प्रयोग 11

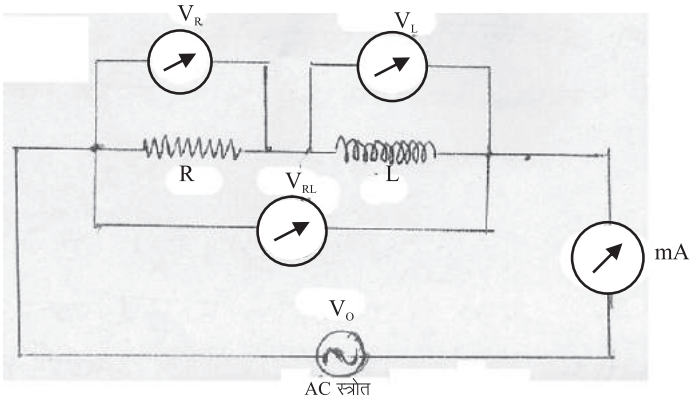
उद्देश्य –

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में प्रतिरोध एवं प्रेरण कुण्डली को श्रेणी क्रम में संयोजित कर धारा व वोल्टता में सम्बन्ध स्थापित करना।

उपकरण –

प्रत्यावर्ती धारा स्त्रोत या परिवर्ती वोल्टता (0.25 वोल्ट) एवं कम आवृति वाला परिवर्ती दोलित्र (0–1 KHz), विभिन्न मान की प्रेरक कुण्डलियां (500 मिली हेनरी, 1 हेनरी, 2 हेनरी आदि), विभिन्न मान के कार्बन प्रतिरोध (100 ओम, 500 ओम, 1 किलो ओम, 2 किलो ओम आदि) या प्रतिरोध बॉक्स, AC अमीटर (0–10mA) तथा AC वोल्टमीटर (0–10 वोल्ट) संयोजन तार इत्यादि।

परिपथ चित्र –



चित्र 11.1 – **प्रत्यावर्ती धारा R - L श्रेणी परिपथ**

सिद्धान्त एवं सूत्र :

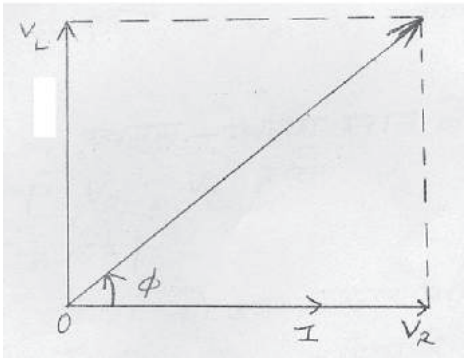
प्रतिरोध पर R वोल्टता $V_R = IR$ ..... (i)

यहाँ I परिपथ में प्रवाहित धारा है जो V_R के साथ समान कला (In Phase) में होगी।

प्रेरक कुण्डली L पर वोल्टता $V_L = I\,\omega L = I \times 2\pi f L$ ..... (ii)

यहाँ f प्रत्यावर्ती स्त्रोत (या दोलित्र) की आवृति है।

V_L तथा I (या V_R) में $\pi/2$ का कालान्तर होगा। एक शुद्ध प्रेरकत्व (जिसका स्वयं का प्रतिरोध शून्य हो) पर की वोल्टता V_L, बाह्य प्रतिरोध पर की वोल्टता V_R (या परिपथ में प्रवाहित धारा I) से कलान्तर $\pi/2$ से आगे रहती है। जैसा कि चित्र में दिखाया है–



चित्र 11.2 – धारा एवं वोल्टता में कला सम्बन्ध

यदि V_{RL} प्रतिरोध R एवं कुण्डली L दोनों पर एक साथ की वोल्टता है जो प्रयुक्त वोल्टता V_O के लगभग बराबर होगी तो हम पाते है कि–

$$V_R + V_L > V_{RL}$$

सदिश चित्र से $V^2_R + V^2_L = V^2_{RL}$ ..... (iii)

धारा I तथा प्रयुक्त वोल्टता $V_O \simeq V_{RL}$ के मध्य कला कोण ϕ का मान होगा।

$$\tan \phi = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f L}{R} \text{ ..... (iv)}$$

