B.Sc.

SEMESTER - II

MULTI PHYSICS 203
UNIT - 1(c)

MAJOR PHYSICS 201
UNIT - 3(c)

A.C. BRIDGES

(એ.સી. બ્રિજ)

By. PROF. K.C.MEVADA

MAJOR

UNIT - III (C) A.C. BRIDGES

MULTI UNIT - I (C)

⇒ A.C. Bridges

⇒ Maxwell's Bridge

⇒ Anderson's Bridge

⇒ De Sauty's Bridge

⇒ Schering Bridge

Basic Reference Book :-

ELECTRICITY

AND

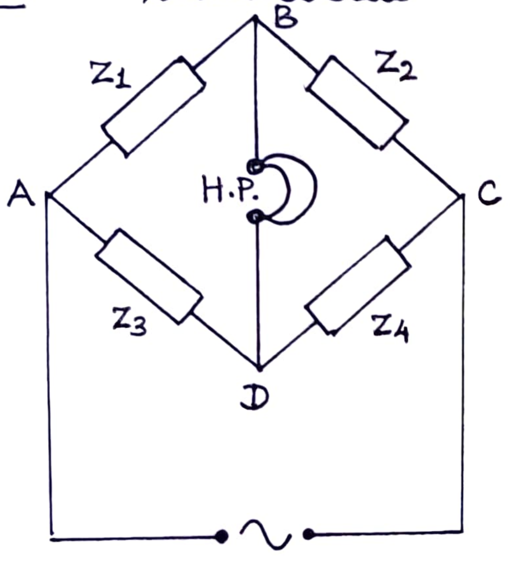
MAGNETISM

by, DR. K. K. TEWARI

(S. Chand & Company Ltd.)

* એ.સી. બ્રિજ પરિપથોની સંતુલન શરત મેળવો.

Ans.: A.C. BRIDGE



આકૃતિ -①

⇒ અવરોધ ને બદલે ઈમ્પિડન્સને ધ્યાનમાં રાખીને જરૂરી સુધારા સાથે એ.સી. નેટવર્ક માટે પણ વ્હીસ્ટન બ્રિજ સિધ્ધાંત લાગુ પાડી શકાય છે.

⇒ એ.સી. બ્રિજ માટે હેડફોન કે કંપન ગેલ્વેનોમીટરની મદદથી તટસ્થ બિંદુ નિર્ધારિત કરી શકાય છે.

⇒ હેડફોન H સંતુલન સ્થિતિમાં લઘુત્તમ અવાજ દર્શાવે છે અને તે વખતે બિંદુ B અને D સમાન સ્થિતિમાને હોય છે.

⇒ આકૃતિ ① માં દર્શાવેલ બ્રિજ માટે સંતુલન સ્થિતિએ,

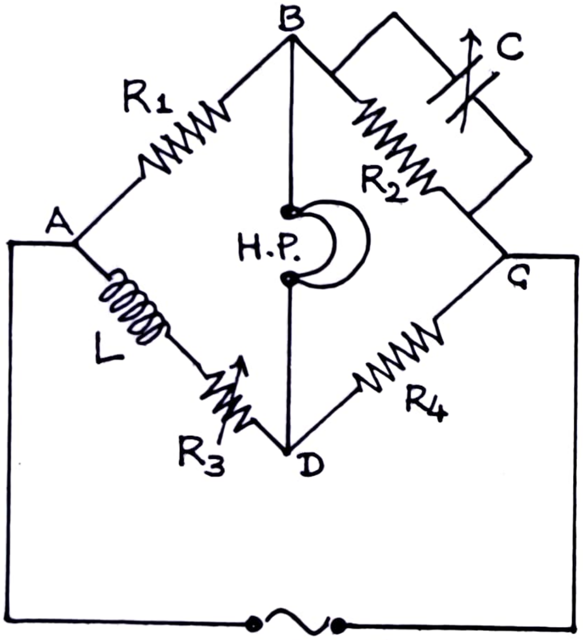
$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

⇒ અહીં ભુજામાં આવેલ રિએક્ટન્સ (ઈન્ડક્ટન્સ કે કેપેસિટન્સ) ને બદલીને કળા સંતુલન શરત મેળવી શકાય છે.

