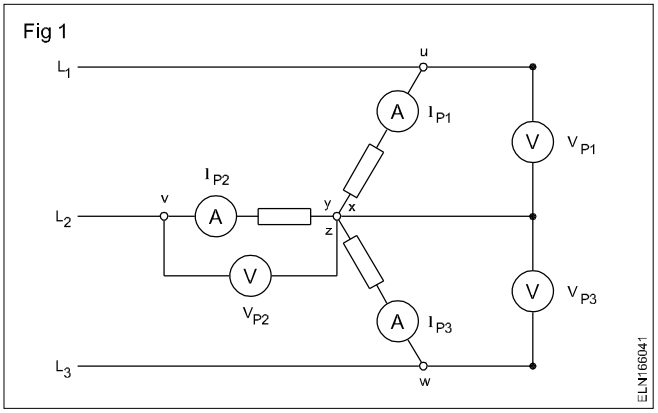
तारा और डेल्टा सम्बन्धों में शक्ति (Power in star and delta connections)

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

- **3ϕ AC में सक्रिय, आमापी तथा रिएक्टिव पावर का वर्णन करना**
- **असंतुलित और संतुलित लोड के व्यवहार का वर्णन करना**
- **न्यूट्रन के अर्थिंग की विधि बतना**
- **तीन कला तारा डेल्टा सम्बन्धित भाग में शक्ति ज्ञात करना ।**

(Fig 1) में तार सम्बन्ध में तीन प्रतिरोध भारों को दिखाया गया है इसलिये एक कला शक्ति की तुलना में शक्ति तीन गुना होना चाहिये।

Fig 1



$$P = 3V_pI_p.$$

यदि व्यक्तिगत कलाओं में V_P और I_P संख्याओं को संगत पंक्ति संख्याओं V_L और I_L से क्रमश : प्रतिस्थापित कर दिया जाय तो निम्न प्राप्त होता है :

$$P = 3\frac{V_L}{\sqrt{3}}I_L.$$

(चूंकि $V_P = V_L \div \sqrt{3}$ और $I_p = I_L$)

चूंकि $3 = \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ इस समीकरण का निम्न सरल रूप किया जा सकता है।

$$P = \sqrt{3}\, V_L I_L$$

ध्यान दें कि एक प्रतिरोध परिपथ में शक्ति गुणक एक होता है इसलिये शक्ति गुणक गणना में सम्मिलित नही होता ।

संख्या	P	V_L	I_L
मात्रक	W	V	A

शुद्ध प्रतिरोधी भार में शक्ति (ϕ=0 $\cos\phi = 1$) पूर्ण रूप से सक्रिय शक्ति होती है जो ऊष्मा में परिवर्तित होती है। सक्रिय शक्ति का मात्रक वाट (W) है।

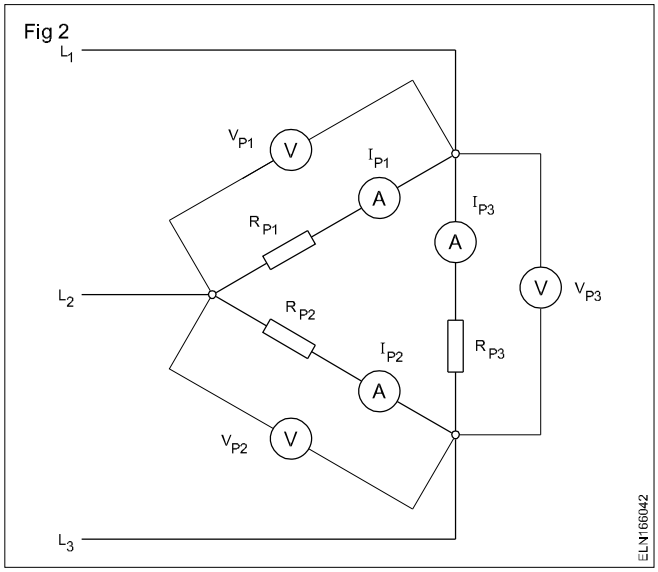
जैसा कि अन्तिम सूत्र प्रदर्शित करता है एक तारा सम्बन्धित भाग परिपथ में शक्ति की गणना संख्या से की जा सकती है। इसलिये कला संख्याओं को मापने की आवश्यकता नही होती है।

$P = \sqrt{3} \times V \times I$ (सूत्र शुद्ध प्रतिरोधी भार के लिये सही है)