विधि –

1. चित्र 11.2 में बताए अनुसार परिपथ बनाएं।
2. यदि दोलित्र का उपयोग कर रहे हैं तो उसकी आवृति f को निश्चित रखते हुए प्रयुक्त वोल्टता V_o को किसी निश्चित मान पर रखें। (जैसे 5 वोल्ट)
3. परिवर्ती प्रतिरोध बॉक्स में R का कुछ मान निकालें (जैसे 100 ओम) तथा प्रेरक कुण्डली 500 मिली हेनरी की लें।
4. परिपथ में प्रवाहित धारा का मान मिली अमीटर से नोट करें।
5. R, L तथा R - L पर एक साथ की वोल्टताएं AC वोल्टमीटर VTVM या डिजीटल मल्टीमीटर द्वारा नोट करें। ये क्रमशः V_R, V_L तथा V_{RL} होगी। एक ही वोल्टमीटर होने पर बारी–बारी से V_R, V_L तथा V_{RL} के पाठ्यांक नोट करें।

6. R तथा L के अलग–अलग मान लेते हुए धारा I तथा वोल्टताएं V_R, V_L तथा V_{RL} के अलग–अलग पाठ्यांक नोट करें।

नोट :– (1) प्रयोग को इस प्रकार भी किया जा सकता है कि R तथा L के कोई भी मान लेने के स्थान पर L के अलग–अलग मान लेकर R को इस तरह समायोजित करें कि परिपथ में धारा I का मान एक ही रखें। प्रत्येक स्थिति में V_R, V_L तथा V_{RL} के पाठ्यांक नोट करें।

(2) दोलित्र का उपयोग करने पर दोलित्र की आवृति बदल कर V_R, V_L तथा V_{RL} तथा I के विभिन्न पाठ्यांक लिये जा सकते हैं।

(3) परिवर्ती वोल्टता उपलब्ध होने पर उसका मान बदल कर R तथा L वहीं मान होने पर भी V_O, V एवं V_O तथा I का मान परिवर्तन कर सकते हैं।

प्रेक्षण –

मिली अमीटर का अल्पतमांक = ... mA

वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... वोल्ट

प्रयुक्त वोल्टता V_O (= V_{RL}) = ... वोल्ट

आवृति f = ... Hz

क्र. सं.	प्रतिरोध R का मान (ओम)	प्रेरक L का मान (हेनरी)	धारा I का मान (mA)	R पर वोल्टता V_R (वोल्ट)	L पर वोल्टता V_L (वोल्ट)	R तथा L पर एक साथ वोल्टता V_{RL} (वोल्ट)	$V_R^2 + V_L^2$ (वोल्ट)^2	कला कोण (ϕ)
1.	.....Ω	.....H	.....mA	V	V	V	.....V^2	.....rad
2.	.....Ω	.....H	.....mA	V	V	V	.....V^2	.....rad
3.	.....Ω	.....H	.....mA	V	V	V	.....V^2	.....rad
4.	.....Ω	.....H	.....mA	V	V	V	.....V^2	.....rad
5.	.....Ω	.....H	.....mA	V	V	V	.....V^2	.....rad

गणना –

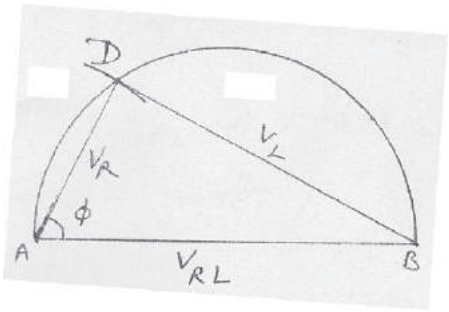
1. प्रत्येक पाठ्यांक से $(V_R + V_L)$ की गणना करके यह दर्शाइये कि इसका मान V_{RL} या V_O के बराबर नहीं है बल्कि $V_R + V_L > V_{RL}$ अतः V_R तथा V_L समान कला में नहीं है।

