

## Two reaction analysis

### Transient conditions

Apel 03/02

# Why Bondel's two reaction analysis can be applied for salient pole machines only?

Ans- Potier's general diagram inherently assumes that the field and armature fluxes are sinusoidally distributed in the air gap. So there is a tendency for this method to give results higher than those of actual test. Sinusoidal flux distribution is nearly true for field with distributed iron and copper but is not true for salient-pole machine. Therefore in order to remove the criticism of result for salient-pole machines, Bondel's two reaction analysis can be applied.

# Causes of transients: the causes of transients are noted below:-

1. switching
2. Sudden change of load
3. sudden short circuit

# Fault due to sudden short circuit: there are two types of fault on a power system due to sudden short circuit such as-

- ① symmetrical fault
- ② unsymmetrical fault

Again unsymmetrical fault can be divided into three types such as-

- (a) single line to ground
- (b) Double line to ground
- (c) line to line

the circuit of these fault is shown below:-

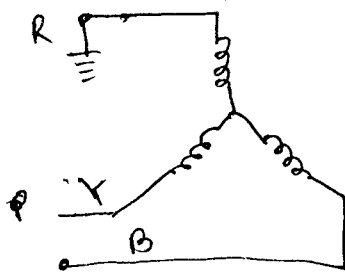


Fig: single line to ground

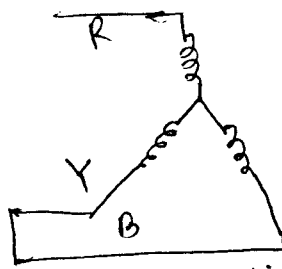


Fig: line to line

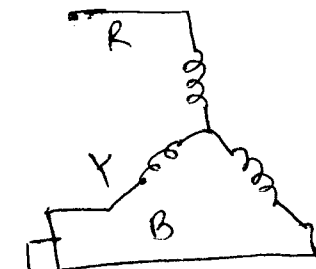
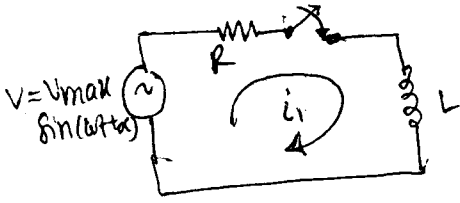


Fig: Double line to ground

\* R-L switching circuit: consider the following R-L circuit

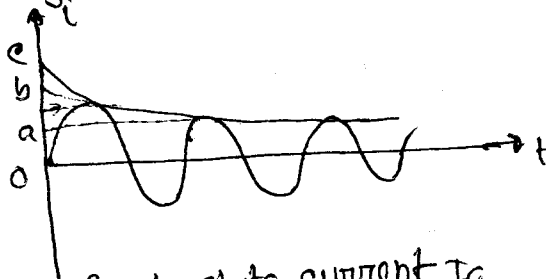


On the above network when the switching occurs, then there involves transient condition, hence, the current through the circuit is,

$$i = \frac{V_{max}}{Z} \quad \text{where, } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \text{ \& } \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

$$\therefore i = \frac{V_{max}}{Z} [\sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-R/L t} \sin(\alpha - \theta)]$$

Graphically, the above current can be shown as follows:-



Here,  $oa$  = steady-state current  $I_a$

$ob$  = Transient current  $I_d$

$oc$  = sub-transient current  $I_d'$

Hence, the steady state reactance  $X_d = \frac{E_g}{\frac{I_a}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2} E_g}{I_a}$

Similarly, transient reactance  $X_d' = \frac{\sqrt{2} E_g}{I_d'}$

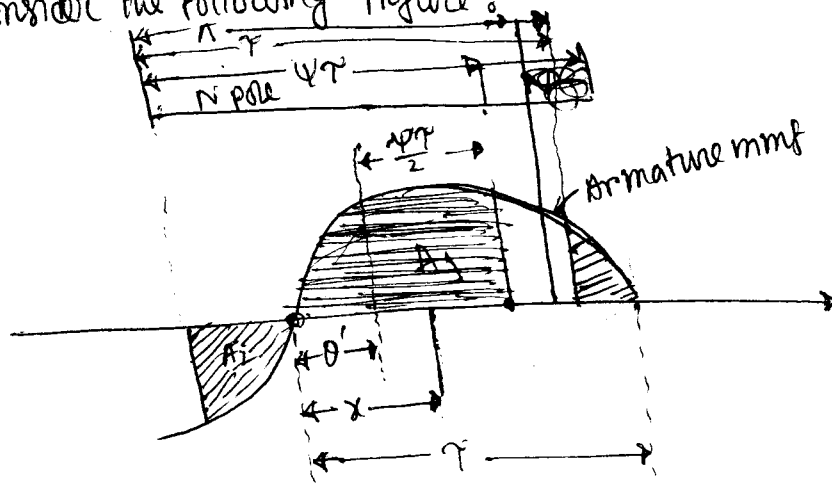
& sub-transient reactance  $X_d'' = \frac{\sqrt{2} E_g}{I_d''}$