व्यवहार में पंक्ति संख्याों को माप लेना सदैव सम्भव है लेकिन तारा बिन्दु पर पहुंच सदैव सम्भव नही है इसलिये इस कला वोल्टता का मापना सदैव सम्भव नही होता ।

एक डेल्टा सम्बन्धित भार के साथ तीन कला शक्ति (Three-phase power with a delta-connected load) : (Fig 2) में डेल्टा से सम्बन्धित तीन प्रतिरोधों का भार दिखाया गया है। कला शक्ति का तीन गुना ह्रास होगा।

Fig 2



$$P = 3P_P = 3V_PI_P$$

यदि V_P और I_p संख्याओं को उनके संगत पंक्ति संख्याओं V_L और I_L से प्रतिस्थापित कर दिया जाय तो हमें प्राप्त होता है,:

चूंकि $V_L = V_P$

$$I_L = \sqrt{3}\, I_P \text{ और } I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

लेकिन $3 = \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ समीकरण को निम्न की भांति सरल कर सकते है :

$P = \sqrt{3}\, V_L I_L$. (यह सूत्र शुद्ध प्रतिरोधी भार के लिये सत्य है)

यदि हम तारा और डेल्टा सम्बन्धों के लिये दो शक्ति सूत्रों की तुलना करें तो हम देख सकते है कि दोनों के लिये समान सूत्र उपयुक्त है। दूसरे शब्दों में भार को सम्बन्धित करने की विधि प्रयुक्त सूत्र पर कोई प्रभाव नही डालती यदि भार संतुलित है।

सक्रिय, प्रतिघाती और आभासी शक्ति (Active,reactive and apparent power) : जैसा कि आपको AC परिपथ सिद्धान्त से ज्ञात

Copyright @ NIMI Not to be Republished

है कि जिन भारों में प्रतिरोध और प्रेरकत्व दोनों अथवा प्रतिरोध धारिता होते है और सक्रिय तथा प्रेरणित दोनों शक्तियां लेते है क्योंकि उनकी वोल्टता और धारा कलान्तर होता है यदि शक्ति के इन दोनों घटकों को त्रिकोणमितीय विधि से योग किया जाय तो हमें आभासी शक्ति प्राप्त होती है। तीन कला पद्धति में भी प्रत्येक कला में लगभग वही होता है हमें यहां प्रत्येक कला में वोल्टता और धारा के बीच कलान्तर ज्ञात करना पड़ता है।

घटक $\sqrt{3}$ का प्रयोग करके एक तीन कला निकाय में शक्ति घटक उसी सूत्र का अनुपालन करते है जो एकल कला AC परिपथों के लिये प्राप्त किया गया है।:

आभासी शक्ति	$S=VI$	$S=\sqrt{3}V_L I_L$	VA
सक्रिय शक्ति	$P=VI\cos\phi$	$P=\sqrt{3}\ V_L I_L \cos\phi$	W
प्रेरणित शक्ति	$Q=VI\sin\phi$	$Q=\sqrt{3}V_L I_L \sin\phi$	var

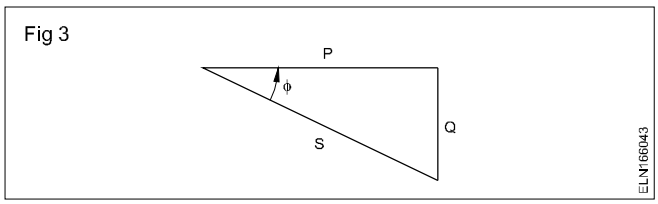
अन्त में एकल कला AC परिपथों में प्राप्त सम्बन्ध, तीन कला परिपथों के लिये भी लागू होते है।

$$\text{Cos}\,\phi = \frac{\text{activepower}}{\text{apparentpower}} = \frac{P}{S}$$

$$\text{Sin}\,\phi = \frac{\text{reactivepower}}{\text{apparentpower}} = \frac{Q}{S}$$

