IV- Modèle circuit électrique d'une MSAP en présence de défaut:

Nous désignons par court-circuit entre-spires tout défaut d'isolation pouvant intervenir entre deux spires d'une même phase du stator. Le défaut n'est pas forcément franc et une résistance équivalente permet de modéliser ce qui reste de la résistance de l'isolant entre les spires court-circuitées. Le bobinage dans lequel survient le défaut est donc divisé en deux parties que l'on appellera (*as_2*) pour la partie court-circuitée et (*as_1*) pour la partie saine.

$$N_f = N_{as2}=\mu(N_{as1} + N_{as2}) = \mu N_s \qquad \text{(IV-1)}$$

Avec :

N_s: est le nombre de spires par phase, N_f est le nombre de spires de la partie du bobinage concernée par le défaut (sous-bobine a_{s2}) .

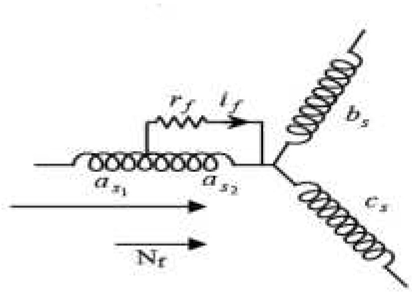

***Figure IV-1 :** Représentation schématique d'un défaut entre spires sur une phase statorique (as)*

IV-1. Modèle (abc) de la MSAP en présence d'un défaut entre-spires

Les équations électriques dans les deux parties qui composent la phase as (sous-bobines *as_1* et *as_2* sur la figure (III-3) sont données par :

$$\begin{cases} V_{as1} = R_{a1}i_{as} + L_{a1}\dfrac{d}{dt}i_{as} + M_{a1a2}\dfrac{d}{dt}\left(i_{as} - i_f\right) + M_{a1b}\dfrac{d}{dt}i_{bs} + M_{a1c}\dfrac{d}{dt}i_{cs} \quad + e_{a1} \\ V_{as2} = R_{a2}\left(i_{as} - i_f\right) + l_{a2}\dfrac{d}{dt}\left(i_{as} - i_f\right) + M_{a1a2}\dfrac{d}{dt}i_{as} + M_{a2b}\dfrac{d}{dt}i_{bs} + M_{a2c}\dfrac{d}{dt}i_{cs} + \ e_{a2} \end{cases}$$

(IV -2)

Où R_{a2} et L_{a2} représentent la résistance et l'inductance de la sous-bobine en défaut (a_{s2}). Les paramètresM_{a1a2}, $M_{a2b}, et\ M_{a2c}$ représentent respectivement les inductances mutuelles entre la sous-bobine a_{s2} et les bobines $a_{s1}, b_s\ et\ c_s$.

Les résistances de la sous-bobine saine *as_1* et de la sous-bobine court-circuitée *as_2* sont notées par *Ra_1* et *Ra_2* respectivement sont exprimées en fonction de la résistance de phase *Ra* et le coefficient μ par :

$$\begin{cases} R_{a1} = (1 - \mu)R_a \\ R_{a2} = \mu R_a \end{cases} \qquad \text{(IV -3)}$$

L'étude des circuits élémentaires de la phase *as* donne les relations suivantes :

$$\begin{cases} V_{as} = V_{as1} + V_{as2} \\ V_{as2} = r_f i_f \\ i_{as1} = i_{as} \\ i_{as} = i_{as} - i_f \end{cases} \qquad \text{(IV -4)}$$

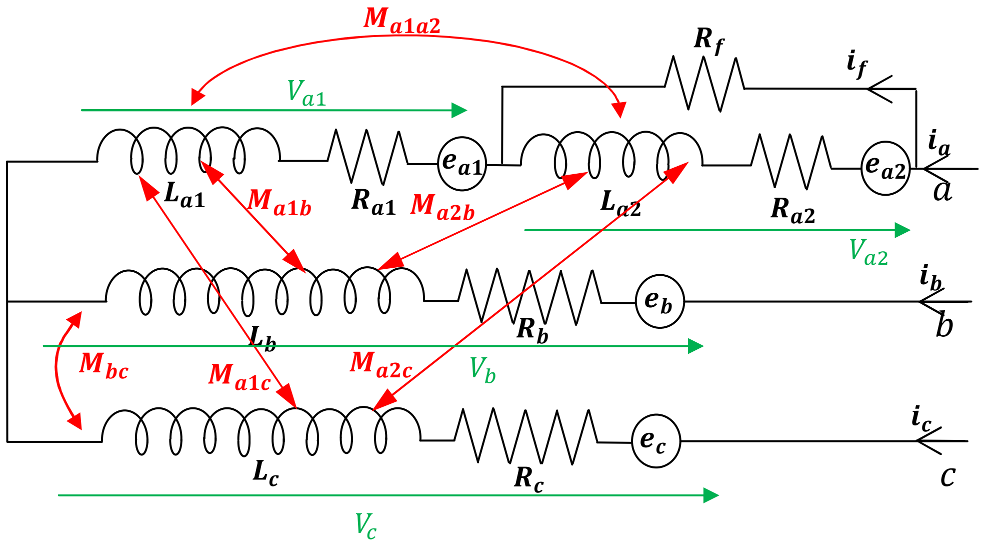

Figure IV-2 : *Schéma équivalent de la machine a aimants avec un défaut entre spires dans la phase* a_s