Here,  $I_d'' > I_d' > I_a$  &  $X_d'' < X_d' < X_d$

فَإِنْ هُمْ أَطَاعُواكَ لَإِذَلِكَ فَاعْلَمْتُمْ أَنَّ اللَّهَ افْتَرَضَ عَلَيْهِمْ صَدَقَةً فِي  
أَمْوَالِهِمْ تَأْخُذُ مِنْ أَغْنِيَائِهِمْ وَتُرَدُّ إِلَى فُقَرَائِهِمْ فَإِنْ هُمْ أَطَاعُواكَ  
لَإِذَلِكَ فَإِيكَ وَكَرَائِمَ أَمْوَالِهِمْ وَاتَّقِ دَعْوَةَ الْمَظْلُومِ فَإِنَّهَا لَيْسَ  
بَيْنَهَا وَبَيْنَ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ حِجَابٌ - (بخاری - مسلم، مسند احمد)

(৪) হযরত আবদুল্লাহ ইবনে আব্বাস (রাঃ) হতে বর্ণিত, হযরত নবী করীম (সঃ) যখন হযরত মুয়ায (রাঃ) কে ইয়েমেন পাঠিয়েছিলেন তখন তাকে বলেছিলেন তুমি আহলি কিতাবদের এক জাতির নিকট পৌছবে। তাদেরকে এই কথার সাক্ষ্য দিতে আহ্বান জানাবে যে, আল্লাহ্ ছাড়া কোন ইলাহ নেই এবং আমি আল্লাহ্‌তায়ালার রসূল। তারা যদি তোমার এই কথা মেনে নেয় তারপর তাদেরকে জানিয়ে দাও যে আল্লাহ্‌ তায়ালার তাদের প্রতি রাত দিনের মধ্যে পাঁচ ওয়াক্ত নামায ফরজ করেছেন। তোমার এ কথাও যদি স্বীকার করে নেয়, তবে তাদেরকে জানিয়ে দাও যে আল্লাহ্‌তায়ালার তাদের প্রতি তাদের ধনসম্পত্তির উপর যাকাত ফরজ করে দিয়েছেন। উহা তাদের ধনী লোকদের নিকট হতে গ্রহণ করা হবে ও তাদেরই গরীব-ফকীর লোকদের মধ্যে বন্টন করা হবে। তোমার এই কথাও যদি তারা মেনে নেয় তাদের উত্তম মালই যেন তুমি যাকাত বাবৎ আদায় করে না নেও। আর তুমি মজলুমের দোয়াকে সব সময় ভয় করে চলবে। কেননা মজলুমের দোয়া ও আল্লাহর মাঝখানে কোন আবরণ নেই। (বুখারী, মুসলিম, মুসনাদে আহমদ)

# Two reaction method: ~~Consider the fo~~ At zero pf lagging the armature reaction is demagnetising. Consider the following figure:-



In the above figure,

the circumferential width of pole shoe =  $\psi\tau$

① Angle between  $I_a$  &  $E_0 = \theta'$

Weakening part of the armature =  $A_1$

Strengthening part of the armature =  $A_2$

$$\therefore A_1 = A \int_0^{\frac{\psi\tau}{2} + \theta'} \sin x dx$$

$$= -A [\cos x]_0^{\frac{\psi\tau}{2} + \theta'}$$

$$= A [1 - \cos(\frac{\psi\tau}{2} + \theta')]$$

$$\& A_2 = A \int_0^{(\frac{\psi\tau}{2} - \theta')}$$

$$= A [1 - \cos(\frac{\psi\tau}{2} - \theta')]$$

$$\therefore A_1 - A_2 = A [\cos(\theta' - \frac{\psi\tau}{2}) - \cos(\theta' + \frac{\psi\tau}{2})]$$

$$\Rightarrow A_1 - A_2 = 2A \sin \theta' \sin \frac{\psi\tau}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{A_1 - A_2}{\psi\tau} = A \sin \theta' \frac{\sin \frac{\psi\tau}{2}}{\frac{\psi\tau}{2}}$$

$$\therefore A_D = AK \sin \theta'$$

This shows that the magnetising ampere turns for a given alternator is proportional to  $\sin \theta'$ .

# Direct axes synchronous reactance: Direct axes synchronous reactance can be defined as follows:-

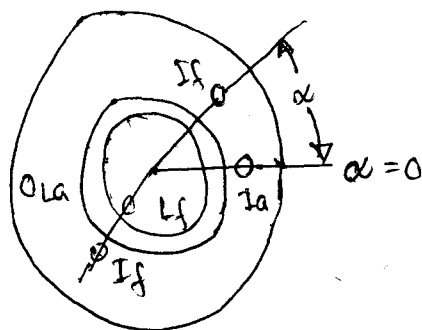
$$X_d = \frac{\text{Maximum Voltage}}{\text{Minimum Current}}$$

# Quadrature axes synchronous reactance: Quadrature axes synchronous reactance can be defined as follows:-

$$X_q = \frac{\text{Minimum Voltage}}{\text{Maximum Current}}$$

# Prove that  $I_a = I_{f0} \frac{1 - \cos \alpha}{1 - k^2 \cos \alpha}$  &  $I_f = I_{f0} \frac{1 - k^2 \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$ .