इसे (Fig 3) से भी देखा जा सकता है।

Fig 3



cosϕ को शक्ति गुणक भी कहते है और sin ϕ को कभी- प्रेरणित शक्ति गुणक कहते है।

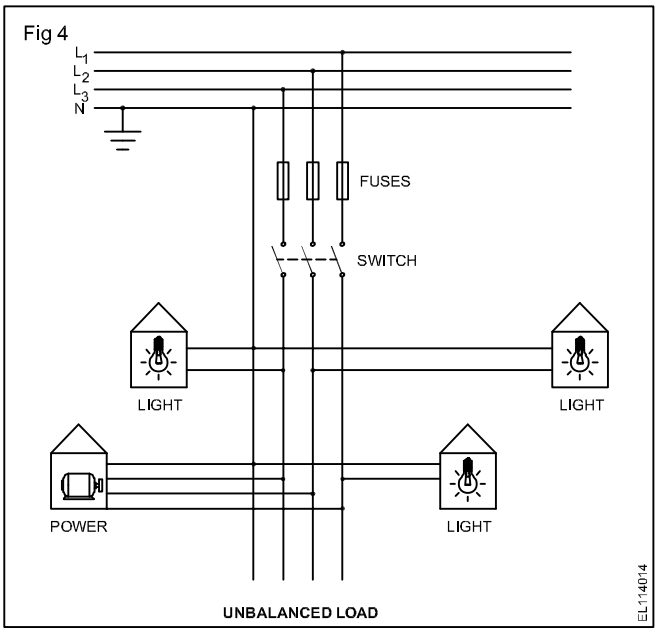
अंसतुलित भार (Unbalanced load) : वैद्युत ऊर्जा आपूर्ति के लिये अधिकतम सुविधा जनक वितरण पद्धति 415/240V चार तार, तीन कला AC पद्धति है।

इससे उपभोक्ताओं को तीन कला और एकल कला धारा की आपूर्ति सम्भव है भवनों के आपूर्ति दिये गये उदाहण के अनुसार दी जा सकती है। (Fig 4)

व्यक्तिगत भवन एक कला वोल्टता का उपयोग करते है। L_1, L_2, L_3 का N से वितरण अनुक्रम मे होता है। (कम धारा) लेकिन अधिक भाग (जैसे तीन कला ac मोटर्स) का भरण पंक्ति वोल्टता (भारी धारा) से होता है।

लेकिन कुछ उपस्कर जिन्हें एकल अथवा दो कला की आवश्यकता होती है व्यक्तिगत कलाओं से जोड़े जा सकते हैं जिससे कलाओं को विभिन्न प्रकार से भारित किया जा सकता है। इसका अर्थ यह है कि चार तार, तीन कला जाल का असंतुलित भरण होगा।

Fig 4

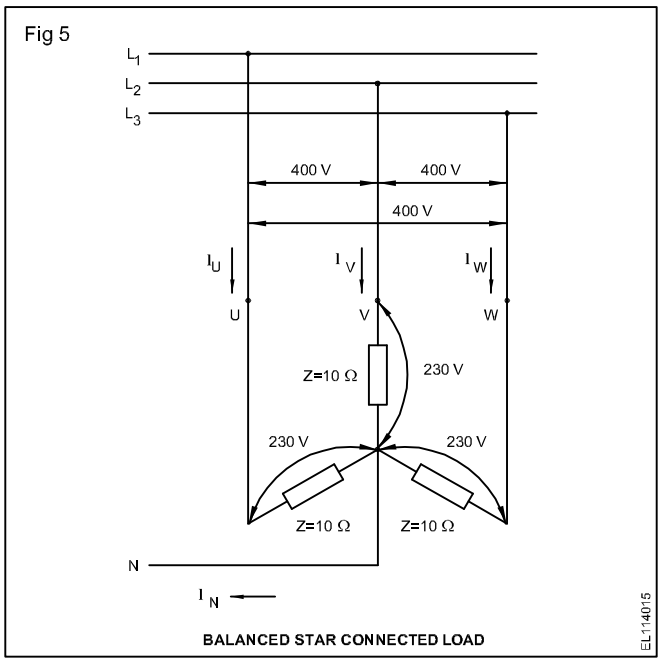


तारा सम्बन्धन में संतुलित भार (Balanced load in a star connection) : एक तारा सम्बन्धन में प्रत्येक कला धारा को कला वोल्टता और भार प्रतिबाधा Z के अनुपात से ज्ञात करते है।

इस तथ्य की पुष्टि एक संख्यात्मक उदाहरण होगी।

एक तारा सम्बन्धित भार जिसमें प्रतिबाधा Z 10Ω है एक तीन कला जाल से वोल्टता V_L = 415V (Fig 5) से जोड़ी जाती है

Fig 5



तारा सम्बन्धन की व्यवस्था कला वोल्टता 240V (415/$\sqrt{3}$) है।

आपूर्ति से ली गई तीन धारा भाग समान परिमाण के है। इस कारण तारा सम्बन्धित भार सन्तुलित है और उनको