⇒ જ્યારે આપેલ ચારેય ભુજાના ઈમ્પિડન્સ સમાન થાય છે ત્યારે બ્રિજ સંવેદનશીલ સ્થિતિમાં આવે છે તેમજ ઉદ્ગમ અને ડિટેક્ટર (હેડફોન) સમાન આવૃત્તિએ હોય છે.

* મેક્સવેલ બ્રિજ પરિપથ દોરી તેની કાર્યપધ્ધતિ સમજાવો.

Ans.:- MAXWELL's BRIDGE:



આકૃતિ -①

⇒ મેક્સવેલ બ્રિજનો ઉપયોગ ઇન્ડકટન્સના માપન માટે થાય છે.

⇒ આકૃતિ-① માં મેક્સવેલ બ્રિજ પરિપથનું જોડાણ દર્શાવેલ છે.

⇒ અહીં ચલ કેપેસિટન્સનો સંતુલન માટે ઉપયોગ થતો હોવાથી પરિપથમાં ચલ કેપેસિટન્સ જોડેલ હોય છે.

⇒ અહીં અવરોધ અને કેપેસિટન્સના જાણીતા મૂલ્યો માટે ઇન્ડકટન્સનું મૂલ્ય મેળવી શકાય છે.

⇒ સંતુલન સ્થિતિ માટે $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$ હોય છે.

⇒ પણ અહીં $Z_1 = R_1$

$$Z_2 = \frac{(R_2)(1/j\omega C)}{R_2 + 1/j\omega C} = \frac{R_2}{1+j\omega C R_2}$$

$$Z_3 = R_3 + j\omega L$$

અને $Z_4 = R_4$

⇒ તેથી $$\frac{R_1}{R_2/(1+j\omega C R_2)} = \frac{R_3 + j\omega L}{R_4}$$

$$\therefore \frac{R_1 + j\omega C R_1 R_2}{R_2} = \frac{R_3 + j\omega L}{R_4}$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} + j\omega C R_1 = \frac{R_3}{R_4} + \frac{j\omega L}{R_4}$$

⇒ આ સમીકરણની બંને બાજુ વાસ્તવિક અને કાલ્પનિક ભાગો સરખાવતાં,

$$\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}} \quad \text{--------} \quad (1)$$

અને $\omega C R_1 = \frac{\omega L}{R_4}$

$$\therefore \boxed{L = C R_1 R_4} \quad \text{--------} \quad (2)$$

⇒ સમી. (1) અને (2) સંતુલનની બે શરતો દર્શાવે છે.

⇒ કેપેસિટન્સ C ને બદલીને શરત (2) નું સમાધાન કરાવવામાં આવે છે.

⇒ અહીં R_1/R_2 ગુણોત્તરને યોગ્ય મૂલ્યમાં ગોઠવવામાં આવે છે અને અવરોધ R_3 ને એ રીતે બદલવામાં આવે છે કે જેથી હેડફોનમાં લઘુત્તમ અવાજ સંભળાય. આ સ્થિતિમાં બિંદુઓ B અને D ના સ્થિતિમાનો મૂલ્યમાં સમાન મળે છે.

⇒ હવે કેપેસિટન્સ C ને એ રીતે બદલવામાં આવે છે કે જેથી હેડફોનમાં સંભળાતો અવાજ વધુ લઘુત્તમ બને. આ ક્ષણે કળાસંતુલન પણ મળે છે.

⇒ ક્રમશઃ R_3 અને C ને બદલીને પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરવામાં આવે છે.

⇒ અહીં ઇન્ડક્ટન્સના સ્વતઃ કેપેસિટન્સ (વિતરીત કેપેસિટન્સ) ને લીધે સંપૂર્ણ સંતુલન ક્યારેય મેળવી શકાતું નથી