Ans:- Consider the following figure of a 1- $\phi$  alternator:-



The above alternator has an armature inductance  $L_a$  and field inductance  $L_f$ . The maximum value of the mutual inductance between the armature and field is  $M_0$ . This mutual inductance exists when the field and armature are in such a position that  $\alpha = 0$ . The value of mutual inductance will change as the field is rotated through an angle  $\alpha$  and its value for any position is  $M = M_0 \cos \alpha$ .

The initial current  $I_a$  is zero before short circuit and the field current before short circuit is  $I_{f0}$  and after short circuit is  $I_f$ .

If no short circuit occurs when  $\alpha = 0$ , the flux-linkage relations are then defined by

$$I_{f0} M_0 = L_a I_a + I_f M \quad \text{--- (1)}$$

$$I_{f0} L_f = M I_a + I_f L_f \quad \text{--- (2)}$$

But,  $M = M_0 \cos \alpha$

from (i) & (ii)

$$L_a I_a + I_f M_o C_n \alpha = I_{f0} M_o \quad \text{--- (iii)}$$

$$\frac{M_o I_a}{M_o C_n \alpha} I_a + I_f L_f = I_{f0} L_f \quad \text{--- (iv)}$$

solving (iii) & (iv) we get,

$$I_a = I_{f0} \frac{M_o L_f (1 - C_n \alpha)}{L_a L_f - M_o^2 C_n \alpha} \quad \text{--- (v)}$$

$$\& I_f = I_{f0} \frac{L_a L_f - M_o^2 C_n \alpha}{L_a L_f - M_o^2 C_n \alpha} \quad \text{--- (vi)}$$

But  $k = \frac{M_o}{\sqrt{L_a L_f}}$

Putting this in (v) & (vi) we get,

$$\boxed{\begin{aligned} I_a &= I_{f0} \frac{1 - C_n \alpha}{1 - k^2 C_n \alpha} \\ \& I_f &= I_{f0} \frac{1 - k^2 C_n \alpha}{1 - k^2 C_n \alpha} \end{aligned}}$$

- مسلم - نسانی - ابو داؤد - مسند احمد

(৫) হযরত আবু হুরায়রা (রাঃ) হতে বর্ণিত তিনি বলেন, নবী করীম (সঃ) যখন ইন্তেকাল করলেন তারপর হযরত আবু বকর (রাঃ) খলীফা নির্বাচিত হলেন, আর আরব দেশের কিছু লোক কাফির হয়ে গেল, তখন হযরত উমর ইবনুল খাত্তাব (রাঃ) হযরত আবু বকর (রাঃ) কে বললেন, আপনি এ লোকদের বিরুদ্ধে কিভাবে লড়াই করতে পারেন, অথচ নবী করীম (সঃ) তো বলেছেন লোকেরা যতক্ষণ লা-ইলাহা ইল্লাল্লাহ (এক আল্লাহ্ ছাড়া আর কোন ইলাহ নেই) মেনে না নিবে ততক্ষণ তাদের বিরুদ্ধে যুদ্ধ করার জন্য আমি আদিষ্ট হয়েছি। যদি কেহ লা-ইলাহা ইল্লাল্লাহ স্বীকার করে, তবে তার ধন-সম্পদ ও জানপ্রাণ আমার নিকট পূর্ণ নিরাপত্তা লাভ করবে। অবশ্য উহার উপর ইসলামের হক কখনো ধার্য হলে অন্য কথা। আর উহার হিসেব গ্রহণের দায়িত্ব আল্লাহ্র উপর নাস্ত। তখন হযরত আবু বকর (রাঃ) বললেন আল্লাহ্র শপথ যে লোকই নামায ও যাকাতের মধ্যে পার্থক্য সৃষ্টি করবে, তারই বিরুদ্ধে আমি অবশ্যই যুদ্ধ করব কেননা যাকাত হচ্ছে মালের হক, আল্লাহ্র শপথ যদি রাসূলের সময় যাকাত বাবদ দিত-এমন এক গাছি রশিও দেয়া বন্ধ করে, তবে অবশ্যই আমি উহা দেয়া বন্ধ করার কারণে তাদের বিরুদ্ধে লড়াই করব। তখন উমর ইবনুল খাত্তাব (রাঃ) বললেন আল্লাহ্র শপথ করে বলতেছি, উহা আর কিছু নয়, আমার মনে হল, আল্লাহ্ যেন আবু বকরের অন্তর যুদ্ধের জন্য উন্মুক্ত করে দিয়েছেন এবং বুঝতে পারলাম যে, উহাই ঠিক (তিনি নির্ভুল সিদ্ধান্তই নিয়াছেন) (বুখারী, মুসলিম, তিরমিযী, নাসায়ী, আবু দাউদ, মুসনাদে আহমদ)