2 = \rho \left[ \frac{l^2}{\frac{V_0}{2}} \right] \quad (2.11)$$

elde edilir. Düzgeç eğimlendirilirse,

$$R_1 = \rho \left[ \frac{l^2}{\frac{V_0 + 2\Delta V}{2}} \right], \quad R_2 = \rho \left[ \frac{l^2}{\frac{V_0 - 2\Delta V}{2}} \right] \quad (2.12)$$

olur. Düzecin herhangi bir durumu için elde edilen (2.12) eşitlikleri (2.3) de yerine konursa,

$$U_1 - U_3 = U \left[ \frac{1}{2} - \frac{\Delta V}{V_0} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right] \quad (2.13)$$

ortaya çıkar. Bu ifade voltaj ile hacim arasındaki lineer bir bağıntıdır.  $\Delta V$  yerine  $\Delta \lambda . F$  konursa

$$U_1 - U_3 = U \left( \frac{1}{2} - \frac{\Delta \lambda . F}{V_0} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \quad (2.14)$$

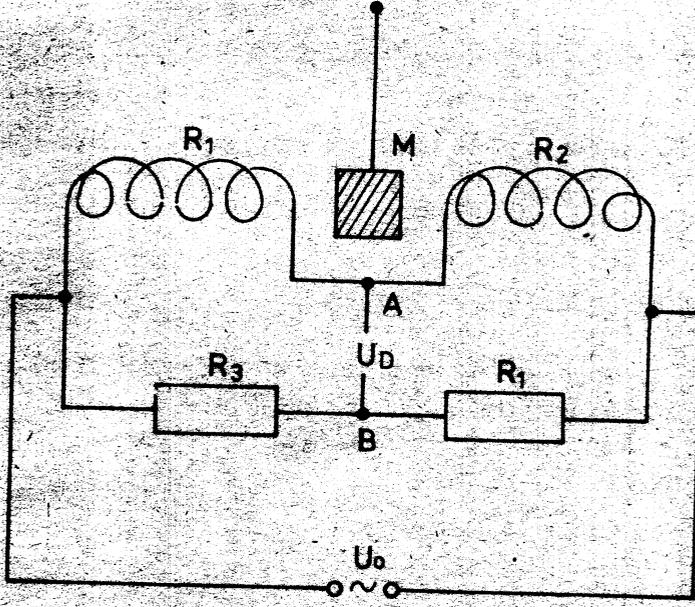
bulunur. Böylece kabarcık yolu ile voltaj farkı arasında lineer bir bağıntı elde edilir.

### 3. TALYVEL ELEKTRONİK DÜZECİ (SARKAÇ DÜZENLİ EĞİM ÖLÇER)

Elektronik sarkaç düzenli eğim ölçer elektrolitik düzecen zıddına silindirik düzeçle hiç bir ortak özelliğe sahip değildir. Presizyonlu eğim ölçerler üzerine yapılan çalışmalarda yeni bir gelişme olarak göze çarpmaktadır. Alışılageilmiş düzeç ekseninden tamamen vazgeçilmiş, diğer bir deyişle gaz kabarcığı yerine yüksek duyarlıklı bir elektronik sarkaç alınmıştır (3) , (5). Astro-jeodezik yer belirlemede, düşey doğrultunun saptanması için, bu elektronik düzecen kullanılması, silindirik düzece göre daha uygun görülmektedir (4).

Aşağıda önce temel konstrüksiyon prensibine ve sonra İngiliz Taylor Hobsen firmasının Talyvel elektronik düzecenin ayrıntılarına girilecektir.

Elektronik sarkaç düzenli eğim ölçerde yüksek geçirgenli bir M kütlesi, örneğin demir,  $R_1$  ve  $R_2$  gibi iki indüksiyon makarası arasında serbestçe hareket edebilecek biçimde asılmıştır. (Şekil 2).  $R_1$  ve  $R_2$  indüksiyon makaraları ile  $R_3$  ve  $R_4$  denkleştirme dirençleri bir Wheatston köprüsüne bağlanmıştır. Wheatston köprüsü alternatif bir gerilim ile beslenir. Denkleştirilmemiş durumda A ve B noktaları arasında bir voltaj farkı vardır.



ŞEKİL 2- Elektronik sarkaç düzenli eğim ölçerinin çalışma şeması.

Bu voltaj farkı diyagonal gerilim olarak adlandırılır. (2.3) denklemine benzer olarak,

$$U_D = U_3 - U_1 = U_0 \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \quad (3.1)$$

elde edilir.  $R_3$  ve  $R_4$  dirençlerinin değiştirilmesi ile köprü dengelenebilir. Bu durumda  $U_D = 0$  olur. Buna göre (3.1) denkleminde

$$R_3 \cdot R_2 = R_4 \cdot R_1 \quad (3.2)$$

bulunur.

