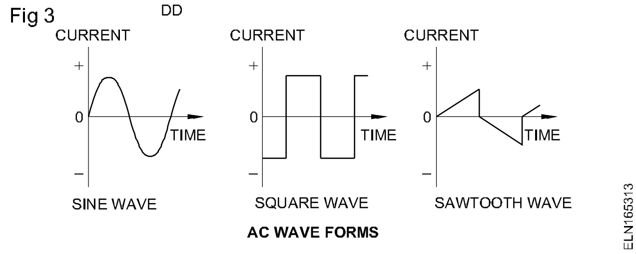
	प्रत्यावर्ती धारा	D C धारा
आवृत्ति	प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति 50Hz या 60Hz है जो अलग अलग देशों पर निर्भर करता है ।	DC करंट की आवृत्ति शून्य होती है ।
दिशा	जब यह सर्किट में प्रवाहित होता है तो इसकी दिशा बदलती रहती है ।	यह परिपथ में एक ही दिशा में प्रवाहित होता है ।
करंट	इसमें धारा का मान समय के साध बदलता रहता है ।	इसमें धारा का परिमाण स्थिर रहता है ।
इलेक्ट्रान का प्रवाह	इलेक्ट्रान प्रवाह की दिशा बदलते रहते हैं फारवर्ड एवं बैकवर्ड	इलेक्ट्रान स्थि रूप से एक ही दिशा में प्रवाहित होते हैं ।
जहाँ से प्राप्त किया जाता है	AC जनरेटर से	सेल एवं बैटरी से
अक्रिय मापदण्ड	इम्पीडेस	केवल रैजिस्टैंस
पावर फैक्टर	0 से 1 के बीच होता है ।	इसमें हमेशा पावर फैक्टर का मान 1 होता है ।
प्रकार ट्राइएन्गुलर, स्म्बेयर	साइनो सुइडल, ट्रेपेजोइडल,	शुद्ध और पल्सेटिंग

प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current) (AC) :एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ वह होता है जिसमें धारा प्रवाह की दिशा और आयाम निश्चित अन्तराल में परिवर्तित होते हैं। इस प्रकार के परिपथ में धारा एक AC वोल्टता स्रोत से आपूर्तित होती है। AC स्रोत की ध्रुवता नियमित समय अन्तराल में परिवर्तित होती है जिसका परिणाम परिपथ धारा प्रवाह का उत्क्रमण होता है।

प्रत्यावर्ती धारा प्रायः मान और दिशा दोनों में ही परिवर्तित होती है। धारा में शून्य से एक निश्चित मान तक वृद्धि होती है और एक दिशा में प्रवाहित होकर शून्य हो जाती है। इसी तरह का प्रारूप की पुनरावृत्ति होती है। तरंग रूप अथवा सही विधि जिसमें धारा वृद्धि और कमी होती है प्रयुक्त AC वोल्टता स्रोत के प्रकार से ज्ञात किया जाता है।(Fig 3)

Fig 3



AC WAVE FORMS

प्रत्यावर्ती धारा जनित्र (Alternating current generator) : जहां अधिक मात्रा में वैद्युत शक्ति वांछित होती है प्रत्यावर्ती धारा प्रयुक्त होती है। घरेलू और व्यवसायिक कार्यो के लिये प्रयुक्त वैद्युत ऊर्जा लगभग सभी प्रत्यावर्ती धारा होती है।

प्रत्यावर्ती वोल्टता का प्रयोग इसलिये होता है कि इसको जनित करना अति सरल और सस्ता होता है तथा लम्बी दूरियों तक प्रसरित किये जाने पर इसमें शक्ति ह्रास कम होता है।

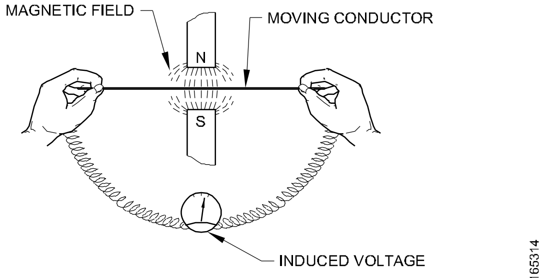
प्रायः AC उपस्करों को अभिरक्षित रखना सस्ता होता है और प्रति शक्ति मात्रक के लिये DC उपस्करों की तुलना में कम स्थान आवश्यक होता है।

प्रत्यावर्ती धारा को ऊष्मन और आरकिंग की कम समस्याओं के साथ उच्च वोल्टता पर जनित किया जा सकता है। वोल्टताओं की कुछ मानक मान हैं 6.6KV (6600V) 11Kv (11000V) और 33Kv (33000V) लम्बी दूरियों के प्रसरण के लिये मानों की वृद्धि 66000, 110000, 220,000, 400000 वोल्ट तक बढ़ायी जाती है भार क्षेत्र में वोल्टता को कार्यन्वन मान 240V, 415V तक कम कर दिया जाता है।

AC जनित्र द्वारा AC को मौलिक विधि से प्राप्त किया जाता है। जनित्र एक ऐसी मशीन है जिसमें चुम्बकत्व का प्रयोग यात्रिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिये किया जाता है। जनित्र का सिद्धान्त सरल शब्दों में इस प्रकार कहा जा सकता है कि एक चालक में जब भी चालक को एक चुम्बकीय क्षेत्र में इस प्रकार गतिमान किया जाता है कि वह चुम्बकीय बल रेखाओं को काटता है तो एक वोल्टता प्रेरित होती है।

(Fig 4) में एक मौलिक जनित्र का सिद्धान्त प्रदर्शित किया गया है। एक चालक के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र में परिवर्तन करने पर इलेक्ट्रान्स में

Fig 4



GENERATOR PRINCIPLE

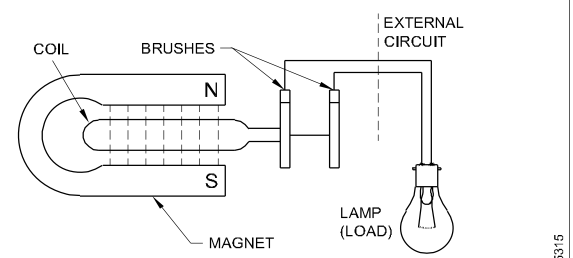
Copyright @ NIMI Not to be Republished

गति उत्पन्न होती है। चुम्बकीय क्षेत्र की उपस्थिति केवल यथेष्ट नही है, क्षेत्र में किसी रूप में कुछ परिवर्तन होना चाहिये।

यदि हम चालक को एक चुम्बकीय क्षेत्र से गतिमान करें तो चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा एक बल चालक के अन्दर प्रत्येक स्वतन्त्र इलेक्ट्रान पर पडता है। यह सभी बल परस्पर जुड जाते है और उसका प्रभाव यह होता है कि वोल्टता जनित अथवा चालक में प्रेरित होती है।

एक चुम्बकीय क्षेत्र में तार पाश को घुमाने से एक AC जनित्र AC वोल्टता उत्पन्न करता है। तार और चुम्बकीय क्षेत्र की यह सापेक्षिक गति एक वोल्टता उत्पन्न करती है जो तार के सिरों के बीच प्रेरित होती है। यह वोल्टता परिमाण और ध्रुवता में परिवर्तित होती है (Fig 5) जब चुम्बकीय क्षेत्र में पाश को घूर्णित किया जाता है।

Fig 5



SIMPLIFIED AC GENERATOR

पाश को घुमाने के लिये वांछित बल विभिन्न स्रोतो से प्राप्त किया जा सकता है उदाहरण के लिये अति बडे AC जनित्र वाष्पटरबाईन अथवा जल की गति से घुमाये जाते हैं।

एक एकल पाश जनित्र द्वारा उत्पन्न वोल्टता व्यवहारिक मान के लिये अति निबर्ल होती है। एक व्यवहारिक जनित्र में एक वेष्ठन पर वेष्ठित तारों के अनेक चक्कर होते हैं एक लौह क्रोण पर वेष्ठित अनेक कुण्डलों द्वारा आर्मेचर निर्मित होता है ।

आर्मेचर कुण्डलों में प्रेरित AC वोल्टता सर्पिल अंगूठियों के सेट से सम्बन्धित होती है। जिससे वाहय परिपथ सेट ब्रशों के सेट से होकर वाह्य परिपथ द्वारा ग्रहण की जाती है। अधिक शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिये एक वैद्युत चुम्बक का उपयोग होता है।

ज्या तरंग (The sine wave) : एक कुण्डल के चुम्बकीय क्षेत्र में घूर्णन से उत्पन्न तरंग रूप वोल्टता की आकृति एक ज्यातरंग कहलाती है। उत्पन्न ज्या तरंग वोल्टता का मान और ध्रुवता परिवर्तित होती रहती है।

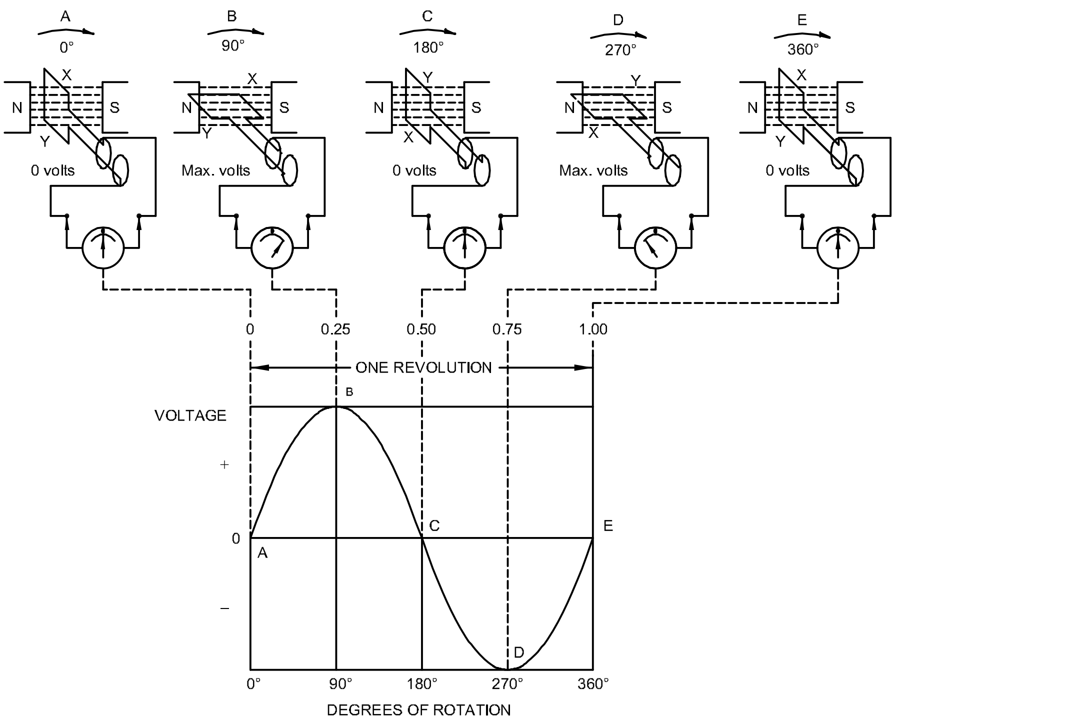
यदि कुण्डल को स्थिर चाल से घूर्णित किया जाता है तो कुण्डल की स्थिति के साथ चुम्बकीय रेखाओं के प्रति सेकेन्ड कटने की संख्या परिवर्तित होती है। जब कुण्डल चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर गति करता है तो रेखायें नही कटती हैं।

इसलिये इस क्षण पर वोल्टता जनित नही होती है। जब कुण्डल चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत गति करता है तो यह अधिकतम बल रेखायें काटता है।

इसलिये इस क्षण अधिकतम अथवा शिखर वोल्टता जनित होती है। इन दोनों बिन्दुओं के बीच वोल्टता उस कोण के ज्यापर निर्भर होती है जिस पर कुण्डल बल रेखाओं को काटता है।

(Fig 6) में कुण्डल को पांच विशिष्ट स्थितियों में दिखाया गया है। यह वह मध्यमान स्थितियां है जो कुण्डल स्थिति के एक पूर्ण चक्कर के समय उत्पन्न होती हैं। दिया गया आरेख यह प्रदर्शित करता है कि किस प्रकार पाश के एक चक्कर में वोल्टता में वृद्धि और कमी होती है।

Fig 6



GENERATION OF AN ALTERNATING VOLTAGE: AS THE LOOP ROTATES THROUGH THE MAGNETIC FIELD. THE AMOUNT AND POLARITY OFTHE VOLTAGE CHANGES WITH ANGLE AND DIRECTION OF MOTION.

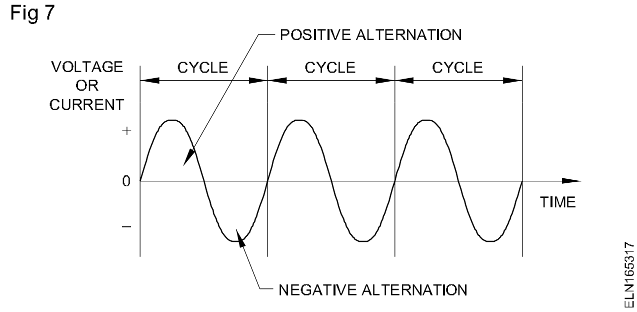
Copyright @ NIMI Not to be Republished

ध्यान दें कि वोल्टता की दिशा प्रत्येक अर्धचक्र में उत्क्रमित होती है। यह इसलिये होता है कि कुण्डल के प्रत्येक चक्र में एक भुजा पहले नीचे जाती है और इसके पश्चात क्षेत्र में से ऊपर आती है।

ज्या तरंग AC तरंग रूप का अधिकतम मौलिक और व्यापक रूप है। मानक AC जनित्र (प्रत्यावर्तक) ज्या तरंग रूप एक ज्या तरंग फार्म उत्पन्न करता है। कुछ महत्वपूर्ण प्रयुक्त वैद्युत अभिलक्षण और पद AC ज्यातरंग वोल्टता तथा धारा के सम्बन्ध में निम्न हैं।

चक्र (Cycle) : प्रत्यावर्ती वोल्टता अथवा धारा की एक पूर्ण तरंग एक चक्र होती है। निर्गत वोल्टता के एक चक्र को जनन के समय दो परिवर्तन अथवा उतक्रमण वोल्टता की ध्रुवता में होते हैं। यह दो लेकिन विपरीत पूर्ण चक्र के अर्ध प्रत्यावर्तन कहे जाते हैं। पद धनात्मक और ऋणात्मक एक प्रत्यावर्तन को दूसरे से पहचानने के लिये प्रयुक्त किये जाते हैं (Fig 7)

Fig 7

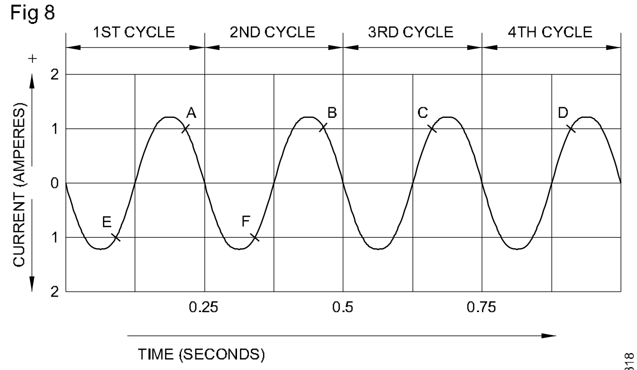


आवर्तकाल (Period) : एक पूर्ण चक्र को उत्पन्न करने में वांछित समय को तरंग रूप का आर्वतकाल कहते हैं (Fig 8) में एक चक्र को पूरा करने में 0.25sec लगता है इसलिये तरंग रूप का आवर्तकाल (T) 0.25sec है।

एक ज्या तरंग के आवर्तकाल (कोई सम्मतितरंग रूप) के लिये यह आवश्यक नही है कि इसे प्रारम्भ और अंत में चक्र के कटानों पर मापित किया जाय। दिये गये चक्र में इसको किसी बिन्दु से दूसरे चक्र के संगत बिन्दु पर मापा जा सकता है (Fig 8 AB, CD अथवा EF देखें) ।

आवृत्ति (Frequency): प्रतिसेकेन्ड उत्पन्न चक्करों की संख्या एक AC तरंग रूप की आवृत्ति होती है। (Fig 8) आवृत्ति का SI मात्रक हर्ट्ज (Hz) है। उदाहरण के लिये आपके घर पर 240V AC की आवृत्ति 50Hz है।

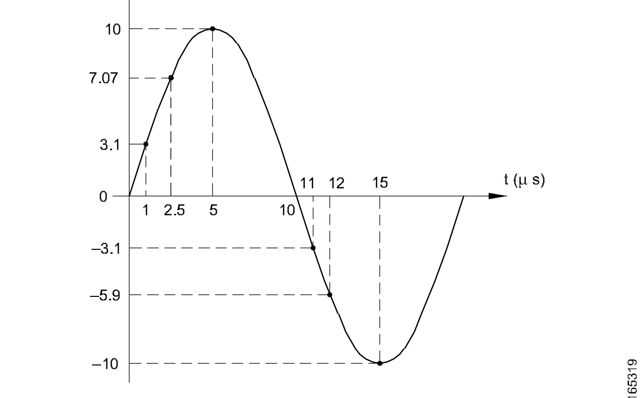
Fig 8



CYCLE, PERIOD, AND FREQUENCY. THE WAVEFORM HAS A PERIOD OF 0.25 SECONDS AND FOUR CYCLES PER SECOND.

तात्क्षणिक मान (Instantaneous value) : किसी विशेष क्षण पर एक प्रत्यावर्ती संख्या का मान तात्क्षणिक मान कहा जाता है। (Fig 9) में ज्या तरंग वोल्टता का तात्क्षणिक मान प्रदर्शित कियागया है। यह एक 3.1 volts पर 1μs, 7.07 V पर 2.5μs, 10V पर 5μs, 0V पर 10μs, 3.1 volt पर 11 μs और इसी प्रकार क्रमशः होता है।

Fig 9



EXAMPLE OF INSANTANEOUS VALUES OF A SINE WAVE VOLTAGE

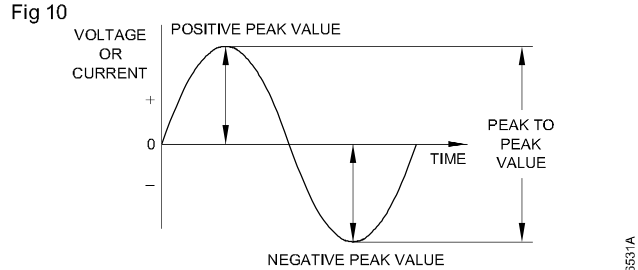
AC वोल्टता और धारा मान (AC voltage and current values) : चूंकि वोल्टता अथवा धारा की ज्या तरंग का मान निरन्तर परिवर्तित होता है इसलिये तरंग रूप के मान को वर्णित करते समय और व्यक्त करते समय विशिष्ट होना आवश्यक है। एक ज्या तरंग के मान को व्यक्त करने की अनेक विधियां हैं।

शिखर मान अथवा अधिकतम मान (Peak value or maximum value) : ज्या तरंग का प्रत्येक प्रत्यावर्तन अनेक तात्क्षणिक मानों से निर्मित होता है। यह मान क्षैतिज रेखा के ऊपर और नीचे विभिन्न ऊँचाईयों के लिये अंकित की जाती है। जिससे एक निरन्तर तरंग रूप निर्मित हेाता है। (Fig 10)

ज्यातरंग का शिखर मान अधिकतम वोल्टता अथवा धारा मान को व्यक्त करता है ध्यान दें कि एक चक्र में दो समान शिखर मान होते हैं।

शिखर से शिखर मान (Peak-to-peak value) : एक शिखर से दूसरे शिखर तक कुल सकल मान को ज्या तरंग का शिखर से शिखर मान करहते हैं। (Fig 10) यह शिखर मान का दो गुना होता है।

Fig 10



PEAK TO PEAK VALUE OF A SINE WAVE

प्रभावी मान (Effective value) : एक प्रत्यावर्ती धारा का प्रभावी मान वह मान होता है जो एक स्थिर दिष्ट धारा के विशिष्ट मान द्वारा उत्पन्न ऊष्म के समान ऊष्मा उत्पन्न करता है। अन्य शब्दों में एक प्रत्यावर्ती धारा का प्रभावी मान एक एम्पियर है और यह उसी दर से ऊष्मा उत्पन्न

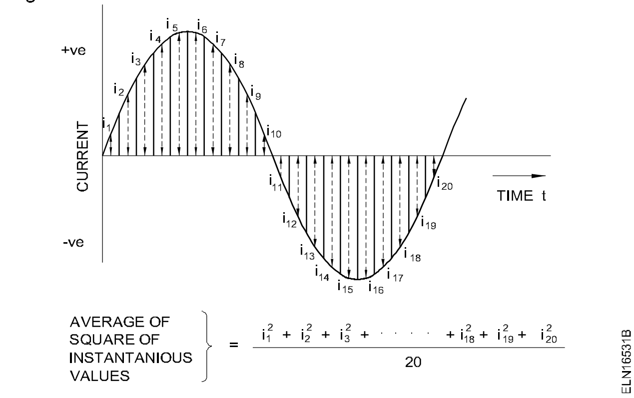
Copyright @ NIMI Not to be Republished

करता है जो एक एम्पियर की दिष्ट धारा से उत्पन्न होता है जबकि दोनों समान मान के प्रतिरोध में प्रवाहित होती है।

एक प्रत्यावर्ती धारा अथवा वोल्टता के प्रभावी मान का दूसरा नाम वर्ग माध्य मूल (rms) मान है। यह पद मान की गणना में प्रयुक्त विधि से लिया गया है। rms की गणन निम्न प्रकार से होती है।

एक चक्र के लिये समान समय अन्तराल के तात्क्षणिक मानों को चयनित किया जाता है। प्रत्येक मान का वर्ग करते है और कुछ न वर्गो के औसत मान की गणना की जाती है। मानों का वर्ग इसलिये किया जाता है क्योंकि ऊष्मन प्रभाव धारा के वर्ग के साथ परिवर्तित होता है। इस वर्गमूल को rms मान कहते हैं। (Fig 11)

Fig 11



इस विधि का प्रयोग करके एक धारा के ज्या तरंग का प्रभावी मान शिखर मान के 0.707 के बराबर होता है। ज्या तरंग के प्रभावी मान की गणना करने की एक सरल समीकरण है:

वोल्टता के लिये $V = 0.707\ V_m$

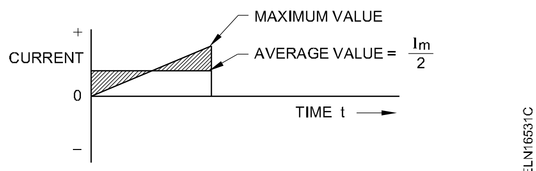
धारा के लिये, $I = 0.707\ I_m$

जहां m अधिकतम मान को प्रदिर्शत करता है।

जब प्रत्यावर्ती धारा अथवा वोल्टता को विनिर्देशित किया जाता है तो इसका अर्थ सदैव प्रभावी मान से होता है जब तक कुछ अन्य न बताया जाय। मानक AC मापक केवल प्रभावी मानों को ही संकेत करते हैं।

औसत मान (Average value) : कभी एक अर्ध चक्र के औसत मान को ज्ञात करना लाभप्रद होता है यदि धारा परिवर्तन पूरे अर्ध चक्र के लिये समान दर से परिवर्तित होती है जैसा कि (Fig 12) में प्रदर्शित किया गया है तो औसत मान अधिकतम मान का आधा होगा।

Fig 12



लेकिन धारा समान दर से आवेशित नही करती है दूसरी विधि प्रयोग में लायी जाती है क्षैतिज अक्ष के ऊपर वक्र द्वारा आक्षादित क्षेत्रफल को ज्ञात करें और आधार क्षैतिज लम्बई से उस क्षेत्र को भाग दें। यह देखा गया है कि औसत मान अधिकतम ज्यातरंग रूप के अधिकतम मान का 0.637 गुना होता है।

वोल्टता के लिये $V_{av} = 0.637\ V_m$

धारा के लिये $I_{av} = 0.637 I_m$

जहां av औसत मान को प्रदर्शित करती है और m अधोलेखन (sub-script) है।

रूप गुणक (Form Factor) K_f : अर्धचक्र के प्रभावी मान और औसत मान को रूप गुणक कहा जाता है।

ज्यावक्रीय AC के लिये

$$k_f = \frac{0.707\ I_m}{0.6637\ I_m} = 1.11$$

जहां m अधिकतम मान के लिये है

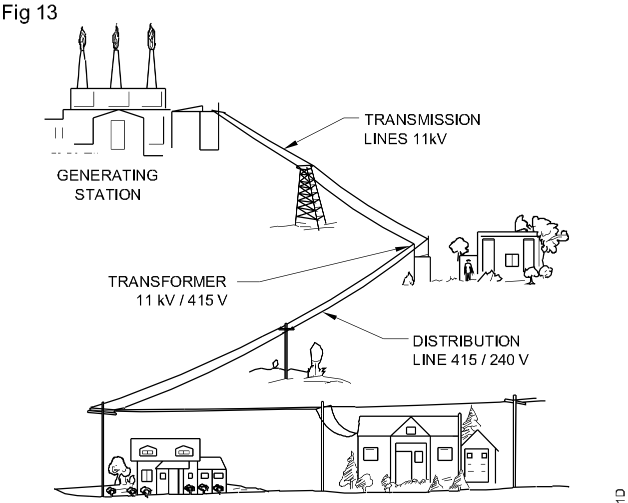
AC का DC पर लाभ (Advantages of AC over DC) :

1 AC वोल्टताओं को सुगमता से बढ़ाया अथवा घटाया जा सकता है इसलिये प्रेषण प्रयोजनों के लिये आदर्श है।

2 अल्पतम ह्रास के साथ शक्ति के बड़ी मात्रा को उच्च वोल्टता और लघु धारा पर प्रेषित किया जा सकता है।

3 चूंकि धारा कम होती है इसलिये छोटे प्रेषण तारों का प्रयोग करके अधिष्ठापन और अनुरक्षण मूल्यों को कम किया जा सकता है। (Fig 13)

Fig 13



TRANSMISSION AND DISTRIBUTION LINES FROM GENERATING STATION TO RESIDENCES

DC जनित्र अपनी निर्गम वोल्टता 6000V अथवा उससे भी कम तक सीमित होते हैं। ट्रांसफार्मर के द्वारा वोल्टता को बढ़ाया अथवा घटाया नही जा सकता है। अधिक दूरी प्रेषण में भारी केबल वाछित होते है AC

Copyright @ NIMI Not to be Republished

जनित्र 500000 किलो वाट क्षमता तक के निर्मित होते हैं। DC जनित्रों की क्षमता 10000 kw तक सीमित होती हैं।

AC मोटर्स का निर्माण अधिष्ठापन और अनुरक्षण DC मोटर की तुलना में सस्ता खर्चीला होता है। AC मोटर्स की तुलना में DC मोटर्स में एक ही स्पष्ट लाभ होता है, उनकी चाल नियन्त्रण उत्तम होती है।

- DC की तुलना में AC की उत्पत्ति आसान है ।
- DC की तुलना में AC की उत्पत्ति सस्ती है ।
- AC जनरेटरों की क्षमता DC से अधिक होती है ।
- लम्बी दूरी में AC के स्थानांतरण में ऊर्जा की क्षति कम होती है ।
- AC को आसानी से DC में बदला जा सकता है ।
- इसको आसानी से ट्रान्सफर्मर का प्रयोग करके सेटअप या सेटडाउन किया जा सकता है ।
- चॉक का प्रयोग करके AC का मान या मात्रा को आसानी से हटाया जा सकता है ।

उदासीन और पृथ्वी चालक (Neutral and earth conductors)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **भू सम्पर्कन के प्रयोजन का वर्णन करना**
- **दो प्रकार के भूसम्पर्कन का वर्णन करना**
- **'उदासीन' और 'भूतार' के बीच भेद व्यक्त करना।**

भूसम्पर्कन (Earthing): भूसर्म्पकन का महत्व इस तथ्य में है कि इसका सम्बन्ध सुरक्षा से है। वैद्युत निकायों की डिजाइन में एक अधिकतम महत्वपूर्ण लेकिन न्यूनतम ज्ञातित सोच भूसर्म्पकन है। शब्द भूसर्म्पकन इस तथ्य से प्राप्त होता है कि इस तकनीकि में लघु प्रतिरोध सम्बन्ध पृथ्वी अथवा भूमि से जुडे होते हैं। पृथ्वी को एक बडे चालक के रूप में लिया जा सकता है जो शून्य विभव पर है।

भू सम्पर्कन का प्रयोजन (Purpose of earthing) : भूसम्पर्कन का प्रयोजन मनुष्यों, उपस्कर और परिपथों को अधिक वोल्टता अथवा खतरनाक वोल्टता की संभावना को हटा देना होता है।

एक वैद्युत निकाय में दो मुख्य बातें होती है : तारण निकाय के चालकों में एक का भूसम्पर्कन और सभी धातीय भागों का जिनमें वैद्युत तार अथवा उपस्कर हैं उनका भूसर्म्पकन। दो मुख्य प्रकार के भूसम्पर्कन हैं-

- निकाय भूसम्पर्कन (System earthing)
- उपस्कर भूसम्पर्कन (Equipment earthing)

निकाय भूसम्पर्कन (System earthing) : यह वैद्युत निकाय के एक तार जैसे उदासीन के भूसम्पर्कन से किया जाता है जिससे सामान्य कार्यान्विन स्थिति में पृथ्वी को अधिकतम वोल्टता तक सीमित किया जा सके।

उपस्कर भूसम्पर्कन (Equipment earthing) : यह वैद्युत उपस्कर के सभी धारा न ले जाने वाले धातु भागों को निकाय के भूसम्पर्कन इलेक्ट्रोड से भूसम्पर्कन की स्थायी और अविरत क्रिया है।

एक इलेक्ट्रोड भूसम्पर्कन क्या है? (What is an earthing electrode?) : धातु की एक पट्टी, पाइप अथवा अन्य चालक जो पृथ्वी के सामान्य द्रव्यमान से विद्युत सम्बन्धित है भूसम्पर्कन इलेक्ट्रोड कहलाते हैं। भू इलेक्ट्रोड्स उत्पादन केन्द्रों उपकेन्द्रों और उपभोक्ता भवनों में (IS3043-1966 के अनुसार) प्रदत्त होते हैं।

एकल कला निकायों के सापेक्ष पर उदासीन यह व्यक्त करने के लिये होता है कि चालक पृथ्वी से (पृथ्वी इलेक्ट्रोड द्वारा) एक अथवा अधिक बिन्दुओं से जुडा है।

भू-तार क्या है? (What is an 'earth wire'?) : पृथ्वी से सम्बन्धित एक चालक जो प्रायः चालकों की सहयोगी रेखाओं की समीप अवस्थित होता है और जो उपस्कर के भूसम्पर्कन के लिये प्रयुक्त होता है एक भू तार कहलाता है।

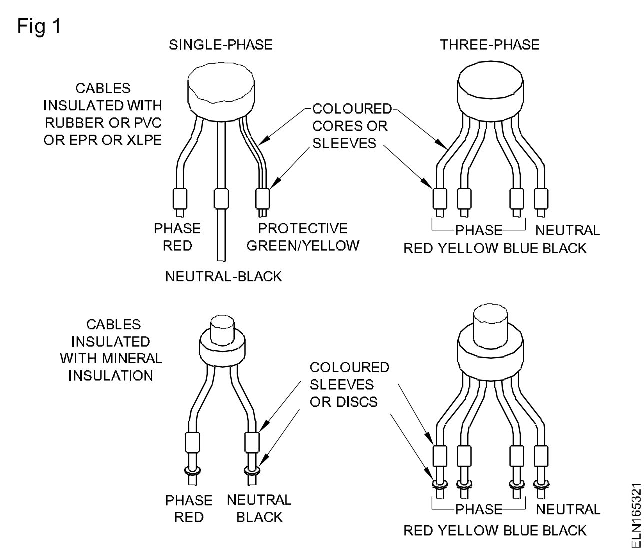
उपस्कर भूसम्पर्कन का प्रयोजन (The purpose of equipment earthing) : धातीय विन्यास (Work) को जो पृथ्वी तक धारा ले जाने के लिये नही होता है सम्बन्धित करके एक पथ प्रदत्त किया जाता है जो धारा क्षरण के लिये होता है जिसे संसूचित किया जा सकता है और आवश्यकता पडने पर निम्न युक्तियों से बाधित किया जा सकता है।

— फ्यूजेस — धारा भंजक

अभिनिर्धारण (Identification): अन्तस्थ बिन्दुओं पर केबल्स और चालकों के सभी क्रोणों का अभिनिर्धारण उनके प्रकार्य संकेत हेतु उत्तमता के लिये उनकी पूरी लम्बाई पर कर लेना चाहिये।

निर्माण में चालक पर रंगीन रोधन अथवा रंगीन टेप, स्लीप्स अथवा चकतियों (Fig 1) द्वारा अभिनिर्धारण हो सकता है। तारण नियामकों की IEE की टेबल 52A में विनिर्देशित प्रयुक्त रंग होना चाहिये।

Copyright @ NIMI Not to be Republished



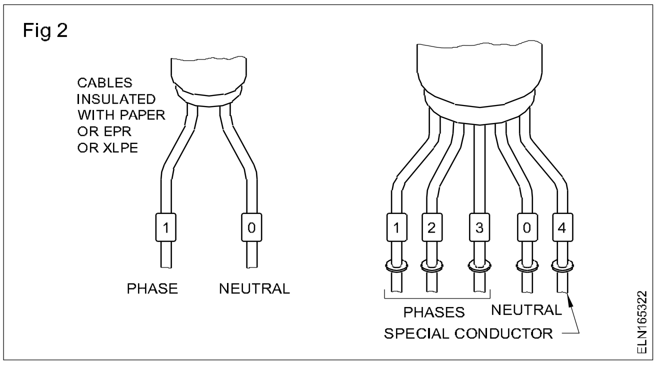
IEE नियामकों की टेबल 52A

अनावरणित (Non flexible) केबल्स कोणों तथा तार स्थापन के लिये अनावरणित चालकों के रंग विनिर्देशन	
कार्य	**खण्ड अभिनिर्धारण**
रक्षक चालक (भूसम्पर्कन मिला के)	हरा और पीलस
AC तीन फेस या एक फेस परिपथ	लाल (पीला या नीला*) or blue*)
AC न्यूट्रल तीन फेस या एक फेस परिपथ	काला
तीन फेस AC परिपथ के R फेस	लाल
तीन फेस AC परिपथ के Y फेस	पीला
तीन फेस AC परिपथ के R फेस	नीला
धनात्मक 2 वाइर DC परिपथ	लाल
ऋनात्मक 2 वाइर DC परिपथ बाहर (धनात्मक या ऋनात्मक)	काला
DC 2 वाइर परिपथ से डिरैवड 3 वाइर पद्धति	लाल
धनात्मक 3 वाइर DC परिपथ	लाल
3 वाइर DC परिपथ के ब्रिच वाइर	काला
ऋनात्मक 3 वाइर DC परिपथ	नीला

*** लाल का प्रयोग वैकल्पिक की तरह करें, यदि संतोषजनक हो, बड़े स्थापन, आखिरी वितरण बोर्ड के सप्लाई की तरफ पर हो ।**

नम्य केबल्स और डोरियां नियामकों की टेबल 52B में प्रदर्शित अपने कार्य के अनुरूप पूरी लम्बाई में नम्न केबल अथवा नम्न डोरी का प्रत्येक क्रोण विनिर्देशन योग्य होना चाहिये।