$I_U = I_V = I_W = V_P \div Z$ से प्राप्त करते है।

Copyright @ NIMI Not to be Republished

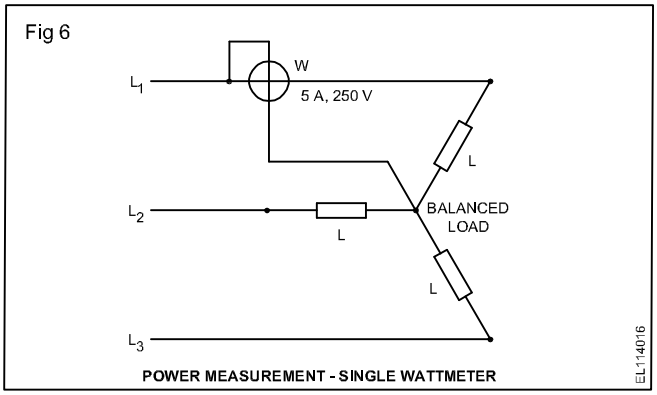
शक्ति मापन (The measurement of power) : एक तीन कला निकाय में शक्ति प्राप्त करने के लिये प्रयुक्त वोल्ट मापी की संख्या इस बात पर निर्भर होगी कि भार संतुलित अथवा असंतुलित है और क्या उदासीन बिन्दु है और क्या वह अभिगम्य (accessible) है।

- एक तारा सम्बन्धित संन्तुलित भार जिसमें एकल वाट मापी से उदासीन बिन्दु सम्भव है शक्ति मापन
- एक तारा अथवा डेल्टा सम्बन्धित संतुलित अथवा असंतुलित भार (उदासीन बिन्दु सहित अथवा रहित) से शक्ति मापन दो वाट मापी विधि से सम्भव है।

एक वाट मापी विधि (Single wattmeter method) : (Fig 6) में परिपथ आरेख दिखाया गया है जो एक तारा सम्बन्धित तीन कला शक्ति मापन के लिये है। और जिसमें सन्तुलित भार अभिगम्यता सहित उदासीन बिन्दु तथा वाटमापी का धारा कुण्डल एक पंक्ति से जुडा हुआ है तथा वोल्टता कुण्डल उस पंक्ति और उदासीन बिन्दु के बीच है। इस लिये योग वाटमापी पाठ का तीन गुना है।

पावर/फेस = $3V_P I_P \cos\theta = 3P = 3W$.

Fig 6



POWER MEASUREMENT - SINGLE WATTMETER

शक्ति मापन की दो वाटमीटर विधि (The two-wattmeter method of measuring power)

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

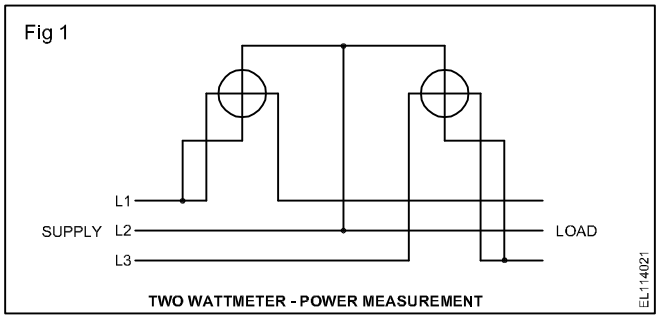
- **दो एक कला वाट मापी के प्रयोग से तीन कला शक्ति मापन करना**
- **मापी पाठ से शक्ति गुणक की गणना करना**
- **एक तीन कला तीन तार निकाय में शक्ति मापन की दो वाट मापी विधि का स्पष्टीकरण करना।**

एक तीन कला तीन तार निकाय में शक्ति साधारणतयः दो वाट मापी विधि से मापित की जाती है। इसका प्रयोग संतुलित अथवा असंतुलित भार से किया जा सकता है और इसमें कलाओं से पृथक सम्बन्ध आवश्यक नही होते। लेकिन यह विधि चार तार निकाय में प्रयुक्त नही होती क्योंकि धारा चौथे तार में प्रवाहित हो सकती है। यदि भार असंतुलित है और यह मानना कि $I_U + I_V + I_W = 0$ लागू नही है।

दो वाट मापी आपूर्ति से निकाय (Fig 1) के अनुसर जुड़े है दो वाट मापियों के धारा कुण्डल पंक्तियों में से दो से जुड़े है और वोल्टता कुण्डल उन्ही दो पंक्तियों से जुड कर तीसरी पंक्ति से जुडी है अब कुल दो प्रेक्षणों को जोड देने से निम्न प्राप्त होता है :

$P_T = P_1 + P_2$.