$L_x$  ; Köprünün dengede olması durumunda makaranın indüksiyonu,

$J_{\omega}$  ; Beslenme voltajının devre frekansı,

$\Delta L$  ; Geçirgen M kütlelesinin her iki makaradan birine doğru yer değiştirmesi durumunda makaradaki indüksiyon değişimi,

$\Delta R$  ;  $\Delta L$  lik indüksiyon değişimi sonucu indüksiyon direncindeki değişim

olmak üzere,

$$\Delta R = J_{\omega} \cdot \Delta L \quad (3.3)$$

dir. Bu durumda Wheatston köprüsünde  $R_1$  de  $(-\Delta R)$ ,  $R_2$  de ise  $(+\Delta R)$  lik bir direnç değişimi ortaya çıkar.  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri

$$\begin{aligned} R_1 &\rightarrow R_1 - \Delta R \\ R_2 &\rightarrow R_2 + \Delta R \end{aligned} \quad (3.4)$$

değerlerini alır. Bu durumda köprü dengeden ayrılır, A ve B noktaları arasında ölçülebilen bir gerilim ortaya çıkar.

(3.1), (3.2) ve (3.4) den,

$$U_D = U_0 \cdot \frac{\Delta R}{R_1 + R_2} \quad (3.5)$$

olur.  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri R ohm direnci ve  $J_{\omega} \cdot L_{x_0}$  indüktif dirençten oluşur. (3.3) ile

$$\begin{aligned} R_1 &= R + J_{\omega} \cdot L_{x_0} - J_{\omega} \cdot \Delta L \\ R_2 &= R + J_{\omega} \cdot L_{x_0} + J_{\omega} \cdot \Delta L \end{aligned} \quad (3.6)$$

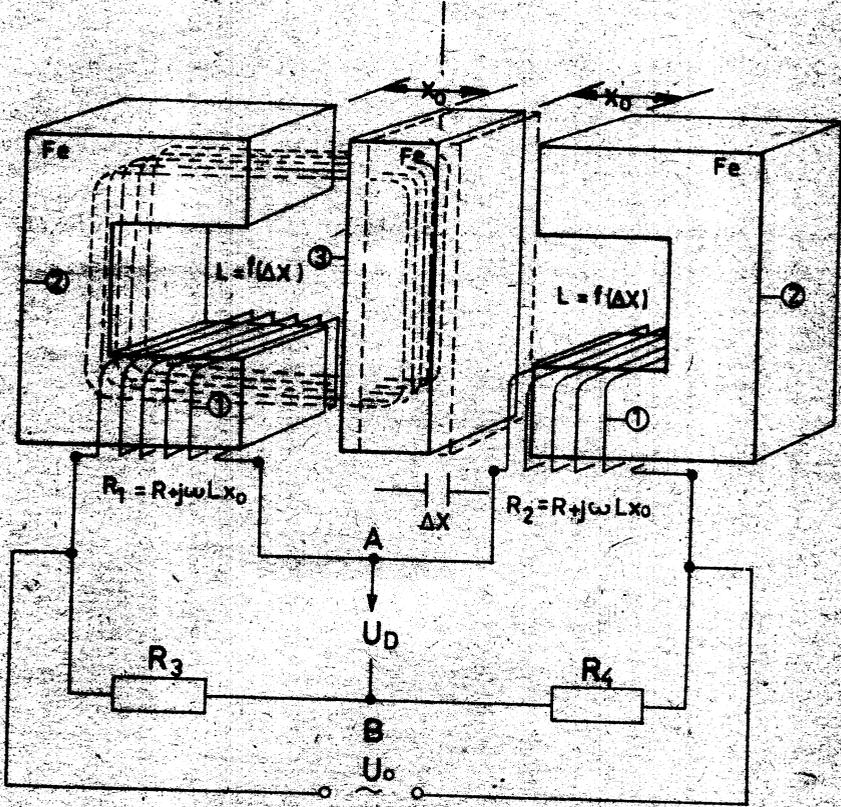
olur. (3.6) ve (3.3), (3.5) de yerlerine konursa diyagonal gerilim,

$$U_D = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{J_{\omega} \cdot \Delta L}{R + J_{\omega} \cdot L_{x_0}} \quad (3.7)$$

olarak bulunur. Bütün devre sarkaç kütlesinin simetri konumunda dengelenir.  
0 zaman makara,

$$L_{\omega_0} = \mu_0 \cdot \omega^2 \cdot \frac{F}{\frac{\mu_{Fe}}{2x_0} + \frac{2x_0}{\mu_L}} \quad (3.8)$$

indüktifliğine sahiptir.



