



Zeno Martini (admin)

CAMPI ROTANTI ARMONICI

8 August 2003

Domanda:

Gentile Ingegnere,

relativamente ai generatori sincroni trifasi, volevo chiederle perchè la forza magnetomotrice di indotto quinta armonica, per prenderne una in esame, "viaggia" con un numero di giri che è un quinto di quello della fondamentale, e si muove in direzione opposta alla fondamentale delle fmm di indotto, e soprattutto come si fa a capirlo dalla formula che ho sotto riportato?

$$m^V = 1.5 * K_i^V * (M_i/5) * \cos[\omega t - g + ((5 * p/t) * x)]$$

con:

m^V : forza magneto motrice di quinta armonica

K_i^V : coefficiente di avvolgimento relativo alle quinte armoniche

$M_i/5$: valore massimo della forza magneto motrice di quinta armonica, con $M_i = (2\sqrt{2}/p) * nqI$, dove n è il numero di conduttori per cava, q è il numero di cave per polo e per fase, I è il valore efficace della corrente di indotto

g : angolo di cui le correnti di indotto sono sfasate dalle rispettive tensioni

Mentre la fondamentale delle fmm di indotto è:

$$m^I = 1.5 * K_i^I * (M_i) * \cos[\omega t - g - ((p/t) * x)]$$

Risponde admin

Il problema che ti poni è generalmente considerato banale conoscendo l'equazione delle onde. E la risposta è effettivamente dentro le espressioni che hai riportato. Ogni testo di macchine elettriche le riporta e lascia allo studente la "semplice dimostrazione" delle affermazioni che tu fatichi a riconoscere vere, quali: *"la fmm di quinta armonica ha 5*2p semionde ed una velocità che in valore assoluto è un quinto della fondamentale ed è opposta a questa"*.

Sembra un vezzo di chi sta spiegando, od anche un modo di evitare di impantanarsi in spiegazioni di passaggi matematici, ma lo studente che si imbatte in queste "semplicità" è portato ad attribuire un certo sadismo all'autore. D'altra parte la dimostrazione di una cosa semplice, ne smentirebbe, in un certo senso, la semplicità. C'è da osservare che non si può in ogni occasione dimostrare tutto e, all'occorrenza, occorre far riferimento alla trattazione specifica dell'argomento da cui si deriva la "semplicità" della dimostrazione.

Sia come sia, colgo l'occasione della tua domanda per ricordare le nozioni che riguardano l'equazione di un'onda, applicandole al caso specifico della del campo magnetico rotante prodotto dalle correnti di indotto nelle macchine sincrone, sperando di colmare la piccola lacuna che senti.

L'equazione $y(x,t)=f(x-v't)$ è l' equazione di un'onda piana che si sposta nella direzione positiva dell'asse x con velocità v. Basta infatti porre $x'=x-v't$, il che significa porre l'origine di x' nel punto dell'asse x posto alla distanza da questo della quantità v't ed osservare che la funzione nella variabile x', f(x') è identica alla f(x) ottenuta per t=0. La f(x) si è dunque, nel tempo t, spostata in avanti di v't

L'equazione $y(x,t)=f(x+v't)$ è l' equazione di un'onda piana che si sposta nella direzione negativa dell'asse x con velocità v', cioè $v'=-v$.

Se si ha $y(x,t)=f(a \cdot x - b \cdot t)$ si può porre, $X=a \cdot x$, quindi $y(X,t)=f(X - b \cdot t)$, da cui si vede che la velocità di spostamento lungo l'asse tarato secondo la X è b, cioè è $b=DX/Dt$. Poiché $DX=a \cdot Dx$ la velocità lungo l'asse tarato con x è $v=DX/Dt=(DX/a)/Dt=b/a$. Se

$y(x,t)=f(a \cdot x + b \cdot t)$ la velocità di spostamento lungo x è $v = -b/a$. In altre parole per trovare la velocità con cui si sposta l'onda secondo l'asse x si divide il coefficiente del tempo per il coefficiente dell'ascissa x. Inoltre se i due coefficienti hanno segno opposto l'onda si muove secondo il verso positivo dell'ascissa, secondo il verso negativo se hanno lo stesso segno.

La risultante delle forze magnetomotrici di un avvolgimento trifase percorso da correnti di valore efficace **I** è un'onda periodica scomponibile in un'onda sinusoidale fondamentale, una di quinta armonica, di settima ecc. di ampiezza inversamente proporzionale al numero di armonica. Le armoniche di ordine tre e multiple di tre hanno ampiezza nulla.

Per la f.m.m. fondamentale si ha (poniamo per semplicità $g = 0$, lo sfasamento tra la tensione e la corrente)

$m_i(x,t)=1,5 \cdot K_i \cdot M \cdot \cos(w \cdot t - x' \cdot (p/t)) = 1,5 \cdot K_i \cdot M \cdot \cos(w \cdot t - x' \cdot (2p/D))$ essendo $t=pD/2p$ avendo indicato con **p** il numero di coppie polari della macchina e **D** il diametro al tra ferro ed $M=K \cdot I$ con $K=0,9 \cdot n_i \cdot q$ (n_i : conduttori per cava, q: cave per polo e per fase) Il coseno è una funzione pari per cui si può cambiare il segno dell'argomento:

$$m_i(x,t)=1,5 \cdot K_i \cdot M \cdot \cos(x' \cdot (p/t) - w \cdot t) = 1,5 \cdot K_i \cdot M \cdot \cos(w \cdot t - x' \cdot (2p/D)).$$

Consideriamo un istante qualsiasi, per comodità $t=0$, quando $x=pD$ si ha

$m_i(x,0)= 1,5 \cdot K_i \cdot M \cdot \cos(p2p)$: l'argomento della funzione ci dice che la sinusoide ha descritto **2p** semionde; un'istantanea qualsiasi ci mostra lungo la circonferenza **2p** semionde di sinusoide.

Questo insieme di semionde ruota con una velocità di spostamento periferica, cioè secondo l'ascissa x, corrente lungo la circonferenza di traferro, pari a

$v=w \cdot t/p=2ft = w \cdot D/2p$ dove $w=2pf$ è la pulsazione della corrente, costante.

Per la quinta armonica si ha

$$m_i^v(x,t) = 1,5 \cdot K_i^v \cdot M / 5 \cdot \cos(x \cdot (5 \cdot p/t) + w \cdot t) = 0,3 \cdot K_i^v \cdot M \cdot \cos(w \cdot t + x \cdot 5 \cdot (2p/D)).$$

Considerando ancora l'istante $t=0$, quando $x=pD$ si ha

$m_i^v(x,0) = 0,3 \cdot K_i^v \cdot M \cdot \cos(p \cdot 5 \cdot 2p)$): l'argomento della funzione ci dice che la sinusoide ha descritto $2p \cdot 5$ semionde. Un'istantanea ci mostra cioè lungo la circonferenza di tra ferro il susseguirsi di $10p$ semionde, cinque volte di più di quelle della fondamentale.

La velocità periferica di spostamento è però:

$$v^v = -w \cdot t / 5p = -2ft / 5 = -v / 5$$

cioè un quinto della fondamentale ed ha verso opposto

Sperando di non averti confuso le idee...