सयुक्त हरे और पीले रंग के अतिरिक्त केवल हरा, पीला अथवा कोई दो रंगी डोरियों में प्रयुक्त नही करनी चाहियें। निम्न क्रोण रंगों युक्त नम्य केबल्स अथवा नम्य डोरियों का प्रयोग नही करना चाहिये। जब कवचित PVC रोधित सहायक केबल्स अथवा कागज रोधित केबल्स प्रयुक्त किये जाते है तो संख्याओं के उपयोग द्वारा एक वैकल्पिक विनिर्देशन पद्धति का प्रयोग किया जा सकता है। जहां 1, 2, और 3 फेज चालकों और O उदासीन चालकों के लिये होता है। संख्या 4 का प्रयोग किसी विशेष प्रयोजन चालक के लिये होता है। (Fig 2)



IEE नियामकों की टेबल 52B

अनावरणित केबल्स तथा डोरियों के कोणों का रंग विनिर्देशन		
कोण संख्या	**कोण का कार्य**	**कोण के रंग**
1	फेस न्यूट्रल रक्षक	भूरा नीला हरा एवं पीला (समिश्रण)
2	फेस न्यूट्रल	भूरा नीला
3	फेस न्यूट्रल रक्षक	भूरा नीला हरा एवं पीला (समिश्रण)
4 या 5	फेस न्यूट्रल रक्षक	भूरा or black नीला हरा एवं पीला (समिश्रण)

हरे और पीले रंग के समिश्रण को केबल रक्षक चालकों के विनिर्देशन के लिये प्रयोग में लाना चाहिये।

जहां वैद्युत कंड्यूइट्स को सरलता से पाइप रेखाओं तथा अन्य सेवाओं जैसे गैस, तेल, जलवाष्प इत्यादि से विनिर्देशित करने की आवश्यकता है उनको नारंगी रखना चाहिये।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

वेक्टर मानचित्रों का प्रयोग (Use of vector diagram)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **सदिश और वेक्टर मात्र को परिभाषित करना**
- **दो सदिशों के लिये सदिश मानचित्र आरेखन की विधि को स्पष्ट करना ।**

आदिश एवं सदिश राशियों तथा फेजर की परिभाषा (Definition of scalar and vector quantity and phasor)

अदिश राशियाँ (Scalar quantity) : अरिश राशि वह राशि है जिसका निर्धारण केवल उसके परिमाण द्वारा किया जाता है जैसे उदाहरण के लिए ऊर्जा, आयतन, ताप आदि ।

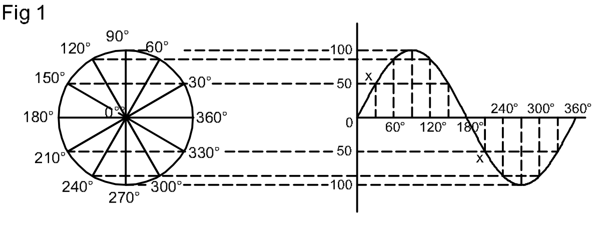
सदिश राशियाँ (Vector quantity) : सारिश राशियाँ वे राशियाँ है जिन्हें उनके ऊपर सीधी रेखा पर तीर का निशान लगाकर दर्शाया जाता है और इनका निर्धारण इनके परिभाषा और दिशा दोनों के आधार पर किया जाता है । जैसे उदाहरण के लिए बल, वेग, भार आदि ।

फेजर (Phasor) : फेजर एक सदिश है जो एक निश्चित कोणीय वेग से घूमता है । तीर के निशान के साथ एक सीधी रेखा उपयोग इसे ग्राफीय रूप में दर्शाने के लिए किया जाता है । ग्राफ में अल्टरनेटिंग (परिवर्तनशील) राशि का परिमाण और दिशा दर्शाया जाता है (उदा. के लिए करंट, वोल्टेज और पावर) यही फेजर कहलाता है ।

प्रत्यावर्ती वोल्टता के वक्र का अंकन (Plotting a curve of alternating voltage) : यदि प्रत्यावर्तक की अधिकतम वोल्टता ज्ञात हो तो जनित वोल्टता का अंकन एक वक्र के निर्माण में किया जा सकता है एक वृत्त को खींचे जिसका अर्धव्यास वोल्टता के अधिकतम मान को व्यक्त करता हो।

किसी सुविधा जनक पैमाने का उपयोग किया जा सकता है। वृत्त को समान भागों में विभाजित करें (Fig 1) । पैमाने के अनुसार एक क्षैतिज रेखा खींचे जिसके अनुदिश एक वोल्टता चित्र अंकित किया जायेगा। रेखा को उतने ही समान भागों में विभाजित करें जितने भाग वृत्त में हैं। क्षैतिज और उर्ध्वाधर रेखायें खींचे । जैसा कि (Fig 1) में डैस रेखाओं द्वारा

Fig 1



SINE WAVE FORM

प्रदर्शित किया गया है। रेखाओं के कटान बिन्दु उस क्षण वोल्टता के मान को प्रदर्शित करते हैं। उदाहरण के लिये एक क्षैतिज और एक उर्ध्वाधर रेखा बिन्दु X पर परस्पर काटती है।

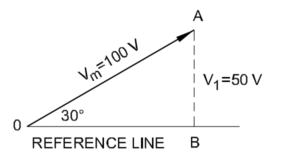
वृत्त के अर्धव्यास के लिये प्रयुक्त पैमाने का प्रयोग करके वोल्टता मान को मापा जा सकता है। यह मान उस क्षण पर उत्पन्न emf है जब कुण्डल बल रेखाओं के 30º कोण पर काटता है।

सदिश मानचित्रों का उपयोग (Use of vector diagrams) : किसी प्रत्यावर्ती वोल्टता और/अथवा धारा के मान में एक चक्र में होने वाले परिवर्तन को सदिश मानचित्र द्वारा भी प्रदर्शित कर सकते हैं।

सदिश एक रेखाखण्ड होता है जिसकी एक निश्चित लम्बाई और दिशा होती है। सूचना देने के लिये एक सदिश मानचित्र परस्पर जुडे हुये दो अथवा अधिक सदिशों से निर्मित होता है। पैमाने के अनुसार सदिश मानचित्र का उपयोग धारा और/अथवा वोल्टता के तात्क्षणिक मानों को ज्ञात करने में किया जाता है।

निम्न विधि के अनुसार (Fig 1) का विश्लेषण वेक्टर मानचित्र द्वारा किया जा सकता है। संदर्भ रेखा के रूप में एक क्षैतिज रेखा खींचे (Fig 2) संदर्भ रेखा से 30º पर बिन्दु O से प्रारंभ कर के OA को पैमान के अनुसार 100V की अधिकतम वोल्टता (VM) को व्यक्त करने के लिये खींचे। सदिश OA के सिरे से एक ऊर्ध्वाधर डैस रेखा खींचे। यह रेखा संदर्भ रेखा से 90º कोण पर होना चाहिये। ऊर्ध्वाधर डैस रेखा को

Fig 2



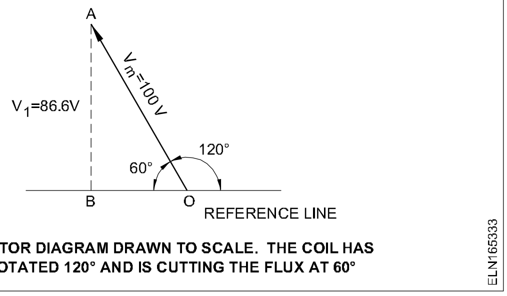
VECTOR DIAGRAM DRAWN TO SCALE TO DETERMINE THE VOLTAGE WHEN THE COIL IS MOVING AT A 30° ANGLE TO THE LINES OF FORCE

AB से नामांकित किया गया है। और यह वोल्टता V_i तात्क्षणिक मान को व्यक्त करती है जब कुण्डल बल रेखाओं को 30º कोण पर काटता है सदिश AB के माप इसका मान 50V होना चाहिये।

	अदिश संख्या	सदिश संख्या
1	अदिश संख्या को केवल परिमाण द्वारा व्यक्त करते हैं। जैसे ऊर्जा, आयतन इत्यादी	सदिश संख्याओं को परिमाण और दिशा में व्यक्त किया जाता है। जैसे बल वेग इत्यादी
2	अदिश संख्याओं का जोडना औरघटना बीजगणितीय विधि से किया जाता है।	सदिश संख्याओं का जोडना, घटाना बीजगणितीय विधि से न होकर सदिश योग होता है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

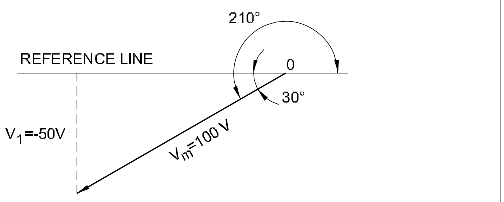
Fig 3



VECTOR DIAGRAM DRAWN TO SCALE. THE COIL HAS ROTATED 120° AND IS CUTTING THE FLUX AT 60°

यह विधि घूर्णन के किसी भी अंश के लिये अनुपालित की जा सकती है। (Fig 3) में प्रदर्शित सदिश मानचित्र का उपयोग वोल्टता के उस मान को ज्ञात करने के लिये होता है जब कुण्डल 120^o घूर्णित हो गया है।

Fig 4



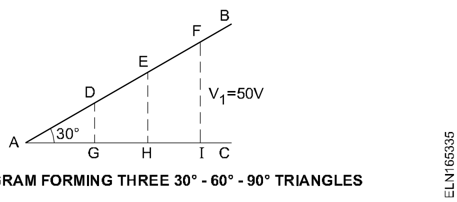
VECTOR DIAGRAM DRAWIN TO SCALE. THE COIL HAS ROTATED 210° AND IS CUTTING THE FLUX AT 30°. THE EMF HAS REVERSED DIRECTION, INDICATED BY THE -VE SIGN.

यद्यपि कुण्डल 120^o घूर्णित हो चुका है लेकिन बल रेखाओं से यह केवल 60^o कोण बना रहा है यही वह कोण है जिससे तात्क्षणिक वोल्टता मान ज्ञात किया जाता है। उदाहरण के लिये यदि कुण्डल 210^o घूर्णित होता है यह बल रेखाओं को 30^o काटता है (Fig 4)।

(Fig 1) को पुनः देखने से यह ज्ञात होता है कि वृत्त का प्रत्येक भाग सदिश OA को व्यक्त कर सकता है। वोल्टता वक्र पर बिन्दुओं द्वारा सदिश AB को व्यक्त कर सकते हैं। वृत्त के क्षैतिज व्यास और अर्धव्यास V_m के बीच का कोण वह कोण है जिस पर कुण्डल चुम्बकीय रेखाओं को काट रहा है। यद्यपि केवल सदिश मानचित्र बहुत कम प्रयुक्त किये जाते है लेकिन इनके द्वारा किसी समस्या के दृष्टिचित्रण की यह एक सरल विधि है। सदिश मानचित्र प्रायः त्रिकोणमिती फलन (Function) के साथ प्रयोग में लाये जाते हैं।

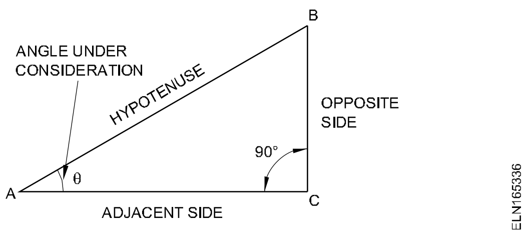
अनेक वैद्युत प्रश्नों का हल त्रिकोणमिती से हो जाता है। त्रिकोणमिती फलनों के साथ प्रयुक्त सदिश मानचित्र प्रायः त्रिभुजों और/अथवा समान्तर चतुर्भजों के रूप में होते हैं। (Fig 5, 6)

Fig 5



VECTOR DIAGRAM FORMING THREE 30° - 60° - 90° TRIANGLES

Fig 6



AC सरल परिपथ-केवल प्रेरकत्व के साथ (AC simple circuit - with inductance only)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

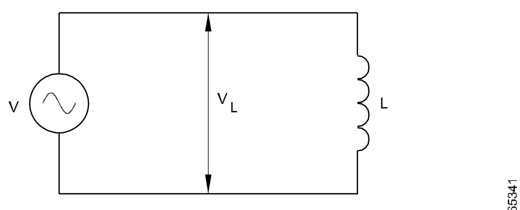
- **एक शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में V और I के बीच कला सम्बन्ध व्यक्त करना**
- **प्रेरकत्व प्रतिबाधा व्यक्त करना**
- **शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में शक्ति को व्यक्त करना**
- **शक्ति गुणक को परिभाषित करना ।**

केवल शुद्ध प्रेरकत्व के साथ परिपथ (Circuit with pure inductance only): प्रेरकत्व शुद्ध DC परिपथों के प्रचालन को केवल खुलने और बन्द होने के क्षण ही प्रभावित करता है। AC परिपथ में धारा सदैव परिवर्तित होती रहती है और प्रेरकत्व सदैव परिवर्तन का विरोध करता है।

इसलिये परिपथ प्रचालन में प्रेरक्तव का स्थिर प्रभाव होता है। केवल शुद्ध प्रेरकत्व वाले परिपथ का निर्माण कभी नही किया जा सकता क्योंकि स्रोत सम्बन्धक तार, प्रेरक सभी का कुछ प्रतिरोध होता है। लेकिन यदि यह प्रतिरोध अति अल्प है और परिपथ धारा पर प्रेरकत्व की तुलना में अति अल्प प्रभाव डालते है तो परिपथ को केवल प्रेरकत्व युक्त परिपथ समझा जा सकता है। (Fig 1)

यदि किसी AC परिपथ जिसमें केवल प्रेरकत्व है तीन परिवर्ती संख्या होती है। यह (1) आरोपित वोल्टता (2) प्रेरित पश्च emf (3) परिपथ धारा I_L होती है।

Fig 1



CIRCUIT DIAGRAM

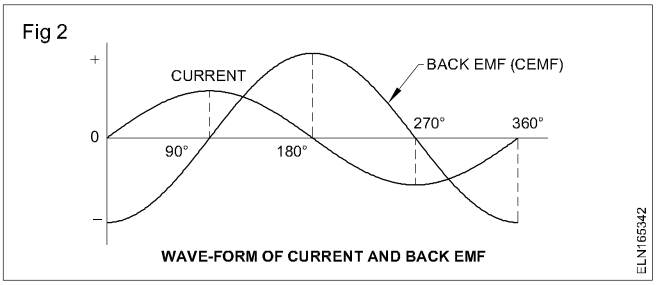
परिपथ और धारा के बीच कला सम्बन्ध (Phase relationship between voltage and current) : एक प्रेरकत्व में कला सम्बन्धन पहले धारा और पश्च emf को लेकर अति सरलता पूर्वक समझा जा सकता है। आप को धारा और पश्च emf के विषय में दो बाते ज्ञात है। पहला सम्बन्ध यह कि प्रति emf धारा के परिवर्तन दर के अधिकतम होने पर अधिकतम और जब धारा में परिवर्तिन नही होता है यह शून्य होती है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

दूसरा सम्बन्ध यह है कि cemf कि दिशा ऐसी होती है कि यह धारा परिवर्तन का सदैव विरोध करती है।

(Fig 2) में प्रदर्शित तरंग रूप AC धारा के एक चक्र को प्रदर्शित करता है। जहां तरंग रूप का ढलान अधिकतम है वहां परिवर्तन दर अधिकतम है। आप देख सकते है कि यह उन बिन्दुओं पर होता है जहां तरंग रूप शून्य से अथवा 180º, 360º से निकलता है। अर्थात 0, 180, 360º पर अधिकतम cemf जनित होता है। जैसा कि (Fig 2) में दिये गये तरंग रूप से प्रदर्शित किया गया है। परिर्वन 90, 270º पर बहुत कम वास्तव में ठीक 90º और 270º जहां धारा परिवर्तन उत्थान से पतन तक होता है धारा कुछ क्षणों के लिये स्थिर होती है इसलिये इन बिन्दुओं पर फ्लक्स रेखायें परिवर्तित नही होती है और cemf प्रेरित नही होता है।

Fig 2



WAVE-FORM OF CURRENT AND BACK EMF

जब धारा शून्य से धनात्मक दिशा में जा रही होती है तो प्रति emf (cemf) कि दिशा और मात्रा क्या होना चाहिये?

चूंकि 0º पर शून्य से जाने वाली धारा धनात्मक दिशा में होती है cemf ऋणात्मक दिशा में अधिकतम होना चाहिये। क्योंकि यह सदैव धारा धनात्मक दिशा में धारा प्रवाह में सहायक होने के लिये वृद्धि का विरोध करता है।

इसी प्रकार जब 90º पर धारा कम होने लगती है तो cemf में वृद्धि होनी चाहिये । इसलिये प्रदर्शन अनुसार cemf धारा से 90º पश्चगामी रह कर लेंज के नियम का पालन करता है। आप को ज्ञात है कि आरोपित वोल्टता cemf से 180º कला भिन्न होती है इसलिये आरोपित वोल्टता धारा से 90º अग्रगामी होनी चाहिये। यह (Fig 3) के तरंग रूप में प्रदर्शित किया गया है। तीन संख्याओं (धारा, cemf और आरोपित वोल्टता) के बीच सम्बन्ध को (Fig 4) के तरंग रूप में प्रदर्शित किया गया है। हमें ज्ञात है कि यह प्रतिरोधक परिपथों की भांति कला में नही है।

Fig 3

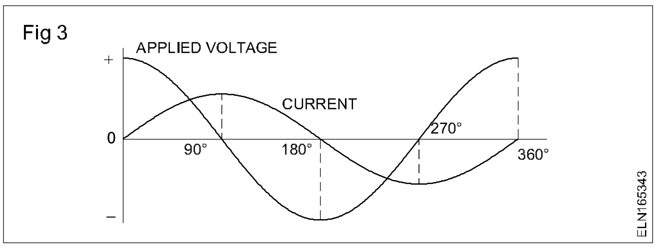
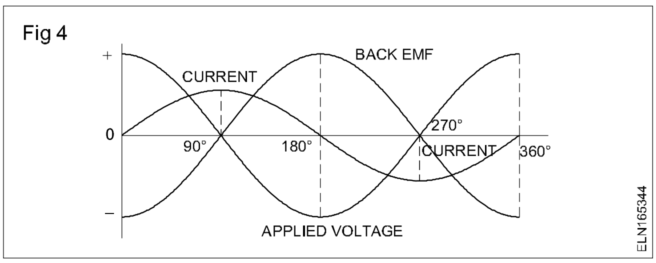


Fig 4



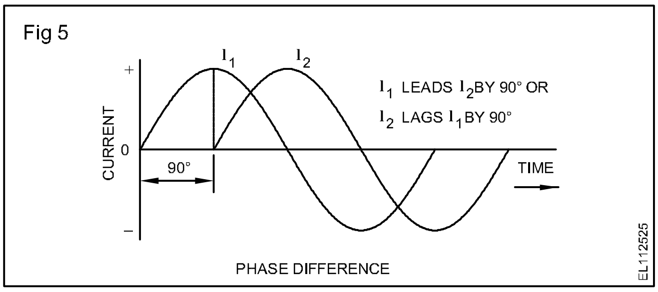
एक प्रेरकत्व में (Phase difference) : (1) आरोपित वोल्टता धारा से 90º अग्रगामी होती है (2) पश्च emf धारा से 90º पश्यगामी होता है (3) आरोपित वोल्टता और पश्च emf 180º कला भिन्न होते है।

इसे कलान्तर कहते हैं।

कलान्तर (Phase difference) : यदि दो प्रत्यावर्ती संख्या समान दिशा में विभिन्न समयों पर शून्य मान से निकलने के पश्चात अधिकतम मान प्राप्त कर लेती है तो उनमें कलान्तर होना कहलाता है।

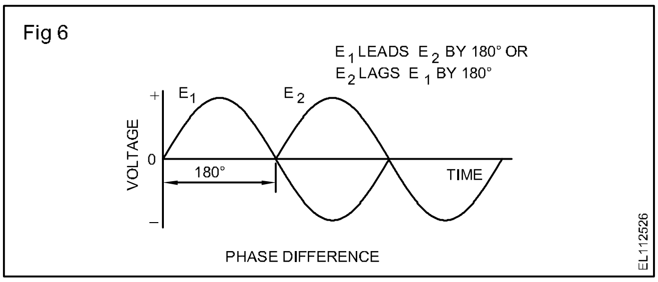
कलान्तर को चक्र के अंश भाग में व्यक्त कर सकते है। अधिक यथार्थता के लिये कलान्तर को अंश दिया जाता है। पद पश्च और अग्र का प्रयोग विभिन्न कला की दो धाराओं और वोल्टताओं की समय के साथ आपेक्षिक स्थितियों को व्यक्त करने में किया जाता है। जो समय में आगे होती है उसे अग्र और जो पीछे होती है और उसे पश्च कहते है। (Figs 5 और 6)

Fig 5



PHASE DIFFERENCE

Fig 6

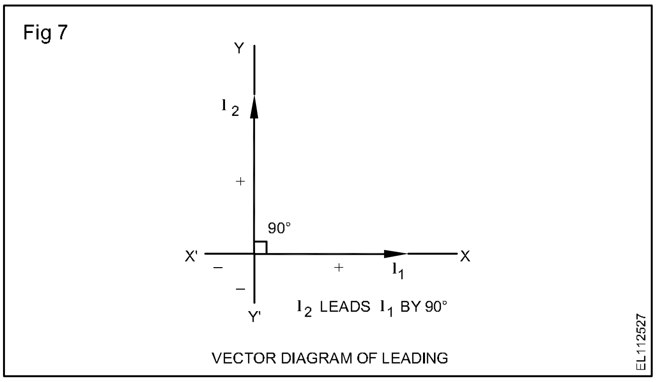


PHASE DIFFERENCE

जब एक वोल्टता अथवा धारा के अधिकतम और न्यूनतम बिन्दु अन्य वोल्टता अथवा धारा के संगत बिन्दुओं के पहले आते है तो दोनों कला भिन्न होते है जब इस प्रकार का कलान्तर होता है एक वोल्टता अथवा धारा अग्र होती है और दूसरी पश्च होती है।

कलान्तर को सदिश चित्र से व्यक्त कर सकते है। कलान्तर को व्यक्त करते समय सदर्भ संख्या X अक्ष की धनात्मक दिशा में प्रदर्शित की जाती है। (Fig 7, 8)

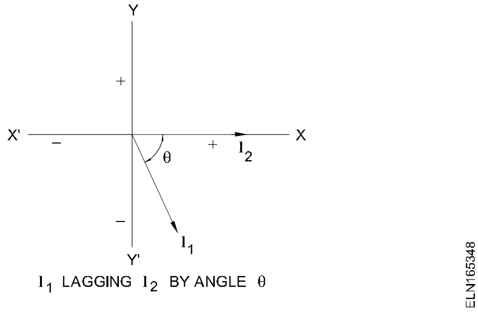
Fig 7



VECTOR DIAGRAM OF LEADING

Copyright @ NIMI Not to be Republished

Fig 8



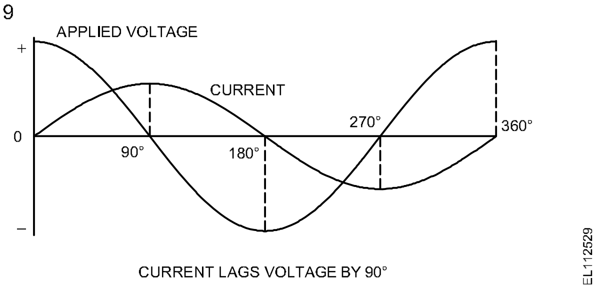
I_1 LAGGING I_2 BY ANGLE θ

अग्र होने वाली संख्या को वामावर्ती कोण और पश्च गामी संख्या को दक्षिणावर्ती कोण से प्रदर्शित करते है।

केवल प्रेरकत्व वाले परिपथ में धारा और वोल्टता के बीच कला सम्बन्ध (Phase relationship between current and voltage in a circuit with inductance only)

जब AC वोल्टता को एक प्रेरकत्व परिपथ पर आरोपित किया जाता है तो धारा आरोपित वोल्टता से चौथाई चक्र अथवा 90^o से पश्चगामी रहती है (Fig 9)

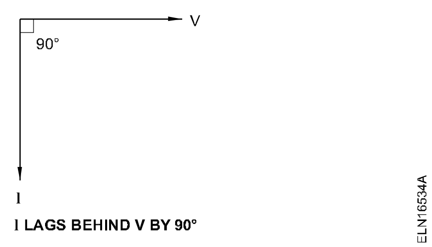
Fig 9



CURRENT LAGS VOLTAGE BY 90°

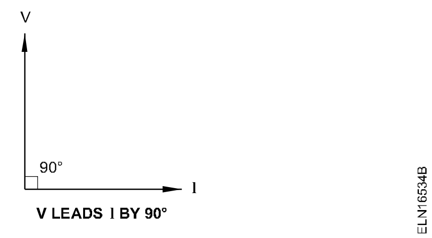
एक शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में धारा आरोपित वोल्टता से 90^o पश्चगामी होती है। इसको (Fig 9) में एक तरंग रूप से दर्शाया गया है। इसको यह भी कहा जा सकता है कि वोल्टता धारा की अग्रगामी होती है। दोनों कथनों के लिये (Fig 10) और (Fig 11) दिये गये है।

Fig 10



I LAGS BEHIND V BY 90°

Fig 11



V LEADS I BY 90°

प्रेरकत्व प्रतिबाधा (Inductive reactance) : cemf प्रतिरोध की भांति ही धारा को सीमित करने का कार्य करती है। लेकिन cemf को वोल्ट के पदों में समझा गया है इसलिये इसको धारा की गणना के लिये ओम के नियम का उपयोग नही कर सकते । लेकिन cemf के प्रभाव को ओम के पदों में दिया जा सकता है। इस प्रभाव को प्रेरकत्व प्रतिबाधा संक्षेप में X_L कहते है। चूंकि cemf जो एक प्रेरक द्वारा उत्पन्न होता है प्रेरक के प्रेरकत्व (L) और धारा की आवृत्ति (f) से ज्ञात की जाती है, प्रेरकत्व प्रतिबाधा इन पर भी निर्भर होना चाहिये। प्रेरकत्व प्रतिबाधा की गणना समीकरण,

$X_L = 2\pi fL$ से की जाती है।

जहां X_L ओम में प्रेरकत्व प्रतिबाधा, f चक्र प्रति सेकेन्ड, धारा की आवत्ति और L हेनरी में प्रेरकत्व है। कुल संख्या $2\pi f$ वास्तव में धारा परिवर्तन की दर व्यक्त करती है। जो प्रायः ग्रीक ω (ओमेगा) से जानी जाती है।

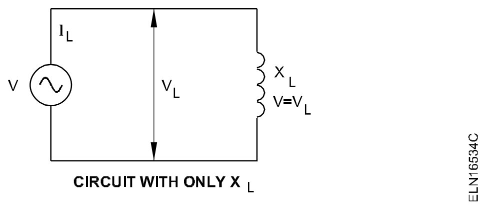
चूंकि $2\pi = 2(3.14) = 6.28$ समीकरण निम्न भांति हो जाता है।

$$L = \frac{X_L}{6.28\,f}$$

$$f = \frac{X_L}{6.28\,L}$$

केवल प्रेरकत्व वाले परिपथ में ओम के नियम का प्रयोग R के स्थान पर X_L प्रतिस्थापित करके धारा और वोल्टता को ज्ञात करने में किया जा सकता है। (Fig 12)

Fig 12



CIRCUIT WITH ONLY X_L

$$I_L = \frac{V_L}{X_L}$$

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$

$$V_L = I_L X_L$$

जहां I_L = प्रेरकत्व में प्रवाहित एम्पियर में धारा

V_L = प्रेरकत्व के सिरों पर वोल्ट में वोल्टता

X_L = प्रेरकत्व प्रतिबाधा ओम में

उदाहरणः 1000kHz आवृत्ति पर प्रचालित एक AC परिपथ 20mH कुण्डल से बना है कुण्डल की प्रेरकत्व प्रतिबाधा क्या है?

X_L = 6.28fL

= $6.28(1000 \times 10^3)(20 \times 10^{-3})$

= 12.56×10^4 = 125600 ohms.

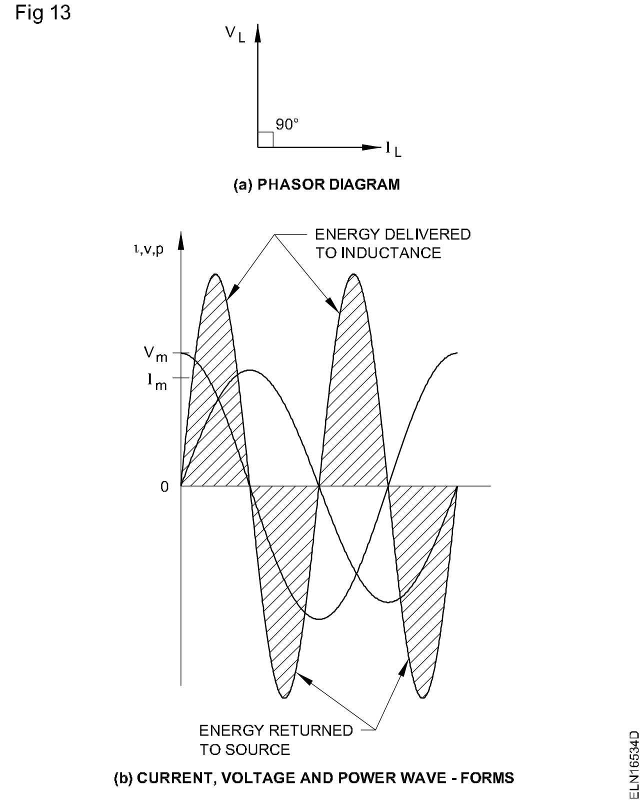
Copyright @ NIMI Not to be Republished

उदाहरणः एक कुण्डल का प्रेरकत्व क्या हो कि इसकी प्रतिबाधा 40Khz पर 628 ohm हो?

$$L = \frac{X_L}{6.28f} = \frac{628}{6.28(40 \times 10^3)} = 2.5 \times 10^{-3} = 2.5 \text{ mH}$$

शुद्ध प्रेरकत्व में शक्ति (Power in pure inductance) : यदि एक AC परिपथ में केवल प्रेरकत्व है और वोल्टता तथा धारा 90º कला भिन्न है जैसा कि फेजर और तरंग चित्रों से (Fig 13) में दिखाया गया है। V और i तरंग रूपों के गुणनफल से शक्ति वक्र प्राप्त होता है जिसकी आवृत्ति (Fig 13) के अनुसार स्रोत से दो गुनी है। लेकिन निवेश वोल्टता के एक पूरे चक्र के लिये शक्ति वक्र का औसत मान शून्य हो जाता है। अर्थात शक्ति वक्र शून्य अक्ष के ऊपर और नीचे धनात्मक और ऋणात्मक शक्ति का समान प्रत्यागमन प्रदर्शित करता है।

Fig 13



धनात्मक और ऋणात्मक शक्ति का क्या अर्थ है ? (Fig 13): शून्य अक्ष के ऊपर शक्ति वक्र का रेखांकित भाग यह प्रदर्शित करता है कि स्रोत से ऊर्जा प्रेरक को दी जा रही है। यह धनात्मक शक्ति वास्तव में प्रेरकत्व के चुम्बकीय क्षेत्र में ऊर्जा भण्डारण को व्यक्त करता है।

शून्य अक्ष के नीचे शक्ति वक्र का रेखांकित भाग प्रेरक से स्रोत को लौटायी गई ऊर्जा व्यक्त करता है। यह ऋणात्मक शक्ति यह संकेत करती है कि चुम्बकीय क्षेत्र के निपातित होने पर ऊर्जा प्रवाह विपरीत दिशा में हो रहा है। (भार से स्रोत)

AC परिपथों में शुद्ध प्रेरकत्व होने पर औसत वास्तविक शक्ति P शून्य है।

शक्ति= VI Cos ϕ watts

जहां ϕ वोल्टता और धारा के बीच कला है।

चूंकि शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में V और I के बीच कला कोण 90º होता है, Cos 90 शून्य है।

इसलिये P = V x I x (zero) = zero.