Fig 1



TWO WATTMETER - POWER MEASUREMENT

निकाय में कुल तात्क्षणिक शक्ति पर ध्यान दें। $P_T = P_1 + P_2 + P_3$ जहां P_1, P_2 और P_3तीन कलाओं में से प्रत्येक में शक्ति के तात्क्षणिक मान है।

$P_T = V_{UN} i_U + V_{VN} i_V + V_{WN} I_W$

चूंकि चौथा तार नही है, $i_U + i_V + i_W = 0$; $i_V = -(i_U + i_W)$.

$$P_T = V_{UN} i_U - V_{VN}(i_U + i_W) + V_{WN} i_W$$
$$= i_U(V_{UN} - V_{VN}) + i_W(V_{WN} - V_{UN})$$
$$= i_U V_{UV} + i_W V_{WV}$$

अब $i_U V_{UV}$ प्रथम वाट मीटर में तात्क्षणिक शक्ति है और $i_W V_{WV}$ द्वितीय वाट में तात्क्षणिक शक्ति है। इसलिये कुल औसत शक्ति दो वाटमापियों द्वारा लिये गये पाठों की मध्यमान शक्ति का योग है।

वाटमापी के सही सम्बन्धन से यह सम्भव है कि उनमे एक ही ऋणात्मक पठन की प्रवृत्ति हो क्योंकि उस उपस्कर में वोल्टता और धारा के बीच कोण अधिक हो सकता है। तब धारा कुण्डल वोल्टता कुण्डल उत्क्रमित करने चाहिये और पाठ को एक ऋणात्मक चिन्ह देना चाहिये, जब उसे अन्य वाट मापी पाठ से कुल शक्ति के लिये संयोजित किया जाता है।

एकांक शक्ति गुणक होने पर दो वाट मापी के पाठ समान होगें। कुल शक्ति = 2 x 1 वाटमापी पाठ।

जब शक्ति गुणक = 0.5 1 वाट मापी का पाठ शून्य है और दूसरा कुल शक्ति पढ़ता है।

जब शक्ति गुणक = 0.5 से कम है तो एक वाट मापी ऋणात्मक संकेत देगा। वाट मापी को पढ़ने के लिये दाब कुण्डल अथवा धारा कुण्डल

Copyright @ NIMI Not to be Republished

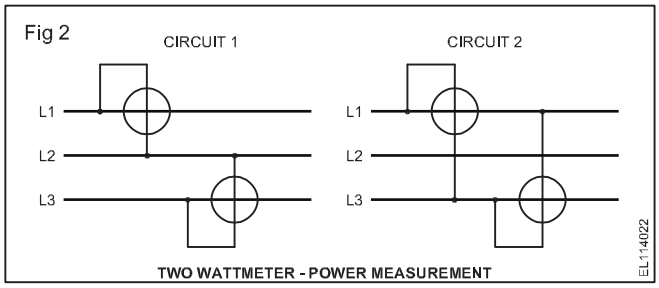
सम्बन्ध उत्क्रमित करें अब वाट मापी धनात्मक पाठ देगा। लेकिन कुल शक्ति की गणना के लिये ऋणात्मक लेना चाहिये।

जब शक्ति गुणक शून्य है तो दोनों वाट मापी के पाठ समान है पर विपरीत चिन्ह के है।

स्वआकलन परीक्षा (Self- evaluation test)

1 तीन कला शक्ति मापन की दो वाट मापी विधि के लिये एक सामान्य तारण आरेख आरेखित करें

2 व्यवहार में दो वाट मापी विधि का प्रयोग क्यों अपेक्षित होता है ? (Fig 2)



3 एक तीन कला चार तारों निकाय में यादृक्षिक (Random) भारण के साथ दो वाट मापी विधि का उपयोग क्यों नही करना चाहिये।

4 उपयुक्त परिपथों में किसका प्रयोग शक्ति मापन के लिये दो वाट मापी विधि के लिये किया जाता है ?