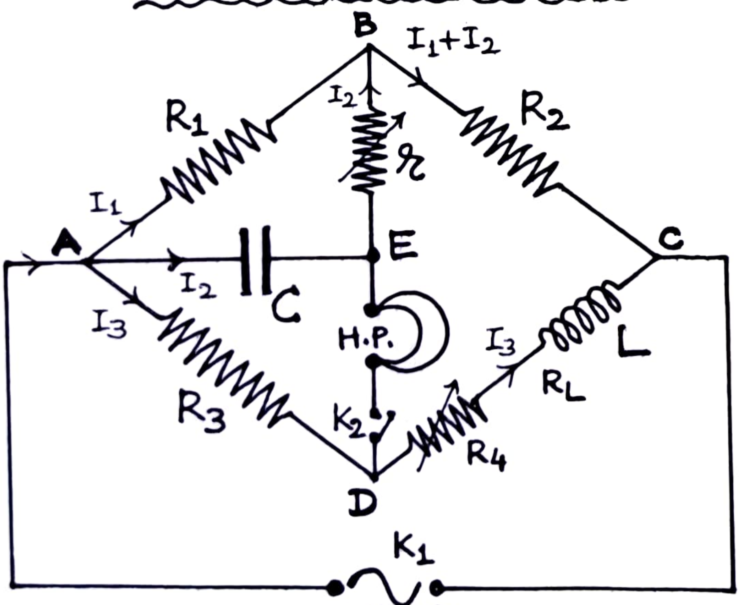
⇒ અહીં બ્રિજની જુદી-જુદી શાખાઓ વચ્ચેના અન્યોન્ય જોડાણને

લાઘો હેડફોનમાં ઉદ્ભવતા અવશેષ (વધારાના) અવાજોને અટકાવવા માટે પરિપથના જોડાણ માટે લાંબા વાયરનો ઉપયોગ થતો નથી અને તેમની વચ્ચે પૂરતી જગ્યા રાખવામાં આવે છે.

* એન્ડરસન બ્રિજ પરિપથ દોરી તેની કાર્ય પદ્ધતિ સમજાવો.

<u>Ans.</u> : ⇒ ઇન્ડક્ટન્સનું મૂલ્ય જેની મદદથી ચોક્સાઈથી માપી શકાય તેમાંનો સૌથી અગત્યનો બ્રિજ આ છે. જેનું જોડાણ આકૃતિ (1) માં દર્શાવેલ છે.

ANDERSON'S BRIDGE



આકૃતિ - (1)

⇒ સૌ પ્રથમ બ્રિજની ચાર ભૂજાઓના અવરોધોને ગોઠવીને K_1 અને K_2 કળોને ક્રમશઃ જોડીને બેટરી અને ગેલ્વેનોમીટરની મદદ વડે સ્થાયી સંતુલન મેળવવામાં આવે છે.

⇒ સંતુલન ક્ષણે, $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4+R_L} \quad \text{(1)}$$

⇒ ત્યારબાદ એ.સી. ઉદ્‌ગમ અને હેડફોનને જોડીને અવરોધ r ને યોગ્ય રીતે ગોઠવીને ઇન્ડક્ટીવ સંતુલન મેળવવામાં આવે છે.

⇒ જ્યારે હેડફોનમાં પસાર થતો પ્રવાહ શૂન્ય હોય છે ત્યારે A અને E વચ્ચેનું સ્થિતિમાન, બ્રિજની સંતુલન સ્થિતિમાં A અને D વચ્ચેના સ્થિતિમાન જેટલું મળે છે. તેથી,

$$I_2\left(\frac{1}{j\omega C}\right) = I_3 R_3$$

$$\therefore\ I_3 = \frac{I_2}{j\omega C R_3} \quad \text{------ (2)}$$

⇒ સંતુલન ક્ષણે ABC ને સમાંતર વિદ્યુતસ્થિતિમાન એ ADC ને સમાંતરના સ્થિતિમાન જેટલું મળે છે તેથી કિર્ચોફના બીજા નિયમ મુજબ,

$$I_1R_1 + (I_1+I_2)R_2 = I_3(R_3+R_4+R_L+j\omega L)$$

અથવા $I_1(R_1+R_2) + I_2R_2 = I_3(R_3+R_4+R_L+j\omega L)$ ------ (3)

⇒ જ્યાં R_L એ ઇન્ડક્ટન્સનો ઓહ્મીક અવરોધ છે.

⇒ બંધ પરિપથ AEBA માં કોઈ emf ઉદ્‌ગમ ન હોવાથી કિર્ચોફના બીજા નિયમ મુજબ,

$$I_2\left(\frac{1}{j\omega C} + r\right) = I_1R_1$$

$$\therefore\ I_1 = \frac{I_2}{R_1}\left(\frac{1}{j\omega C} + r\right) \quad \text{------ (4)}$$

⇒ સમી. (2) માંથી I_3 ની કિંમત સમી. (3) માં મૂકતાં,

$$I_1(R_1+R_2) + I_2R_2 = \frac{I_2}{j\omega CR_3}(R_3+R_4+R_L+j\omega L)$$

અથવા $$I_1(R_1+R_2) = I_2\left(\frac{R_3+R_4+R_L+j\omega L}{j\omega CR_3} - R_2\right) \quad \text{—— (5)}$$