पद cosϕ को शक्ति गुणक कहते है।

प्रतिघाती शक्ति (Reactive power) : लेकिन स्रोत को एक चक्र के चौथाई भाग तक शक्ति प्रदान करने योग्य होना चाहिये। यद्यपि अगले चौथाई चक्र में शक्ति लौटा दी जायेगी। यह भण्डारित अथवा स्थान्तरित शक्ति प्रतिबाधित शक्ति P_q कहलाती है।

शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में शक्ति प्रायः निम्न से प्राप्त होती है।

$P_q = V_L I_L$ Volt एम्पियर प्रतिघाती (Var)

जहां P_q प्रतिघाती शक्ति वोल्टता एम्पियर प्रतिघाती (Var)

V_L वोल्ट में प्रेरकत्व के सिरों पर वोल्टता

I_L एम्पियर प्रेरकत्व से जाने वाली धारा

चूंकि $V_L = I_L X_L$

इसलिये $P_q = IL^2 X_L$ (Var)

जहां X_L ओम में प्रेरकत्व प्रतिघात है। ध्यान दें की R के स्थान पर X_L लेने से आपेक्षिक शक्ति समीकरण वास्तविक शक्ति के समान है। लेकिन हमें स्मरण रखना चाहिये कि प्रतिघाती शक्ति के लिये प्रयुक्त मात्रक Var होना चाहिये वाट्स नही।

उदाहरणः एक परिपथ की प्रतिघाती शक्ति की गणना करें जिसका प्रेरकत्व 4H हो जब वह 50Hz आपूर्ति पर 1.4 एम्पियर लेता है।

हलः

$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50Hz \times 4H = 1256$ ohms

$P_q = I_L^2 X_L = (1.4A)^2 \times 1256$ ohms = 2462 vars

= 2.462 kvar

ध्यान दे कि 1kvar = 1 किलो Var= 1000 बार Vars

Copyright @ NIMI Not to be Republished

R और L श्रेणी युक्त AC परिपथ (A.C. circuit with R & L in series)

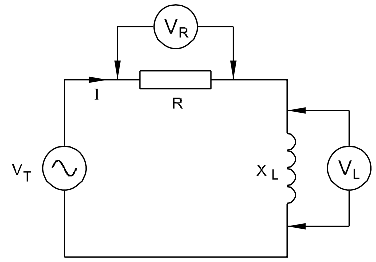
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **वोल्टता और धारा सम्बन्ध ज्ञात करना**
- **RL श्रेणी युक्त एक श्रेणी परिपथ की प्रतिबाधा (Impedance) ज्ञात करना**
- **एक श्रेणी परिपथ (RL श्रेणी युक्त) में शक्ति की गणना करना**
- **RL श्रेणी परिपथ में शक्ति गुणक की गणना करना।**

जब प्रतिरोधक और प्रेरकत्व अथवा एक कुण्डल प्रतिरोध के साथ श्रेणी में जोडे जाते है तो I_L rms धारा, X_L और R दोनों से सीमित होती है लेकिन धारा I का मान X_L और R दोनों में समान होता है क्योंकि वे श्रेणी में हैं। R के सिरों पर वोल्टता पतन V_R = IR और X_L के सिरों पर वोल्टता पतन V_L = IX_L होता है। X_L से धारा V_L से 90º पश्च गामी होना चाहिये क्योंकि यह धारा के बीच प्रेरकत्व से कला कोण है। और स्वप्रेरित वोल्टता है। R से निकली धारा I इसका वोल्टता पतन कला में है इसलिये कला कोण शून्य है।

अब हमें शुद्ध प्रतिरोध और शुद्ध प्रेरकत्व युक्त एक श्रेणी परिपथ के फेजर प्रदर्शन के सिद्धान्त का प्रयोग करना चाहिये। (Fig 1)

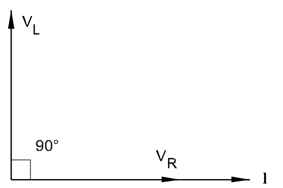
Fig 1



CIRCUIT WITH R & L IN SERIES

चूंकि हम एक श्रेणी परिपथ पर विचार कर रहे है तो यह सुविधा जनक होगा यदि धारा फेजर को क्षैतिज संदर्भ स्थिति में लिया जाय क्योंकि यह प्रतिरोध और प्रेरकत्व दोनों में उभय है। प्रतिरोध V_R के सिरों पर वोल्टता फेजर का आध्यारोपण फेजर पर है। इसका कारण शुद्ध प्रतिरोधक (Fig 2) होने पर धारा और वोल्टता का परस्पर सदैव कला में रहना है।

Fig 2



VECTOR DIAGRAM OF R & L SERIES CIRCUIT

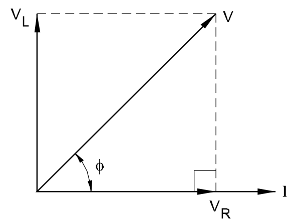
इसी प्रकार V_L से प्रेरक के सिरों पर वोल्टता फेजर धारा से 90º अग्रगमित खींचा गया है। दूसरे शब्दों में धारा फेजर के अग्र गमित है। यह इसलिये है कि हमें ज्ञात है शुद्ध प्रेरकत्व में धारा प्रेरक वोल्टता से सदैव 90º पश्चगमित होती है।

लेकिन यह दोनों वोल्टतायें एक दूसरे से 90º कला भिन्न है इसका अर्थ है कि श्रेणी संयोजन के सिरों पर कुल वोल्टता V_R से V_L को बीजगणितीय विधि से योगन करके प्राप्त नही कर सकते । हमें उनके बीच के कोण को भी सम्मिलित करना चाहिये। आरोपित वोल्टता V फेजर कोण के साथ V_R और V_L का योग (फेजर) है।

फेजर योग करने के लिये एक समान्तर चतुर्भुज खींचें (यहां एक वर्ग) और इसके कर्ण को बना लें। यह (Fig 3) में प्रदर्शित किया गया है। स्पष्ट है कि फेजर योग V, V_L और V_R के बीजगणितीय योग से कम है। साथ ही चूंकि एक समकोण त्रिभुज का कर्ण है V को निम्न से प्राप्त करते हैं।

$V^2 = V_R^{\,2} + V_L^{\,2}$ से

Fig 3

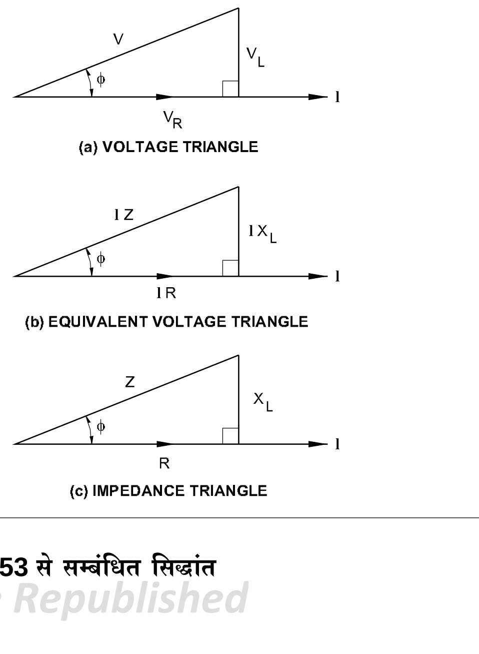


PHASOR DIAGRAM OF R & L SERIES CIRCUIT

श्रेणी RL परिपथ की प्रतिबाधा (Impedance of a series RL circuit) : श्रेणी RL परिपथ में धारा के कुल विरोध को प्रतिबाधा Z कहते है। यह कुल आरोपित वोल्टता V और धारा I का अनुपात है। प्रतिबाधा को प्रतिरोध और प्रेरकत्व प्रतिघात की भांति ओम में मापा जाता है। लेकिन निम्न प्रतिबाधा द्वारा प्रदर्शन के अनुसार यह प्रतिरोध और प्रतिघात का सदिश योग है।

(Fig 4a) के अनुसार श्रेणी RL परिपथ के लिये वोल्टता त्रिभुज पर ध्यान दें यदि (Fig 3) के फेजर आरोख की भांति है तो केवल V_L को स्थान्तरित करके बन्द त्रिभुज बनाया गया है।

Fig 4



Copyright @ NIMI Not to be Republished

दिया गया है, $V=\sqrt{(IR)^2+(IX_L)^2}$

$$=\sqrt{I^2R^2+(I^2X_L)^2}$$

$$=\sqrt{I^2(R^2+X_L^2)}$$

$$=I\sqrt{R^2+X_L^2} \text{ and } \frac{V}{I}=\sqrt{R^2+X_L^2}$$

लेकिन $\frac{V}{I}=Z$ प्रतिबाधा है

इसलिये $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ ohms

जहां Z ओम में प्रतिबाधा

R ओम में प्रतिरोध

X_L ओम प्रेरकत्व प्रतिघात है।

और $I=\frac{V}{Z}$ amperes (A).

हम (Fig 4b) और (Fig 4c) से देख सकते है कि यदि प्रतिबाधा कला कोण ज्ञात हो प्रतिरोध और प्रेरकत्व प्रतिघात ज्ञात किया जा सकता है।

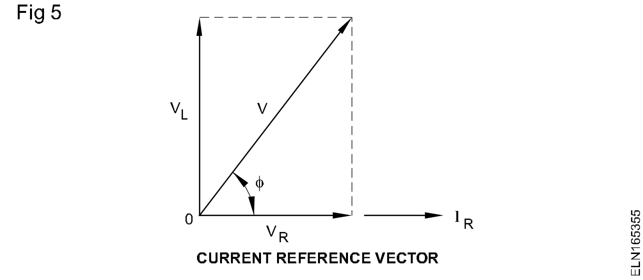
$R = Z \cos\phi$

$X_L = Z \sin\phi$

जहां ϕ, Z and R के बीच कोण है।

श्रेणी RL परिपथ में शक्ति (Power in a series RL circuit) : हम देख चुके है कि प्रेरत्तव सदैव प्रतिरोध के साथ होता है। इसलिये मोटर्स में कुण्डल, जनित्र, रिले कुण्डल इत्यादी में प्रतिरोध और प्रेरकत्व दोनों होते है। जब AC वोल्टता आरोपित की जाती है तो धारा I आरोपित वोल्टता V से न तो कला में होती है और न ही 90º कला में भिन्न होती है। (Fig 5)

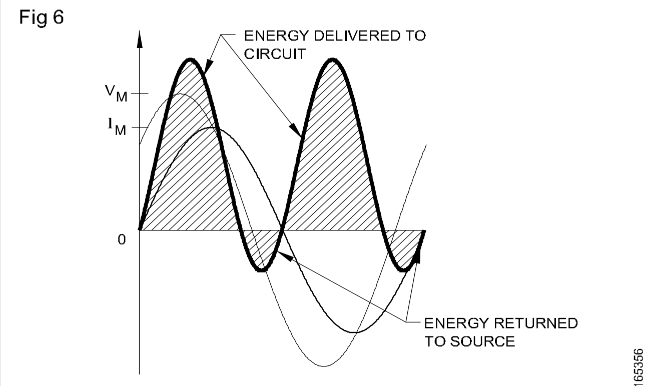
Fig 5



CURRENT REFERENCE VECTOR

इसका अर्थ है कि शुद्ध प्रतिरोध और शुद्ध प्रतिघात से पृथक (Fig 6) में वोल्ट मापी और एम्पियार मापी पाठों का गुणनफल वास्तविक और (समकोणिक) प्रतिघाती शक्ति का संयोजन है। कुल V और कुल I के गुणनफल को आभासी शक्ति PS कहते है चूंकि न तो यह वाट में शुद्ध

Fig 6



CURRENT, VOLTAGE, AND POWER WAVE - FORMS

शक्ति और न VA में प्रतिघाती शक्ति है आभासी शक्ति मापन के लिये हम एक नये मात्रक वोल्टएम्पियर का (VA) का प्रयोग करते है।

P = V x I volt-amperes (VA)

जहां P आभासी शक्ति वोल्ट एम्पियर (VA) में है।

V वोल्ट में कुल आरोपित वोल्टता V

I एम्पियर में कुल धारा A है।

शक्ति त्रिभुज (Power triangle) : AC परिपथ में तीन प्रकार की शक्तियों का अभिनिर्धारण किया गया है।

- वास्तविक शक्ति वाट में केवल प्रतिरोध वाले परिपथों के लिये
- प्रतिघाती शक्ति VARS में शुद्ध प्रेरकत्व अथवा शुद्ध धारित्र परिपथ के लिये
- आभासी शक्ति VA जैसा कि R और L अथवा R और C युक्त परिपथों में होता है। यह तीनों अतर्सम्बन्धित है।

हमें ज्ञात है कि श्रेणी RL परिपथ में

$$V=\sqrt{V_R^2+V_L^2}$$

इसलिये $V\times I=\sqrt{(V_R\times I)^2+(V_L\times I)^2}$

लेकिन V x I = अभासी शक्ति VA में

V_R x I = वास्तविक शक्ति वाट में

V_L x I = प्रतिघाती शक्ति Vars में

इसलिये

(अभासी शक्ति)^2 = (वास्तविक शक्ति)^2 + (प्रतिघाती शक्ति)^2

अथवा $VA=\sqrt{(W^2)+(VAR^2)}$

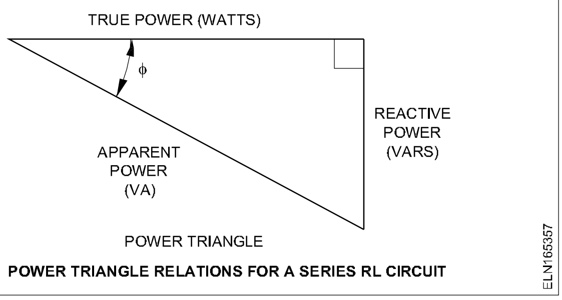
(Fig 7) के अनुसार इस सम्बन्ध को एक त्रिभुज से व्यक्त किया जा सकता है।

(Fig 7) आभासी शक्ति प्रदर्शित करती है इसे समकोण त्रिभुज के कर्ण से व्यक्त किया गया है। वास्तव शक्ति एक दूसरे से समान कला में धारा और

Copyright @ NIMI Not to be Republished

वोल्टता का गुणनफल होता है और क्षैतिज खींचा जाता है। कला भिन्न V_L और I का गुणफल प्रतिघाती शक्ति होता है और उर्ध्वाधर नीचे की ओर खींचा जाता है। यह पश्चगामी होता है। एक पश्चगामी धारा के संगत पश्चगामी प्रेरकत्व, प्रतिघाती शक्ति को प्रदर्शित करने की रीति है। (अग्र गामी धारा के संगत एक धारित्र प्रतिघात शक्ति के लिये उर्ध्वाधर ऊपर की ऊपर प्रदर्शित करते है)

Fig 7



POWER TRIANGLE RELATIONS FOR A SERIES RL CIRCUIT

अन्य सम्बन्ध भी प्राप्त हो सकते है,

$$W = VA \cos \phi$$
$$VAR = VA \sin \phi$$

शक्ति गुणक (Power factor) : वास्तविक शक्ति जो AC परिपथ को दी जाती है, का उस आभासी शक्ति से अनुपात जो स्रोत को आपूर्तित करना चाहिये भार का शक्ति गुणक कहलता है।

(Fig 7) के अनुसार यदि हम किसी शक्ति त्रिभुज का परीक्षण करें तो ज्ञात होगा कि वास्तविक शक्ति का अभासी शक्ति से अनुपात कोण ϕ है।

शक्ति गुणक $= \dfrac{W}{VA} = \cos \phi$

चूंकि $W = V_R \times I$ और

$VA = V \times I$ भी

$V_R = I \times R$

$= I \times Z$

शक्ति गुणक $\dfrac{V_R}{V}$ and to $\dfrac{R}{Z}$ भी होना चाहिये।

शक्ति गुणक $(PF) = \dfrac{W}{VA} = \dfrac{V_R}{V} = \dfrac{R}{Z} \cos \phi$

उस परिपथ का शक्ति गुणक क्या होना चाहिये जिसमें केवल प्रतिरोध है ? चूंकि धारा और वोल्टता के बीच कला कोण ϕ का मान शूंन्य है,

$\cos \phi = 1$ और PF = 1.

इसी प्रकार केवल शुद्ध प्रेरकत्व अथवा धारिता युक्त परिपथ का शक्ति गुणक शून्य होता है क्योंकि,

$\cos \phi = \cos 90° =$ शून्य

उदाहरण: 10 ओम प्रतिरोध के एक प्रेरकत्व कुण्डल का प्रेरकत्व 0.05 H है जिसे 230V, 50 चक्र के मुख्य AC से जोडा जाता है।

गणना करें

i) कुण्डल द्वारा ली गई धारा

ii) परिपथ का शक्ति गुणक

iii) व्यय शक्ति और उत्तर दे कि

iv) परिपथ में धारा अग्र अथवा पश्चगामी है।

हल

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.142 \times 50 \times 0.05 = 15.7 \text{ ohms}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2} = \sqrt{(10)^2 + (15.7)^2}$$

$$= \sqrt{346.49} = 18.6 \text{ ohms}$$

i $I = (240/18.6) = 12.9$ Amps

ii शक्ति गुणक $= \dfrac{R}{Z} = \dfrac{10}{18.6} = 0.537$

iii शक्ति व्यय $= I^2R = (12.9)^2 \times 10$

$= 166.72 \times 10$

$= 1667$ W.

iv परिपथ में धारा पश्च गामी है

उदाहरण: एक प्रेरकीय परिपथ में दो ओम प्रतिरोध और श्रेणी में एक 0.015 h का प्रेरकत्व है ज्ञात करें (i) धारा (ii) शक्ति गुणक जब इसे 200V, 50 चक्र प्रति सेकेन्ड की मुख्य आपूर्ती से जोडा जाता है।

हल

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.142 \times 50 \times 0.015 = 4.71 \text{ ohms}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2} = \sqrt{(2)^2 + (4.71)^2}$$

$$= \sqrt{4 + 17.39} = \sqrt{26.19}$$

i. $I = \dfrac{200}{5.11} = 39.13$ amps

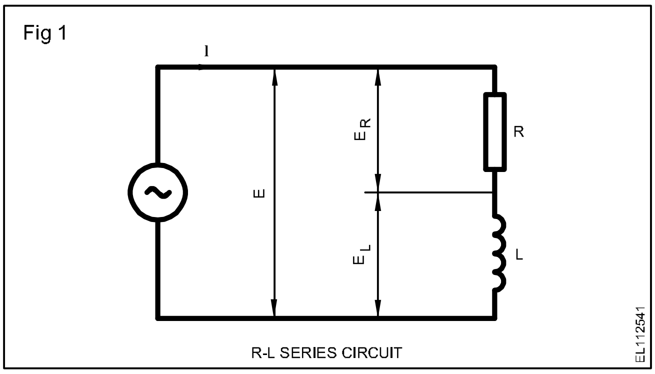
ii. शक्ति गुणक $= \dfrac{R}{Z} = \dfrac{2}{5.11} = 0.39$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

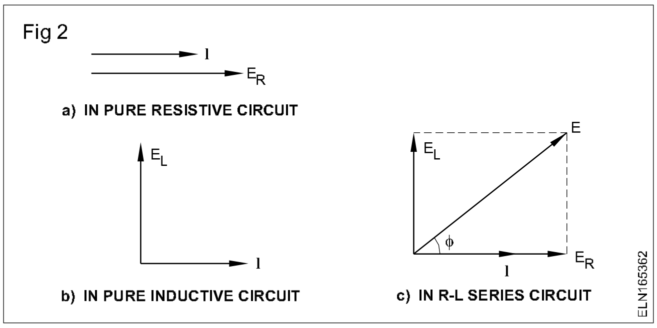
R-L श्रेणी परिपथ में V और I के बीच कला सम्बन्ध (Phase relation between V & I in R - L series circuit)

उद्‌देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **अदिश और सदशि संख्याओं के बीच अंतर बताना**
- **R-L परिपथ की वोल्टता सदिश द्वारा व्यक्त करना ।**

(Fig 1) में प्रदर्शित परिपथ आरेख पर विचार करें।



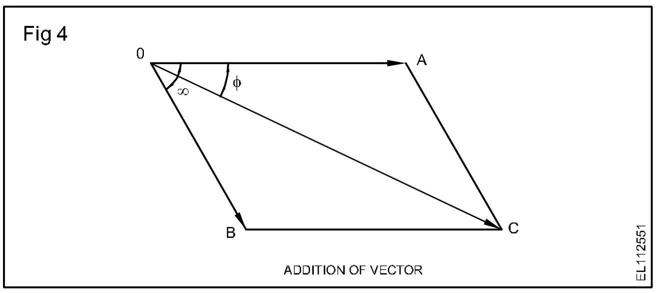
जब एक शुद्ध प्रेरक पर प्रत्यावर्ती वोल्टता अरोपित की जाती है तो प्रेरक से जाने वाली परिणामित प्रत्यावर्ती धारा, प्रति emf की उपस्थिति के कारण आपूर्ति वोल्टता से 90º पश्चगामी होती है। (Fig 2b) चूंकि धारा I को पहले प्रदर्शित किया गया है (Fig 2a), R प्रतिरोधक के सिरों पर वोल्टता अर्थात यह धारा के साथ कला में है। (Fig 2a, 3b)

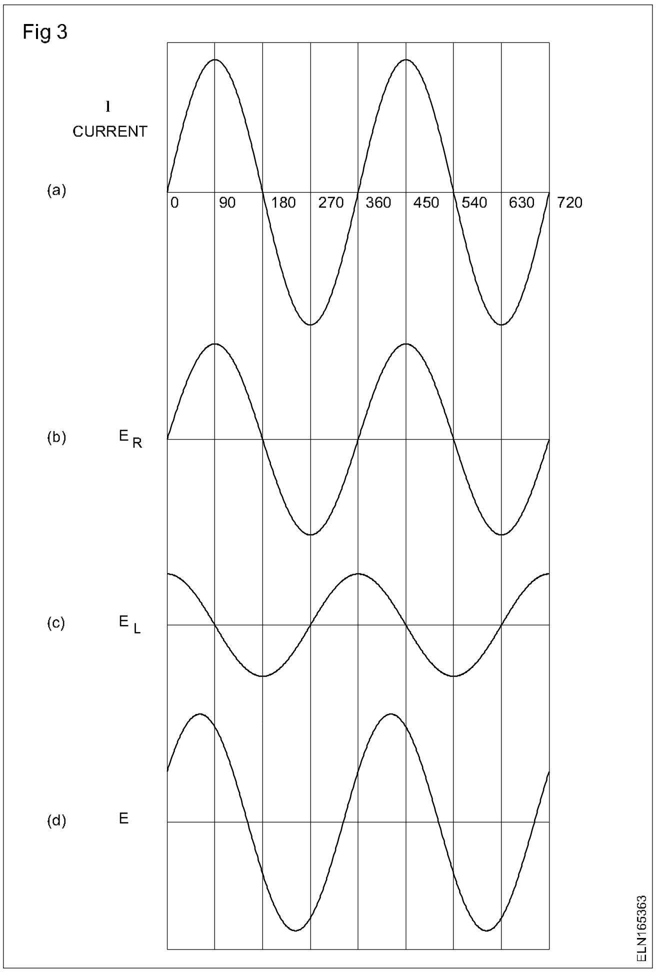


प्रेरक (L) के सिरों पर विभवान्तर e_L धारा से 90º अग्रगामी I है। (Fig.2b , 3c) इसलिये आरोपित वोल्टता E स्पष्टतयः E_R और E_L का परिणाम है। इसको तात्क्षणिक मानों E_R अैर E_L के योग से प्राप्त किया जाता है। (Fig 2c & 3d)

समान्तर चतुर्भुज विधि से सदिशों का जोडना और घटाना (Addition and subtraction of vectors by parallelogram method)

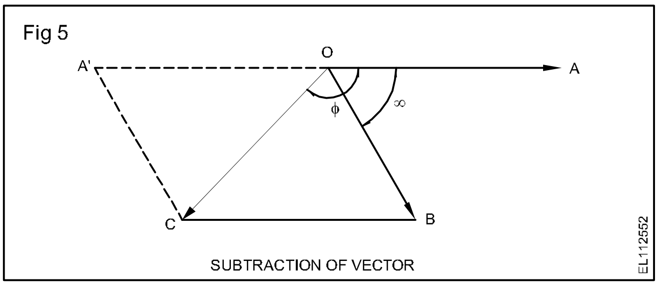
दो सदिशों का योग (Addition of two vectors) : (Fig 4) के अनुसार OA शक्ति OB दो सदिश एक ही बिन्दु O पर कोण α पर आरोपित हैं। दोनों सदिशें को समान्तर चतुर्भुज विधि से जोडा जा सकता है। समान्तर चतुर्भुज OACB को पूरा करने पर बिन्दु 0 से कर्ण OC खींचें।





अब OC दोनों सदिशों का परिणमित सदिश व्यक्त करता है।

दो सदिशों को घटाना (Subtraction of two vectors) : यदि सदिश OA को सदिश OB से घटाना है (Fig 5 के अनुसार) $(\overline{OB} - \overline{OA})$ तो OA को पीछे बड़ा देते है। जिससे OA' =OA होता है। अब समान्तर चतुर्भुज OBCA'. को पूरा करने पर समान्तर चतुर्भुज के बिन्दु '0' से खीचें गये कर्ण OC द्वारा OA और OB का परिणमित सदिश व्यक्त होगा।



Copyright @ NIMI Not to be Republished

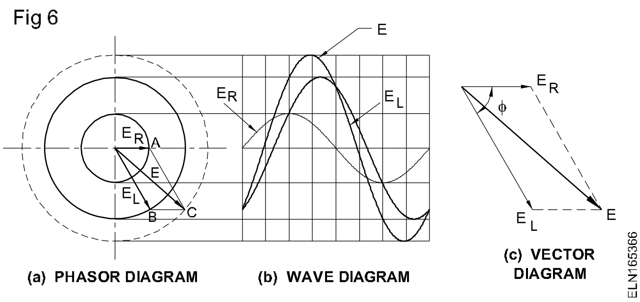
$\overline{OC} = (\overline{OB} - \overline{OA})$

श्रेणी सम्बन्धित प्रतिरोध और प्रेरकत्व के सिरों पर वोल्टता का सदिश विधि से योग और आपूर्ती वोल्टता से तुलना

फेजर ज्यावक्रीय संख्याओं का प्रदर्शन है। इसलिये दो वैद्युत संख्याओं को एक फेज आरेखन (Fig 6a) से व्यक्त किया जा सकता है और उनका तरंग रूप 6b से दर्शाया गया है।

(Fig 6c) में दर्शायेनुसार अदिश रेखाचित्र विधि द्वारा दो विधतीय मात्राओं प्रत्येक (E_R, E_L) वोल्ट को जोडा जा सकता है।

Fig 6



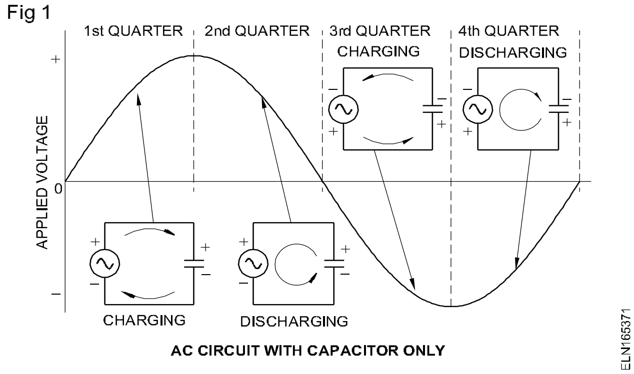
केवल धारिता युक्त सरल AC परिपथ (AC Simple circuit - with capacitor only)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **केवल धारिता युक्त AC परिपथ का स्पष्टीकरण करना**
- **V और I के कला सम्बन्ध को व्यक्त करना**
- **केवल शुद्ध धारिता में शक्ति को व्यक्त करना ।**

केवल धारिता युक्त परिपथ (Circuit with capacitance only) : एक AC परिपथ में आरोपित वोल्टता तथा उत्पन्न धारा में आवर्ती दिशा परिवर्तन होता है। (Fig 1) AC परिपथ एक संघारित्र एक दिशा में वोल्टता के आरोपित किये जाने के कारण पहले आवेशित होता है, जब वोल्टता में कमी होना प्रारम्भ होती है कम धारा प्रवाहित होती है। लेकिन संघारित्र अब भी उसी दिशा में आवेशित होता है। फलस्वरूप चूंकि आरोपित वोल्टता का पतन होता रहता है संघारित्र के सिरों पर उत्पन्न वोल्टता अधिक हो जाती है।

Fig 1



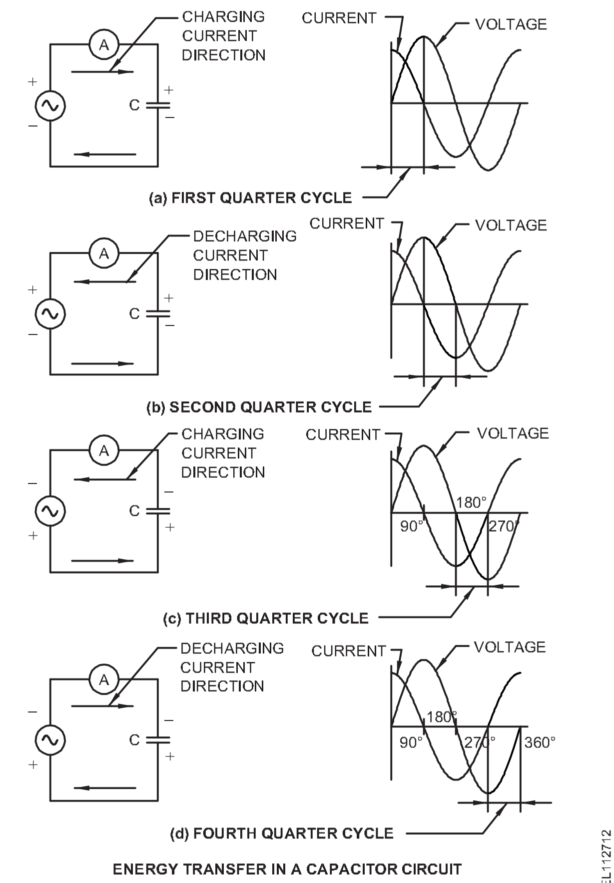
तब संघारित्र स्रोत की भांति कार्य करता है और निरावेशित होना प्रारम्भ करता है। आरोपित वोल्टता के शून्य होकर दिशा उत्क्रमित करने पर संघारित्र पूर्ण रूप से निरावेशित हो जाता है। तब संघारित्र पुनः आवेशित होना प्रारम्भ कर देता है लेकिन उसी दिशा में जिसमें वह पहले निरावेशित हो रहा था।

यह उस समय तक होता रहता है जब तक आरोपित वोल्टता पुनः गिरना प्रारम्भ नही कर देती और घटना की पुनरावृत्ति होती है। यह प्रत्यावर्तित आवेशन और निरावेशन आरोपित AC के प्रत्येक चक्र में पहले एक दिशा में और बाद में दूसरी दिशा में होता है। इसलिये परिपथ में एक AC धारा निरन्तर प्रवाहित होती है।

इसलिये कहा जा सकता है कि यद्यपि एक संघारित्र DC को रोकता है पर AC को जाने देता है।

वोल्टता और धारा सम्बन्ध (Voltage and current realtionship): जब एक संघारित्र पर AC वोल्टता स्रोत जोडा जाता है तो स्रोत वोल्टता का जिस क्षण से ज्यावक्रीय उत्थान, शून्य से प्रारम्भ होता है परिपथ में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है (Fig 2a)।

Fig 2



Copyright @ NIMI Not to be Republished

इसका कारण है कि पटिट्यां उदासीन स्थिति में है और स्रोत टर्मिनल्स पर कोई विरोधी स्थैतिक विद्युत बल नही लगता। इसलिये ओम के नियम के अनुसार यदि धारा का विरोध अति लघु है तो एक लघु वोल्टता यथेष्ट धारा प्रवाहित कर सकती है।

स्रोत वोल्टता में वृध्दि होने पर संघारित्र पटिट्यों पर आवेश (जो धारा प्रवाह फलस्वरूप होता है) निर्मित होता है। आवेश वोल्टता तब स्रोत वोल्टता को एक वृध्दित विरोध उपस्थित करता है और धारा में कमी होती हे।

जब स्रोत वोल्टता अपने शिखर मान पर पहुंचती है तो संघारित्र पटिट्यों पर आवेश वोल्टता अधिकतम होती है। यह आवेश स्रोत वोल्टता का पूर्ण रूप से निराकरण के लिये पर्याप्त होता है और परिपथ धारा प्रवाह रूक जाता है।

जैसे ही स्रोत वोल्टता कम होना प्रारम्भ करती है संघारित्र पटिट्यों पर स्थिर वैद्युत आवेश स्रोत टर्मिनल से विभव से अधिक हो जाता है और इसलिये संघारित्र निरावेशित होना प्रारम्भ कर देता है। (Fig 2b)

वोल्टता कम होने पर क्या धारा प्रवाह उसी दिशा में रहता है? (Is the current flow in the same direction when the voltage decreases?)

संघारित्र आवेशन के समय इलेक्ट्रान गति की दिशा के विपरीत इलेक्ट्रान प्रवाह की दिशा होती है। इसलिये उस बिन्दु जिस पर आरोपित वोल्टता अपने अधिकतम मान से निकल कर कम होना प्रारम्भ करती है परिपथ में धारा शून्य से निकलती है और दिशा परिवर्तित करती है। जैसा कि आरेख से स्पष्ट है धारा के आरोपित वोल्टता से अग्रगामी होने पर एक 90^o का कलान्तर हो जाता है

90^o का यह अन्तर आरोपित वोल्टता के पूर्ण चक्र में अनुरक्षित रहता है। जब आरोपित वोल्टता शून्य हो जाती है तो परिपथ धारा विपरीत दिशा में अधिकतम हो जाती है और जब वोल्टता कि दिशा में उत्क्रमण होता है तो धारा कम होना प्रारम्भ करती है (Fig 2c) । इसलिये एक संघारित्र पर आरोपित वोल्टता संघारित्र से होकर जाने वाली धारा की 90^o से पश्चगामी होती है। अथवा संघारित्र से धारा आरोपित वोल्टता की 90^o से अग्रगामी होती है। इसलिये धारा शून्य से बढकर अधिकतम हो जाती है जब वोल्टता शिखर मान से शून्य की विपरीत दिशा में घटना प्रारम्भ करती है। (Fig 2d)

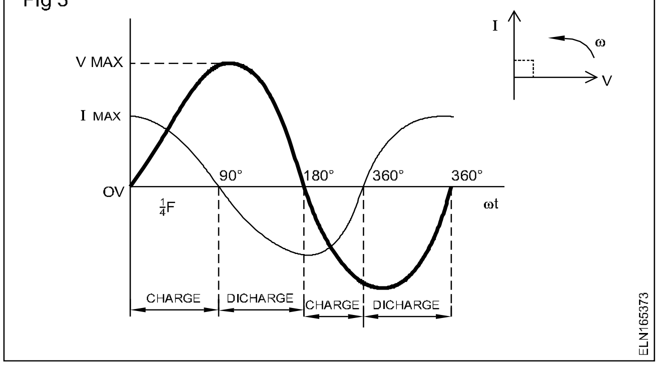
तरंग रूप और सदिश आरेख (Fig 3) में शुद्ध संघारित्र परिपथ में

धारितीय प्रतिघात (Capacitive reactance): एक संघारित्र द्वारा धारा प्रवाह में उत्पन्न विरोध धारीतीय प्रतिघात कहलाता है जिसे संक्षेप में X_C से दर्शाते है। धारितीय प्रतिरोध की गणना निम्न से हो सकती है:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega c}$$

जहां 2π लगभग 6.28 है।

Fig 3

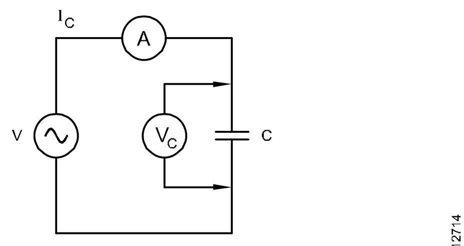


f आवृत्ति Hz में है

C फैराडे में धारिता और $\omega = 2\pi f$ है।

अपने प्रेरकत्व, प्रतिभाग की भांति प्रेरकत्व प्रतिघात धारितीय प्रतिघात कहलाता है और इसे ओम में व्यक्त किया जाता है केवल धारितीय प्रतिघात वाले परिपथ के लिये भी ओम के नियम को प्रुयक्त किया जा सकता है (Fig 4)

Fig 4



PURE CAPACITIVE CIRCUIT

$$V_C = I_c X_c$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}, \qquad X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

जहां, I_C एम्पियर में संघारित्र में जाने वाली धारा

V_C संघारित्र के सिरों पर वोल्ट्स में वोल्टता

X_C धारितीय प्रतिघात ओम में

उदाहरणः 10 माइक्रोफैरेड संघारित्र को एक 200V, 50Hz आपूर्ति से जोडा जाता है, धारा की गणना करें।

हल

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}, \qquad V_C = V$$

जहां X_C धारितीय प्रतिघात

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{10^6}{2\pi \times 50 \times 10}$$

$$X_C = \frac{1000}{\pi} = 318.4 \text{ ohms}$$

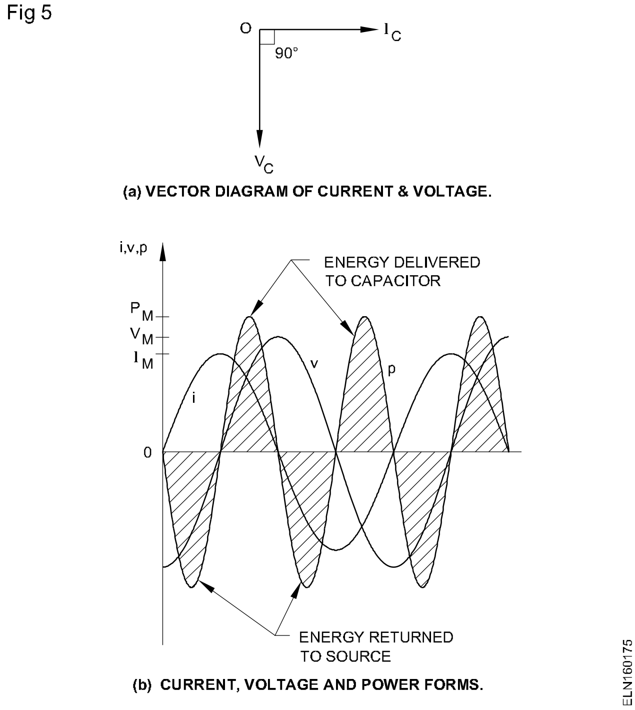
Copyright @ NIMI Not to be Republished

$$I_C = \frac{200}{318.4} = 0.628 \text{ amps}$$

शुद्ध धारिता में शक्ति (Power in pure capacitance) : शुद्ध धारिता में वोल्टता और धारा एक दूसरे से 90º कला भिन्न होते है। (Fig 5a) में धारा को अग्रगामी दिखाया गया है।

(Fig 5b) के अनुसार V और I का गुणनफल शक्ति वक्र होता है। हम देखते है कि धारित्र को दी गई विद्युत क्षेत्र में भण्डारित ऊर्जा एक धनात्मक संख्या के रूप में व्यक्त की गई है। एक चौथाई चक्र के पश्चात यह सभी ऊर्जा संघारित्र के निरावेशित होने पर स्रोत को वापस हो जाती है। इस प्रकार शुद्ध धारिता में औसत वास्तविक शक्ति P शून्य है।

Fig 5



(b) CURRENT, VOLTAGE AND POWER FORMS.