- 1-İndüksiyon makarası
- 2-Demir çekirdek
- 3-Sarkaç kütlesi

$R_1, R_2$  = Sıfır konumundaki makaranın toplam direnci

$R_3, R_4$  = Denkleştirme direnci

$U_D$  = Diyagonal voltaj (gerilim)

$U_0$  = Devreyi besleyen kaynağın voltajı

ŞEKİL 3.- Elektronik sarkaç düzenli eğim ölçerin fiziksel yapısı

Burada (Şekil 3),

$\mu_0$  = Magnetik alan sabiti,

$\omega$  = Makara sarınının sayısı,

$l_{Fe}$  = Demirde magnetik alan çizgilerinin ortalama uzunluğu,

$\mu_{Fe}$  = Demirin geçirgenlik sayısı,

$x_0$  = Hava kolonunun genişliği,

$\mu_L$  = Havanın geçirgenlik sayısı,

F = Çekirdeğin enine kesit alanı

dir. Sarkaç kütlesi  $\Delta x$  yolu kadar ötelenirse,  $\Delta L$  kadar bir indüktif değişim ortaya çıkar. Bu  $\Delta L$  indüktif değişim dağılma ve çevrinti akışının ihmal ile

$$L = L_{x_0} - L_x \quad (x=x_0+\Delta x) \quad (3.9)$$

dir. (3.8) den

$$\Delta L = \mu_0 \cdot \omega^2 \cdot \frac{l_{Fe}}{\mu_{Fe}} + \frac{2x_0}{\mu_L} - \mu_0 \cdot \omega^2 \cdot \frac{F}{\frac{l_{Fe}}{\mu_{Fe}} + \frac{2x_0}{\mu_L} + \frac{2\Delta x}{\mu_L}} \quad (3.10)$$

buradan,

$$\Delta L = L_{x_0} \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{2\Delta x \cdot L_{x_0}}{\mu_0 \cdot \mu_L \cdot \omega^2 \cdot F}} \right) \quad (3.11)$$

elde edilir. Buradan  $\Delta L$  ve  $\Delta x$  arasındaki bağıntının lineer olmadığı görülür. Eğer,

$$\frac{2 \Delta x \cdot L_{x_0}}{\mu_0 \cdot \mu_L \cdot \omega^2 \cdot F} \ll 1 \quad (3.12)$$

olduğu gözönüne alınır,

$$\frac{1}{1+x} = 1-x \quad (3.13)$$

serisi kullanılırsa, (3.11) eşitliği

$$\Delta L = \Delta x \cdot \frac{2 \cdot L^2 \cdot x_0}{\mu_0 \cdot u_L \cdot \omega^2 \cdot F} \quad (3.14)$$

olarak lineerleştirilebilir. Böylece A ve B noktaları arasında (3.7) ve (3.14) den,

$$U_D = U_0 \cdot \Delta x \cdot \frac{J \cdot \omega \cdot L^2 \cdot x_0}{\mu_0 \cdot u_L \cdot \omega^2 \cdot F \cdot (R + J \cdot \omega \cdot L \cdot x_0)} \quad (3.15)$$

voltaj farkı bulunur. Bu voltaj farkı sabit  $\omega$  devre frekansından  $\Delta x$ 'e lineer olarak bağlıdır. Sarkaç kütlesi,  $l$  uzunluklu bir telde  $\phi$  dönmesine karşılık gelen  $\Delta x$  kadarlık bir yerdeğiştirmeye uğrar.  $\Delta x$  yatay yerdeğiştirmesi Şekil 4 den



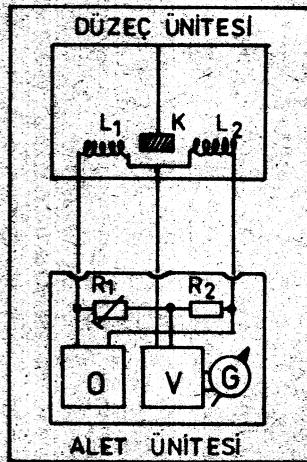
ŞEKİL 4 - Sarkaç kütlesinin hareketi

$$\Delta x = l \cdot \sin \phi \quad (3.16)$$

dir. Küçük sapmalar için; radyan olmak üzere  $\sin\phi \approx \phi$  alınırsa (3.15) ve (3.16) dan,

$$U_D = U_0 \cdot \frac{j_{\omega} \cdot L_{x_0}^2}{\mu_0 \cdot \mu_L \cdot \omega^2 F \cdot (R + j_{\omega} \cdot L_{x_0})} \cdot \phi \quad (3.17)$$

elde edilir. Böylece eğim değişimine karşılık gelen  $\phi$  sarkaç hareketi ile elektriksel büyüklük (burada voltaj) arasında lineer bir bağıntı bulunmuş olur (3). Taylor-Hobson Firması bu durumdan yararlanarak "Talyvel" düzecini imal etmiştir (2), (5).