⇒ હવે સમી. (4) માંથી I_1 ની કિંમત સમી. (5) માં મૂકતાં,

$$\frac{\cancel{I_2}}{R_1}\left(\frac{1}{j\omega C}+r\right)(R_1+R_2) = \cancel{I_2}\left(\frac{R_3+R_4+R_L+j\omega L}{j\omega CR_3} - R_2\right)$$

$$\therefore \frac{1}{R_1}(R_1+R_2)\left(\frac{1}{j\omega C}+r\right) = \frac{R_3+R_4+R_L+j\omega L}{j\omega CR_3} - R_2 \quad \text{—— (6)}$$

⇒ હવે બંને બાજુ વાસ્તવિક અને કાલ્પનિક ભાગો સરખાવતાં,

$$\frac{1}{R_1}(R_1+R_2)r = \frac{\cancel{j\omega}L}{\cancel{j\omega}CR_3} - R_2$$

$$\therefore \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)r = \frac{L}{CR_3} - R_2$$

$$\therefore L = CR_3\left\{R_2+\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)r\right\} \quad \text{—— (7)}$$

અને $$\frac{1}{R_1}(R_1+R_2)\frac{1}{\cancel{j\omega C}} = \frac{R_3+R_4+R_L}{\cancel{j\omega C}R_3}$$

$$\therefore 1+\frac{R_2}{R_1} = 1+\frac{R_4+R_L}{R_3}$$

$$\therefore \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4+R_L}{R_3} \quad \text{—— (8)}$$

⇒ સમી. (8) અને સમી. (1) ની સામ્યતા ડી.સી. સંતુલનની શરત દર્શાવે છે અને સમી. (7) એ.સી. સંતુલન માટેની શરત છે.

⇒ R_4 અને r ને યોગ્ય રીતે ગોઠવીને ઈન્ડક્ટીવ સંતુલન મેળવવામાં આવે છે.

⇒ વ્યવહારમાં $R_1 = R_2$ ગોઠવવામાં આવે છે તેથી સમી.(7) અને (8) ને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય છે.

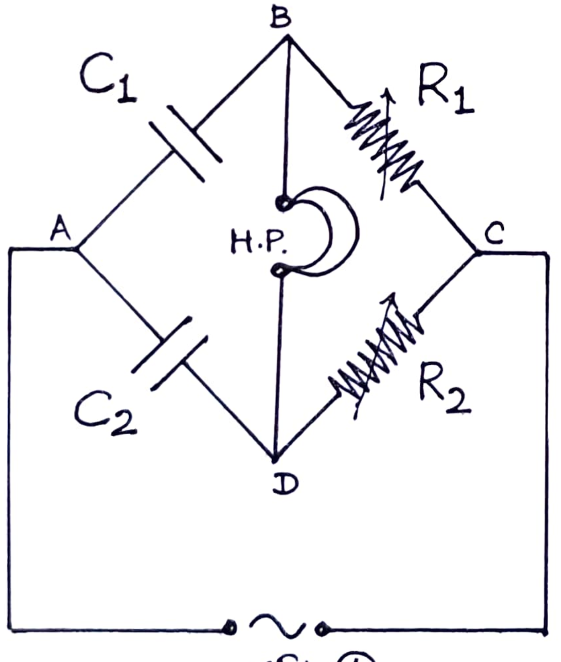
$$\boxed{L = CR_3\{R_2 + 2r\}} \quad (9)$$

અને $R_L = R_3 - R_4$ (10)

⇒ આમ, જાણીતા ઘટકોના પદમાં L અને R_L ને નિર્ધારિત કરી શકાય છે.

* ડી-સોટી બ્રિજ પરિચય દોરી તેની કાર્ય પદ્ધતિ સમજાવો.

Ans.: DE SAUTY'S BRIDGE



આકૃતિ-(1)

⇒ અજ્ઞાત કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ શોધવા આ બ્રિજનો ઉપયોગ થાય છે.

⇒ અહીં બે કેપેસિટર્સ અને બે નોન-ઈન્ડક્ટિવ ચલ અવરોધોને આકૃતિ(1) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વ્હીસ્ટન બ્રિજમાં જોડવામાં આવે છે.