लेकिन प्रतिघाती शक्ति P_q संघरित्र द्वारा ली जाती है और स्रोत इस शक्ति को देने योग्य होना चाहिये।

एक वास्तविक धारितीय परिपथ के लिये प्रतिघाती शक्ति निम्न से प्राप्त होती है।

$P_q = V_C I_C$ वोल्ट एम्पियर प्रतिघाती (Var)

जहां

P_q प्रतिघाती शक्ति वोल्ट एम्पियर में प्रतिघाती (Var)

V_C धारिता के सिरों पर वोल्टता वोल्ट में

I_C धारिता में धारा एम्पियर में

चूंकि $V_c = I_c X_c$

then $P_q = I_c^2 X_c$ var

और $P_q = \frac{V_c^2}{X_c}$

जहां X_C = धारितीय प्रतिघात ओम में

पुनः प्रतिघाती और वास्तविक शक्ति के समीकरण समान है, R के स्थान पर X_C प्रयुक्त होता है। प्रतिघाती शक्ति के लिये वाट्स के स्थान पर VARS का प्रयोग करना चाहिये।

वास्तविक प्रेरकत्व परिपथ की भांति वास्तविक धारितीय परिपथ की शक्ति गुणांक भी शून्य होती है।

ऐसा क्यों है ?

ऐसा इसलिये होता है कि एक धारितीय परिपथ में धारा और वोल्टता के बीच कोण 90º है। चूंकि cosϕ= 0

उदाहरणः 100Vars की प्रतिघाती शक्ति एक 10 माइक्रोफैराड संघारित्र द्वारा एक 0.87A की धारा के कारण ली जाती है। आवृत्ति की गणना करें।

हल

$$X_c = \frac{P_q}{I_c^2} = \frac{100 \text{ vars}}{(0.87)^2} = 132 \text{ ohms}$$

अतः $f = \frac{1}{2.\pi.X_c.C}$

$$= \frac{1}{2\pi \times 132 \text{ ohms} \times 10 \times 10^{-6} F}$$

= 120 Hz.

Copyright @ NIMI Not to be Republished

AC एकल कला परिपथ में शक्ति और शक्ति गुणक (Power and power factor in AC single phase circuit)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **दिये गये प्रासंगिक मानों से एक एकल कला AC परिपथ की शक्ति और शक्ति गुणक की गणना करना।**

शुद्ध प्रतिरोध में पावर (Power in pure resistance circuit) : निम्न लिखित सूत्र का प्रयोग करके शक्ति की गणना की जा सकती है ।

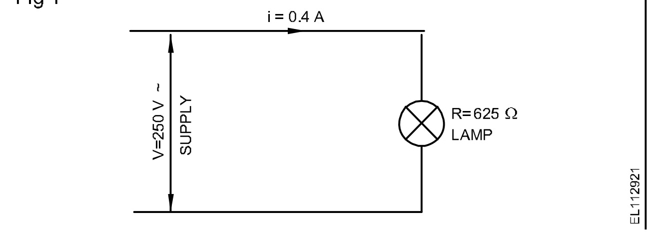
1 $P = V_R \times I_R$ watts

2 $P = I^2_R \ R$ watts

3 $P = \frac{E^2}{R}$ watts

उदाहरण 1: एक 250V निर्धारण के प्रतिदीप्ति लैम्प द्वारा ली गई शक्ति की गणना करें। जब इसमें धारा 0.4A है और इसका प्रतिरोध 625 ओम्स (Fig 1)

Fig 1



$P = V_R \times I_R$

$= 250 \times 0.4$

$= 100$ watts.

Alternately

$P = I^2R$

$= 0.4 \times 0.4 \times 625$

$= 100$ watts

$$\text{or } P = \frac{E^2}{R} = \frac{250^2}{625}$$

$$P = \frac{250 \times 250}{625}$$

$= 100$ watts.

चूंकि धारा और वोल्टता कला में है कला कोण शून्य और शक्ति गुणक एक है इसलिये शक्ति को वोल्टता और धारा से ज्ञात कर सकते है।

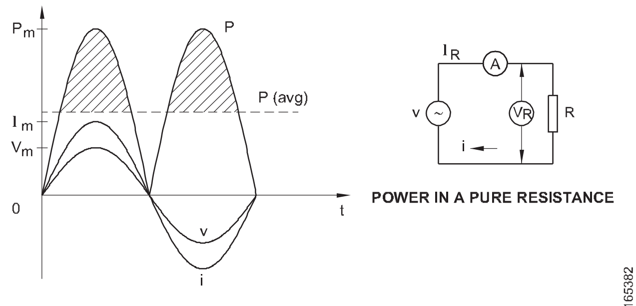
उदाहरण 2: ac परिपथ में जुडे वाटमापी का पाठ 50W है । भार के साथ श्रेणी में जुडा एम्पियर मापी 1.5A पढता है भार के प्रतिरोध की गणना करें

हल

ज्ञात है $P = I_R^2R$

(Fig 2) में i,v, p की परिपथ व्यवस्था और तरंग रूप दिखाया गया है।

Fig 2



CURRENT, VOLTAGE, AND POWER WAVEFORMS

दिया है : I = 1.5 amperes

P = 50 watts.

इसलिये,

$$R = \frac{P}{I^2R} = \frac{50W}{(1.5)^2} = 22.2 \text{ ohms}$$

वास्तविक प्रेरकत्व में शक्ति (Power in pure inductance) : यदि ac परिपथ में केवल प्रेरकत्व है तो वोल्टता और धारा 90° कला भिन्न हैं। और धारा धनात्मक तथा ऋणात्मक शक्ति देती है। इसलिये शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में व्यय शक्ति शून्य होगी।

शुद्ध धारिता में शक्ति (Power in pure capacitance) : यदि एक ac परिपथ में केवल सघांरित्र है तो इसकी वोल्टता और धारा 90° कला भिन्न है। और वोल्टता तथा धारा के तात्क्षणिक मानों का गुणनफल धनात्मक और ऋणात्मक दोनों शक्तियां देता है। फलस्वरूप एक शुद्ध धारितीय परिपथ में व्यय शक्ति शून्य है।

अधिकांश व्यवसायिक प्रतिष्ठानों का pF पश्चगामी होता है क्योंकि वहां पर बडी संख्या में ac प्रेरक मोटर्स होती है। जो मूल रूप से प्रेरणिक (Inductive) होती है।

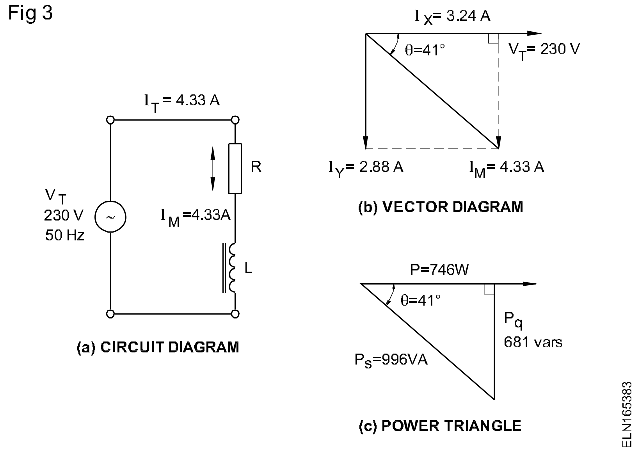
एक लघु शक्ति गुणक का हानिकारक प्रभाव (Detrimental effect of a low power factor): शक्ति गुणक के महत्व पूर्ण प्रभाव को स्पष्ट करने के लिये एक 230V, 50Hz, 1hP मोटर पर विचार करें। मान ले कि यह 100% दक्ष है। और 746W की वास्तविक शक्ति लेती है इस मोटर का विशिष्ठ 0.75 पश्चशक्ति गुणक होगा। (Fig 3)

शक्ति गुणक 0.75 के साथ 230V से 746W देने के लिये वांछित धारा मान

$$I = \frac{P}{V \times \text{Cos}\,\theta} A$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

Fig 3



$$= \frac{746W}{240V \times 0.75} = 4.144\ A$$

अब मान ले कि मोटर का किसी प्रकार अशोधित शक्ति गुणक एक होता है तो अब वांछित धारा

$$I = \frac{P}{V \times Cos\ \theta}$$

$$I = \frac{746W}{240V x1} = 3.108A$$

स्पष्ट है कि एक निश्चित मान की वास्तविक शक्ति देने के लिये वांछित धारा का मान शक्ति गुणक के एक से कम होने पर अधिक होगा। उच्च धारा का अर्थ मोटर को जाने वाले भरण तारों में अधिक ऊर्जा क्षय। वास्तव में यदि किसी व्यवसायिक प्रतिष्ठान में शक्ति गुणक 85% (0.85) से कम है तो विद्युत उपभोक्ता संस्था द्वारा एक शक्ति गुणक दण्ड निर्धारित किया जाता है इसलिये बडे प्रतिष्ठानों में शक्ति गुणक संशोधन आवश्यक है।

शक्ति गुणक संशोधन (Power factor correction) : भार को दी जाने वाली धारा का अधिकतम दक्ष उपयोग करने के लिये हमे एक उच्च pF अथवा एक ऐसा pF जो लगभग एक हो आवश्यक होता है।

बडे प्रेरण भागों जैसे लैम्प, प्रेरक मोटर्स, ट्रांसफार्मर्स इत्यादि जो पश्चगामी धारा लेते है और ऊष्मा उत्पन्न करते है जो बिना किसी उपयोगी कार्य के जनित केन्द्रों को वापस भेजी जाती है के कारण लघु pF को उन्नत अथवा संशोधित करना आवश्यक होता है जिससे धारा वोल्टता के अधिकतम कला समीप्य में हो सके। अर्थात कला कोण θ को जितना अधिक सम्भव हो छोट करना चाहिये। यह प्रायः धारितीय भाग से होता है जो एक अग्रगमित धारा उत्पन्न करता है ।

संघारित्र को प्रेरकत्व भाग के साथ समान्तर में जोड़ना चाहिये।

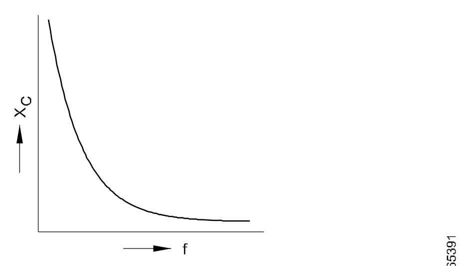
RC श्रेणी परिपथ (RC series circuit)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **X_C पर आवृत्ति का प्रभाव और श्रेणी में RC युक्त परिपथ में परिणमित धारा बताना**
- **शक्ति गुणक की गणना करना**
- **शक्ति गुणक और कोण ज्ञात करना**
- **C को आवेशित करते समय RC समय गुणांक को व्यक्त करना ।**

धारिता युक्त एक परिपथ में धारितीय प्रतिघात (X_C) उस समय घटता है जब आपूर्ति आवृत्ति (f) (Fig 1) के अनुसार बढती है।

Fig 1



RELATION BETWEEN FREQUENCY AND CAPACITIVE REACTANCE

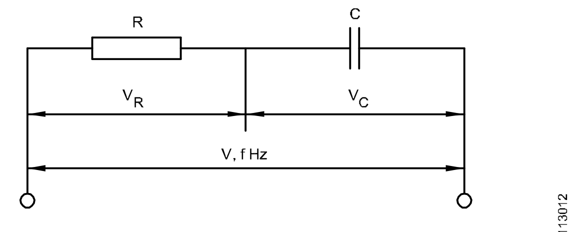
$$X_C \propto \frac{1}{f}$$

जब धारितिय प्रतिघात X_C में वृद्धि होती है परिपथ धारा में कमी होती है ।

$$I \propto \frac{1}{X_C}$$

इसलिये धारिततीय सर्किट में आवृत्ति f के बढने पर परिपथ धारा में वृद्धि होती है। जब एक परिपथ में प्रतिरोध (R) धारिता (C) और आवृत्ति (f) ज्ञात है तो शक्ति गुणक cos θ नीचे की भांति ज्ञात हो सकता है।(Fig 2)

Fig 2



R.C. SERIES CIRCUIT

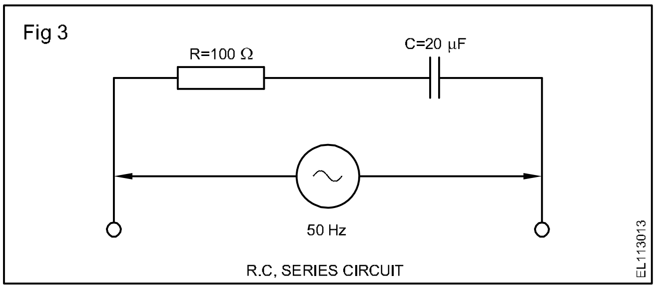
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

शक्ति गुण्क $\cos\theta = \frac{R}{Z}$

उदाहरण 1: 50Hz आपूर्ती आवृत्ति के सिरों पर 20μF का एक संघारित्र और 100Ω का एक प्रतिरोध श्रेणी 50Hz में जोडा जाता है। शक्ति गुणक ज्ञात करें। (Fig 3)



हल

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 20 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{7 \times 10^{-6}}{2 \times 22 \times 50 \times 20}$$

$$= \frac{7000000}{44000}$$

= 159.1 Ω, say 160 Ω.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$= \sqrt{10000 + 25600}$$

$$= \sqrt{36600} = 191.3\Omega$$

$$P.F. = \frac{R}{Z} = \frac{100}{191.3} = -.522$$

एक धारितीय परिपथ में धारितीय प्रतिघात X_C को निम्न सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है।

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

जहां X_C = धारितीय प्रतिघात Ω में

f = आवृत्ति Hz में

C = धारिता फैराड में

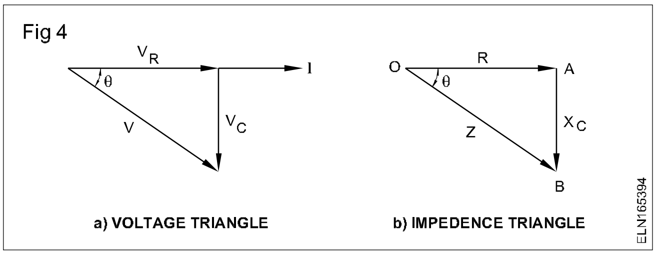
एक R_C-C श्रेणी परिपथ में उपभोगित शक्ति को निम्न सूत्र से ज्ञात कर सकते हैं।

P = VI cos θ जहा P = वाट में शक्ति

I = एम्पियर में धारा

cos θ = शक्ति गुणक

वोल्टता का सदिश आरेख और pf कोण θ ज्ञात करने में इसका उपयोग (Fig 4)



$V_R = I_R$ R के सिरों पर पाथ (I के साथ कला में)

$V_C = IX_C$ संघारित्र के सिरों पर पाथ (I से 90° पश्च)

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

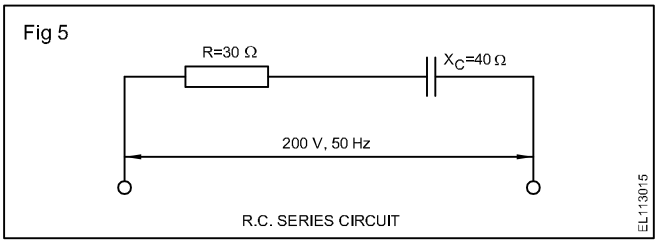
$$\therefore I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{V}{Z}$$

$\therefore Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ जहां Z परिपथ की प्रतिबाधा है ।

शक्ति गुणक cos θ = R/Z.

pf cosθ से कोण θ को त्रिकोणमितीय सारिणी द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण 2: आरेख (Fig 5) में प्रदर्शित R_c श्रेणी परिपथ में निम्न प्राप्त करें।



- ओम में प्रतिबाधा (Impedance in ohms)
- एम्पियर में धारा (Current in amps)
- वाट में वास्तविक शक्ति (True power in watts)
- Var में प्रेरणित शक्ति (Reactive power in var)
- वोल्ट एम्पियर में आभासी शक्ति (Apparent power in volt amp.)
- शक्ति गुणक (Power factor)

Copyright @ NIMI Not to be Republished

हल

1 Impedence (Z)

$$= \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{2500} = 50\Omega$$

2 धारा $I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$

3 वास्तविक शक्ति $W = I^2R = 4^2 \times 30 = 480W$

(कैपेसिटर में पावर की खपत = शून्य)

$V_C = IX_C = 4 \times 40 = 160\ V$

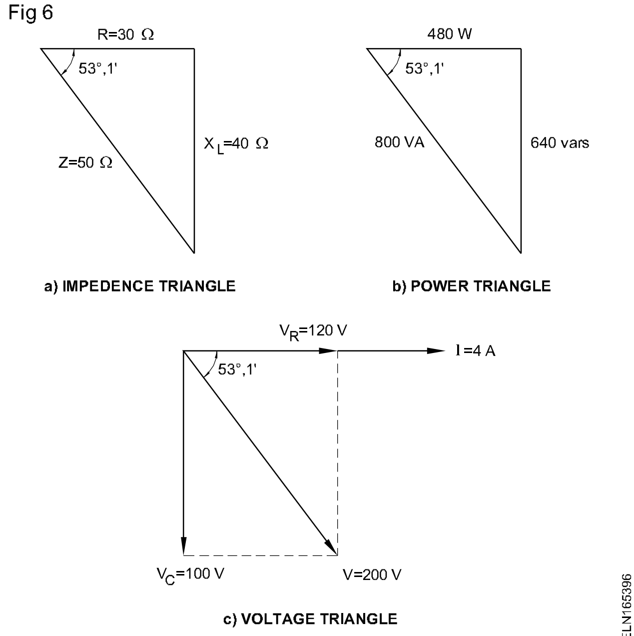
4 प्रेरणित शक्ति $VAR = V_C I = 160 \times 4 = 640\ VAR$

आभासी शक्ति $VI = 200 \times 4 = 800\ VA$

PF $\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{30}{50} = 0.6$

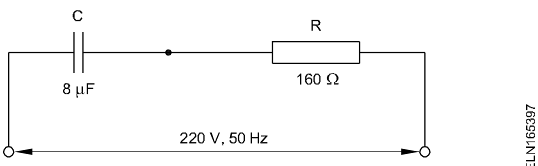
प्रतिबाधा त्रिभुज शक्ति त्रिभुज और वोल्टता त्रिभुज अभ्यास दो के लिये (Fig 6) में दिखाये गये है।

Fig 6



उदाहरण 3: 160Ω के ओमिक प्रतिरोध के साथ श्रेणी में एक 8μf धारिता का संघारित्र जुडा है। परिपथ में 220V AC, 50Hz की वोल्टता आरोपित की गयी है। (Fig 7)

Fig 7



गणना करें।

a) धारितीय प्रतिघात

b) प्रतिबाधा

c) धारा

d) सक्रिय शक्ति

e) प्रेरणित शक्ति

हल

a) $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{10^6}{314 \times 8} = 400\Omega$

b) $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{160^2 + 400^2}$

$= \sqrt{185600} = 430\ \Omega$

c) $I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{430} = 0.51A$

d) $W = I^2R = 0.51^2 \times 160 = 41.62W$

e) $VAR = V \times I \sin\theta = 220 \times 0.51 \times 0.9291$

$= 102.2\ VAR$

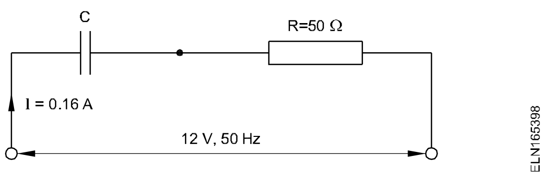
$\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{160}{430} = 0.37$

($\theta = 18^0 18'$,टेबल के अनुसार)

$\sin\theta = \sin 18°18' = 0.9291.$

उदाहरण 4: (Fig 8) में प्रदर्शित परिपथ में गणना करें। a) धारितीय प्रतिबाधा और b) संघारित्र की धारिता

Fig 8



हल

$V_R = IR = 0.16 \times 50 = 8V$

$V_C = \sqrt{V^2 - V_R^2} = \sqrt{12^2 - 8^2} = \sqrt{80}$ = 9V (App)

$X_C = \frac{V}{I} = \frac{9}{0.16} = 56\Omega$

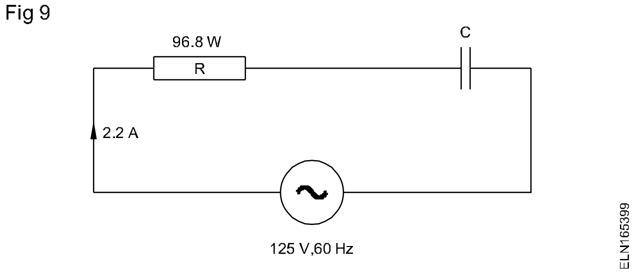
$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{314 \times 56} = \frac{10^6}{314 \times 56} = 57\,\mu F$$

उदाहरण 5: 125V, 60Hz की वोल्टता के एक अप्रेरकीय प्रतिरोध को श्रेणी में एक संघारित्र से जोडा गया है। परिपथ में 2.2a धारा है प्रतिरोध में शक्ति क्षय 96.8W और संघारित्र में नगण्य है। प्रतिरोध और धारिता की गणना करें। (Fig 9)

Fig 9



हलः शक्ति ह्रास $I^2R = 96.8W$

$$\therefore R = \frac{96.8}{I^2} = \frac{96.8}{2.2^2} = 20\Omega$$

इंपीर्डिस $Z = \frac{V}{I} = \frac{125}{2.2} = 56.82\Omega$

कैपेसिटिन रिएक्टैंस $X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$

$$= \sqrt{56.82^2 - 20^2}$$

$$= 53.2\Omega$$

$X_C = 1 / (2\pi fC)$

$2\pi fC = 1 / X_C$

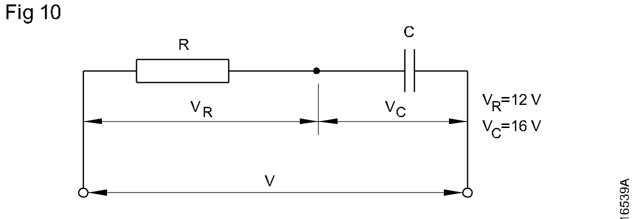
$2 \times 3.14 \times 60 \times C = 1/53.2$

$C = 1 / (53.2 \times 2 \times 3.14 \times 60)$

$= 0.00005\ F = 50\ mF$

उदाहरण 6: प्रदर्शित परिपथ (Fig 10) में

Fig 10

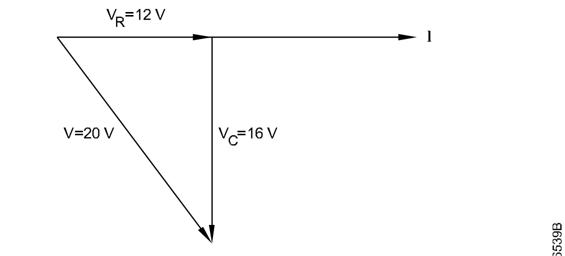


CIRCUIT DIAGRAM

a वोल्टता V की गणना करें

b वोल्टता त्रिभुज आरेखित करें (Fig 11)

Fig 11



VOLTAGE TRIANGLE

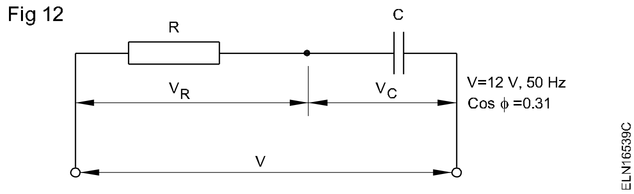
हल

a) $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{12^2 + 16^2} = \sqrt{144 + 256}$

$$= \sqrt{400} = 20V$$

उदाहरण 7: (Fig 12) में प्रदर्शित परिपथ में गणना करे

Fig 12



a प्रतिरोधक वोल्टता

b धारित्र प्रतिघात वोल्टता

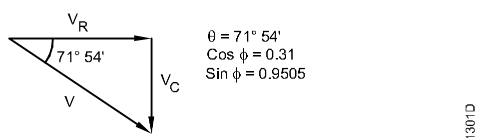
हल

a $V_R = V \cos\theta = 12 \times 0.31 = 3.72V$

b $V_C = V \sin\theta = 12 \times 0.9595 \times 11.4V$

वेक्टर डायग्राम Fig 13

Fig 13



VECTOR DIAGRAM

'समय स्थिरांक' ('Time constant') एक पूर्ण निरावेशित संघारित्र को अपने स्रोत वोल्टता (आवेशन वोल्टता) का 63% आवेशित होने के लिये सेकेन्ड में वांछित समय को समय स्थिरांक कहते है।

$\tau = R \times C$

जहां τ = सेकेन्ड में एक समय स्थिरांक

R = ओम में प्रतिरोध

C = फैरेड में धारिता

Copyright @ NIMI Not to be Republished

जैसा की (Fig 14) दिखाया गया है कि यदि

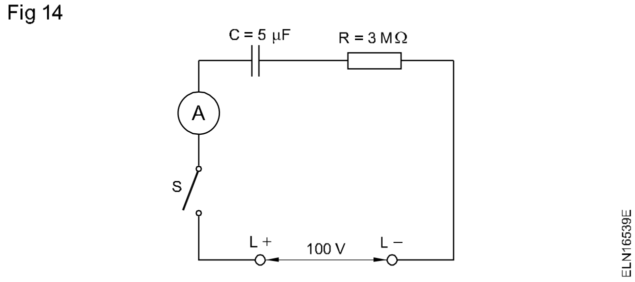


Fig 14

C= 5 μF, R = 3 M Ω, तो

$\tau = 5 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{6}$ = 15 seconds

आवेशन वोल्टता = 100 V

एक टाइम स्थिरांक (τ) = 15 sec., V_e = 63V

पांच समय स्थिरांक के पश्चात एक संघारित्र 99.3% आवेशित होता है व्यवहारिक प्रयोजनों के लिये यह मान लिया जाता है कि संघारित्र पूर्ण रूप से आवेशित है। एक संघारित्र 5 समय स्थिरांक में आवेशित होता है

(Fig 15) एक आवेशन वक्र प्रदर्शित करती है।

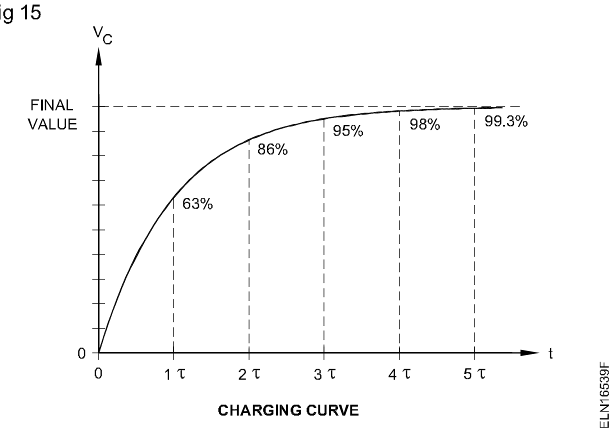


Fig 15

निरावेशन के समय एक पूर्ण रूपसे आवेशित संघारित्र पांच समय स्थिरांक में निरावेशित होता है (Fig 16) में एक निरावेशन वक्र दिखाया गया है।

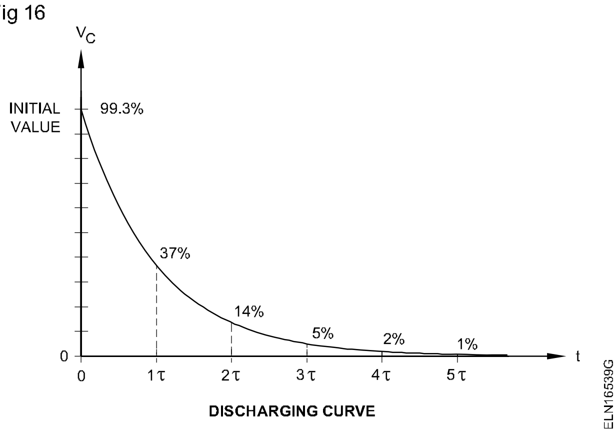


Fig 16

τ (sec)	**लिया गया समय** (V)	**आवेशन वोल्टता पर वोल्टता** (V)	**संघारित्र पट्टियों के सिरों**
कुजीयन समय पर		100	0
1τ	15	63% of 100 = 63	0 + 63 = 63
2τ	30	63% of (100-63) = 23.3 say 23	63 + 23 = 86
3τ	45	63% of 100-86) = 8.82 say 9	86 + 9 = 95
4τ	60	63% of (100-95) = 3.15 say 3	95 + 3 = 98
5τ	75	63% of (100-98) = 1.26 say 1.3	98 + 1.13 = 99.3

RLC श्रेणी परिपथ (R L C series circuit)

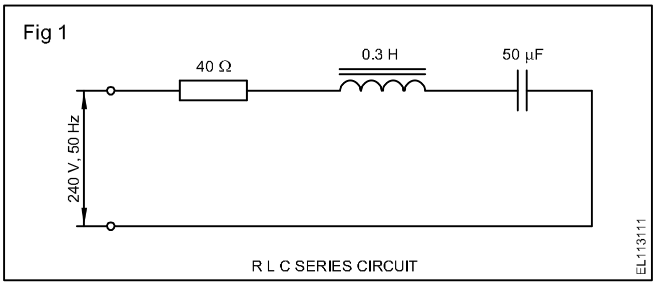
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **RLC श्रेणी परिपथ में परिणमित प्रतिघात (Reactance) की गणना करना**
- **वोल्टता, शक्ति त्रिभुज को आरेखित करना**
- **श्रेणी अनुनाद के लिए आवश्यक प्रतिबन्धों को स्पष्ट करना ।**

एक AC एकल कला परिपथ की कल्पना करें जिसमें प्रतिरोध, प्रेरक, और संघारित्र श्रेणी में जुडे है। विभिन्न प्राचलें (Parameters) उदाहरण के अनुसार ज्ञात की जा सकती है।

उदाहरणः (Fig 1) में प्रदर्शित घटकों का मान R= 40Ω, L= 0.3H C= 50μf, आपूर्ती वोल्टता 240V, 50Hz है गणना करें प्रेरणित प्रतिघात, धारितीय प्रतिघात, शुध्द प्रतिघात, प्रतिबाधा परिपथ में धारा, R,L,C, के सिरों पर वोल्टता पात शक्ति गुणक सक्रिय शक्ति, प्रेरणित शक्ति और आभासी शक्ति एक प्रतिबाधा वोल्टता और शक्ति त्रिभुज भी आरेखित करें।

Copyright @ NIMI Not to be Republished



R L C SERIES CIRCUIT

RLC परिपथ में परिणमित प्रतिघात की गणना करना (Calculate the resulting reactance in RLC circuit) : ac परिपथ में प्रेरकत्व और धारिता का सीधा विपरीत प्रभाव होता है। कुन्डल के प्रेरणित प्रतिघात के कारण वोल्टता पात लाइन धारा से 90º अग्र गामी होती है। प्रेरक कुण्डल और संघारित्र के सिरें पर वोल्टतापात 180º भिन्न होता है और एक दूसरे का विरोध करते है। उक्त उदाहरण में शुब्द्ध प्रतिघात की गणना के लिये।

प्रेरणक प्रतिघात

$X = 2\pi fL = 314 \times 0.3 = 94.2\Omega$

धारितीय प्रतिघात

$$X = \frac{1}{2\pi C} = \frac{1}{314 \times 0.00005} = \frac{1}{0.0157} = 63.69\,\Omega$$

शुब्द्ध प्रतिघात - $X_L - X_C = 94.2 - 63.69 = 30.51\Omega$

प्रतिबाधा की गणना करना (Calculate the impedance) : ऊपर दिये गये परिपथ से प्रतिबाधा ज्ञात की जा सकती है। प्रतिबाधा, प्रतिरोध और प्रतिघात संयोजन का परिणाम होता है। इस परिपथ में प्रतिबाधा 40Ω, प्रतिरोध और 30.51Ω परिणमित प्रतिघात है। परिपथ की प्रतिबाध

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{40^2 + 30.51^2}$$

$$= \sqrt{1600 + 930.86} = \sqrt{2530.86} = 50.30\,\Omega$$

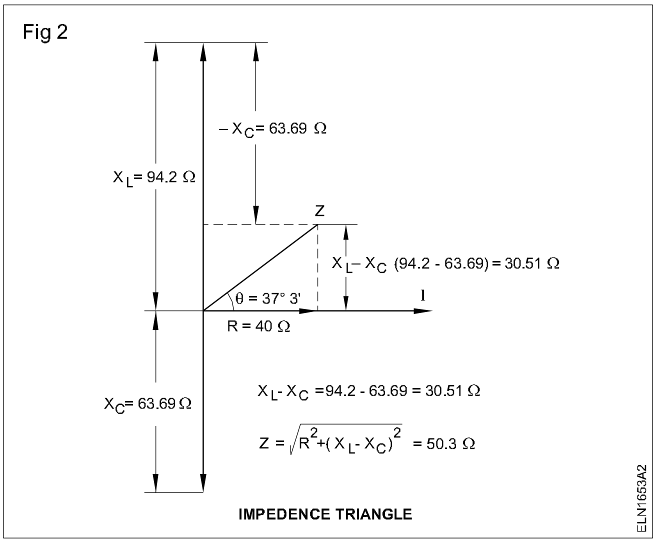
प्रतिबाधा त्रिभुज आरेखित करें (Draw the impedance triangle): क्षैतिज रेखा (X) अक्ष परिपथ धारा को आरेखित करें।

धारा सदिश के साथ उपयुक्त पैमाना अर्थात 1CM = YΩ पर R के मान को आरेखित करें।

धारा सदिश के लम्बवत उर्ध्वाधर रेखा +Y अक्ष पर प्रेरणित प्रतिघातों को व्यक्त करने के लिये पैमाना चयनित करें (1CM = YΩ).