शक्तिमापन की दो वाटमीटर विधि में शक्ति गुणक की गणना (Power factor calculation in the two-wattmeter method of measuring power)

जैसा कि आप पहले के अध्याय में पढ़ चुके है तीन कला तीन तार पद्धति में दो वाट मापी विधि में कुल शक्ति $P_T = P_1 + P_2$ होती है

दो वाट मापियों से प्राप्त पाठों से दिये गये सूत्र से tanϕ के मान की गणना की जा सकती है ।

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)} = \frac{\sqrt{3}(W_1 - W_2)}{(W_1 + W_2)}$$

इससे ϕ और भार का शक्ति गुणक ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण 1 : दो वाट मापियों को एक संतुलित तीन कला परिपथ जो क्रमशः 4.5kw और 3kw प्रदर्शित करता है से सम्बन्धित किया जाता है। परिपथ के शक्ति गुणक को ज्ञात करें।

हल

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)}$$

$P_1 = 4.5$ KW

$P_2 = 3$ KW

$P_1 + P_2 = 4.5 + 3 = 7.5$ KW

$P_1 - P_2 = 4.5 - 3 = 1.5$ KW

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3} \times 1.5}{7.5} = \frac{\sqrt{3}}{5} = 0.3464$$

$\phi = \tan^{-1} 0.3464 = 19^0 6'$

शक्ति गुणक $\text{Cos } 19^0 6' = 0.95$

उदाहरण 2: एक संन्तुलित तीन कला परिपथ से दो वाट मापी शक्ति निवेश मापन के लिये जोड़े जाते है जो क्रमशः 4.5kw और 3kw प्रदर्शित करते है। बाद का पाठ्यांक उस वाट मापी के वोल्टता कुण्डल के सम्बन्धों का उत्क्रमण करके प्राप्त होता है परिपथ के शक्ति गुणक को ज्ञात करे।

हल

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)}$$

$$= \frac{\sqrt{3}(4.5 - (-3))}{(4.5 + (-3))}$$

$$= \frac{\sqrt{3}(4.5 + 3)}{(4.5 - 3)}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 7.5}{1.5} = \sqrt{3} \times 5$$

$$= 1.732 \times 5 = 8.66.$$

$\phi = \tan^{-1} 8.66 = 83^o.27'$

चूंकि शक्ति गुणक $(\text{Cos } 83^o 27') = 0.114$.

प्रश्न 1 : शक्ति निवेश मापन के लिये तीन कला संतुलित भार से जोडने पर दो वाट मापियों के पाठ क्रमशः 600w और 300w है।

भार के कुल शक्ति निवेश और शक्ति गुणक की गणना करे।

प्रश्न 2: शक्ति निवेश मापन के लिये तीन कला संतुलित भार से जोडने पर वाट मापियों के पाठ क्रमशः 25kw और 5kw है।

परिपथ का शक्ति गुणक ज्ञात करो जब (1) दोनों पाठ धनात्मक है (2) बाद का पाठ वाट मापी के दाब कुण्डल के सम्बन्धों का उत्क्रमण करने से प्राप्त होता है।

हल

1 कुल शक्ति = $P_T = P_1 + P_2$

$P_1 = 600$W.

$P_2 = 300$W.

$P_T = 600 + 300 = 900$ W

Copyright @ NIMI Not to be Republished

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)} = \frac{\sqrt{3}(600 - 300)}{600 + 300} = \frac{\sqrt{3} \times 300}{900}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.5774$$

$\phi = \tan^{-1}0.5774 = 30^o$

शक्ति गुणक = Cos 30^o = 0.866.

2 a) P_1= 25 KW

P_2= 5 KW

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)} = \frac{\sqrt{3}(25 - 5)}{25+5}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 20}{30} = \frac{\sqrt{3} \times 2}{3} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.1547$$

$\phi = \tan^{-1} 1.1547 = 49^o6'$

शक्ति गुणक (Cosϕ) = Cos $49^o6'$ = 0.6547

b) P_1= 25 KW

P_2= –5 KW

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(P_1 - P_2)}{(P_1 + P_2)} = \frac{\sqrt{3}(25 - (-5))}{25+(-5)}$$

$$= \frac{\sqrt{3}\,(25+5)}{25-5} = \frac{\sqrt{3} \times 30}{20}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 3}{2} = 2.5980$$

$\phi = \tan^{-1} 2.5980 = 68^o57'$

शक्ति गुणक = Cos $68^o57'$ = 0.3592

कला-अनुक्रम संकेतक (मीटर) (Phase-sequence indicator (Meter))

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

- **कला अनुक्रम संकेतक द्वारा एक तीन कला आपूर्ती के कला अनुक्रम को ज्ञात करने की विधि का वर्णन करना**
- **लैम्प का प्रयोग कर फेज सिक्वेंस प्राप्त करने की विधि का वर्णन करना ।**