⇒ સામાન્યતઃ અહીં એક અવરોધને નિશ્ચિત રાખી બીજાને સંતુલન મળે તે રીતે બદલવામાં આવે છે.

⇒ સંતુલન ક્ષણે, $$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

પણ અહીં $Z_1 = 1/j\omega C_1$, $Z_2 = R_1$, $Z_3 = 1/j\omega C_2$
અને $Z_4 = R_2$

તેથી $\frac{1/\cancel{j\omega} C_1}{R_1} = \frac{1/\cancel{j\omega} C_2}{R_2}$

$$\therefore \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{R_2 C_2}$$

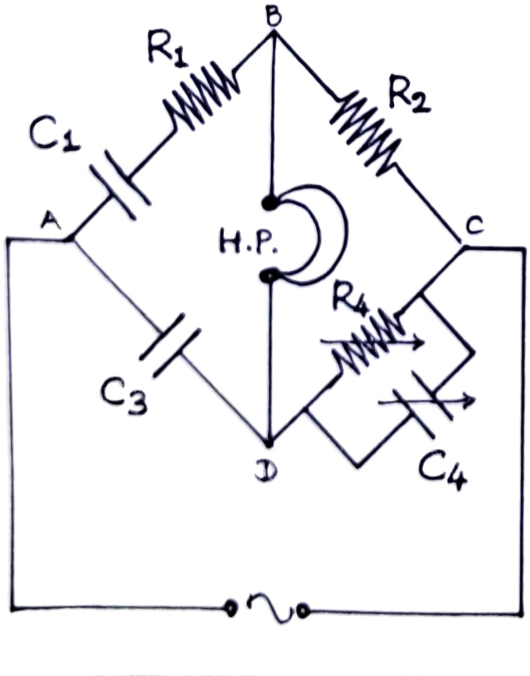
$$\therefore \frac{C_2}{C_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

અથવા $\boxed{C_2 = C_1 \frac{R_1}{R_2}}$ ——— (1)

જ્યાં C_1 જાણીતું કેપેસિટન્સ છે.

⇒ આ બ્રિજ બે કેપેસિટન્સની સરખામણી માટે પણ વપરાય છે.

✱ સેરિંગ બ્રિજ પરિપથ દોરી તેની કાર્યપદ્ધતિ સમજાવો.



⇒ નાના કેપેસિટન્સના સચોટ માપન માટે ખાસ કરીને સેરિંગ બ્રિજનો ઉપયોગ થાય છે. અને

⇒ આ ઉપરાંત સામાન્ય રીતે કેપેસિટન્સના માપન માટે પણ.

⇒ આકૃતિ (1) માં જોડાણો દર્શાવ્યા છે.

⇒ અહીં કેપેસિટર C_1 અજ્ઞાત કેપેસિટર છે. જેનું

મૂલ્ય અહીં શોધવાનું છે.

⇒ R_4 અને C_4 ને બદલીને બ્રિજને સંતુલિત સ્થિતિમાં ગોઠવવામાં આવે છે.

⇒ સંતુલન સમયે, $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$

પણ અહીં $Z_1 = R_1 + 1/j\omega C_1$, $Z_2 = R_2$,

$Z_3 = 1/j\omega C_3$ અને $\frac{1}{Z_4} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{1/j\omega C_4}$

$$\therefore \frac{1}{Z_4} = \frac{1}{R_4} + j\omega C_4$$

તેથી, $$\frac{R_1 + 1/j\omega C_1}{R_2} = \frac{1}{j\omega C_3}\left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4\right)$$

$$\therefore R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{R_2}{j\omega C_3}\left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4\right)$$

અથવા $$R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{R_2}{j\omega C_3 R_4} + \frac{R_2 C_4}{C_3}$$

⇒ બંને બાજુ વાસ્તવિક અને કાલ્પનિક ભાગો સરખાવતાં,

$$R_1 = \frac{R_2 C_4}{C_3} \quad \text{------} \quad (1)$$

અને $$\frac{1}{\cancel{j\omega} C_1} = \frac{R_2}{\cancel{j\omega} C_3 R_4}$$

$$\therefore \boxed{C_1 = \frac{R_4}{R_2} C_3} \quad \text{------} \quad (2)$$

⇒ સમી. (2) પરથી C_1 ગણી શકાય છે

⇒ સમી. (1) પરથી અસરકારક અવરોધ R_1 ગણી શકાય છે.