एक सीधी अभिलम्ब वैद्युत सदिश रेखा खीचे +y अक्ष पर प्रेरकत्व धारिता से (1cm = y ohms) लाइन चुने उसी प्रकार एस सीधी अभिल्ब वैद्युत सदिश रेखा खीचे ऋणात्म-अक्ष पर प्रेरकत्व धारिता से (1cm = y ohms) लाइन पर ।

(Fig 2) के अनुसार X_C के मान को X_L से घटा दें। शुब्द्ध प्रतिघात मान 30.51 ओम्स है। समान्तर चतुर्भुज को पूरा करके सदिशों को पूरा करें। समान्तर चतुर्भुज की प्रतिघात RLC परिपथ की प्रतिबाधा है।



IMPEDENCE TRIANGLE

शुब्द्ध प्रतिघात और प्रतिबाधा का मान जो गणितीय विधि से ज्ञात किया गया है उसे उपरोक्त सदिश विधि से भी ज्ञात किया जा सकता है।

RLC परिपथ में धारा और वोल्टता की माप (Measurement of current and voltage drop in RLC circuit) : R के सिरों पर वोल्टता पात E_R, L = E_L और C= E_C है उनके मानों को ज्ञात करने का सूत्र नीचे दिया जा रहा है।

$E_R = IR$

$E_L = IX_L$

$E_C = IX_C$

RLC श्रेणी परिपथ में धारा (Current in given RLC series circuit) : इस श्रेणी परिपथ में धारा I = E/Z = 240/50.3 = 4.77 amps. है।

RL श्रेणी परिपथ में यह अभिनिर्धारित करना कि धारा प्रवाह वोल्टता का अग्रगामी अथवा पश्चगामी है (Identifying whether the current flow is leading or lagging the voltage in a RLC series circuit) : चूंकि यह एक श्रेणी परिपथ है इसलिये परिपथ के सभी भागों में धारा समान होगी। लेकिन प्रतिरोधक प्रेरक और संघारित्र के सिरों पर वोल्टता पात होगें।

$E_R = IR = 4.77 \times 40 = 190.8$ volts

$E_L = IX_L = 4.77 \times 94.2\ \Omega = 449.33$ volts

$E_C = IX_C = 4.77 \times 63.69 = 303.80$ volts.

प्रतिरोधक के सिरों पर वोल्टता 190.8V, और शुब्द्ध प्रतिघात 30.51Ω के सिरों पर वोल्टता 145.53V का सदिश योग 240V होगा जैसे कि नीचे दिखया गया है।

$$E = \sqrt{E^2R + (E_L - E_C)^2}$$

$$= \sqrt{190.8^2 + (449.33 - 303.80)^2}$$

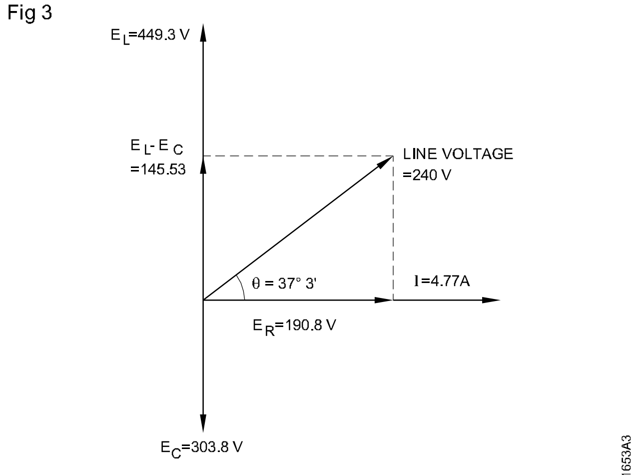
Copyright @ NIMI Not to be Republished

$= \sqrt{190.8^2 + 145.53^2}$

E = 240 volts.

(Fig 3) के अनुसार वोल्टता सदिश चित्र का आरेखन किया जा सकता है।

Fig 3



VECTOR DIAGRAM

इस प्रकार के श्रेणी परिपथ में धारा को एक क्षैतिज संदर्भ रेखा के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। वोल्टता मान 145.53V प्रेरणित प्रतिबाधा के सिरों पर है और धारितीय प्रतिबाधा द्वारा निरस्त नही हुआ है। P_F = E_R/E = 190.8/240 = 0.795 पश्चगामी अथवा P_F = R/Z = 40/50.30 = 0.795 पश्च PF है। इस परिपथ में कला कोण 37.3° पश्चगामी है। अर्थात धारा वोटता रेखा के पीछे रहती है।

एक RLC श्रेणी परिपथ में यदि X_L अधिक है तो प्रेरक के सिरों पर वोल्टता अधिक होगी। और इसको IX_L से ज्ञात किया जा सकता है। इसी प्रकार यदि R_L श्रेणी परिपथ में X_C अधिक है तो संधारित्र के सिरों पर वोल्टता अधिक होगी और इसको IX_C से ज्ञात किया जा सकता है।

उपरोक्त उदाहरण में प्रतिरोधक 40Ω के सिरों पर वोल्टता पात = 190.8V है।

प्रेरकत्व 0.3H के सिरों पर वोल्टता पात = 449.33V

धारिता 50mf के सिरों पर वोल्टता पात = 303.80V

इन मानों से स्पष्ट है कि प्रेरकत्व और संधारित्र के सिरों पर वोल्टता मान आपूर्ती वोल्टता से अधिक है। इसलिये प्रेरकत्व और संधारित्र के सिरों पर मापी को वोल्टता पात मापने के लिये जोडने से पहले यह देख लेना चाहिये कि इसका परास अधिक है। इस उदाहरण में (0-500V) है

शक्ति गुणक की गणना करना (Calculate the power factor) : निम्न की भांति RLC श्रेणी परिपथ की शक्ति गुणक को प्रतिबाधा त्रिभुज अथवा वोल्टता त्रिभुज द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

शक्ति गुणक $= \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{E_R}{V}$

शक्ति गुणक $= \frac{R}{Z} = \frac{40}{50.3} = 0.795$

$= \frac{E_R}{V} = \frac{190.8}{240} = 0.795$

सक्रिय शक्ति की गणना करे (R_A) (Calculate the active power (R_A) : नीचे दिये गये किसी एक सूत्र द्वारा सक्रिय शक्ति की गणना की जा सकती है।

P = EI Cos θ = I^2R

= EI Cos θ = 240 x 4.77 x 0.795

= 910 walts

= $I^2R = 4.77^2$ x 40

= 910 watts.

प्रेरणित शक्ति P_q की गणना करना (Calculate the reactive power P_q**):** निम्न सूत्र द्वारा प्रेरणित शक्ति की गणना की जा सकती है।

P_q = EI sin θ Vars

= 240 x 6.77 x 0.6074

= 695 Vars

Cos θ = 0.795

θ = 37°3’

Sin θ = Sin 37°3’

= 0.6074

आभासी शक्ति की गणना करना (P_{App}) (Calculate the apparent power (P_{APP})) **है :** निम्न सूत्र द्वारा आभासी शक्ति की गणना की जा सकती है।

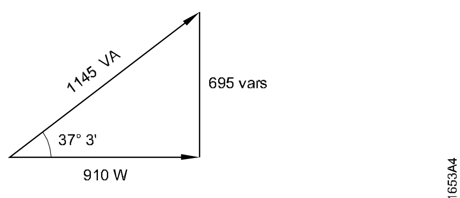
P_{APP} = EI volt-amperes

= 240 x 4.77

= 1145 Volt-amperes.

शक्ति त्रिभुज आरेखित करना (Draw the power triangle) : (Fig 4) में शक्ति त्रिभुज प्रदर्शित किया गया है।

Fig 4



POWER TRIANGLE

अनुनादी परिपथ (Resonance circuit) : जब X_L और X_C के मान समान हाते है उनके सिरों पर वोल्टता पात समान होगा और वे एक दूसरे को निरस्त कर देगें। वोल्टता पात V_L और V_C का मान आरोपित वोल्टता से कहीं अधिक हो सकता है।

परिपथ की प्रतिबाधा का मान प्रतिरोध के समान होगा। R के सिरों पर आरोपित वोल्टता का कुल मान प्रकट होता है और परिपथ धारा का मान केवल प्रतिरोध से सीमित होता है इस प्रकार के परिपथ इलेक्ट्रोनिक

Copyright @ NIMI Not to be Republished

परिपथ जैसे रेडियो/ टी०वी० समस्वरक परिपथों में प्रयुक्त होते है। जब $X_L = X_C$ होता है तो परिपथ अनुनादी कहलाता है।

चूंकि श्रेणी अनुनादी परिपथों में धारा अधिकतम होती है इसे ग्राही (Acceptor) परिपथ भी कहते है। L और C के ज्ञात मान के लिये वह आवृत्ति जिस पर ऐसा होता है अनुनाद आवृत्ति कहलाती है। जब $X_C = X_L$ इस मान को निम्न प्रकार ज्ञात कर सकते है।

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

इसलिये अनुनाद आवृत्ति $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

शक्ति गुणक कोण प्रायः θ (थीटा) से व्यक्त होता है। इस पाठ्य पुस्तक के कुछ पृष्ठों में इसको ϕ (फाई) से प्रदर्शित किया गया है। इसलिये इन पदों को पाठ्य पुस्तक में विकल्प के रूप में प्रयोग किया गया है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

सीरीज़ रिसोनॉन्स सर्किट (Series resonance circuit)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **सीरीज़ रिसोनान्स सर्किट का इम्पेन्डेन्स स्पष्ट करना**
- **सीरीज़ रिसोनान्स के लिए सर्किट स्थिति और अभिव्यक्ति बताना**
- **रिसोनान्स की फ्रीकवेन्सी और फॉर्मूला बताना**
- **ग्रॉफ से RLC सर्किट का फेक्टर 'Q' (सिलेक्टिवीटि) बताना।**

सीरीज़ रिसोनान्स सर्किट (Series resonance circuit)

सीरीज़ रिसोनान्स सर्किट का इम्पेन्डेन्स (Impedance of series resonance circuit)

Fig 1 में एक सरल सीरीज़ सर्किट दर्शाया गया है। इस सीरीज़ LC सर्किट में,

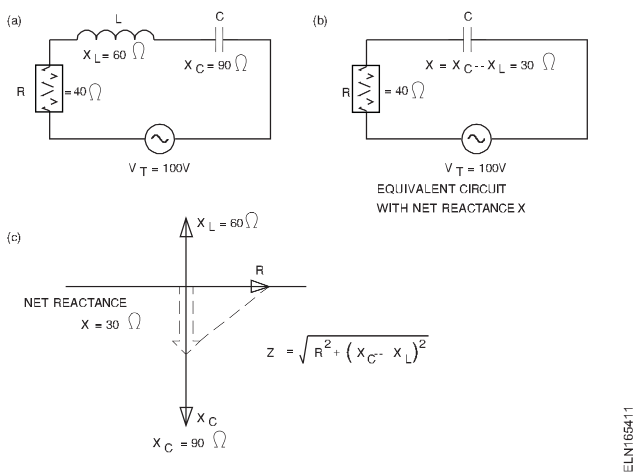
– रसिस्टान्स R सीरीज़ सर्किट (आंतरिक रसिस्टान्स) का कुल रसिस्टान्स में है,

– X_L में इंडक्टिव रिऑक्टान्स और

– X_C ohm में कुल कैपेसिटीव

Fig 1a के सर्किट में चूँकि कैपेसिटीव रिआक्टान्स (90Ω) इंडक्टिव रिऑटान्स (60Ω) से बढ़ा है सर्किट का शुद्ध रिआस्टान्स कैपेसिटव होगा। यह Fig 1b में दर्शाया गया है।

Fig 1



> **टिप्पणीः यदि कैपेसिटीव रिएक्टान्स इंडक्टिव रिआक्टान्स से छोटा होगा तो सर्किट का शुद्ध रिआक्टान्स इन्डक्टिव होगा।**

यद्यपि रिआक्टान्स और रसिस्टान्स का नाप (ohms) समान है, सर्किट का इम्पेन्डेन्स Z, R, XL और X_C के सरल योग से नहीं दिया जा सकता। यह इसलिए कि X_C R + 90^0 कैसाल के फेज से बाहर है और X_C R के साथ -90^0 फेज के बाहर है।

इसलिए सर्किट का इम्पेन्डेन्स Z रसिस्टीव और रिएक्टिव भागों का फेसर एडिशन है जैसा कि बिंदुवाली रेखाओं से Fig 1c में दर्शाया गया है। अतः सर्किट का इम्पेन्डेन्स Z नीचे प्रकार दिया जा सकता है,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$

यदि X_L, X_C से अधिक है तो इम्पेन्डेन्स Z का संपूर्ण मान होगा,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Fig 2(a) के सर्किट के लिए कुल इम्पेन्डेन्स Z है,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$

$$Z = \sqrt{40^2 + 30^2}$$

Z = 50Ω, कैपेसिटव (क्योंकि $X_C > X_L$)

सर्किट करंट I नीचे प्रकार से दिया जा सकता है

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{50\Omega} = 2 \text{ Amps}$$

इसलिए पूरे सर्किट में वोल्टेज ड्राप होगा,

V_R = पूरे R में वोल्टेज ड्राप R = I.R = 2x40 = 80 volts

V_L = पूरे L में वोल्टेज ड्राप = I.X_L = 2x60 = 120 volts

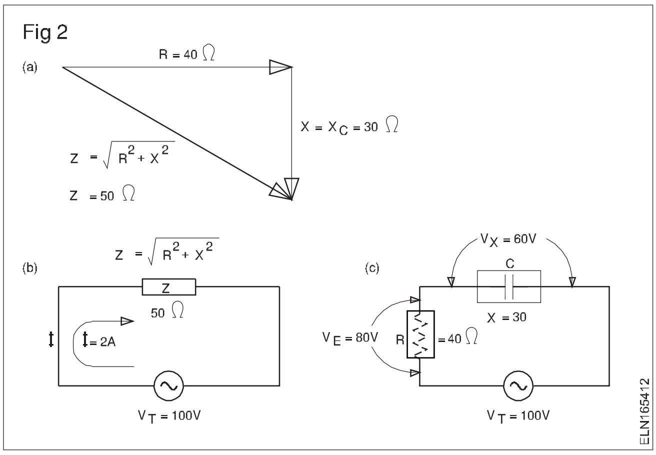
V_C = पूरे C में वोल्टेज ड्राप = I.X_C = 2x90 = 180 volts.

चूँकि V_L और V_C विरोधी पोलारिटी हैं, शुद्ध रिएक्टिव वोल्टेज VX = 180 - 120 = 60 X जैसा कि Fig 2 में दर्शाया गया है।

ध्यान रहें कि अप्लायड वोल्टेज पूरे रिएक्टिव भाग X के वोल्टेज ड्रॉप और रसिस्टीव भाग का कुल योग नहीं है। लेकिन V_R और V_X का फेसर योग नीचे दिए गए एप्लायड वोल्टेज के समान होगा,

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_X^2}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished



$$= \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$= \sqrt{80^2 + 60^2}$$ = 100 volts (प्रयुक्त वोल्टेज)

सर्किट का फेस एंगल θ इस प्रकार दिया जाता है,

$$\theta = \tan^{-1}\frac{X_C - X_L}{R}$$

स्थिति जिसमें RLC से करंट सीरीज़ में अधिकतम है। (Condition at which current through the RLC Series circuit is maximum)

सूत्र से,

$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$ यह स्पष्ट है कि कुल सर्किट का कुल इम्पेन्डेन्स शुद्ध रसिस्टीव बन जाएगा, जब रिऑक्टान्स e $X_L = X_C$

इस स्थिति में सर्किट का इम्पेडेन्सी Z न केवल शुद्ध रसिस्टीव होगा बल्कि न्यूनतम भी होगा।

कुछ विशेष आवृति जिसे f_r कहते है जब परिपथ शुद्ध प्रतिरोधी प्रकार का एंव निम्न होगी उस स्थिति में इंडक्टिव रिएक्टैंस (X_L) और कैपेसिटिव रिएक्टेंस (X_C) का मान बराबर होगा। परिपथ में प्रवाहित धारा उच्च (maximum) एंव आरोपित (Applied) वोल्टेज के बराबर होगा जो कि प्रतिरोध (R) द्वारा विभजित किया गया है

सीरीज रेजोनेंस

उपयोक्त चर्चा से यह जानकारी प्राप्त होती है की सीरीज RLC सर्किट में

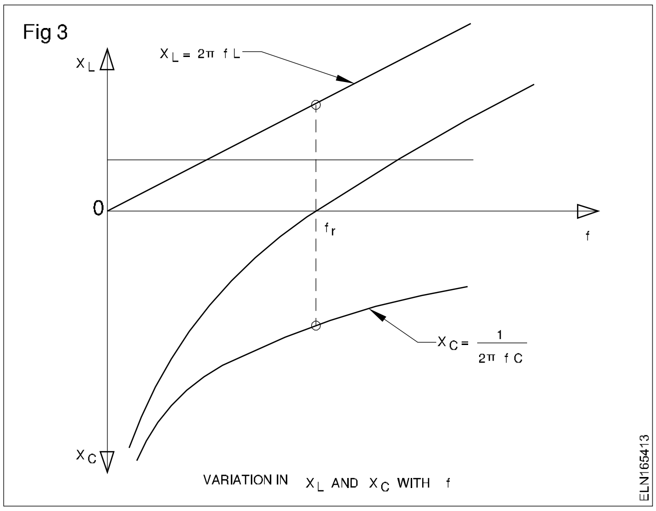
इंपीडेंस $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

करेंट $I = \frac{V}{Z}$

और

फेज कोण $\theta = \tan^{-1}\frac{X_L - X_C}{R}$

यदि दिये गये सिगनल के आवृत्ति जैसा सिरीज LC परिपथ (Fig 1a) में 0 Hz, से बढ़ता है, जैसा कि आवृत्ति बढ़ता है वैसे ही एक सिधी लाइन में इंडक्टीव रिएक्टेंस ($X_L = 2\pi fL$) भी बढ़ती है और कैपेसिटिव रिएक्टेंस ($X_C = 1/2\pi fC$) घटती है जैसा Fig 3 में दिखाया गया है ।



जैसाकि Fig 3 में दिखाया गया है अनुनाद आवृत्ति (resonance frequency) नामक एक विशेष आवृत्ति f_r पर X_L और X_C को योग शून्य होता है । ($X_L - X_C = 0$).

उपरोक्त Fig 5 से, अनुनाद आवृत्ति (resonant frequency) पर

- कुल रिएक्टेंस, X = 0 (यदि, $X_L = X_C$)
- परिपथ का इंपिडेंस न्यूनतम, शुद्धतम प्रतिरोधी और R के बराबर हो
- धारा I परिपथ के माध्यम से अधिकतम और V/R के बराबर है ।
- परिपथ की धारा I लागू वोल्टेज V के साथ इन फेज में होगा (इस प्रकार फेज एंगल = 0).

इस विशेष आवृत्ति f_r पर अनुनाद आवृत्ति कहा जाता है, सिरीज RLC को सिरीज रेजोनेंस की स्थिति सिरीज रेजोनेंस कहा जाता है ।

उस आवृत्ति पर अनुनाद होता है जब,

$X_L = X_C$ या $2\pi fL = 1/2\pi fC$

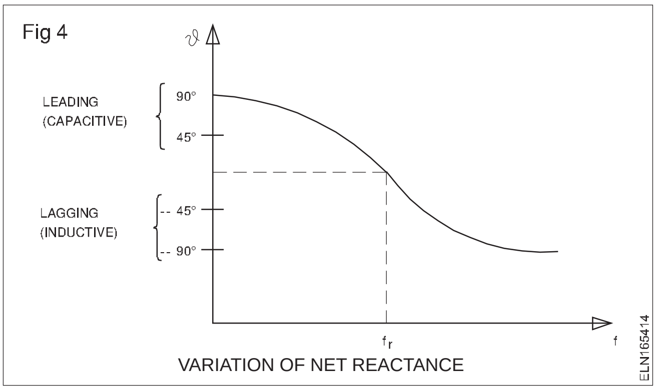
इसलिए, **अनुनाद आवृत्ति, f_r** दिया गया है,

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \qquad ....[1]$$

सिरिज RLC के रिएक्टेंस ऊपर और नीचे अनुनाद आवृत्ति f_r (Reactance of series RLC above and below resonance frequency f_r)

Fig 4 में दिखाएँ अनुसार कुल रिएक्टेंस RLC सर्किट का आवृत्ति में परिवर्तन के साथ परिवर्तित होती है ।

Copyright @ NIMI Not to be Republished



उपर्युक्त Fig 4 से देखा जा सकता है,

– अनुनारी आवृत्ति f_r पर कुल रिएक्टेंस शून्य है

– कैपेसिटिव का शुद्ध रिएक्टेंस अनुनारी आवृत्ति f_r नीचे है

_ इंडक्टीव का शुद्ध रिएक्टेंस अनुनारी आवृत्ति f_r के ऊपर है ।

एक सिरीज RLC सर्किट की चयनात्मकता या Q फैक्टर (Selectivity or Q factor of a series RLC circuit)

Figs 5a और 5b दो ग्राफ में दर्शाये अनुसार दो विभिन्न RLC परिपथ के लिए अनुनादी आवृत्ति f_r के ऊपर और नीचे दर्शाये गये है f_1 और f_2 ऐसे आवृत्ति है जिस पर सर्किट करेंट का मान उसके अधिकतम मान I_{max} का 0.707 गुना है । या 3dB पाइंट होता है ।

Fig 5 दर्शाता है कि सिरीज RLC सर्किट अनुनादी आवृत्ति f_r के आसपास एक आवृत्ति बेंड का निर्माण करती है यह बेंड (f_1 से f_2 तक) सिरीज सर्किट का **बैंड की चौड़ाई (band width)** कहलाता है ।

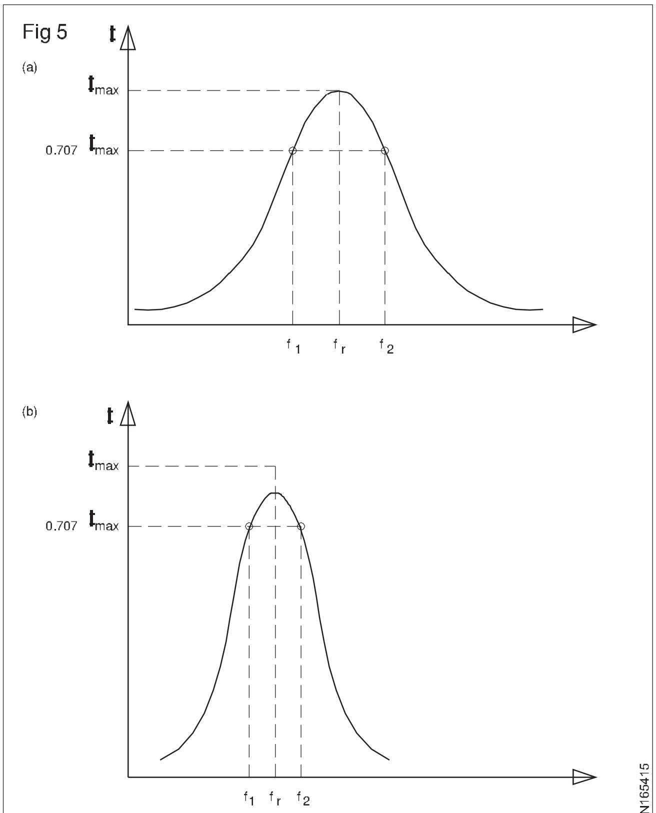
बैंड की चौड़ाई = $\Delta f = f_2 - f_1$ Hz.

जहाँ, f_2 ऊपरी निर्दिष्ट आवृत्ति और f_1 निम्न निर्दिष्ट आवृत्ति कहलाती है ।

Figs 5a और 5b का तुलना करने पर यह देखा जाता है कि 5b का बैंड विर्थ 5a की बैंड विर्थ की अपेक्षा छोटा है । यह अनुनादी परिपथ के **क्वालिटी फैक्टर (quality factor),** या **सेल्क्टीविटी Q** को बताता है । RLC परिपथ का Fig 5b में प्रतिक्रिया Fig 5a की अपेक्षा अधिक सलेक्टिव है । अनुनारी परिपथ का क्वालिटी फैक्टर Q को निम्नानुसार लिखा जा सकता है,

$$\text{क्वालिटी फैक्टर} = Q = \frac{f_r}{\Delta f} = \frac{f_r}{f_2 - f_1} \qquad ...[2]$$

यदि Q का मान बहुत अधिक है तो बेंडविर्थ की चौड़ाई सकरी होगी और इसी प्रकार अलग Q का मान कम है तो बेंड की चौड़ाई अधिक होगी । सिरीज अनुनारी परिपथ का Q फैक्टर मुख्य रूप से क्वाइल या इंडक्टेंस के ऊपर निर्भर करता है । जिसे RLC परिपथ में उपयोग किया गया है।



Q FACTOR OF RLC SERIES CIRCUIT

अतः,

$$\text{क्वाईल का Q फैक्टर} = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f_r L}{R}$$

चूँकि,

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

RLC सर्किट का Q फैक्टर को लिखा जा सकता है

$$Q = \frac{1}{R}\cdot\frac{\sqrt{L}}{\sqrt{C}} \qquad ...[3]$$

सिरीज अनुनादी परिपथ का उपयोग (Application of series resonance circuits)

एक सिरिज अनुनादी परिपथ का उपयोग वहाँ पर किया जाता है जहाँ पर उच्छित आवृत्ति की आवश्यकता है इस प्रकार का एक उपयोग रेडियो रिसिवर में होता है ।

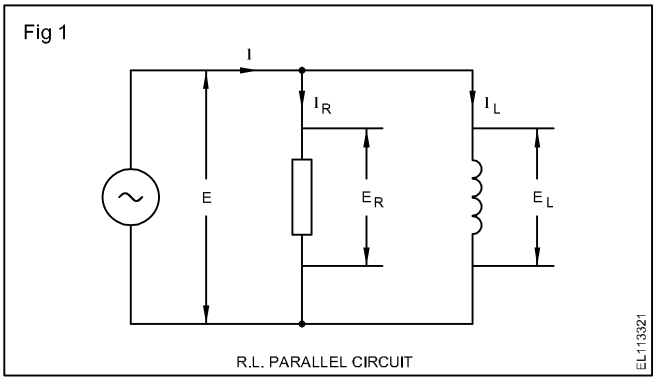
Copyright @ NIMI Not to be Republished

R-L, R-C और R-L-C समान्तर परिपथ (R-L, R-C and R-L-C parallel circuits)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **एक प्रवेश्यता (Admittance) त्रिभुज आरेखित करके चालकता (Conductacne), अग्राहिता (Susceptance) और प्रवेश्यता के बीच सम्बन्ध प्रदर्शित करना**
- **प्रतीकों द्वारा अग्राहिता, चालकता और प्रवेश्यता को व्यक्त करना ।**

R-L समान्तर परिपथ (R-L Parallel circuit)

जब AC वोल्टता के सिरों पर अनेक प्रतिबाधायें (Impedances) समान्तर क्रम में जोडी जाती है तो परिपथ द्वारा ली गयी कुल धारा शाखा धारा का फेजर योग होता है। (Fig 1).



कुल धारा को ज्ञात करने की दो विधियां है।

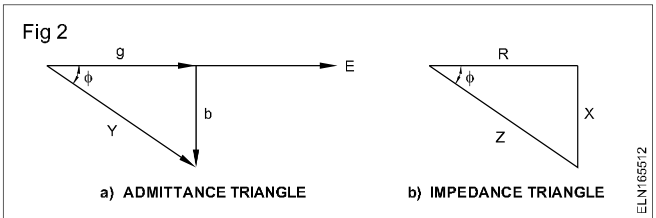
- प्रवेश्यात विधि
- फेजर विधि

प्रवेश्यात विधि (Admittance method)

The current in any branch $I = \frac{E}{Z}$

$$= E \times \left|\frac{1}{Z}\right| \text{ where } \left|\frac{1}{Z}\right|$$

जहां $\frac{1}{Z}$ को परिपथ की **प्रवेश्यता** कहते है अर्थात प्रवेश्यता, प्रतिबाधा का विलोम है। प्रवेश्यता को 'Y' से व्यक्त करते है। (Fig 2).



$$I = E \times \left|\frac{1}{Z}\right| = EY \quad \text{or} \quad Y = \frac{I}{E}$$

$$\therefore \text{Total admittance } (Y_T) = \frac{\text{total current}}{\text{common applied voltage}}$$

$$= \frac{\text{phasor sum of branch currents}}{\text{common applied voltage}}$$

= पृथक प्रवेश्यता का फेजर योग

> **टिप्पणी : आपूर्ति वोल्टता को अन्तर विनमेयिक V अथवा E से व्यक्त करते है।**

एक प्रवेश्यता को दो घटकों में वियोजित कर सकते है।

- एक घटक जो आरोपित वोल्टता से कला में है जिसे चालकता कहते है और g से व्यक्त करते है।
- एक घटक आरोपित वोल्टता के समकोणिक जिसे **अग्राहिता** कहते है और b से व्यक्त करते है।

$$g = Y \cos\phi = \frac{1}{Z} \times \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{R}{Z^2} = \frac{R}{R^2 + Z^2}$$

$$b = Y \sin\phi = \frac{1}{Z} \times \frac{X}{Z} = \frac{X}{Z^2}$$

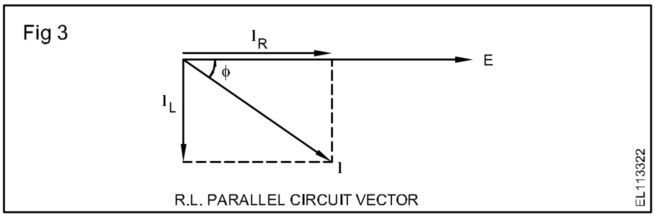
$$= \frac{X}{R^2 + X^2}$$

प्रवेश्यता, चालकता और अग्राहिता का मात्रक mho होता है और प्रतीक ℧.

आपूर्ति वोल्टता और शाखा धारा के बीच सम्बन्ध (Relation between branch current and supply voltage)

एक समान्तर RL परिपथ में प्रतिरोधक और प्रेरकत्व के सिरों पर वोल्टता E_R और (E_L) समान होते है और आपूर्ती वोल्टता E के बराबर होते है। इसलिये E संदर्भ सदिश है। प्रतिरोधक से जाने वाली धारा (I_R). E_R के साथ कला में होती है। और E से व्यक्त की जाती है (Fig 2) । प्रेरक से जाने वाली धारा (I_L), E_L से 90° पश्चगामी होती है और E से व्यक्त की जाती है। संक्षेप में प्रतिरोध धारा I_R कला में होती है और प्रेरक से धारा I_L,अरोपित वोल्टता (V) से 90° पश्च होती है। R_L समान्तर परिपथ का शक्ति गुणक cosϕ होता है। जहां ϕ कुल धारा और आरोपित वोल्टता के बीच का कोण होता है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

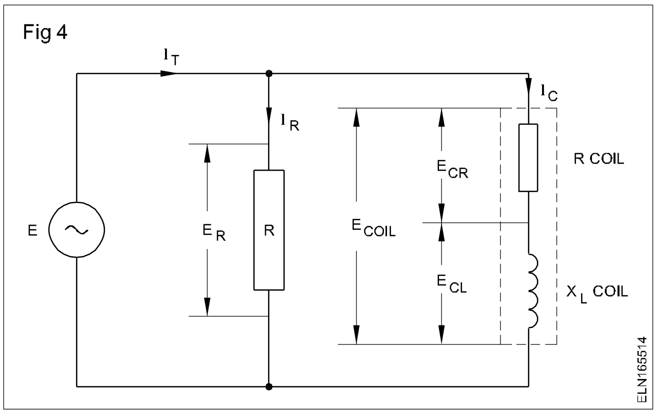


R, R कुण्डल, X_L कुण्डल और आपूर्ती वोल्टता युक्त परिपथ में दो शाखा धाराओं और कुल धारा का प्रदर्शन।

I_R = प्रतिरोधक में शाखा धारा

I_C = कुण्डल से जाने वाली शाखा प्रभावी धारा

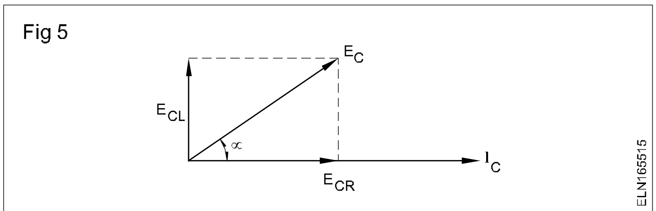
समान्तर परिपथ में R के सिरो पर वोल्टता (E_R) और कुण्डल पर (E_C) समान है। कुण्डल के सिरों पर आरोपित वोल्टता (E_C) के कारण कुण्डल से धारा (I_C) प्रवाहित होती है। कुण्डल से प्रवाहित धारा प्रभावी धारा होती है यही धारा कुण्डल के प्रतिरोध और प्रेरकत्व से प्रवाहित होती है। (Fig 4)



I_C = कुण्डल के प्रतिरोध और प्रेरकत्व से प्रवाहित धारा

E_{CR} = प्रतिरोध के कारण कुण्डल में वोल्टता पात और I_C के साथ कला में

E_{CL} = प्रेरकत्व के कारण कुण्डल में वोल्टता पात और धारा से 90º अग्रगामी (Fig 5)

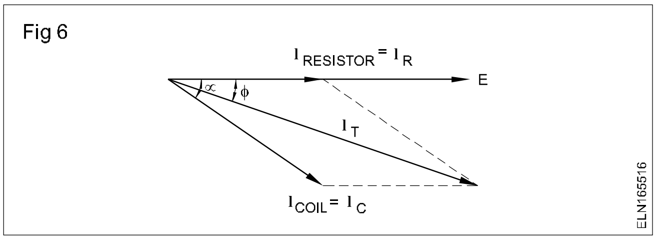


I_R = प्रतिरोधक से धारा और E के साथ कला में

I_C = कुण्डल में धारा कोण और E की पश्चगामी α

I_T = कुल धारा कोण ϕ से पश्चगामी E

उक्त परिपथ का शक्ति गुणक cos ϕ है अैर जहां ϕ कुल धारा और आरोपित वोल्टता के बीच कला कोण है। (Fig 6)



समनुदेश (Assignment)

1 15W प्रतिरोध और 0.05 प्रेरकत्व के कुण्डल को एक 20W के अप्रेरक प्रतिरोध से समान्तर में जोडा जाता है। ज्ञात करें (a) प्रत्येक शाखा में धारा (b) कुल व्यवस्था की कुल धारा और 50Hz पर 200V की आरोपित वोल्टता के बीच कला कोण।

2 एक 250V के आपूर्ती निकाय पर निम्न भार है।

a 12A, 0.8 शक्ति गुणक पश्चागामी

b 5A एक शक्तिगुणक पर, KVA में कुल भार और उसके शक्तिगुणक को ज्ञात करें।

3 एक 250V आपूर्ति निकाय पर निम्न भार है,

a 10A, 0.5 शक्ति गुणक पश्चागामी

b 5A एकांक शक्तिगुणक पर,

c 12A, 0.866 शक्तिगुणक पश्चगामी

सदिश चित्र का आरेखन करें। KVA में कुल भार और इसके शक्तिगुणक को ज्ञात करें।

4 15Ω प्रतिरोध के कुण्डल और 0.05H के प्रेरकत्व को एक 40Ω के अप्रेरकत्व के प्रतिरोध से समान्तर में जोडा जाता है। 50Hz पर 200V वोल्टता आरोपित किये जाने पर कुल धारा ज्ञात करे। एक फेजर चित्र दें।

AC समान्तर परिपथ (R और C) (AC Parallel circuit (R and C))