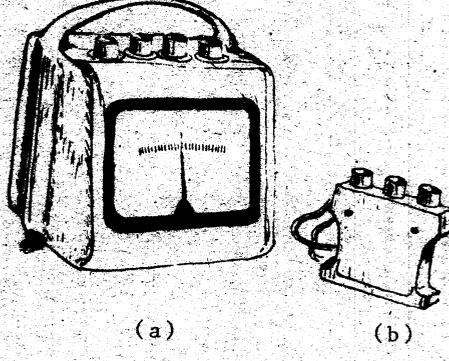
ŞEKİL 5 - Talyvel elektronik düzecinin işleyiş şeması

Eğim göstergesi otomatik kayıtlı veya dijitaldir. Şekil 5, Talyvel elektronik düzecinin işleyişine ait blok şemasını göstermektedir.

O osilatöründen üretilmiş alçak frekanslı alternatif gerilim  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  dirençli Wheatston ölçme köprüsünü besler. Wheatston köprüsünün denge durumunda V kuvvetlendiricisinin girişinde alternatif gerilim bulunmaz. Düzec ünitelerinin bir eğimi M kütlesinin bir konum değişimine bu da indük-

siyon değişimine neden olur. Bu indüksiyon değişimi V kuvvetlendiricisinin girişinde bir alternatif gerilim ve G galvanometresinin bir sapmasını yaratır. Küçük eğim değişiminde sapma eğim değişimi ile orantılıdır, yani düzeç ünitesinin eğim değişimi galvanometreden okunabilir. Galvanometrenin göstergesi düzeç ünitesinin eğimini dijital verebilecek biçimde de düzenlenmiştir.

Elektronik düzeç, gösterge ünitesi (a) ve düzeç ünitesi (b) olmak üzere iki parçadan oluşur (Şekil 6). Ölçme sırasında düzeç kısmı incelenmesi gereken düzlem üzerinde, gösterge ünitesi ise okumalar için uygun bir yere konur. Göstergenin konulduğu yer, düzeç ünitesinden uzak olabilir. Düzeç



ŞEKİL 6- Talyvel elektronik düzeçi

ünitesi ile gösterge ünitesi bir kablo vasıtası ile birbirine bağlanmıştır. Taşıma için düzeç ünitesi, gösterge ünitesinden ayrılabilir. Sarkaç kütlesi, devamlı olarak, düzeçin konduğu eğik düzleme paralel hareket edecek şekilde, düzeç tavanına 5 tel ile asılmıştır. Bu durumda sarkaç kütlesi indüksiyon makarası içinde izafi olarak paralel öteleme yapar (Şekil 3) (ayrıntılı bilgi için kaynak {5}'e başvurulabilir). Gösterge ünitesindeki bir çevirme şalteri çevrilerek alet farklı üç duyarlık bölgesinde çalıştırılabilir.

1. Bölge  $\pm 50''$  (Skala değeri 2'')
2. Bölge  $\pm 100''$  (Skala değeri 4'')
3. Bölge  $\pm 8'$  (Skala değeri 20'')

Düzeçin doğruluğu ölçme bölgesinin % 1 ile % 0.1'i arasında bulunur.