Les équations des tensions des trois phases sont donc mises sous la forme :

$$\begin{cases} V_{as} = (R_{a1} + R_{a2})i_{as} + (L_{a1} + L_{a2} + 2M_{a1a2})\frac{d}{dt}i_{as} + (M_{a1b} + M_{a2b})\frac{d}{dt}i_{bs} \\ (M_{a1c} + M_{a2c})\frac{d}{dt}i_{cs} + (e_{a1} + e_{a2}) - R_{a2}i_f - (L_{a2} + M_{a1a2})\frac{d}{dt}i_f \\ V_{bs} = R_s i_{bs} + L\frac{d}{dt}i_{bs} + e_{bs} + (M_{a1b} + M_{a2b})\frac{d}{dt}i_{as} + M\frac{d}{dt}i_{cs} - M_{a2b}\frac{d}{dt}i_f \\ V_{cs} = R_s i_{cs} + L\frac{d}{dt}i_{cs} + e_{cs} + (M_{a1c} + M_{a2c})\frac{d}{dt}i_{as} + M\frac{d}{dt}i_{bs} - M_{a2c}\frac{d}{dt}i_f \end{cases} \quad \text{(IV -5)}$$

Les relations suivantes sont normalement admises :

$$\begin{cases} R_s = R_a = R_{a1} + R_{a2} \\ L_a = L_{a1} + L_{a2} + 2M_{a1a2} \\ M = M_{a1b} + M_{a2b} = M_{a1c} + M_{a2c} \\ M = M_{a1c} + M_{a2c} \\ e_a = e_{a1} + e_{a2} = e_{a1} + e_f \end{cases} \quad \text{(IV-6)}$$

En remplaçant les relations ci-dessus (IV -6) dans les équations électriques (IV -5) nous obtenons l'écriture matricielle suivante :

$$\begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \end{bmatrix} = [R_s]\begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix}\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_{a2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} i_f - \begin{bmatrix} L_{a2} + M_{a1a2} \\ M_{a2b} \\ M_{a2c} \end{bmatrix}\frac{d}{dt}i_f \quad \text{(IV-7)}$$

La résolution de l'équation (IV -7) nécessite la connaissance du courant i_f ou alors d'ajouter une équation supplémentaire décrivant la maille du court-circuit.

$$0 = -R_{a2}i_{as} - (L_{a2} + M_{a1a2})\frac{d}{dt}i_{as} - M_{a2b}\frac{d}{dt}i_{bs} - M_{a2c}\frac{d}{dt}i_{cs} - e_{a2} + (R_{a2} + r_f)i_f + L_{a2}\frac{d}{dt}i_f \quad \text{(IV -8)}$$

sous forme matricielle les équations électriques sont données par :

$$[V_{abcf}] = [R_s][i_{abcf}] + [L]\frac{d}{dt}[i_{abcf}] + [e_{abcf}] \quad \text{(IV -9)}$$

Avec :

$$[V_{abcf}] = \begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \\ 0 \end{bmatrix} ; \quad [R_s] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 & -R_{a2} \\ 0 & R_s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_s & 0 \\ -R_{a2} & 0 & 0 & R_{a2}+r_f \end{bmatrix} ; \quad [i_{abcf}] = \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i_f \end{bmatrix} \quad \text{(IV -10)}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} L & M & M & -L_{a2} - M_{a1a2} \\ M & L & M & -M_{a2b} \\ M & M & L & -M_{a2c} \\ -L_{a2} - M_{a1a2} & -M_{a2b} & -M_{a2c} & L_{a2} \end{bmatrix} ; \quad [e_{abcf}] = \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \\ e_f \end{bmatrix} \quad \text{(IV -11)}$$

Où : $e_f = e_{as2}$

L'expression du couple électromagnétique de la MSAP en défaut électrique entre-spires est donné par :

$$C_e = \frac{e_{as}i_{as} + e_{bs}i_{bs} + e_{cs}i_{cs} - e_f i_f}{\Omega} \quad \text{(IV -14)}$$