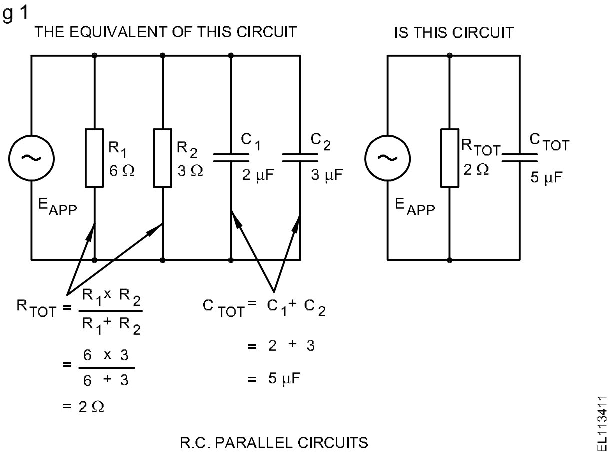
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **समान्तर परिपथ में शाखा धारा और वोल्टता के बीच सम्बन्ध व्यक्त करने में कुल धारा और कला सम्बन्ध की गणना करना**
- **श्रेणी RC परिपथ की समान्तर परिपथ से तुलना करना**
- **A.C सिरीज और पैरलल सर्किट के विषयताओं की तुलना करना**
- **R-L-C समांतर सर्किट वेक्टर आरेख बताना ।**

Copyright @ NIMI Not to be Republished

समान्तर RC परिपथ (Parallel RC circuits) : एक समान्तर AC परिपथ में एक अथवा अधिक प्रतिरोधक भार तथा एक अथवा अधिक धारितीय भाग स्रोत वोल्टता के सिरों पर समान्तर में जोडे जाते है। इसलिये केवल प्रतिरोधक युक्त प्रतिरोधक शाखा में केवल धारिता युक्त धारितीय शाखायें होती है। (Fig 1) स्रोत वोटता से निकलने वाली धारा शाखाओं में विभाजित हो जाती है। इसलिये विभिन्न शाखाओं में विभिन्न धाराये होती है और धारा श्रेणी RC परिपथों की भांति एक उभय संख्या नही होती है।

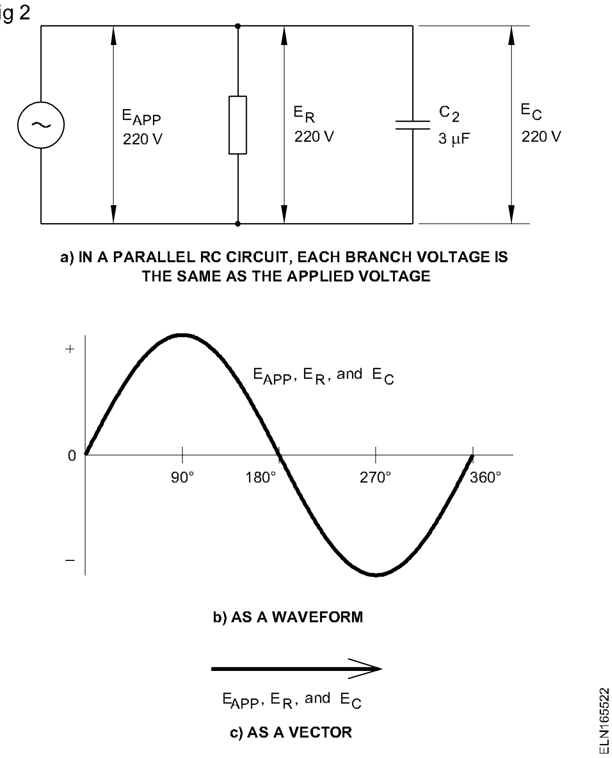
Fig 1



R.C. PARALLEL CIRCUITS

वोल्टता (Voltage) : एक समान्तर AC परिपथ में किसी अन्य समान्तर परिपथ की भांति आरोपित वोल्टता सीधी प्रत्येक शाखा पर होती है। इसलिये शाखा वोल्टता एक दूसरे के समान होती है। और सभी तीनों कला में होते है। (Fig 2) इसलिये यदि आपको कोई परिपथ वोल्टता ज्ञात है आप सभी की वोल्टता ज्ञात कर सकते है।

Fig 2

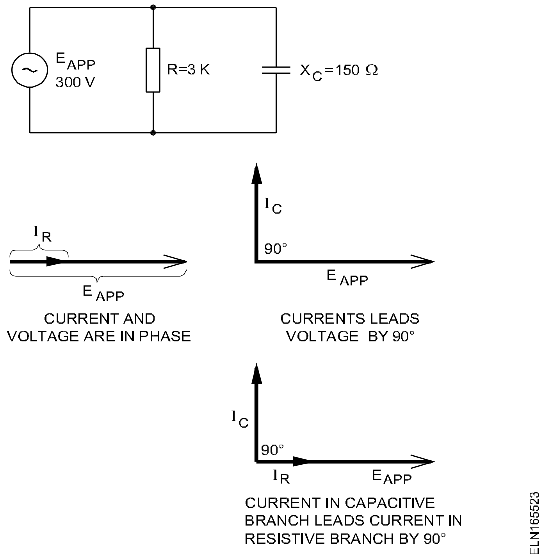


चूंकि वोल्टता पूरे परिपथ में उभय होती है यह किसी भी समान्तर RC परिपथ में सदिश प्रदर्शन के लिये एक उभय संख्या के रूप में कार्य करती है। अर्थात किसी सदिश चित्र में संदर्भ सदिश की दिशा और कला सम्बन्ध परिपथ वोल्टता के समान होगा।

परिपथ वोल्टता के साथ दो संख्यायें जिनमें यह सम्बन्ध है उनके सदिश शून्य अंश दिशा में होते है, वे संघारित्र वोल्टता और प्रतिरोध जाने वाली धारा है।

शाखा धारा (Branch current) : समान्तर RC परिपथ की प्रत्येक शाखा में धारा अन्य शाखाओं की धारा से स्वतन्त्र होती है। इस शाखा में धारा केवल शाखा के सिरों पर वोल्टता प्रतिरोध अथवा इसकी धारितीय प्रेरणिक पर निर्भर होती है। (Fig 3)

Fig 3

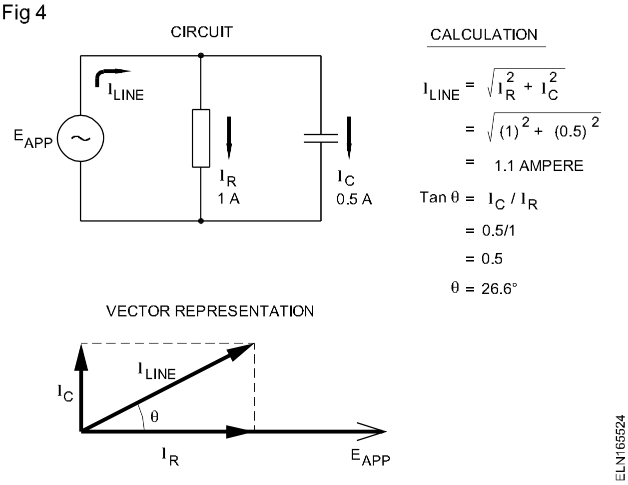


वैद्युत प्रतिरोधक शाखा की गणना समीकरण $I_R = E_{APP}/R$ है ।

वैद्युत क्षमता शाखा के समीकरण की गणना $I_C = E_{APP}/X_C$ में पाया गया है ।

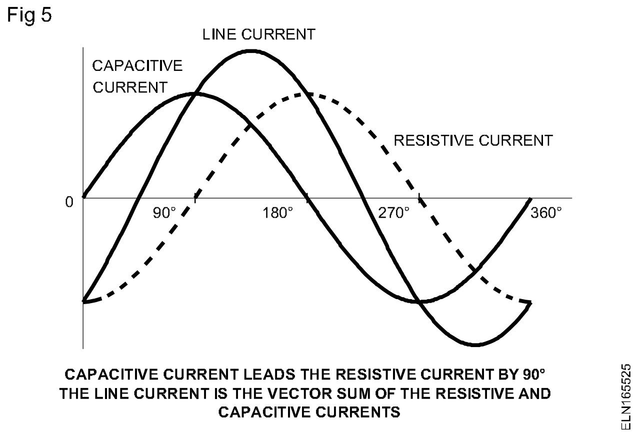
धारितीय शाखा में शाखा वोल्टता से 90º अग्रगामी होती है। चूंकि दो शाखायें वोल्टतायें समान है धारितीय शाखा में धारा (IC) प्रतिरोध शाखा धारा (IR) से 90º अग्र होना चाहिये। (Fig 4)

Fig 4



Copyright @ NIMI Not to be Republished

लाइन धारा (Line current) : चूंकि RC परिपथ में शाखा धारायें एक दूसरे से कला भिन्न होती है इसलिये लाइन धारा को ज्ञात करने के लिये उनका सदिश योग करना चाहिये। (Fig 5)



दो शाखा धारयें 90° कला भिन्न होती है उनके सदिश एक समकोण त्रिभुज निर्मित करते है। जिनका कर्ण लाइन धारा होती है लाइन धारा

I_{LINE} की गणना में प्रयुक्त सूत्र

$I_{LINE} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$ होता है।

यदि परिपथ की प्रतिबाधा और आरोपित वोल्टता ज्ञात है तो लाइन धारा की भी गणना ओम के नियम से हो सकती है

$$I_{LINE} = \frac{E}{Z}$$

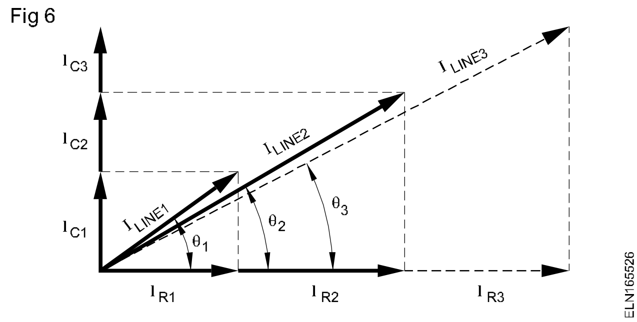
चूंकि RC परिपथ की प्रतिरोधी शाखा आरोपित वोल्टता से कला में और धारितीय शाखा 90° अग्रगामी होती है। दोनों धाराओं अथवा लाइन धारा का योग आरोपित वोल्टता से एक फेज कोण से अग्र होता है जो 90° से कम लेकिन 0° से अधिक होता है।

यथार्थ कोण इस बात पर निर्भर करता है कि धारितीय अथवा प्रतिरोधी धारा अधिक है। यदि धारितीय धारा अधिक है तो कोण 90° के समीप होगा। जबकि प्रतिरोधक धारा के अधिक होने पर यह 0° के समीप होगा।

कभी कोई एक दूसरे से 10 गुना अधिक है तो लाइन धारा का 0° का फेज कोण मान लेना चाहिये, यदि प्रतिरोधी अधिक है। (Fig 6) कला कोण की गणना निम्न समीकरण द्वारा दो शाखा धाराओं के मान से ज्ञात हो सकती है :

$$\tan\theta = \frac{I_C}{I_R}$$

संख्याओं $I_C = E/X_C$ और $I_R = E/R$ के मानों को उपर्युक्त समीकरण में रखने से कला कोण θ की गणना के लिये दो अन्य समीकरणों की उत्पत्ति की जा सकती है :



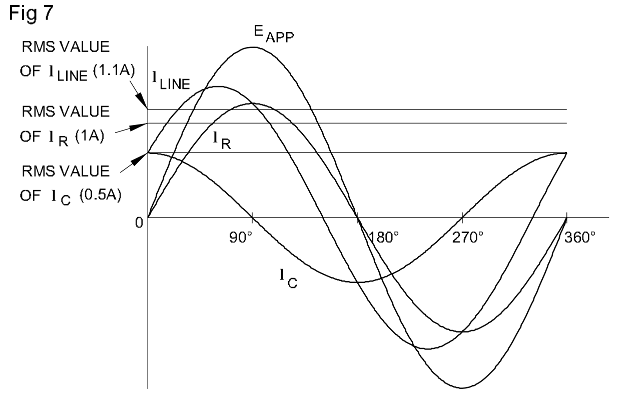
$$\tan\theta = \frac{R}{E_C} \qquad \cos\theta = \frac{R}{Z}$$

एक समान्तर RC परिपथ में लाइन धारा और आरोपित वोल्टता का मान ज्ञात होने पर समान्तर R_L परिपथ में प्राप्त समीकरणों का उपयोग करके परिपथ शक्ति भी ज्ञात होती है। यह है :

$$P_{APPARENT} = E_{APP}.I_{LINE}$$
$$P_{TRUE} = E_{APP}.I_{LINE}.\cos\theta$$

जहां cos θ शक्ति गुणक है।

धारा तरंग रूप (Current wave-forms) : चूंकि एक समान्तर RC परिपथ में शाखा धारायें कला भिन्न होती है अंकगणितीय योग की तुलना में उनका सदिश योग लाइन धारा के बराबर होता है। यह वह प्रतिबन्ध है जो श्रेणी RC परिपथ में वोल्टता पात के लिये होता है धाराओं के सदिश योग करने से उनके प्रत्येक बिन्दु पर उनके तात्क्षणिक मानों का योग होता है। इसके पश्चात औसत मान अथवा प्रभावी मान ज्ञात कर दिया जाता है। यह प्रदर्शित धारा तरंग रूप से देखा जा सकता है। (Fig 7) पूर्व पृष्ठ पर हल किये गये परिपथ के लिये ये तरंग रूप हैं।



प्रतिबाधा (Impedance) : समान्तर RC परिपथ की प्रतिबाधा धारा प्रवाह में प्रतिरोध शाखाओं के प्रतिरोध और धारितीय शाखाओं की धारितीय प्रतिबाधा द्वारा उत्पन्न किया गया प्रतिरोध होता है समान्तर RL परिपथ की प्रतिबाधा की भांति इसकी गणना उस समीकरण से ज्ञात

Copyright @ NIMI Not to be Republished

की जा सकती है जो समान्तर प्रतिरोधों के कुल प्रतिरोध को ज्ञात करने में प्रयोग किया जाता है।

लेकिन जैसा कि आप को ज्ञात है कि समान्तर RL परिपथ में दो सदिशों को सीधे नही जोडा जा सकता है सदिश योग का प्रयोग करना चाहिये। इसलिये एक समान्तर RC परिपथ की प्रतिबाधा की गणना के लिये समीकरण है,

$$Z = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^{\ 2}}}$$

जहां $\sqrt{R^2 + X_C^{\ 2}}$ प्रतिरोध और धारितीय प्रतिघात का सदिश योग है।

उन स्थितियों में जहां आपको आरोपित वोल्टता परिपथ लाइन धारा ज्ञात है प्रतिबाधा को केवल ओम के नियम द्वारा ज्ञात किया जा सकता है :

$$Z = \frac{E_{APP}}{I_{LINE}}$$

RC परिपथ की प्रतिबाधा प्रत्येक शाखा के प्रतिरोध अथवा धारितीय प्रतिघात से सदैव कम होती है।

X_C और R के आपेक्षिक मान से ज्ञात होता है कि परिपथ लाइन धारा किस प्रकार धारितीय अथवा प्रतिरोधक है। जो सबसे कम होती है वह अधिक शाखा धारा प्रवाहित होने देती है और वही निर्णायक कारक बनती है।

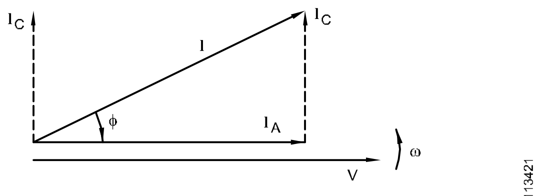
इस प्रकार यदि X_C का मान R से कम है तो प्रतिरोधक शाखा की तुलना में धारितीय शाखा में अधिक धारा होगी। और लाइन धारा की प्रवृत्ति अधिक धारितीय होने को होगी।

इसके विपरीत R के X_C से कम होने पर होगा। जब X_C अथवा R का मान दूसरे की तुलना में दस गुना अथवा उससे अधिक है तो परिपथ प्रचालन इस प्रकार होगा जैसे प्रायः प्रत्येक दृष्टि से दोनों में से बडी शाखा अस्तित्व विहीन है।

RC समान्तर परिपथ - प्रवेश्यता विधि (RC Parallel circuit - Admittance method)

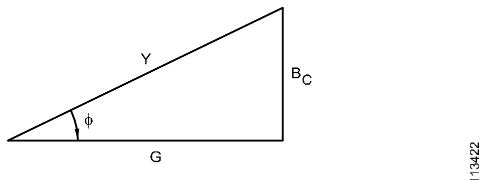
प्रवेश्यता (Admittance) : प्रतिरोध R और एक धारितीय प्रतिघाती X_C युक्त समान्तर परिपथ की प्रवेश्यता ज्ञात करने के लिये हम धाराओं IA,IC और I (Fig 1) के फेजर चित्र प्रदर्शन तथा संगत प्रवेश्यता त्रिभुज का प्रयोग करते हैं। (Fig 2)

Fig 1



PHASOR DIAGRAM

Fig 2



ADMITTANCE TRIANGLE

प्रवेश्यता $Y = \sqrt{G^2 + B_C^{\ 2}}$

कुल धारा $I = VY$

धारा त्रिभुज से हमें निम्न प्राप्त होता है।

सक्रिय धारा $I_A = I \cos\phi$

प्रेरणित धारा $I_C = I \sin\phi$

कुल धारा $I = \sqrt{I^2A + I^2C}$

दोनों त्रिभुजों से कला सम्बन्धन निम्न से प्राप्त होता है

$$\tan\phi = \frac{I_C}{I_A} = \frac{B_C}{G} = \frac{R}{X_C}$$

यदि हमें वोल्टता V, धारा I और कला कोणϕ ज्ञात है तो R और X_C का मान ज्ञात किया जा सकता है।

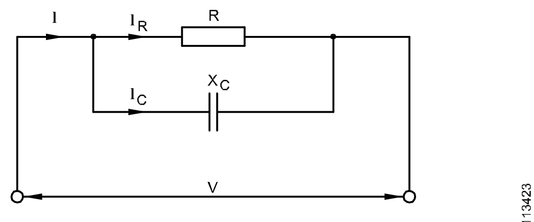
$Y = \frac{V}{I}$ चालकता $G = Y\cos\phi$

आग्राहिकता $B_C = Y\sin\phi$

$R = \frac{1}{G}$ and $X_C = \frac{1}{B_C}$.

R और X_C का समान्तर संम्बन्ध (Fig 3)

Fig 3



R.C. PARALLEL CIRCUIT

आलेख हल (Graphic solution)

1 V उभय सदिश की भांति

2 I_R V के साथ कला में

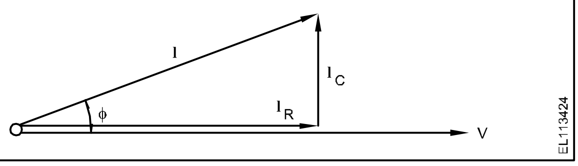
3 I_C 90º से अग्रित है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

4 I परिणमित की भांति (Fig 4)

5 ϕ V और I के बीच

Fig 4



$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}$$

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2C}$$ (Refer Fig 4)

श्रेणी और समान्तर RC परिपथों की तुलना

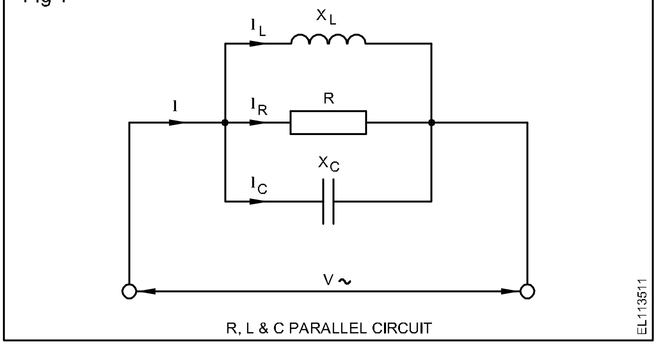
संख्या	श्रेणी RC परिपथ	समान्तर RC परिपथ
धारा	परिपथ के प्रत्येक स्थान पर धारा समान R और C से धरायें कला में	प्रतिरोधी और धारितीय शाखाओं में विभाजित $I_{TOT} = \sqrt{I_R{}^2 + I_C{}^2}$ $I_R = \frac{E_{APP}}{R}$ $I_C = \frac{E_{APP}}{X_C}$ C की धारा R की धारा से 0^o आगे
वोल्टता	R और C के सिरों पर वोल्टता पात का सदिश योग आरोपित वोल्टता के बराबर $E_{APP} = \sqrt{E_R{}^2 + E_C{}^2}$ C के सिरों पर वोल्टता R के सिरों की वोल्टता से 90^o पीछे	प्रत्येक शाखा के सिरों पर समान वोल्टता आरोपित वोल्टता की भांति $\therefore$ R और C पर वोल्टता कला में $E_R = E_C = E_{APP}$
प्रतिबाधा	प्रतिरोध और धारितीय प्रतिघात का सदिश योग $Z = \sqrt{R^2 + X_C{}^2}$	गणना उसी प्रकार जैसे समान्तर प्रतिरोध में अन्तर केवल यह कि सदिश योग प्रयुक्त होता है। $Z = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C{}^2}}$
कला कोण θ	यह परिपथ धारा और अरोपित वोल्टता के के बीच का कोण है। $\tan\theta = \frac{E_C}{E_R} = \frac{X_C}{R}$ $\cos\theta = \frac{R}{Z}$	यह लाइन धारा और आरोपित वोल्टता के बीच का कोण है $\tan\theta = \frac{I_C}{I_R} = \frac{R}{X_C}$ $\cos\theta = \frac{R}{Z}$
शक्ति	स्रोत द्वारा प्रदत्त शक्ति आभासी शक्ति है शक्ति गुणक निर्णय करता है। परिपथ में व्यय शक्ति वास्तविक शक्ति है। शक्ति गुणक निर्णय करता है की आभासी शक्ति का कौन सा भाग वास्तविक शक्ति है। $P_{APP} = E_{APP}I$	$P_{TRUE} = E_{APP}I \cos\theta$ P.F. = $\cos\theta$
आवृत्ति वृद्धि का प्रभाव	X_C कम होता है परिपथ धारा में फलस्वरूप वृद्धि होती है कला कोण कम होता है अर्थात परिपथ अधिक प्रतिरोधी है	X_C कम होता है धारितीय शाखा में वृद्धि साथ ही लाइन धारा में वृद्धि कला कोण में वृद्धि अर्थात धारा अधिक धारितीय है।
प्रतिरोध वृद्धि प्रभाव	कला कोण में कमी अर्थात धारा अधिक प्रतिरोध	कला कोण में वृद्धि अर्थात धारा अधिक धारितीय
धारिता वृद्धि प्रभाव	कला कोण की कमी अर्थात धारा अधिक प्रतिरोधी	कला कोण में वृद्धि अर्थात धारा अधिक धारितीय

Copyright @ NIMI Not to be Republished

R,L और C समान्तर परिपथ- सदिश चित्र (R, L and C Parallel circuit - Vector diagram)

RX$_L$ और X$_C$ का समान्तर सम्बन्ध (Parallel connection of R, X$_L$ and X$_C$) : X_L और X_C का विरोध करते है अर्थात I_L और I_C विरोध में है और आंशिक रूप से एक दूसरे को निरस्त करते है। (Fig 1)

Fig 1



$I_X = I_C - I_L$ अथवा $I_L - I_C$ यह इस बात पर निर्भर होगा कि धारितीय अथवा प्रेरकीय धारा प्रबल है।

ग्राफीय हल (Graphic solution) : जब $I_L > I_C$

1 V उभय मान के रूप में

2 I_R V के साथ कला में

3 I_C 90° से अग्रगामी

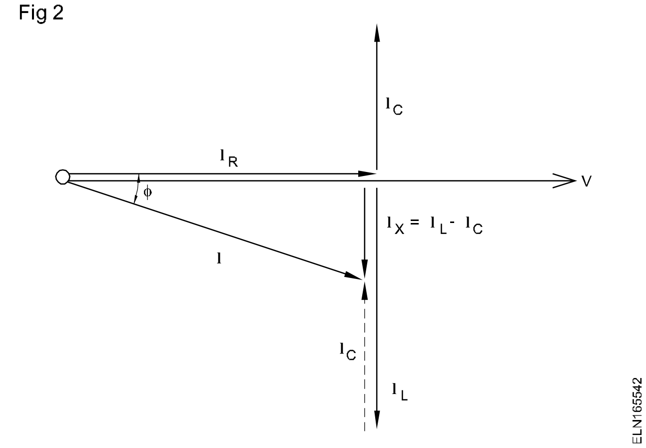
4 I_L 90° से पश्चगामी

5 I$I_X = I_L - I_C$ समान्तर

6 I परिणमित के रूप में

ϕ (यहां प्रेरणित, I पश्चगामी) (Fig 2)

Fig 2



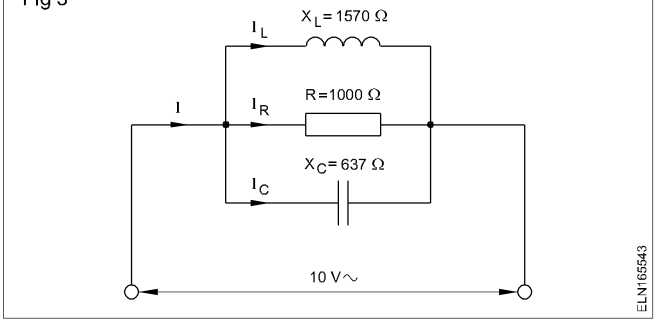
विशेष प्रकरण (Particular case) : X_L और X_C समान है,- I_L और I_C एक दूसरे को निरस्त करते है Z = R; समान्तर अनुनाद उत्पन्न होता है।

प्रेरकों में धारायें कुल धारा से अधिक हो सकती है।

अनुनाद आवृत्ति की गणना श्रेणी सम्बन्ध के भांति होती है।

उदाहरणः I_T Z शक्ति गुणक और शक्ति का (Fig 3) के अनुसार परिपथ की गणना करें।

Fig 3



दिया है

V_T = 10V

R = 1000 Ω

X_L = 1570 Ω

X_C = 637 Ω

ज्ञात है :ओम का नियम

$$I_T = \sqrt{(I_C - I_L)^2 + I_R^2}$$

हल

$$I_C = \frac{10\ V}{637\ \Omega} = 0.0157\ A = 15.7\ mA$$

$$I_L = \frac{10\ V}{1570\ \Omega} = 0.0064\ A = 6.4\ mA$$

$$I_R = \frac{10\ V}{1000\ \Omega} = 0.01 = 10\ mA$$

$$I_T = \sqrt{(0.0157 - 0.0064)^2 + (0.01)^2}$$

= 0.0137A = 13.7 mA

$$Z = \frac{10V}{0.0137\ A} = 730\ \Omega$$

$$P.F = \frac{Z}{R} \quad Y = \frac{1}{Z} \quad \text{and} \quad g = \frac{1}{R}$$

$$= \frac{730}{1000} = 0.73$$

$$= \frac{g}{Y} = \frac{1}{R} \times \frac{1}{1/Z} = \frac{Z}{R}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

समांतर अनुवाद परिपथ (Parallel resonance circuits)

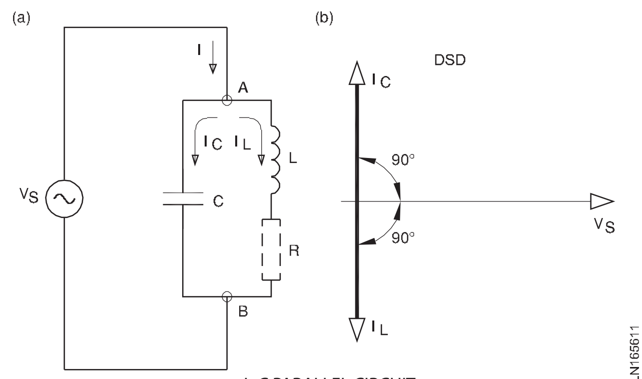
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **अनुनादी पर R-L-C समांतर परिपथों को अभिलक्षणों की सूची**
- **समांतर LC परिपथों में शब्द बैण्ड चौड़ाई का स्पष्टीकरण**
- **समांतर LC परिपथों में भण्डारन क्रिया की व्याख्या**
- **समांतर LC परिपथों के कुछ अनुप्रयोगों की सूची**
- **अनुनादी पर उससे ऊपर और नीचे श्रेणी और समांतर LC परिपथों के गुणों की तुलना।**

समांतर अनुनाद (Parallel resonance)

Fig 1, के परिपथ में एक प्रेरक और एक संघरित्र समांतर में जुड़े है, इसे समांतर LC परिपथ अथवा समांतर अनुवाद परिपथ कहते हैं। प्रतिरोध R जिसे बिंदु रेखाओं से दिखाया गया है कुण्डली के आंतरिक DC प्रतिरोध को व्यक्त करता है। R का मान प्रेरकत्व प्रतिरोध की तुलना में इतना कम हे कि इसे नगण्य माना जा सकता है।

Fig 1a, से ज्ञात होता है कि L और C के सिरों पर वोल्टता समान है और निवेश वोल्टता V_S के बराबर है।

Fig 1



L-C PARALLEL CIRCUIT

संधि A, पर किरचॉफ के नियमानुसार

$$I = I_L + I_C.$$

प्रेरक में धारा I_L (R को नगण्य मानकर), V_S से 90° पश्चगामी है। संधरित्र में धारा I_C, वोल्टता V_S से 90° अग्रमामी है। इसलिए फेजर Fig 1b के अनुसार दो धाराएं एक दूसरे से कला बाहर पर हैं। अपने परिमाण के अनुसार वे एक दूसरे का आयातों पूर्ण अथवा आंशिक रूप से निरसन करती है।

यदि $X_C < X_L$, तो $I_C > I_L$, और परिपथ धारितीय होता है।

यदि $X_L < X_C$, तो $I_L > I_C$, परिपथ प्रेरकीय होता है।

यदि $X_L = X_C$, तो $I_L = I_C$, इसलिए परिपथ शुद्ध प्रतिरोधी होता है।

परिपथ में शून्य धारा का अर्थ समांतर LC की अन्नत प्रतिबाधा से है। इस सिति में जहां एक विशेष आवृत्ति f_r के लिए $X_C = X_L$, होता है समांतर LC परिपथ समांतर अनुवादी कहलाता है।

सांरश में अनुवाद पर समांतर अनुवाद परिपथ के लिए,

$$X_L = X_C,$$
$$Z_p = \infty$$
$$I_L = I_C$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$I = \frac{V}{Z_P} \approx 0$$

समांतर अनुवाद परिपथ में अनुवाद पर शुद्ध L (प्रतिरोध रहित) और एक शुद्ध C हास रहित की प्रतिबाधा अनन्त होगी । व्यवहारिक परिपथों में प्रेरकत्व के कितना ही कम होने पर उसमें कुछ प्रतिरोध होगा। इस कारण अनुवाद पर शाखा धाराओं में फेजर योग शून्य न होकर धारा I का कुछ मान होगा।

यह लघु धारा I आरोपित वोल्टता के फेज में होगी। जिससे परिपथ की प्रतिबाधा यद्यपि अनन्त नही पर अत्यधिक होगी।

सारांश में अनुवाद पर समान्तर अनुनादी परिपथ के तीन मुख्य अभिलक्षणिक होगें

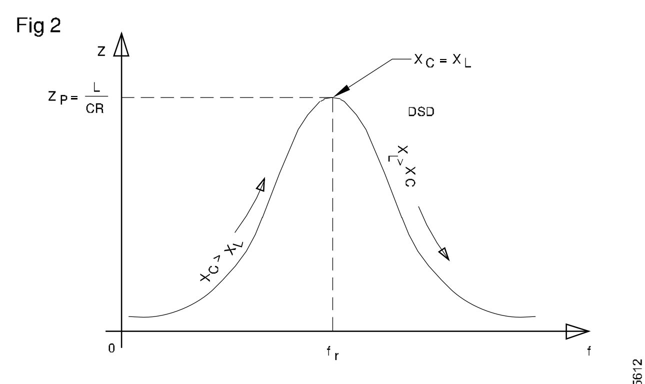
– परिपथ धारा और आरोपित वोल्टता का कलान्तर शून्य होगा
– अधिक तम प्रतिबाधा
– न्यूनतम लाइन धारा

Fig 2 में आवृति के साथ में समान्तर अनुवाद परिपथ में प्रतिबाधा परिवर्तन प्रदर्शित किया गया है।

In Fig 2 में समान्तर अनुनाद परिपथ में निवेश सिगनल आवृति को अनुवाद आवृति f_r से दूर ले जाते है तो परिपथ की प्रतिबाधा कम होती है अनुवाद पर प्रतिबाधा Z_p निम्न से प्राप्त होती है।

$$Z_P = \frac{L}{CR}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished



FREQUENCY VERSES IMPEDENCE OF A PARALLEL RESONANT CIRCUIT

अनुवाद पर यद्यपि परिपथ धारा न्यूनतम होती है लेकिन I_L और I_C के परिमाण लाइन धारा से बहुत अधिक होते है इसलिए एक समान्तर अनुवाद परिपथ को धारा आवर्धक पथ भी कहते है।

समान्तर अनुवाद में धारा आवर्धन के अधिक विवरण के लिये इस पुस्तक के अन्त की सदर्भ पुस्तकें देखें।

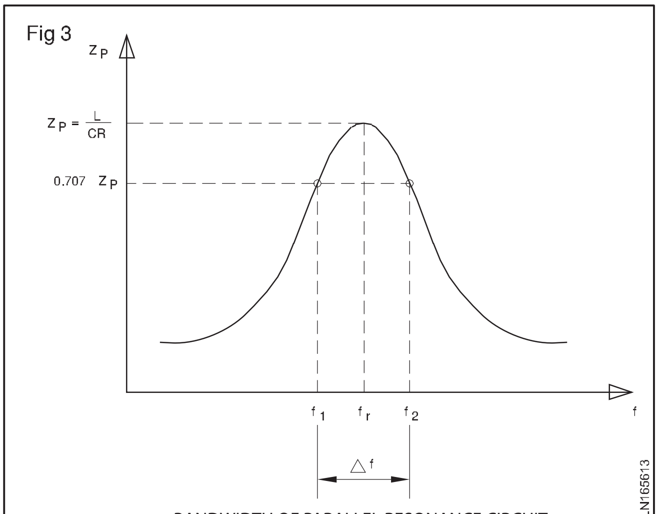
समान्तर अनुनाद परिपथों में बैण्ड चौडाई (Bandwidth of parallel resonant circuits)

जैसी कि श्रेणी अनुवाद में बताया जा चुका है कि सभी अनुवाद परिपथो में अनुवाद आवृति f_r और जो अनुवादी नही है उनमें विवेचन कर सकने का गुण होता है। अनुवाद परिपथों में इस विवेचन गुण को उसकी **बैएड चौडाई (BW)** से व्यक्त किया जाता है।

श्रेणी अनुवाद परिपथो के लिए परिपथो की अनुवाद आवृति (f_r) पर अनुक्रिया को लाइन धारा के पदो में जो अधिकतम होती है और समान्तर अनुवाद परिपथ में प्रतिबाधा को जो अधिकतम होती है व्यक्त किया जाता है।

समान्तर अनुवाद परिपथ में बैण्ड चौडाई को अनुवाद आवृति के दोनों ओर बिन्दुओं द्वारा जिन पर प्रतिबाधा Z_p का मान अनुवाद पर अपने अधिकतम मान का 0.707 अथवा $1/\sqrt{2}$ होता है से व्यक्त किया जाता है जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है।