#### 4. EĞİM GÖSTERGESİNİN DİJİTALLEŞTİRİLMESİ {2}

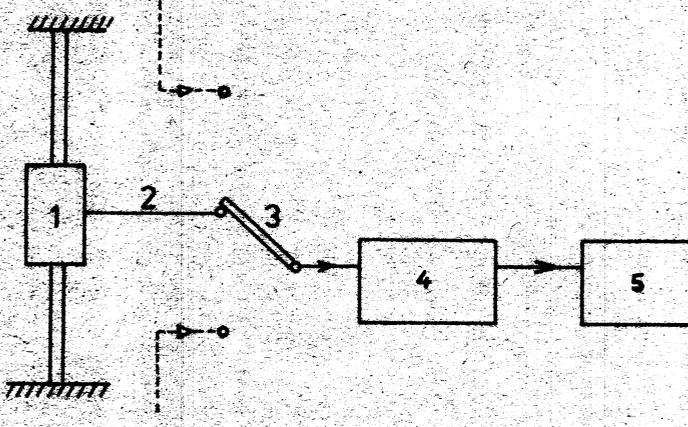
Galvanometrede bulunan doğru voltaj, bir dijital voltmetre ile ölçülürse, düzleş ünitesinin eğimi ile orantılı voltajın dijital bir göstergesi elde edilir. Burada tanımlanmış olan "dijitalleştirilmiş elektronik düzleş" de, ölçülmesi gerekli voltaj (tam sapma için  $\pm 0.2$  V), doğru voltajı kuvvetlendiren dijital bir voltmetre ile gösterge üzerine 10 kat büyültülerek aktarılır. Uygun boyutlandırılmış bir dijital voltmetreye, doğru voltaj kuvvetlendirici uygulanamayabilir. Voltaj kuvvetlendiricisinin uygulanabilmesi için, kuvvetlendirici ile dijital voltmetre arasına RC- İntegrasyon Ünitesi konur. Kuvvetlendirici ve dijital voltmetre arasındaki 0.1 saniyelik bir zaman sabitesine sahip RC-İntegration ünite devresi, kayıt voltajındaki; amplifikatör paraziti, rüzgar sarsıntısı ve mikrosismik nedeni ile ortaya çıkmış salınımları sönümlendirir. Şekil 5'deki bu kombinasyon ile dijital göstergede, Talyvel'in  $\pm 100''$ lik ölçme bölgesi için  $0.04''$ /dijit ayırdedilir.

$100''$ lik ölçme bölgesinde eğim ölçmenin doğruluğu ( $150''$ ye kadar)  $\pm 0.1''$  de bulunur. Talyvel alet ünitesinin ölçme bölgesinde bulunan düzleşin eğimi, bir 3. derece polinomu ile dengelenerek dışarıya doğruluğu kaybedilmeksizin nakledilebilir.

#### 5. ÖLÇMELERİN KAYDEDİLMESİ {6}

Ölçme değeri çeviricisi mekanik bir büyüklüğü (uzunluk, yükseklik ve eğim değişimi) elektriksel bir büyüklüğe çevirir (Şekil 7). Böylece ölçme değerlerini, elektriksel olarak iletmek ve merkezi bir ölçme yerine göstergeye getirmek veya kaydetmek avantajı ortaya çıkar. Uygun bir kayıt donatımı ana hatları ile Şekil 7 de gösterilmiştir.

Çeşitli ölçme yerlerinden iletilen değerler bir şaltere gelir. Şalter her sefer ölçme değerlerini birbiri ardına bir göstergeli aletine sevk eder. Burada ölçülen büyüklük, elektriksel büyüklük (voltaj, akım, frekans) olarak gösterilir. Göstergeden ya okuma yapılır veya otomatik olarak kaydedilir. Uygun mekanik büyüklüğe geri transformasyon, ya özel fonksiyonunun kullanılması ile hesapsal veya grafik olarak yapılır. Göstergeli aletin okunmasından olunca kaçınılmalı bunun yerine ölçme değerlerinin otomatik kaydı tercih edilmelidir.



1. Ölçme değeri çeviricisi
2. Ölçme ileticisi
3. Şalter

4. Gösterge aleti
5. Kayıt aleti

ŞEKİL 7- Ölçme değerlerinin sürekli kaydedilmesi

## K A Y N A K L A R

- (1) Fey, W., Methoden zur Bestimmung von Bauwerks-  
Helfer, G., schwingungen. Geodatisches Seminar  
Kremer, W., WS 1979/80 Seite (134-150)  
Ley, M.
- (2) Glismann, T., Eine digitalisierte elektronisch Libelle  
Wenzel, H.G. mit automatischer Registrierung der  
Neigungsanzeige AVN 6/1972 Seite 239-241  
Hannover.
- (3) Hasler Konstruktionsprinzipien elektronischer  
Wagner Libellen Geodatisches Seminar I IM Ws  
1976/77 herausgegeben von der Fachschaft  
Geodasie BONN seite (34-53)
- (4) Milovanovic, V. Einige Erfahrungen mit der elektronischen  
Libelle "Talyvel", ZfV 1968 Nr.2. Seite  
66-70, Belgrad.
- (5) Montag, H. Untersuchung der elektronischen Libelle  
"Talyvel", Vermessungstechnik 1964 Nr.11  
Seite (419-422) Geodatisches Institut  
Postamd.
- (6) Pelzer, H. Methoden zur kontinuierlichen Erfassung  
von Bauwerksdeformationen. Geodatische  
Woche Köln 1975, Hannover Seite 74-84