2. अब $(V_R^2 + V_L^2)$ की गणना कीजिए तथा यह दर्शाइये कि यह V^2_{RL} के लगभग बराबर है। इससे सिद्ध हुआ कि V_R तथा V_L में कलान्तर $\pi/2$ है तथा उनकी परिणामी वोल्टता $V_{RL} = V_O$ के बराबर है।

3. उचित पैमाना मान कर V_{RL} = AB रेखा खींचिए (चित्र देखिये) इसे व्यास मान कर इस पर अर्द्ध वृत्त खींचिए।

4. A को केन्द्र मान कर V_R = AD के बराबर (Compass) परकार से वृत्त पर चाप काटे जो अर्द्ध वृत्त को बिन्दु D पर काटता है।

   A को D से तथा D को B बिन्दु से जोडिए।



चित्र 11.3

5. BD का मान लिखिए। पैमाने से इसे वोल्टता में परिवर्तित करें। यह मान लगभग V_L के बराबर होगा।

6. चित्र से स्पष्ट है कि कोण ADBअर्थात् V_R एवं V_L में कलान्तर $\pi/2$ है।

7. कोण DAB को नापिए। यह धारा तथा प्रयुक्त वोल्टता में कलान्तर ϕ होगा।

8. R, L तथा f के मान ज्ञात है। अतः सूत्र (i), (ii) एवं (iv) से क्रमशः V_R, V_L तथा ϕ के मान ज्ञात कीजिए एवं इन मानो की तुलना पूर्व में प्राप्त प्रायोगिक मानो से कीजिए एवं त्रुटि ज्ञात कीजिए जैसा कि सारणी में दर्शाया गया है–

भौतिक राशि	सैद्धान्तिक मान	प्रायोगिक मान	त्रुटि
V_R	V	V	V
V_L	V	V	V
ϕ	.....rad	.....rad	.....rad

परिणाम –

1. प्रतिरोध R पर वोल्टता एवं प्रेरकत्व L पर वोल्टता में कलान्तर लगभग $\pi/2$ है।
2. प्रयुक्त वोल्टता एवं धारा में कलान्तर (ϕ) है जिसका मान $\pi/2$ से कम है। R - L परिपथ में वोल्टता धारा से ϕ कलान्तर से आगे है।

सावधानियां –

1. उचित वोल्टता एवं आवृति के दोलित्र का उपयोग करना चाहिए।
2. R एवं L के मान प्रामाणिक होने चाहिए।
3. R तथा L के मान इस प्रकार लेने चाहिए कि धारा (0–10) मिली एम्पियर की परास में प्राप्त हो।
4. V_R, V_L तथा V_{RL} के पाठ्यांक सावधानी पूर्वक सुग्राही वोल्टमीटर से लेने चाहिए।

मौखिक प्रश्न एवं उत्तर –

प्र. 1 प्रेरक कुण्डली क्या होती है?

उ. वह चालक कुण्डली जिसमें प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित करने पर वह धारा के प्रवाह का विरोध करें, प्रेरक कुण्डली कहलाती है।

प्र. 2 चोक कुण्डली क्या होती है?

उ. प्रत्यावर्ती धारा का नियंत्रण करने के लिए प्रयुक्त अधिक प्रेरकत्व तथा अल्प प्रतिरोध की प्रेरक कुण्डली को चोक कुण्डली कहते है।

प्र. 3 क्रोडित चोक कुण्डली क्या होती है?

उ. यदि कुण्डली का प्रेरकत्व कम है तथा प्रयुक्त प्रत्यावर्ती धारा की आवृति भी कम है, तो प्रेरक

कुण्डली को किसी कच्चे लोहे की छड़ पर लपेट देते हैं जिससे इसका प्रेरकत्व घट जाता है। इस प्रकार की कुण्डली क्रोडित कुण्डली कहलाती है।

प्र. 4 प्रतिघात किसे कहते है? इसका मात्रक क्या है?