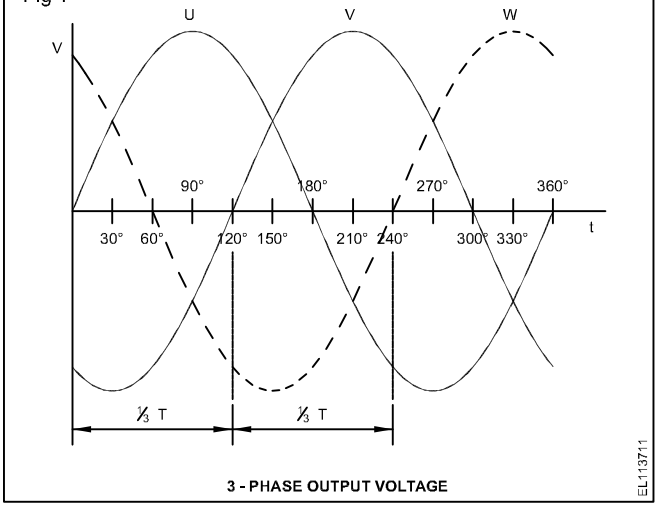
पुनरीक्षण (Review)

एक तीन कला प्रत्यावर्तक में कुण्डलों के तीन नियोजन 120^o के अन्तर पर रखे होते है। और उनका निर्गम एक तीन कला वोल्टता होता है। जिसे (Fig 1) में प्रदर्शित किया गया है। एक तीन कला वोल्टता में तीन वोल्टता तरंगें होती है जो 120 वैद्युत अंश से अलग होती है।

प्रारम्भ में कला U शून्य वोल्ट से निकलता हुआ धनात्मक वृद्धित वोल्टता (Fig 1) V से अनुगमित होता है। इसका शून्य आवर्तकाल के एक तिहाई समय पश्चात पहुंचता है। यही V के सापेक्ष W के साथ होता है। जिस क्रम में तीन कलायें अपने अधिकतम और न्यूनतम मानों को प्राप्त करती है कला अनुक्रम कहलाता है। यहां दिये गये प्रदर्शन में कला अनुक्रम U, V, W है।

सही कला अनुक्रम का महत्त्व (Importance of correct phase sequence) : विभिन्न तीन कला निकायों के निर्माण और सम्बंधन मे सही कला अनुक्रम महत्व पूर्ण है। उदाहरण के लिये सही कला अनुक्रम उस समय महत्वपूर्ण होता है जब तीन प्रत्यावर्तकों के निर्गमों का एक उभय वोल्टता निकाय में समान्तरण करना आवश्यक होता है। एक प्रत्यावर्तक की कला U दूसरे कला प्रत्यावर्तक की कला U से सम्बन्धित होना चाहिये। कला V का V से और कला W का W से और इसी प्रकार सभी का एक दूसरे से सम्बन्ध होना चाहिये।

Fig 1



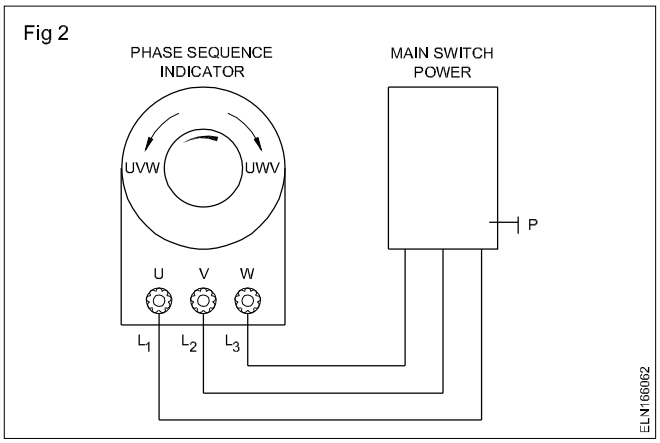
एक प्रेरक मोटर के लिये अनुक्रम के उत्क्रमण से मोटर घूर्णन में दिशा उत्क्रमण होता है और मशीनरी गलत दिशा में चलती है।