Fig 3 से समान्तर अनुवाद परिपथ पर



BANDWIDTH OF PARALLEL RESONANCE CIRCUIT

बैण्ड चौडाई BW = $\Delta f = f_2 - f_1$

जैसी कि Fig 3 से स्पष्ट है कि Z_p का मान कुण्डली के प्रतिरोध R (Z_p = L/CR)पर निर्भर करता है.यदि Rका मान कम है तो Z_p का मान अधिक और इसका विलोमत होता है ।

चूंकि बैण्ड चौडाई. Z_p पर निर्भर करती है और Z_p R पर निर्भर करता है इसलिये कहा जा सकता है कि अनुनादी परिपथ की बैण्ड चौडाई कुण्डल से सम्बधित प्रतिरोध पर निर्भर करती है। इस प्रकार कुण्डल का प्रतिरोध, अन्ततः परिपथ के Q निर्णय करता है। इथ्स प्रकार कुण्डल काQ पनुनाद परिपथ की बैण्ड चौडाई का निर्णय करता है और निम्न से प्राप्त होता है

$$\text{बैण्ड चौडाई(BW)} = (f_2 - f_1) = \frac{f_r}{Q}$$

समान्तर अनुनाद परिपथ की भण्डारन क्रिया (Storage action of parallel resonance circuit)

समान्तर अनुवाद पथ पर यद्यपि परिपथ धारा न्यूनतम(आदर्श शून्य) होती है फिर भी I_L और I_C वहां उपस्थित होगी। यह I_L और I_C Lऔर C से निर्मित बन्द पाश मं परिंसाचारी धारा संघचित्र और प्रेरक के बीच में पथ करती हुए बारी बारी से प्रत्येक को आवेशित होता है उर्जा भण्डारित होती है और जब निरावेशित होता हे यह अपनी भण्डारित उर्जा को दे देता है।

LC परिपथ के अन्दर की धारा भण्डारित उर्जा को L C. के बीच आगे पीछे चालू करती रहती है। यदि प्रेरक में प्रतिरोध नही है और संघरित्र ह्रास रहित है तो इस थप थप अथवा आवेशन और निरावेशन के दोलनों को बनाये रखने के लिए अतिरिकित वाहय उर्जा आवश्यक नही होगी । लेकीन व्यवहारिक परिपथ में चुंकि।

LC आदर्श नही पाये जाते इसलिये पर संचारित उर्जा की कुछ मात्रा का ह्रास क्रुण्डल के प्रतिरोध और संघरित्र के कारण होता है। ह्रास हुई बस उर्जा के पूर्ति स्त्रोत आपूर्ति (V_S)को परिपथ धारा Iके रूप में करना चाहिए।

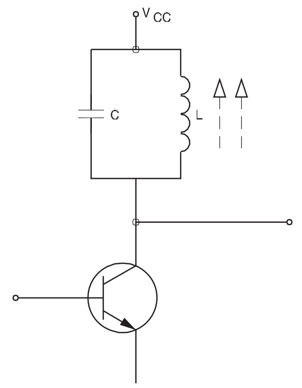
इस धारा को इसलिये **प्रतिकर धारा (make-up current)** कहते है समांतर अनुनाद परिपथ की इस भण्डारन क्रिया के कारण ही इसको **टैंक परिपथ (tank circuit)** का नाम दिया गया हे जो प्रायः समान्तर अनुवादी परिपथों के साथ प्रयुक्त होता हैं

समान्तर अनुनाद परिपथों के अनुप्रयोग (Application of parallel resonant circuits)

समान्तर अनुवाद परिपथों अथवा टैंक परिपथों को प्रायः सभी उच्च आवृति परिपथों में प्रसुक्त किया जाता है Fig 4 की भांति टैंक परिपथों का उपयोग C श्रेणी के प्रवर्धकों में प्रतिरोधक लोड के स्थान संग्राहक लोड की भातिं किया जाता है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

Fig 4



TANK CIRCUIT

श्रेणी अनुनाद और समान्तर अनुनाद परिपथ पर उनको अनुनाद आवृति f_r के ऊपर और नीचे आवृति की तुलनात्मक अध्ययन निम्न टेबल में दर्शित है।

गुण	श्रेणी परिपथ	समान्तर परिपथ
	अनुनाद आवृति पर	
अनुनाद आवृति f_r	$=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
प्रतिघात	$X_L = X_C$	$X_L = X_C$
प्रतिबाधा	न्यूनतम (Z_r = R)	अधिकतम (Z_r = L/CR)
धारा	अधिकतम	न्यूनतम
गुणता गुणक	$\frac{X_L}{R}$	$\frac{X_L}{R}$
बैण्ड चौडाइ	$\frac{X_L}{R}$	$\frac{X_L}{R}$
	अनुनाद आवृति से ऊपर	
प्रतिघात	$X_L > X_C$	$X_C > X_L$
प्रतिबाधा	वृध्दि होती है	घटती है
कलान्तर	धारा आरोपित वोल्टता की पश्चागी	धारा आरोपित वोल्टता की अग्रगामी धारितीय
प्रतिघात के प्रकार	प्रेरकीय	धारितीय
	अनुनाद आवृति से नीचे	
प्रतिघात	$X_C > X_L$	$X_L > X_C$
प्रतिबाधा	वृध्दि होती है	घटती है
कलान्तर	धारा आरोपित वोल्टता की अग्रगामी	धारा आरोपित वोल्टता की पश्चगामी
प्रतिघात के प्रकार	धारितीय	प्रेरकीय

Copyright @ NIMI Not to be Republished

AC सिंगल फेज प्रणाली में शक्ति, ऊर्जा एवं पावर फैक्टर - समस्याएँ (Power, energy and power factor in AC single phase system - Problems)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **सिंगल फेज परिपथ में पावर और पावर फैक्टर के मध्य संबंध बताना**
- **कनेक्शन डायग्राम बनाकर पावर फैक्टर मीटर का प्रयोग की पाठ्यांक लेना**
- **AC सर्किट में पावर फैक्टर एवं पावर से संबंधित समस्या को हल करना।**

DC सर्किट में पावर की गणना निम्न सूत्र की सहायता से की जा सकती है

– P = E x I watts

– P = E^2/R watts.

यदि AC सर्किट में शुद्ध प्रतिरोध जुड़ा है तो उपयुक्त सूत्र की सहायता से पावर की गणना की जा सकती है। ध्यान रहे कि AC सर्किट में रिएक्टेंस उपस्थित होता है।

AC सर्किट में पावर (Power in AC circuit) AC सर्किट में तीन प्रकार के पावर होते हैं-

– वास्तविक शक्ति

– प्रतिघाति शक्ति

– आभाषी शक्ति

वास्तविक शक्ति (Active power (True power)**):** AC सर्किट में पावर की गणना DC सर्किट से भिन्न होती है। एक्टिव पावर V x I cos के द्वारा ज्ञात किया जाता है, जहां cos पावर फैक्टर हैं (cosine करंट एवं वोल्टेज के बीच का phase angle) जो यह सूचित करता है कि लोड शुद्ध प्रतिरोधक नहीं है और न ही करंट एवं वोल्टेज इनफेज हैं। करंट का सिर्फ वह हिस्सा जो वोल्टेज के साथ Imphase रहता है, पावर उत्पन्न करेगा। जिसे वाटमीटर की सहायता से मापा जा सकता है।

प्रतिघाति शक्ति (Reactive power (P_r)) : प्रतिघाति शक्ति के साथ (वाटलेस पावर)

$$P_r = V \times I \times \sin\theta$$

करंट का वह भाग जो वोल्टेज से 90^0 आउट ऑफ फेज रहता है, उसी करंट का यहाँ प्रयोग होता है। केंडेसर, इंडक्टर AC ऊर्जा संग्राहक दूसरी ओर इसे स्त्रोत को वापस करते हैं। इस प्रकार की स्थानांतरित पावर रिएक्टिव पावर कहलाती है, जिसे V/A Reactive या Vars से मापा जाता है। True पावर की तरह Reactive power से उपयोगी कार्य नहीं किया जा सकता है।

आभाषी शक्ति (Apparent power) : आभाषी शक्ति, P_a = V x I.

आभाषी शक्ति की गणना उसी तरह से की जा सकती है - जिस प्रकार से धारा की गणना वोल्टमीटर एवं अमीटर की सहायता से किया जाता है।

यह साधारण परिपथ को कुल वोल्टेज और करंट के गुणनफल होता है। जिसकी इकाई वोल्ट-एम्पीयर (VA) है।

शक्ति त्रिभुज (Power Triangle) : सर्किट में के तीन प्रकार को AC परिभाषित करती है

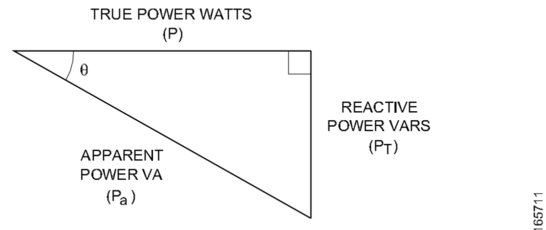
– वास्तविक शक्ति वाट में (P)

– अपघाती शक्ति vars में (P_r)

– आमापी शक्ति VA (P_a)

तीन प्रकार के पावर के संबंध को पावर ट्रेंगल के द्वारा समझाया जा सकता हैं। (Fig 1)

Fig 1



यहां

$P_a^2 = P^2 + P_r^2$ वोल्ट एम्पियर (VA)

जहाँ 'P_a' आमापी शक्ति वोल्ट एम्पियर में (VA)

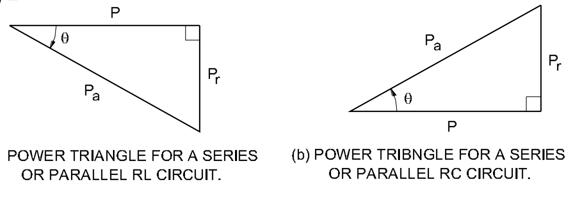
'P' वास्तविक शक्ति वाट में (W)

P_q अपघाटी शक्ति (VAR) में

पावर फैक्टर (Power Factor)

AC सर्किट में वास्तविक शक्ति और आभाषी शक्ति के अनुपात को पावर फैक्टर कहा जाता है। यदि हम किसी शक्ति त्रिभुज (Fig 2) को देखते

Fig 2



POWER TRIANGLES SHOWING THAT $\frac{P}{P_a}$=COS θ

Copyright @ NIMI Not to be Republished

है, तो हमें वास्तविक शक्ति और आभाषी शक्ति का अनुपात प्राप्त होता है जिसे cosine से θ. कोण से दर्शाते हैं।

$$\text{पावर फैक्टर} = \frac{P}{P_a} = \cos\theta$$

इस समीकरण में समकोण शक्ति त्रिभुज की सहायता से तीनों प्रकार के पावर के मध्य संबंध दर्शाया जा सकता है, जिसमें पावर फैक्टर वास्तविक शक्ति एवं आभाषी शक्ति का अनुपात होता है। इंडक्टिव लोड में पावर फैक्टर P.F का मान लैगिंग एवं कैपेसिटीव लोड Power factor में लीडिंग होता है। (Fig 2)

किसी सर्किट में टू पारवर प्राप्त करने के लिए पावर फैक्टर का मान इस बात पर निर्भर करता है कि सप्लाई/स्त्रोत से कितनी मात्रा में करंट प्रवाहित होती है। किसी सर्किट में यदि Power factor निम्न है तो उसे यूनिटी P.F. की अपेक्षा अधिक की आवश्यकता होती है।

एकल कला ऊर्जा **(Single phase energy)**

किसी कार्य को संपादित करने में वास्तविक शक्ति एवं समय (+) का गुणनफल ऊर्जा कहलाता है।

(ie) ऊर्जा = वास्तविक शक्ति x समय

= वोल्टेज x धारा x पावर पैक्टर x समय

= VI Cos θ x t (समय आवर में)

ऊर्जा की इकाई वाट-आवर है तथा इसकी व्यवसायिक इकाई KWH या यूनिट (बोर्ड ऑफ ट्रेड यूनिट BOT) से दर्शाई जाती है।

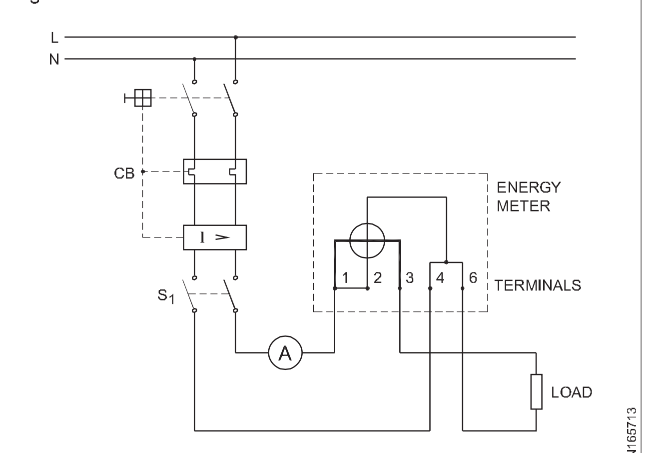
ऊर्जा निम्न कारकों पर निर्भर करती है :

- वोल्टेज
- करंट
- पावर फैक्टर (लोड)
- समय

एकल कला ऊर्जा (1 एनर्जी - 1 एनर्जी मीटर की सहायता से मापी जा सकती है। जिसमें 4 टर्मिनल्स होते हैं - इनकमिंग 2 एवं outgoing - 02 टर्मिनल्स (न्यूट्रल कॉमन होता है))

कनेक्शन Fig 3 में दिखाया गया ।

Fig 3

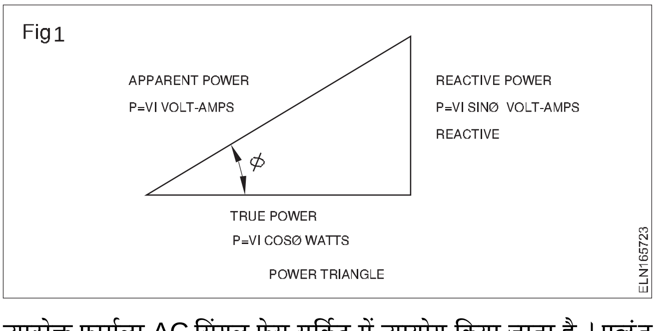


SINGLE PHASE ENERGY METER CONNECTION

RL और C सीरीजवाले AC सर्किट में पावर (Power in AC circuit having R L and C in series)

जैसे कि हम पूर्व से जानते है कि शक्ति त्रिभुज (power tringle) में 3 अवयव होते हैं जैसे Fig 1 में दिखाया गया है ।

Fig 1



POWER TRIANGLE

उपरोक्त फार्मूला AC सिंगल फेस सर्किट में उपयोग किया जाता है । पत्रंतु केपेसिटिव रिएक्टैंव तथा इंडक्टिव रिएक्टैंस का मान सर्किट के कैपेसिटिव या इंडक्टिव होने पर निर्भर करता है । जब कैपेसिटिव रिएक्टैंस का मान इंडक्टिव रिएक्टैंस अधिक होता है तो पावर फैक्टर लीडिंग होगा । अन्यथा इसका उल्टा होगा ।

यदि किसी AC सर्किट का प्रतिरोध 100 ओह्म इंडक्टैंस (L) का मान 0.2 H और कैपेसिटेंस का मान 120 μF तथा वे 200 V 50 C/S से जुडें है। तब इंपीडेंस, करंट, पावर फैक्टर तथा पावर की गणना कीजिए।

कैपेसिटिव रिएक्टैंस = 1/ 2πfc ohms.

$$X_C = \frac{1\times10^6}{2\times\pi\times50\times120} = 26.53 \text{ ohms}$$

इंडक्टिव रिएक्टैंस

$X_L = 2\pi fL.$

$X_L = 2 \times \pi \times 50 \times 0.2 = 62.83$ ohms.

अतः, $X_L - X_C = 62.83 - 26.53 = 36.30$ ohms.

$$\text{इंपीडैन्स} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{100^2 + (62.83 - 26.53)^2}$$

$$= \sqrt{100^2 + (36.3)^2} = 106.4\text{ohms}$$

$$\text{करंट} = \frac{\text{Voltage}}{\text{Impedence}} = \frac{200}{106.4} = 1.88\text{A}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

पावर फैक्टर = $\frac{R}{Z} = \frac{100}{106.4} = 0.94$ (lagging)

जब्र X_L का मान X_c से अदिक है सर्किट में लैगिग पावर फैक्टर होगा ।

ली गई शक्ति $= V\ I \cos\theta$

$= 200 \times 1.88 \times 0.94 = 353.4$ W.

उदाहरण 1

यदि 10 का प्रतिरोध 0.1 H का इंडक्टैंस तथा 100μF का कंडेसर किसी AC सीरीज़ सर्किट में जुड़े है। सप्लाई स्त्रोत 220 V 50 c/s है तो करंट और पावर की गणना कीजिए।

हल

R = 10 ohms

L = 0.1 H

C = 100 μF

$X_C = 1/\ 2\pi fC$

$$X_C = \frac{10^6}{2 \times 3.14 \times 50 \times 100}$$

= 31.85 ohms.

$X_L = 2\pi FL$

= 2 x 3.14 x 50 x 0.1

= 31.4 ohms.

$X = X_C - X_L = 31.85 - 31.4$

= 0.45 ohms.

$Z = \sqrt{10^2 + (0.45)^2}$ = 10 ohms (लगभग)

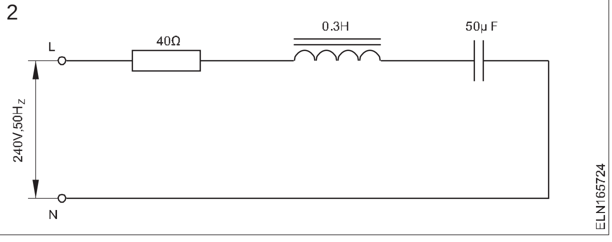
I = 220/ 10 = 22 A

PF = cos θ = R/Z = 10/10 = 1.Unity PF लगभग

उदाहरण 2

परिपथ Fig 2 में दिया गया है

Fig 2



गणना करें

a कुल रिएक्टैंस

b इंपीडेंस (Z)

c करंट

d R,L और C के सिरों पर वोल्टेज ड्रॉप

e वेक्टर डायग्राम बनाना

f गणना किए गए सप्लाई वोल्टेज के मान के आरोपित सप्लाई वोल्टेज से तुलना करना।

g शक्ति गुणांक

h शक्ति गुणांक कोण

हल

a इंडक्टिव रिएक्टेंस

$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.3 = 94.2$ ohms

$X_C = 1/2\pi fC$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 50 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{15714} = 63.69 \text{ ohms}$$

कुदल रिएक्टेंस = $X_L - X_C = 94.2 - 63.69 = 30.51$ ohms.

सर्किट के लिए इम्पीडस Z

b $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{40^2 + (30.51)^2}$

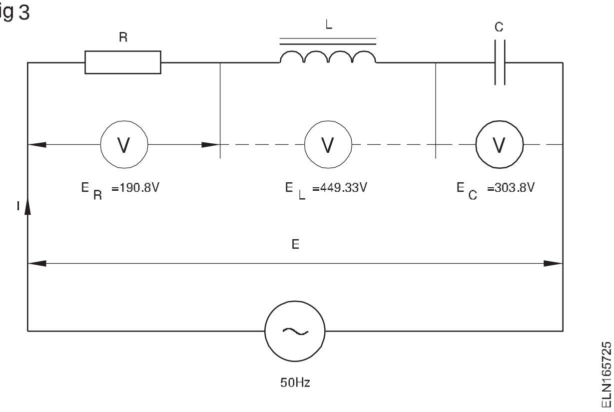
$= \sqrt{1600 + 930.86} = \sqrt{2530.86} = 50.30$ ohms

c RLC सीरीज सर्किट में करंट

श्रेणी सर्किट में करंट I = E/ Z = 240/50.3= 4.77 amps.

d R, L व C में सिरों पर वोल्टेज ड्राप (Fig 3)

Fig 3



E_R = IR = 4.77 X 40 = 190.8 volts

$E_L = IX_L$ = 4.77 X 94.2 ohms = 449.33 volts

$E_C = IX_C$ = 4.77 X 63.69 = 303.80 volts.

रेजिस्टेंस के सिरों पर 190.8 वोल्टेज और इंडक्टर और कैपेसिटर के सिरों के बीच के 145.53 वोल्टेज ड्राप के अंतर ($E_L - E_C$) का सदिश योग लाइन वोल्टेज 240 v वे बराबर होगा ।

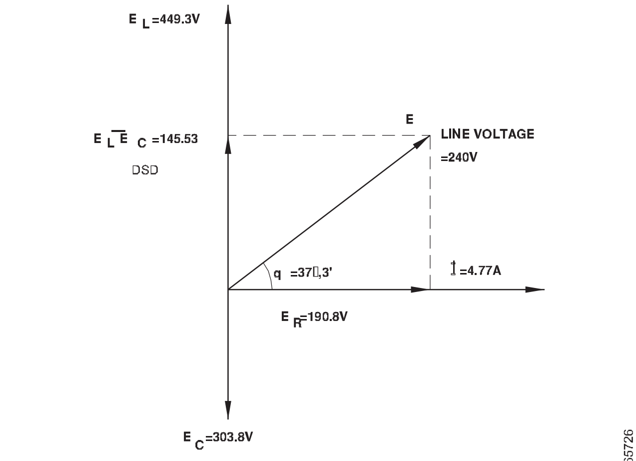
$$E = \sqrt{E_R{}^2 + (E_L - E_C)^2} = \sqrt{190.8^2 + (449.33 - 303.80)^2}$$

अतः E = 240 volts.

Copyright @ NIMI Not to be Republished

e सदिश आरेश Fig 4 में दिखाया गया है ।

Fig 4



VECTOR DIAGRAM

f गणना किया गया वोल्टेज और लगाया गया वोल्टेज बराबर है 240V

g पावर फैक्टर $\cos\theta = E_R / E = 190.8/240 = 0.798$.

h पावर फैक्टर कोण $37^o3'$. (कोज्या सारणी से)

अनुप्रयोग (Application)

इस प्रकार के R-L-C सीरीज़ सर्किट का उपयोग इलेक्ट्रॉनिक ट्यूनिंग परिपथ जैसे रेडियो/टी.वी. में चाही गयी स्टेशन या चैनल प्राप्त करने के लिए किया जाता है। एक परिवर्ती कंडेसर जिसे गेंग कंडेसर किया जाता है जिसका प्रयोग $X_L = X_C$ होने पर चाही गयी स्टेशन/चैनल की फ्रेकवेंसी प्राप्त करते है, इस स्थिति में सर्किट में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है।

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

जब $X_L = X_C$

$Z = R$

धारा $I = V/R$ जो अधिकतम है ।

इस स्थिति में सर्किट को रेजोनेंट कहा जाता है।

रेजोनेस के स्थिति में आकृति

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

as $X_L = X_C$

$2\pi f_R L = 1/2\pi/RC$

अतः

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

AC समांतर परिपथ (सर्किट) में समस्याएँ (AC Parallel circuit problem)

व्यवहारिक में सभी औद्योगिक एवं घरेलू वैद्युतिक परिपथ सामांतर में संयोजित किए जाते हैं जिससे वोल्टेज का मान समान रूप से प्रवाहित होता है। सामांतर परिपथ के सभी शाखाओं में वोल्टेज का मान सप्लाई वोल्टेज के बारबर होता है इस प्राकर से शाखाओं परिपथ में प्रवाहित हाने वाली धाराओं का गणितीय योग कुल करंट के बराबर होना आवश्यक नहीं हैं। यह सत्य है क्योंकि ब्रांच शाखाओं में प्रवाहित होने वाली करंट वोल्टेज से **out of phase** होता है जो कि इस लक्ष्य पर निर्भर करता है कि लोड रैजिस्टिव, इंडक्टिव **(V lead I)** या कैपेसिटिव **(I lead V)** लोड से जुड़ा है।

इस प्रकार कुल करंट का मान शाखाओं में प्रवाहित होने वाली धाराओं के सदिश योग या घटाव से प्राप्त किया जाता है। (एडमिटेंस विधि या वेक्टर विधि से)

AC समांतर परिपथ को हल करने की सदिश विधि (Vector method of solving AC parallel circuit)

AC समांतर सर्किट के वेक्टर डायग्राम बनाने हेतु निम्न नियमों की आवश्यकता होती है-

i परिपथ के सभी शाखाओं के वोल्टेज मान को क्षैतिज रेखा (X axis) से दर्शाया जाता है।

ii शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ में करंट को भी (X axis) पर संबंधित सदिश के साथ दर्शाया जाता है।

iii शुद्ध इंडक्टिव सर्किट में करंट को वोल्टेज वेक्टर से 90^0 लैग पर (Y axis) दर्शाया जाता है।

iv शुद्ध कैपेसिटिव सर्किट में करंट वोल्टेज से 90^0 लीड करती है जिसे Y axis पर दर्शाया जाता है।

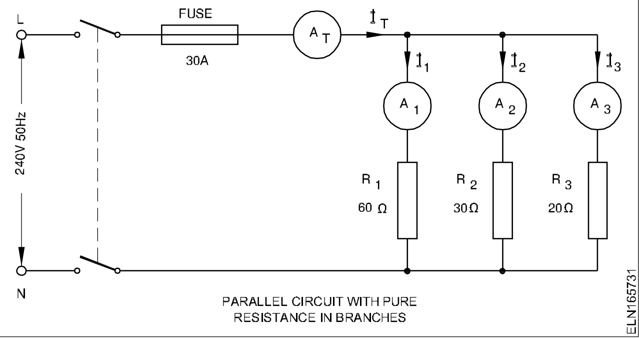
v कुल करंट प्राप्त करने के लिए सदिश घटाव/जोड़ विधि का प्रयोग किया जाता है।

उदाहरण 1

शुद्ध प्रतिरोध समांतर सर्किट में

Fig 1 में दिखाए गए परिपथ पर विचार करें जिसमें समांतर परिपथ की तीनों शाखाओं में शुद्ध प्रतिरोध जुड़े हुए हैं-

Fig 1



PARALLEL CIRCUIT WITH PURE RESISTANCE IN BRANCHES

Copyright @ NIMI Not to be Republished

Fig 1 में दर्शाए परिपथ के लिए निम्नांकित ज्ञात करें-

i प्रत्येक शाखा द्वारा लिया गया करंट (I_1, I_2 & I_3).

ii शाखा धाराओं एवं शाखा वोल्टेज का सदिश आरेख।

iii लाइन करंट I_T.

iv कुल प्रतिरोध

v शक्ति गुणांक कोण (P.F Angle) एवं शक्ति गुणांक (P.F)

vi समांतर परिपथ द्वारा ली गई कुल शक्ति (Power)

हल

i शाखा धारा $I_1 = \frac{V}{R_1}$

$= \frac{240}{60} = 4$ amps

शुद्ध प्रतिरोधी है अतः वोल्टेज के इनफेज हैं।

शाखा धारा $I_2 = \frac{V}{R_2}$

$= \frac{240}{30} = 8$ amps

शुद्ध प्रतिरोधी है अतः वोल्टेज के इस फेज है ।

शाखा धारा $I_3 = \frac{V}{R_3}$

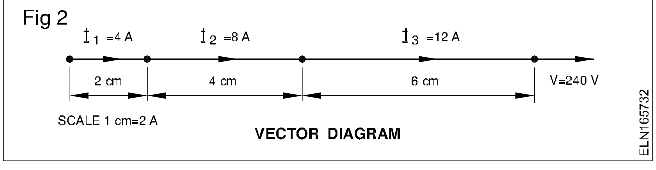
$= \frac{240}{20} = 12$ amps

शुद्ध प्रतिरोधी है अतः वोल्टेज के इन फेज है ।

ii अब ऊपर दर्शाये गए नियमानुसार सदिश आरेख बताएँ ।

निर्धारित पैमाना 1cm = 2 amps. (Fig 2)

Fig 2



iii कुल करंट I_T सभी ब्रांच करेंट I_1, I_2 व I_3 के योग के बराबर है जबकि वे एक दूसरे के इन फेज है ।

$I_T = I_1 + I_2 + I_3$

$= 4 + 8 + 12 = 24$ amps.

iv सभी शाखाओं में शुद्ध प्रतिरोध लोह है अतः कुल प्रतिरोध R_T कुल इंपीडेंस Z के बराबर होगा ।

The total resistance $R_T = Z = \frac{V}{I_T}$

$= \frac{240}{24} = 10$ ohms.

v सदिश चित्र के अनुसार दिये गये वोल्टेज और करेंट में बीच पावर फैक्टर कोण शून्य है ।

पॉवर फैक्टर कोण $= 0$

पॉवर फैक्टर $= \cos ø$

$= \cos 0 = 1$ एकता

vi सर्किट में ली जानेवाली कुल-पावर

$I_T^2 R_T = VI_T \cos ø = 24^2 \times 10$

$= 240 \times 24 = 5760$ watts.

(कुल करंट I_T वोल्टेज के साथ इनफेज है)

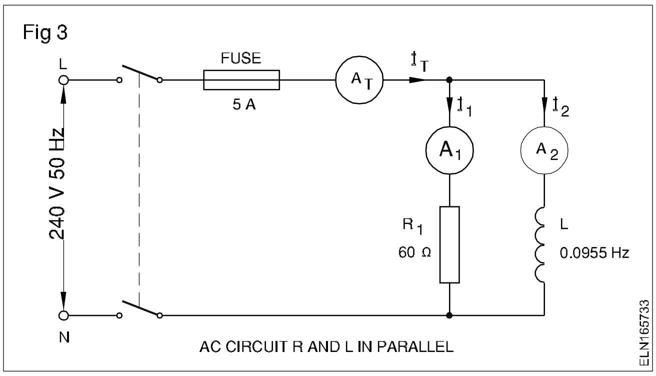
उदाहरण 2

समांतर परिपथ R एवं X_2 शाखाओं में (Parallel circuit with R and X_L in branches)

अब एक ऐसे समान्तर परिपथ पर विचार करें- जिसके एक शाखा में शुद्ध प्रतिरोध और दूसरे शाखा में शुद्ध इंडक्टैंस जुड़ा हो।

Fig 3 में दर्शाए परिपथ के लिए निम्नांकित ज्ञात करें।

Fig 3



i शाखा धारा

ii सदिश आरेख बनाना

iii कुल धारा

iv पावर फैक्टर एंगल एवं पावर फैक्टर

v कुल इम्पीडेंस (प्रतिबाधा)

vi परिपथ की शक्ति

हल

i ब्रांच करंट $I_1 = \frac{V}{R_1}$

$= \frac{240}{60} = 4$ amps

शुद्ध प्रतिरोधी है अतः वोल्टेज के इनफेज हैं ।

ब्रीच करंट I_2 की गणना करने के लिए पहले इंडक्टिव रिएक्टेंस X_L का मान ज्ञात करना है ।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

$X_L = 2\pi FL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.0955$

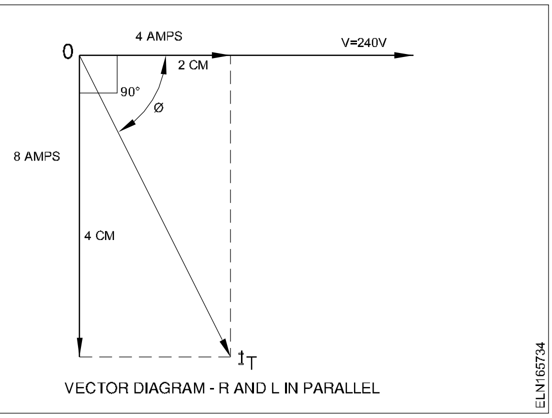
$= 30$ ohms.

अतः ब्रांच करेंट $I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{30} = 8$ amps.

शुद्ध इंडक्टिव है अतः यह रिये गये वोल्टेज से 90^o लैग करता है ।

ii नियमानुसार सदिश आरेख खीचें : पैमाना 1 cm = 2 amps. (Fig 4)

Fig 4



VECTOR DIAGRAM - R AND L IN PARALLEL

कुल धारा I_T का मान ज्ञात करने के लिए समांतर चर्तुभुज पूरा करो ।

कोण ø का मान और $0I_T$ की लंबाई मापें ।

iii मापा गया कोण $63^o 26'$ है ।

पॉवर फैक्टर $= \cos 63^o 26'$

$= 0.447$ लेगिंग

iv $0I_T$ की लंबाई = 4.47 cm.

अतः $I_T = 4.47 \times 2 = 8.94$ amps.

परिपथ का संयुक्त इंपीडेंस = Z.

v परिपथ द्वारा ली जाने वाली पॉवर

$P = VI \cos ø = I_1^2 R$

$= 240 \times 8.94 \times 0.447 = 4^2 \times 60$

= 959 watts लगभग 960 watts.

उदाहरण 3

R और X_C के साथ समांतर परिपथ

अब एक समांतर सर्किट पर विचार करें जिसकी दो शाखाओं में शुद्ध प्रतिरोध तथा तीसरी शाख में शुद्ध कैपेसिटेंस जुड़ा हो।

Fig 5 में दर्शाए परिपथ के लिए निम्नांकित प्राप्त करें

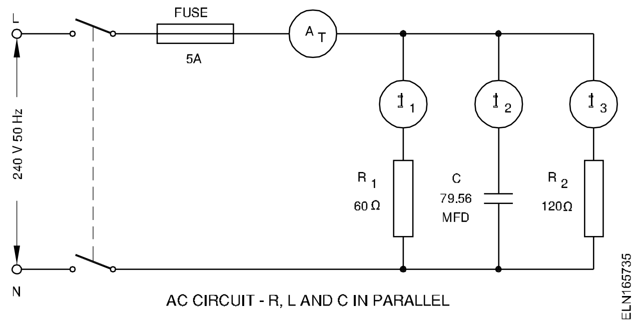
i ब्रांच करंट

ii ब्रांच करंट की सदिश आरेख

iii कुल करंट (I_T)

iv पावर फैक्टर एंगल

Fig 5



AC CIRCUIT - R, L AND C IN PARALLEL

v शक्ति गुणांक

vi परिपथ की शक्ति

हल

i ब्रांच करेंट $I_1 = \frac{V}{RI} = \frac{240}{60} = 4$ amps

शुद्ध प्रतिरोधी है अतः वोल्टेज के इनफेज है ।

ब्रांच करेंट I_2 की गणना करने के लिए पहले हमें कैपेसिटिव रिएक्टेंस X_C का मान ज्ञात करें ।

$X_C = \frac{1}{2\pi FC} = \frac{1}{2 \times 3.142 \times 50 \times 79.56 \times 10^{-6}} = 40\Omega$

अतः ब्रांच करेंट $I_2 = \frac{V}{X_C} = \frac{240}{40} = 6$ amps

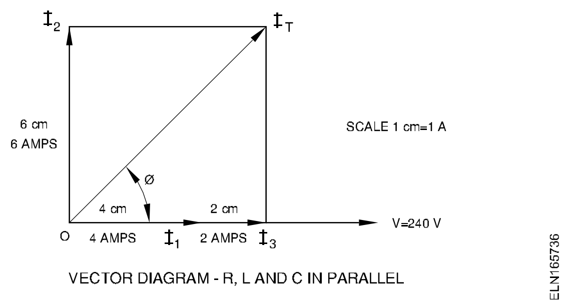
शुद्ध केपेसिटिव है अतः करंट लगाये गये वोल्टेज से 90^o लीड करेगा।

ब्रांच करंट $I_3 = \frac{V}{R} = \frac{240}{120} = 2$ amps

ii पैमाने से सादिश आरेख बनाएँ ।

कुल करेंट I_T का मान ज्ञात करने के लिए समांतर चर्तुभुज की पूरा करें (Fig 6)

Fig 6



VECTOR DIAGRAM - R, L AND C IN PARALLEL

iii OI_T की लंबाई = 8.5cm.