उ. किसी प्रत्यावर्ती परिपथ में प्रेरक कुण्डली अथवा संधारित्र द्वारा उत्पन्न प्रभावी अवरोध को प्रतिघात (X) कहते है। इसका मात्रक ओम है।

प्र. 5 प्रेरक कुण्डली में प्रेरित वि.वा.ब. की दिशा किन कारकों पर निर्भर करती है।

उ. प्रेरक कुण्डली पर प्रेरित वि.वा.ब., चुम्बकीय फ्लक्स के परिवर्तन पर निर्भर करता है तथा इसकी दिशा चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन के बढ़ते व घटते क्रम पर निर्भर करती है।

प्र. 6 प्रेरक कुण्डली का प्रतिघात कितना होता है?

उ. प्रेरक कुण्डली का प्रतिघात जिसे प्रेरणिक प्रतिघात भी कहते है का मान ωL के बराबर होता है जहां ω प्रत्यावर्ती धारा की कोणीय आवृति है।

प्रेरणिक प्रतिघात $X_L = \omega L$

जहाँ कोणीय आवृति $\omega = 2 \pi f$

f = प्रत्यावर्ती धारा की आवृति है।

प्र. 7 क्या कारण है कि एक प्रेरक कुण्डली दिष्ट धारा के प्रवहन के लिए मार्ग प्रशस्त करती है जबकि प्रत्यावर्ती धारा के लिए अवरोधित करती है?

उ. प्रेरक कुण्डली का प्रतिघात $X_L = \omega L$ होता है तथा दिष्ट धारा के लिए $\omega = 0$ । अतः दिष्ट धारा के लिए प्रेरणिक प्रतिघात अथवा प्रतिबाधा का मान भी शून्य होता है। इसी कारण दिष्टधारा का मार्ग प्रशस्त करती है। जबकि प्रत्यावर्ती धारा के लिए $\omega \neq 0$ अतः $X_L \neq o$ यह अवरोधित करता है।

प्र. 8 कला कोण क्या होता है? $R - L$ परिपथ के लिए इसका मान क्या होता है?

उ. किसी सरल आवर्त गति करने वाले धारा एवं वोल्टताओं के सदिशों की कोणीय स्थिति को कला कोण से व्यक्त करते हैं। $R - L$ परिपथ में धारा के सापेक्ष, वि.वा. बल का कला कोण $\tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$ होता है।

प्र. 9 शक्ति गुणांक क्या होता है? R - L परिपथ के लिए इसका मान क्या होता है?

उ. प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित करने पर व्यय शक्ति के औसत मान तथा आभासी मान का अनुपात शक्ति गुणांक कहलाता है अथवा कला कोण (ϕ) की कोज्या ($\cos\phi$) को शक्ति गुणांक कहते हैं। R - L परिपथ में शक्ति गुणांक $\frac{R}{Z}$ के बराबर होता है जहां R प्रतिरोध तथा Z परिपथ की प्रतिबाधा है।

प्र. 10 यदि प्रत्यावर्ती परिपथ में दिष्टधारा मापने वाले अमीटर को जोड़ दिया जाए तो क्या यह विक्षेप देगा?

उ. अमीटर का संकेतक प्रत्यावर्ती धारा की आवृति से दोलन करेगा परन्तु आवृति उच्च होने एवं संकेतक का जड़त्व होने के कारण अमीटर का संकेतक दोलन नहीं कर पायेगा और शून्य स्थिति में ही स्थिर दिखाई देगा अर्थात विक्षेप नहीं देगा।

प्र. 11 क्या R - L परिपथ में अनुनाद की स्थिति प्राप्त की जा सकती है? यदि नहीं तो क्यों?

उ. नहीं क्योंकि अनुनाद के लिए ωL को निष्प्रभावी, बिना संधारित्र की सहायता के नहीं कर सकते है।

प्र. 12 अनुनाद की क्या आवश्यक शर्त है?

उ. अनुनाद की अवस्था में परिणामी प्रतिघात शून्य होना चाहिए।

अर्थात $X_L = X_C$

या $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

प्रेरणिक प्रतिघात, धारितीय प्रतिघात के बराबर हो जाता है।

प्र. 13 प्रत्यावर्ती धारा या वि.वा. बल के शिखर मान से आप क्या समझते है?

उ. प्रत्यावर्ती धारा की या वि.वा.ब. का अधिकतम मान ही शिखर मान कहलाता है।