कला अनुक्रम संकेतक (मीटर) **(Phase-sequence indicator** (meter)**) :** एक तीन कला निकाय का कला अनुक्रम संकेतक (मापी) सही कला अनुक्रम को प्रदत्त कराना सुनिश्चित करता है। कला अनुक्रम संकेतक में तीन टर्मिनल्स UVW होते है। जो आपूर्ती के तीन कलाओं से सम्बन्धित होते है। जब संकेतक में आपूर्ती भरण होता है संकेतक में एक

Copyright @ NIMI Not to be Republished

चकती वामावर्त अथवा दक्षिणावर्त दिशा में घूमती है। चकती गति की दिशा संकेतक पर बने वाणाग्र से चिन्हित की जाती है वाणाग्र के नीचे सही अनुक्रम चिन्हित होता है (Fig 2)

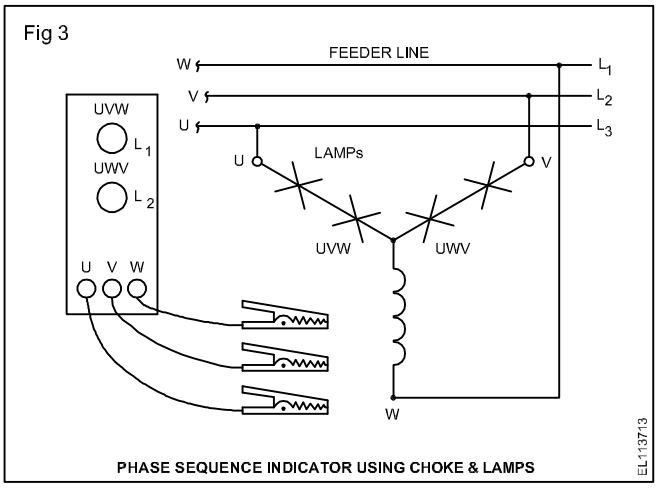
Fig 2



तीन कला निकाय का कला अनुक्रम तीन कलाओं में से किन्ही दो के सम्बन्ध उत्क्रमण द्वारा उत्क्रमित किया जा सकता है।

चोक और लैम्पों के उपयोग से कला अनुक्रम संकेतक (Phase-sequence indicator using choke and lamps) : कला अनुक्रम संकेतक में चार लैम्प और सितारा निर्माण स्तर Y से जुड़ा एक प्रेरक होता है। एक परीक्षक अग्रण को Y की प्रत्येंक टांग से जोड़ दिया जाता है एक लैम्प युगुल में U-V-W चिन्ह और दूसरे पर U-W-V चिन्ह होते है। जब तीन अग्रणों को एक तीन कला लाइन से जोडते है तो अधिक तीव्रता से प्रकाशित लैम्प कला अनुक्रम का संकेत देता है। (Fig 3)

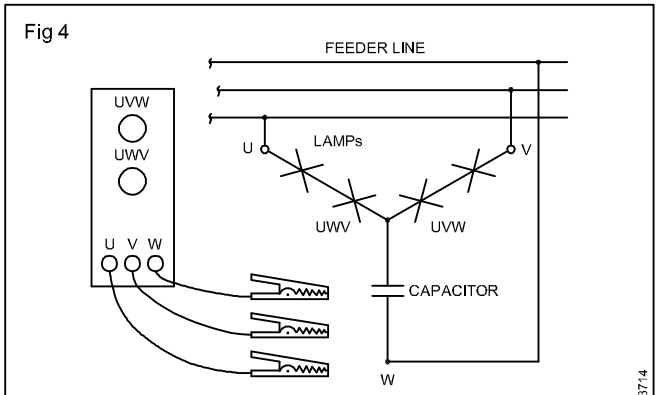
Fig 3



PHASE SEQUENCE INDICATOR USING CHOKE & LAMPS

संघारित्र और लैम्पों के उपयोग से कला अनुक्रम संकेतक (Phase-sequence indicator using capacitor & lamps) : कला अनुक्रम संकेतक में चार लैम्प और सितारा निर्माण स्तर (Star formation) (Y) से जुड़ा एक संघारित्र होता है। एक परीक्षण अग्रण को Y की प्रत्येक टांग से की जोड़ दिया जाता है। लैम्पों का एक युगुल पर U-V-W चिन्ह और दूसरे पर U-W-V चिन्ह होते है। जब तीन अग्रणों को एक तीन कला लाइन से जोडते है तो अधिक तीव्रता से प्रकाशित लैम्प कला अनुक्रम का संकेत देता है। (Fig 4)

Fig 4



PHASE SEQUENCE INDICATOR USING CAPACITOR & LAMPS

Copyright @ NIMI Not to be Republished