कुल करेंट I_T. $= 8.5 \times 1 = 8.5$ amps.

iv कुल करेंट और वोल्टेज के बीच कोण मापें

मापा गया कोण $\theta = 45^o$ leading.

v पॉवर फैक्टर $\cos ø = \cos 45^o = 0.707$.

Copyright @ NIMI Not to be Republished

vi परिपथ के द्वारा लिया गया पावर

$P = VI \cos\theta = (I_1^2R_1 + I_3^2R_2) = 240 \times 85 \times 0.707$

$= (4^2 \times 60 + 2^2 \times 120)$

1442 लगभग 1440 watts.

उदाहरण 4

R, X_L एवं X_C के साथ समांतर परिपथ (Parallel circuit with R, X_L and X_C)

अब ऐसे समांतर परिपथ पर विचार करें, जिसके एक शाखा पर शुद्ध प्रतिरोध, दूसरे शाखा पर शुद्ध इंडक्टैंस एवं तीसरे शाखा पर शुद्ध कैपेसिटैंस Fig 7 में दर्शाए अनुसार जुड़े हैं।

Fig 7

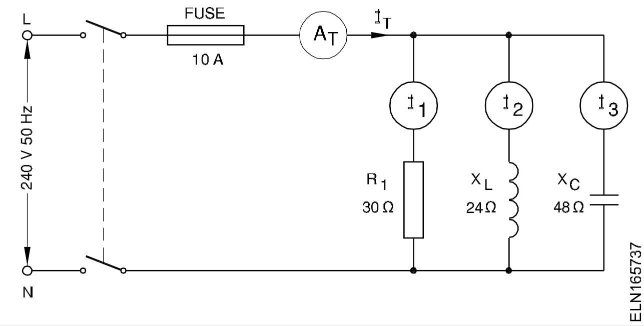


Fig 7 में दर्शाए परिपथ के लिए निम्न ज्ञात करें।

i शाखा धारा

ii शाखा आरेख

iii कुल धारा I_T.

iv पावर फैक्टर कोण

v पावर फैक्टर

vi परिपथ के द्वारा लिया गया पावर

vii परिपथ की इंपीडेंस

हल

i ब्रांच करेंट

$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{240}{30}$ = 8 एम्पियर्स वोल्टेज V के साथ इनफेज

ब्रांच करेंट

$I_2 = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{24}$ = 10 एम्पियर्स वोल्टेज 'V' से 90º लेग कर रहा है ।

ब्रांच करेंट

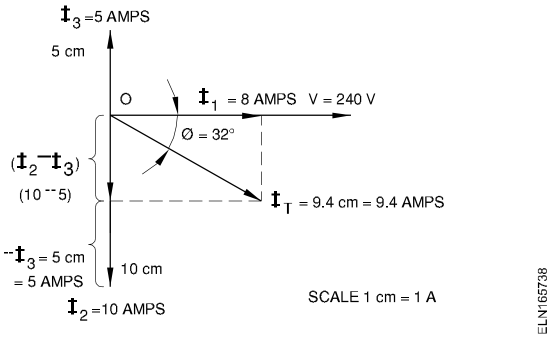
$I_3 = \frac{V}{X_C} = \frac{240}{48}$ = 5 एम्पियर्स वोल्टेज 'V' से 90º लेग कर रहा है।

ii पैमाना निर्धारित करते हुए सादिश आरेख बनाएँ

स्केल 1 cm = 1 ampere

कुल करंट I_T प्राप्त करने हेतू (Fig 8) के अनुसार समांतर चर्तुभुज का निर्माण करते हैं ।

Fig 8



iii OI_T की माप = 9.4 cm.

कुल करंट

$I_T = 9.4 \times 1 = 9.4$ amps.

iv कुल करंट और वोल्टेज के मध्य कोण का माप

मापी गई कोण = 32º लैगिंग

v पॉवर फैक्टर $\cos\theta = \cos 32^o = 0.85$.

vi परिपथ के द्वारा लिया पावर

$VI \cos\theta = I_1^2R$

$= 240 \times 9.4 \times 0.85 = 8^2 \times 30$

= 1918 लगभग 1920 watts.

vii कुल इंपीडेंस Z

$$Z = \frac{V}{I_T} = \frac{240}{9.4} = 25.5 \text{ ohms}$$

AC समांतर परिपथ को हल करने की एडमिटेंस विधि (Admittance method of solving AC parallel circuit)

AC समांतर परिपथ के समूहों के समस्याओं को हल करने में सदिश या एडमिटेंस विधि प्रयोग की जा सकती हळ। इस प्रकार सदिश विधि से श्रेणी समांतर संयुक्त परिपथ को हल करने में परेशानी होगी।

एडमिटेंस विधि के द्वारा साधारण गणित जैसे संख्या एवं दशमलव पर आधारित उनका जोड़, घटाव, वर्ग और फॉर्मूजा के जटिल समस्याओं को आसानी से निराकरण किया जा सकता है।

समांतर AC परिपथ में इस विधि का प्रयोग समस्या को हल करने में कैसे किया जा सकता है, आइए जानें-

जब विभिन्न प्रतिबाधाएँ जैसे Z_1, Z_2 एवं Z_3 समांतर में संयाजित हैं, तब उनकी कुल प्रतिबाधा निम्नवत प्राप्त कर सकते हैं।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}+\frac{1}{z_3}} \text{ (समीकरण .... 1)}$$

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}+\frac{1}{z_3}} .... + \frac{1}{z_n} \text{ (सदिश योग)}$$

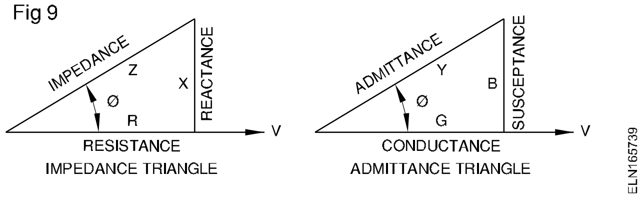
प्रत्यावर्ती

$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$ जहाँ $\frac{1}{Z} = Y$

जहाँ इम्पीडेंस का व्युत्क्रम एडमिटेंस कहलाता है। इसकी इकाई सिमेन्स है तथा प्रतीक Y है।

इम्पीडेंस की तरह एडमिटेंस के दो अवयव होते हैं, जैसे Fig 9 में दिखाया गया है।

Fig 9



वह अंश/राशि जो वोल्टेज के साथ इन फेज है कंडक्टैंस कहलाता है मात्रक सिमेंस और प्रतीक G है ।

और अन्य अंश जो सप्लाई स्रोत के क्वाडरेचर (90° बाद अधिकतम तथा मिनमम मान तक पहुँचना) होता है वह सस्प्टैंस (susceptance) कहलाथ्ता है । उसकी मात्रक सिमेंस (Siemens) और प्रतीक 'B' है ।

एडमिटैंस $Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$ (सदिश)

एडमिटैंस त्रिभुज से हम जानते हैं कि

$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ .... समीकरण

$G = Y \cos \theta$ .... समीकरण

जहाँ $Y = \frac{1}{Z}$ और $\sin \theta = \frac{R}{Z}$

अतः $G = Y \times \frac{R}{Z} = \frac{R}{Z^2} = \frac{R}{R^2 + X^2}$ .... समीकरण

$B = Y \sin \theta$ .... समीकरण

जहाँ $Y = \frac{1}{Z}$ and $\sin \theta = \frac{X}{Z}$

अतः $B = \frac{1}{Z} \times \frac{X}{Z} = \frac{R}{Z^2} = \frac{R}{R^2 + X^2}$ .... समीकरण

इस प्रकार जब विभिन्न रेजिस्टैंस, रिएक्टैंस समांतर में संयोजित हैं तो अलग-अलग शाखाओं में उनके चालकता का योज से कुल चालकता ज्ञात की जा सकती है।

$G = G_1 + G_2 + G_3 + ...+G_m$

इसी प्रकार जब अनेक रिएक्टान्सों को समान्तर जोड़ा जाता हैं तो ससेप्टान्स की स्वतंत्र शाखाओं को बीजगणित के द्वारा जोड़ा जा सकता है जिससे कुल ससेप्टान्स प्राप्त हो । इन्टक्टिव रिएक्टान्स से प्राप्त ससेप्टान्स +ve चिह्नों के माध्यम से लिया जाता है, वही कैपेसिटिव रिएक्टान्स से प्राप्त ससेप्टान्स को –ve चिह्न के माध्यम से लिया जाता है ।

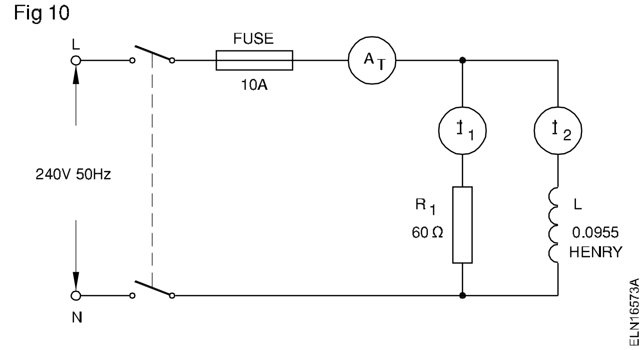
$B = b_1 + b_2 + (–b_3) ....$

उदाहरण 1

R और X_L के साथ समांतर परिपथ शाखाओं में (Parallel circuit with R and XL in branches)

Fig 10 में दर्शाए परिपथ के लिए निम्न ज्ञात करें -

Fig 10



i शाखा परिपथों की चालकता:

कंडक्क्टैंस $G = g_1 + g_2$

जहाँ g_1 और g_2 क्रमशः शाखा 1 और 2 के कंडक्टैंस हैं ।

शाखा 1 में

$$g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{60}{60^2 + 0^2}$$

$$= \frac{60}{60^2} = \frac{1}{60} = 0.01667 \text{ Siemens}$$

$$b_1 = \frac{X}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{0}{60^2 + 0^2}$$

शाखा 2 में

$$X_L = 2\pi fL = 2 \infty \frac{22}{7} \infty 50 \infty 0.0955 = 30 \text{ ohms}$$

$$g_2 = \frac{R_1}{R_2^2 + X_2^2} = \frac{0}{0^2 + 30^2} = 0$$

$$b_2 = \frac{X}{R_L^2 + X^2} = \frac{30}{0^2 + 30^2} = \frac{1}{30} = 0.033 \text{Siemens}$$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

एडमिटैंश्स $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$

जहाँ $G = g_1 + g_2 = 0.01667 + 0 = 0.01667$ सिमेंस

और $B = b_1 + b_2 = 0 + 0.0333 = 0.0333$ सिमेंस

i.e $Y = \sqrt{0.01667^2 + 0.0333^2} = 0.0372$ सिमेंस

= 0.0372 सिमेंस

ब्रांच करंट $I_1 = \frac{V}{Z_1}$

$\frac{V}{R} = \frac{240}{60} = 4$ एम्पियर्स वोल्टेज के साथ इनफेज है ।

ब्रांच करंट $I_2 = \frac{V}{Z_2}$

$\frac{V}{X_L} = \frac{240}{30} = 8\text{amps}$

सप्लाई वोल्टेज से 90º लैग है ।

कुल करंट = $I_T = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$

$= \sqrt{4^2 + 8^2} = \sqrt{16 + 64}$

= 8.94 एम्पियर्स

प्रत्यावर्ती, $I = \frac{V}{Z}$ = VY = 240 x 0.0372

= 8.94 एम्पियर्स

पॉवर फैक्टर $= \frac{G}{Y} = \frac{I_1}{I_T}$

$= \frac{0.01667}{0.0372} = \frac{4}{8.94}$ = 0.448 लगभग 0.447.

इसलिए पावर फैक्टर कोण = 63º 26'.

परिपथ की इंपीडैंस $Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.0372} = 26.88\text{ ohms}$

परिपथ के द्वारा लिया गया पावर = VI cos ø

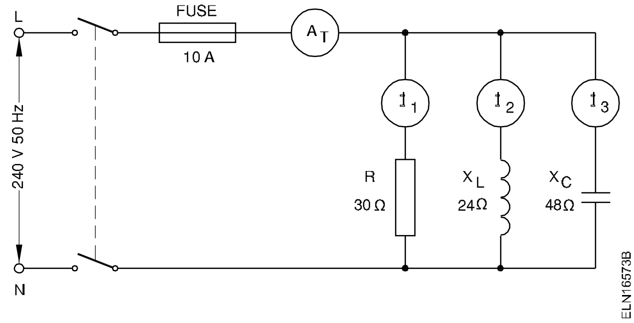
= 240 x 8.94 x 0.447

= 959 वाट

उदाहरण 2

Fig 11 में R, X_L एवं X_C वाला समांतर परिपथ

Fig 11



निम्नांकित ज्ञात करें।

i प्रत्येक शाखा का conductive एवं susceptance

ii कुल G,B एवं Y

iii ब्रांच करंट

iv PF and PF कोण

v P.F एवं P.F कोण

i सर्किट द्वारा लिया गया शक्ति

$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^2} = \frac{30}{30^2} = \frac{1}{30}$

= 0.0333 सिमेंस

$g_2 = \frac{R_2}{Z_2^2} = \frac{0}{24^2} = 0$

$g_3 = \frac{R_3}{Z_3^2} = \frac{0}{48^2} = 0$

ब्रांच परिपथ की सस्टेंस

$b_1 = \frac{X_1}{Z_1^2} = \frac{0}{30^2} = 0$

$b_2 = \frac{X_2}{Z_2^2} = \frac{24}{24^2} = \frac{1}{24}$

= 0.04167 सिमेंस

$b_3 = \frac{-X_3}{Z_1^2} = \frac{-48}{-48^2} = -\frac{1}{48}$

= - 0.02083 सिमेंस

Copyright @ NIMI Not to be Republished

ii कुल कंडक्टैंस $G = g_1 + g_2 + g_3$

$= 0.0333 + 0 + 0$

$= 0.0333$ सिमेंस

कुल सस्टटैंस $B = b_1 + b_2 + b_3$

$= 0 + 0.04167 + (-0.02083)$

$= 0.02084$ सिमेंस

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

$$= \sqrt{0.333^2 + 0.02084^2}$$

$= 0.03928$ सिमेंस

iii ब्रांच करंट $I_1 = \frac{V}{Z_1}$

$= \frac{V}{R} = \frac{240}{30} = 8$ एम्पियर्स फेज के साथ इनफेज है ।

ब्रांच करंट $I_2 = \frac{V}{Z_2}$

$\frac{V}{X_L} = \frac{240}{24} = 10$ एम्पियर्स वोल्टेज से 90° लैग है ।

ब्रांच करंट $I_3 = \frac{V}{X_3}$

$= \frac{240}{48} = 5$ एम्पियर्स वोल्टेज से 90° लैग है ।

कुल धारा

$$I_T = \sqrt{I_1^2 + (I_2 - I_3)^2}$$

$$= \sqrt{8^2 + (10-5)^2} = \sqrt{89}$$

$= 9.43$ एम्प्स

प्रत्यावर्ती

$I_T = VY = 240 \times 0.03928$

$= 9.43$ एम्प्स

iv पॉवर फैक्टर $= \frac{G}{Y} = \frac{I_R}{I_T}$

$$= \frac{0.0333}{0.03929} = \frac{8}{9.43}$$

$= 0.848.$

v पॉवर फैक्टर कोण = 32° लैगिंग

परिपथ के द्वारा लिया गया पावर = VIcos ø

$= 240 \times 9.43 \times 0.848$

$= 1919$ वाट्स

कुल इंपीडेंस $= Z = \frac{1}{Y}$

$\frac{1}{0.03929} = 25.5$ ओह्मस

सदिश विध से प्राप्त हल से उपरोक्त विधि से प्राप्त हुए हल की जाँच करें ।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

पॉवर फैक्टर (Power factor)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **पावर फैक्टर परिभाषित करना लो पॉवर फैक्टर के कारणों का वर्णन करना**
- **परिपथ में निम्न पॉवर फैक्टर और उच्च पॉवर फैक्टर के लाभ एवं हानि की जानकारी प्राप्त करना**
- **किसी परिपथ (circuit) में पॉवर फैक्टर (PF) को सुधारने की विधि का वर्णन करना**
- **उद्योगो में पॉवर फैक्टर सुधारने के महत्तव को जानना**
- **लीडिंग लैंगिग तथा शून्य पॉवर फैक्टर को पहचान करना**
- **ISI 7752 (part I) 1975 के द्वारा विद्युतीय उपकरण के लिए निर्धारित पॉवर फैक्टर को जानना।**

पॉवर फैक्टर (P.F.) (Power Factor (P.F.))

वास्तविक शक्ति एवं आभाषी शक्ति के अनुपात को पॉवर फैक्टर कहते हैं और इसे Cos θ से दर्शाया जाता है।

$$\text{i. e. Power Factor} = \frac{\text{True Power } (W_T)}{\text{Apparent Power} (W_a)} = \text{Cos } \theta$$

$$\text{or Cos } \theta = \frac{W_T}{V \times I}$$

जहाँ W_T वास्तविक शक्ति (Tour power) है और इसे Watt में मापा जाता है कभी-कभी किलोवाट (KW) में भी मापा जाता है। इसी प्रकार वोल्टेज और करंट का गुणनफल आभाषी शक्ति कहलाता है जिसे वोल्ट-एम्पियर या कभी-कभी किलो वोल्ट एम्पियर (KVA) में मापा जाता है। इसे KVA में दर्शाते हैं।

अधिकांश वैद्युतिक मशीन एवं उपकरण सप्लाई स्त्रोत से आभाषी शक्ति व्यय करते हैं जिनके लिए उपयोगी शक्ति (wattful power) की मांग बढ़ जाती है यह रिएक्टिव पावर के कारण होता है। मोटर और ट्रांसफार्मर में मैग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करने के लिए KVAR पॉवर आरथक होता है।

लोड के उपयोगी शक्ति (true power) तथा आभाषी शक्ति (apparent power) के अनुपात को पॉवर फैक्टर (PF) कहा जाता है। रिएक्टिव पावर विद्युत प्रणाली हेड अनिवार्य शक्ति (power) है परंतु इसके कारण विद्युत प्रणाली की मांग/खर्च अतिरक्त बढ़ जाती है।

निम्न पॉवर फैक्टर का मुख्य कारण सर्किट में रिएक्टिव पावर प्रवाहित होना हैं। रिएक्टिव पॉवर का मान इंडक्टिव लोड में कैपेसिटिव लोड की अपेक्षा अधिक होता है।

सर्किट में पॉवर फैक्टर और उसके प्रकार की विभिन्नता

अलग-अलग परिपथों में विभिन्न स्थितियों में पॉवर फैक्टर का मान निम्न होता हैं-

युनिटी पॉवर फैक्टर(Unity power factor)

यदि किसी परिपथ(ciruuit) में वास्तविक शक्ति एंव आभाषी शक्ति का मान बराबर है लो पॉवर फैक्टर यूनिटी होगा इस स्थिति में धारा वोल्टेज के इन-फंज होता है तथा उपयोग कार्य किया जाता हे। (Fig 1a)

लीडिंग पावर फैक्टर(Leading power factor)

यदि किसी सर्किअ में करंट वोल्टेज से कोण इलेक्लि डिग्री से आगे रहता है तो पावर फैक्टर लीडिंग अधिक होगी। ज्यादातर कैपेसिटिव सर्किट तथा अति ऊतेजित सिन्क्रोनस पॉवर फैक्टर प्राप्त होता है। (Fig 1b)

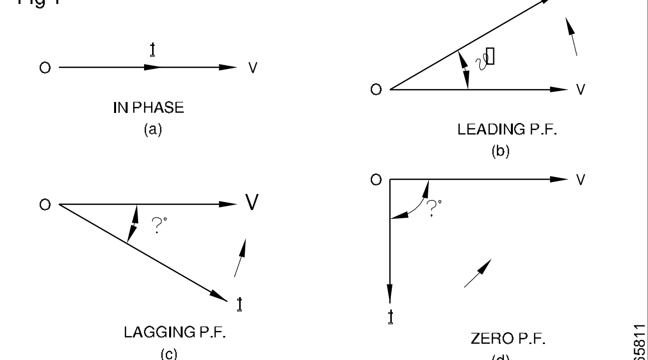
लैगिंग पॉवर फैक्टर(Lagging power factor)

यदि परिपथ में वास्तविक शक्ति का मान आभाषी शक्ति से कम है तथा करंट वोल्टेज की अपेक्षा लैग (Lagg)करता है तब पॉवर फैक्टर लैगिंग कहलाता है।ज्यादातर इंडक्टिव लोड जैसे - इंडक्शन मोटर इंडक्शन फर्निस लैगिंग पावर फैक्टर का कारण बनते हैं। (Fig 1c)

शून्य पावर फैक्टर (Zero power factor)

जब सर्किट में करंट तथा वोल्टेज के मध्य का फेज डिफरेंट होता है तो पावर फैट्टर शून्य होगा। तथा कोई भी उपयोग कार्य नहीं किया जा सकता है शुद्ध इंडक्टिव तथा शुद्ध कैपेसिटिव सर्किट शून्य पावर फैक्टर प्रदान करते हैं। (Fig 1d)

Fig 1



PHASE RELATIONSHIP BETWEEN V AND I

पॉवर फैक्टर एक या एक से कम होता है किंतु एक से अधिक कभी नही हो सकता।

टेबल - 1 में सामान्य उपयोग किए जाने वाले विधुतीय उपकरण और उनके पॉवर वॉट(wat) में तथा औसत पॉवर फैटटर दियें गया है।

टेबल- 2 उधैगो में प्रयोग किये जाने वाले उपकरणों का सामान्य पॉवर फैक्टर दिया गया हैं।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

टेबल 1

सिंगल फेज इलेक्ट्रिकल्स उपकरण/यंत्रों के लिए निर्धारित पावर फैक्टर (संदर्भ IS 7752 (Part I) - 1975)

क्र.सं.	उपकरण/यंत्र	पावर आउटपुट		एवरेज न्यूट्रल पावर फैक्टर
		Min. (W)	Max. (W)	
1	न्योन साइन	500	5000	0.5 to 0.55
2	विन्डो टाइप एयर कंडीशनर	750	2000*	0.75 to 0.85
				0.68 to 0.82
				0.62 to 0.65
3	मिक्सर	150	450	0.8
4	काफी ग्राइन्डर	200	400	0.75
5	रेफ्रिजरेटर	200	800	0.65
6	फ्रीज	600	1000	0.7
7	सावर	80	250	0.6
8	टेबल फेन	25	120	0.5 to 0.6
9	सिलिंग फेन	60	100	0.5 to 0.7
10	एक्जास्ट फेन	150	350	0.6 to 0.7
11	सिविंग फेन	80	120	0.7 to 0.8
12	वंशिंग मशीन	300	450	0.6 to 0.7
13	रेडियो	25	450	0.8
14	वेक्यूम क्लीनर	200	450	0.7
15	ट्यूब लाइट	40	100	0.5
16	क्लॉक	5	10	0.9

* जब कम्प्रैशन मोटर सर्किट में नहीं होता है, तो ड्रापिंग प्रारंभ होता है ।

टेबल 2

तीन फेज इलेक्ट्रिकल्स इन्स्टालेशनों के लिए पावर फैक्टर (संदर्भ IS 7752 (Part I) - 1975)

क्र.सं.	स्थापना के प्रकार	न्यूट्रल पॉवर फैक्टर
1	कोल्ड स्टोरस एवं फिसरीस	0.7 to 0.80
2	सिनेमास	0.78 to 0.80
3	कॉनफिक्शनरी	0.77
4	डेविंग एण्ड प्रीटींग	0.60 to 0.87
5	प्लास्टिक मोलडिंग	0.57 to 0.73
6	फिल्म स्टूडियों	0.65 to 0.74
7	हैवी इंजीनियरिंग वर्क	0.48 to 0.75
8	फार्मास्युटिकल्स	0.75 to 0.86
9	ऑयल और पेन्ट मेन्युफेक्चरिंग	0.51 to 0.69
10	प्रिटींग प्रेस	0.65 to 0.75
11	फुड प्रोडक्ट्स	0.63
12	लॉर्न्डिस	0.92
13	फ्लोर मिल्स	0.61
14	टेक्सटाइल मिल्स	0.86
15	ऑयल मिल्स	0.51 to 0.59
16	वुलन मिल्स	0.70
17	कॉटन प्रेस	0.63 to 0.68
18	फांउण्ड्रीस	0.59
19	टाइल्स और मोसेक	0.61
20	केमिकल्स	0.72 to 0.87
21	रोलिंग मिल्स	0.72 to 0.60
22	सिंचाई पम्प	0.50 to 0.70

Copyright @ NIMI Not to be Republished

पॉवर फैक्टर(PF) के कारण (Causes of low power factor)

उसके निम्न कारण हैं ।

i औद्योगिक एंव घरेलु क्षेत्र में ज्यादातर इन्डक्शन मोटर उपयोग किया जाता है इंडक्शन मोटर हमेशा लैगिंग करंट लेता है ।

ii इसकी वजह से पॉवर फेक्टर(PF) निम्न(Low) हो जाता है।

iii उद्योगो में उपयोग किए जाने वाले इंडक्शन फटने भी पॉवर फैक्टर को निम्न (Low) करता है।

iv इंडक्टिव लोड और चुम्बकीय करंट के कारण सब स्टेशन का ट्रांस फार्मर भी लैगिंग पॉवर फैक्टिर प्राप्त करता हैं।

निम्न पावर फैक्टर की हानियाँ नीचे प्रकार हैं :

a दिये गये वास्तविक शक्ति के लिए करंट का मान निम्न पावर फैक्टर के कारण बंड जाता हैं। इस कारण से जनरेटर्स केबलस ट्रांसमिशन और डीस्ट्रीब्यूशन लाइन तथा ट्रांसफार्मरस् ओवर लोडिंग हो जाता हैं।

b निम्न पॉवर फैक्टर के कारण ऊपयोग बिन्दु पर लाइन वोल्टेज का मान कम हो जाता हैं।(ग्राहकों के उपकरण तक पहुचने से पहले वोल्टेज ड्राप होता है।) हुए वोल्टेज ड्राप और पॉवर ब्यास के कारण लाइन वोल्टेज का मान कम प्राप्त होता हैं।

c संयत्र एंव मशीन की दक्षता में कमी आती हैं।(Low वोल्टेज के कारण)

d विधुत की खपत बंद जाती हैं।(बिजला बिल भी बढं जाती हैं।)

उच्च पावर फैक्टर(High P.F.) के निम्न लाभ है:

दिये गये लोड के लिए उच्च पॉवर फैक्टर करंट के मान को कम करता हैं और निम्न लाभ होता हैं:

a दिये गए लाइन से ही अतिरिक्त पॉवर प्रसारित (Transmit)कर सकते है। एंव अतिरिक्त लोड भी संयोजित कर सकते हैं।

b लाइन में वोल्टेज ड्राप कम होने के कारण प्रसारण (Transmision) दक्षता उच्च होता हैं। और वोल्टेज ड्राप के बिना उपयोग बिन्दु पर सामान्य वोल्टेज प्राप्त प्राप्त होता हैं।

c संयंत्र और मशीनों को प्रचात्यन हेतु वोल्टेज बढ़ने (Improve)से दक्षता बढ़ जाती हैं।

d सामान समय में समान खपत के लिए बिजली बिल कम हो जाता हें।

पावर फैक्टर सुधारने की विधि (Method of improving the power factor)

परिपथ में पॉवर फैटटर को बढ़ाने हेतु दो विधियों का ऊपयोग किया जाता है :

i परिपथ में सिनक्रोनस मोटर को हल्के लोड के साथ अति उत्तेजित(Cover Excitel) कर चलाने से पॉवर फैक्टिटर (PF)बढ़ जाता हैं।

ii कैपेसिटर को लोड के समांतर(Parallal) संयोजित करने से।

भारतीय उधौगो में कैपेसिटर विधी का प्रयोग किया जाता है।

सिन्क्रोनस कैपेसिटर विधि (Synchronous condenser method)

कुछ उधौगों में सिन्क्रोनस मोटर को पॉवर फैक्टटर सुधारने के लिए उपयोग किया जाता हैं। अति उत्तेजित(Cover Excited) सिन्क्रोनस मोटर लीडिंग करंट लेता हैं और अन्य लोड के द्वारा लिए गए लैग्रिक करंट की क्षति पूर्ती करना हैं।

सिन्क्रोनस मोटर के द्वारा लीडींग वोल्टर एरपीयर लिया जाता हैं जब अति उतेजित मोटर उस लैगिंग वोल्टेज का विरोध करना हैं जो कि इंडक्टिव लोड के द्वारा उत्पन्न हुआ था। इस प्रकार वोल्ड एरिपयर रिएक्टिव अथवा को कम करने पॉवर फैक्टट को बढ़ाता हैं।

उदाहरण

एक उधौग 100 kW में लोड लगा है जो कि 0.6 PF लैगिंग पॉवर फैक्टट पर कार्य कर रहा हैं। और एक सिन्क्रोन्स मोटर 30 kW को बढ़ाने के लिए लगाया गया हैं। सिन्क्रोनस मोटर का हैं जो 0.8 PF लीडिंग पर कार्य कर रहा हैं निम्नलिखित की गणना करें :

i वास्तविक शक्ति (true power) वाट में 0.6 लैगिंग p.f पर आभासी शक्ति (apperent power) VAR में

ii वास्तविक शक्ति watt, में। और आभासी शक्ति Volt-VAR में और सिन्क्रोनस मोटर के लिए लैगिंग पॉवर फैक्टर पर लीडींग रिएक्टिव पॉवर 0.8P.F में ज्ञात करें

iii वास्तविक शक्ति में रिएक्टिव पॉवर में और आभाषी पॉवर में और फीडर के द्वारा दिए गए लाइन के लिए ज्ञात करें।

i लोड फैक्टर (Factory Load)

लोड kW में = 100 kW

लोड वाट्स में = 100×10^3 watts

लोड वोल्ट एम्पियर $= \frac{\text{True power}}{\text{PF}} = \frac{100\times10^3}{0.6}$

= 167×10^3 वोल्ट - एम्पियर

लोड vars में = वोल्ट एम्पियर x $\sin\theta$

= $\cos\theta = 0.6$

= $\theta = 53.1^o$

= $\sin\theta = \sin 53.10 = 0.8$

लोड vars में = $167 \times 10^3 \times 0.8$

= 133.6×10^3 vars लैगिंग

Fig 2 को जाँच करें

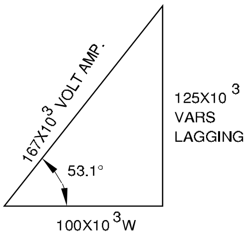
ii सिंगक्रनस मोटर (Synchronous motor)

मोटर लोड kW में = 30 kW = 30×10^3 वाट्स

मोटर लोड वोल्ट - एम्पियर में $= \frac{\text{True power}}{\text{PF}} = \frac{30\times10^3}{0.8}$

Copyright @ NIMI Not to be Republished

Fig 2



FACTORY LOAD - VECTOR REPRESENTATION

= 37.5×10^3 volt - amperes

मोटर लोड vars में = वोल्ट एम्पियर sin θ

Cos θ = 0.8

θ = 36.1º

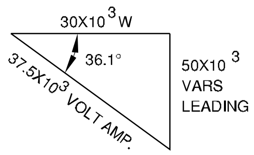
Sin θ = Sin 36.1º = 0.6

मोटर लोड vars में = $37.5 \times 10^3 \times 0.6$

= 22.5×10^3 vars लैगिंग

Fig 3 को जाँच करें ।

Fig 3



SYNCHRONOUS MOTOR - VECTOR REPRESENTATION

iii फिडर लाइन (Feeder line)

स्थिति (Condition) : पावर फैक्टर बढ़ाने के लिए सिन्क्रोनस मोटर को लोड के साथ जोड़ना चाहिए ।

पूर्ण लोड वाट में = वास्तविक शक्ति फैक्टर + वास्तविक शक्ति जो सिन्क्रोनस मोटर द्वारा लिया गया ।

= $100 \times 10^3 + 30 \times 10^3$

= 130×10^3 वाट्स

पूर्ण लोड़ V_{ARS} =

फैक्टर रिएक्टिव शक्ति (इंडक्टिव) सिन्क्रोनस मोटर रिएक्टिव पावर (कैपेसिटिव)

= $133.6 \times 10^3 - 22.5 \times 10^3$ V_{ARS} लैगिंग

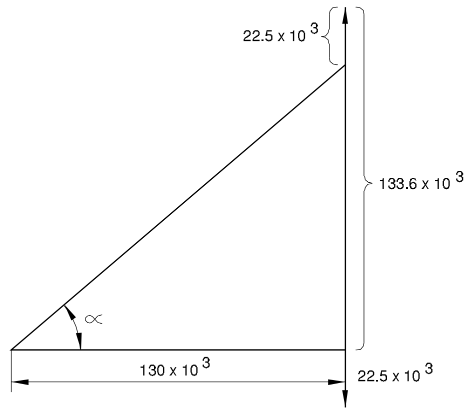
= 111.1×10^3 V_{ARS} लैगिंग

इसका वैक्टर डायग्राम Fig 4 में दिखाया गया है ।

अब $\tan\alpha = \frac{\text{Opp. side}}{\text{Adj. side}} = \frac{111.1 \times 10^3}{130 \times 10^3} = 0.8546$

कोण α = 40.5º

Fig 4



LOAD + SYNCHRONOUS MOTOR (VECTOR REPRESENTATION)

सिन्क्रोनस मोटर को कनेक्ट करने बाद पावर फैक्टर का कारक

= Cos θ = Cos 40.5º = 0.7604

पावर फैक्टर 0.6 से 0.7604 तक बढ़ा सिन्क्रोनस मोटर का उपयोग करने से ।

उद्योगों को सप्लाई की जानेवाली वर्तमान वोल्ट एम्पियर (Present volt-amperes supplied by the factory)

$$= \frac{\text{True power}}{\text{PF}} = \frac{\text{Truepower}}{\cos\alpha}$$

$$= \frac{130 \times 10^3}{\cos 40.5^\circ} = \frac{130 \times 10^3}{0.7604}$$

= 171×10^3 वोल्ट एम्पियर

कन्डेन्सर विधि (Condenser method)

सप्लाई लाइन के समांतर में कैपेसिटर संयोजित करने से में सुधार होता है। परिपथ में कैपेसिटर को लोड के डेल्टा में संयोजित किया जाता है। वर्तमान में ऐसा संयोजित रहता हैं जो कि परिपथ में लो को पता लगाकर स्विच ऑन करने पर आवश्यक क्षमता के कैपेसिटर के मान को निर्धारित करना है जिससे में सुधार लाया जा सकें।

समन्यताः इस प्रकार के कैपेसिटर को अलग से दिए गए प्रतिरोध के द्वारा निरावेशित किया जाता हैं। इस प्रकार विधुत शॉक से बचाने के लिए कैपेसिटर के कोई भी टर्मीनल को छुना नही करना चाहिए।

Copyright @ NIMI Not to be Republished