

De la puce à l'oreille

- Jean-Claude BODOT -

Asservissement d'un HP électrodynamique

- Annexe A -

Vitesse de déplacement d'un équipage mobile

♦ Evaluation dans le circuit purement mécanique

La modélisation d'un HP placé dans une enceinte et ramené au seul circuit mécanique peut se représenter ainsi.

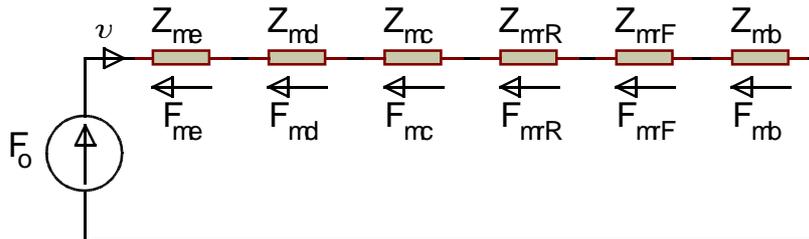


fig:1

Si:

- V_s est la tension de sortie de l'amplificateur,
- $B.l$ le facteur de force du HP,
- R_e la résistance purement électrique de la bobine mobile et L_e son inductance ,
- qui constituent l'impédance électrique $Z_e = R_e + p.L_e = R_e. (1+p.\tau_e)$, (CFB-An-1)
- $\tau_e = L_e / R_e$ est la constante électrique du HP (CFB-An-2)
- Cette constante de temps détermine la pulsation caractéristique $\omega_e = 1/\tau_e$ (CFB-An-3)
- et par conséquent la fréquence de coupure électrique $f_e = 1/(2.\pi.\tau_e)$ (CFB-An-4)

Les éléments du réseau de la figure 1

- La force motrice $F_0 = B.l.V_s / (R_e. (1+p.\tau_e))$ (CFB-An-5)
- v la vitesse de déplacement de l'équipage mobile
- $Z_{me} = (B.l)^2 / Z_e$ (CFB-An-6)
- $Z_{md} = p.M_{md} + R_{ms} + 1/p.C_{ms}$
- Z_{mrc} l'impédance mécanique de rayonnement du cache noyau
- Z_{mrR} , l'impédance de rayonnement arrière du HP , soit celle du couplage à sa boîte (R pour Rear)
- Z_{mrF} , l'impédance de rayonnement avant du HP, image du couplage du HP au milieu ambiant (F pour Front)
- Z_{mb} , l'impédance de la boîte.

La loi des mailles est applicable dans un circuit mécanique (cf. Les analogies)

$$\text{Ainsi } F_0 - (v.Z_{me} + v.Z_{md} + v.Z_{mrc} + v.Z_{mrR} + v.Z_{mrF} + v.Z_{mb}) = 0 \quad (\text{CFB-An-7})$$

$$\text{soit } F_0 = (v.Z_{me} + v.Z_{md} + v.Z_{mrc} + v.Z_{mrR} + v.Z_{mrF} + v.Z_{mb}) \quad (\text{CFB-An-8})$$

En vertu de la loi d'ohm appliquée aux circuits mécaniques, le produit d'une vitesse mécanique par une vitesse est égale à une force .

$$\text{Autrement dit } F_0 - (F_{me} + F_{md} + F_{mrc} + F_{mrR} + F_{mrF} + F_{mb}) = 0 \quad (\text{CFB-An-9})$$

$$\text{dans laquelle chaque force } F_{m\gamma} = Z_{m\gamma}.v \quad (\text{CFB-An-10})$$

ce qui signifie que F_{me} , F_{md} , F_{mrc} , F_{mrR} , F_{mrF} , F_{mb} sont les forces de réaction à la force motrice .

Remarques importantes:

- La représentation simplifiée pose $Z_{ms} = Z_{md} + Z_{mrc} + Z_{mrR} + Z_{mrF}$ (CFB-An-11)
- dans laquelle $Z_{mrR} = Z_{mrF}$ sont réduites pour chacune à une masse d'air $M_{mr} = \rho \cdot 8 \cdot r_d \cdot S_d / (3 \cdot \pi)$
 ρ est la masse volumique de l'air à une température considérée, S_d la surface dynamique de la membrane et r_d son rayon. À travers cela est considéré une masse $M_{ms} = M_{md} + (2 \cdot M_{mr})$ (CFB-An-12)
 Ce modèle n'est applicable qu'aux fréquences bien inférieures à la fréquence de coupure acoustique
 $f_a = c / 2 \cdot \pi \cdot r_d$ (CFB-An-13)
- du HP
- De plus l'expression de la force motrice est réduite à $F_0 = B \cdot l \cdot V_s / R_e$ ce qui limite l'analyse aux fréquences bien inférieures à f_e

♦ Evaluation dans le circuit électro mécanique

Ce schéma est utile car il permet de se rendre compte de la présence de la f.c.e.m = $B \cdot l \cdot v$ dans le circuit électrique du HP.

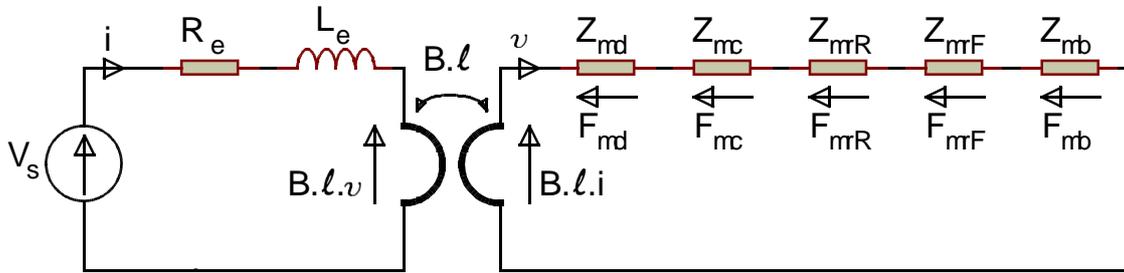


fig:2

Dans le circuit électrique , la maille s'écrit

$$V_s - (Z_e \cdot i) - B \cdot l \cdot v = 0 \tag{CFB-An-14}$$

dans laquelle

$$Z_e = R_e + p \cdot L_e \text{ est déjà définie en (CFB-An-1)}$$

La maille du circuit mécanique:

$$B \cdot l \cdot i - v \cdot (Z_{md} + Z_{mc} + Z_{mrR} + Z_{mrF} + Z_{mb}) = 0 \tag{CFB-An-15}$$

de laquelle on extrait la vitesse

$$v = B \cdot l \cdot i / (Z_{md} + Z_{mc} + Z_{mrR} + Z_{mrF} + Z_{mb}) \tag{CFB-An-16}$$

reportée dans la maille électrique

$$V_s - (Z_e \cdot i) - (B \cdot l)^2 \cdot i / (Z_{md} + Z_{mc} + Z_{mrR} + Z_{mrF} + Z_{mb}) = 0 \tag{CFB-An-17}$$

ainsi

$$V_s = i \cdot [Z_e + (B \cdot l)^2 / (Z_{md} + Z_{mc} + Z_{mrR} + Z_{mrF} + Z_{mb})] \tag{CFB-An-18}$$

♦ Evaluation dans le circuit électrique

Des précédentes formules apparaissent deux circuits équivalents

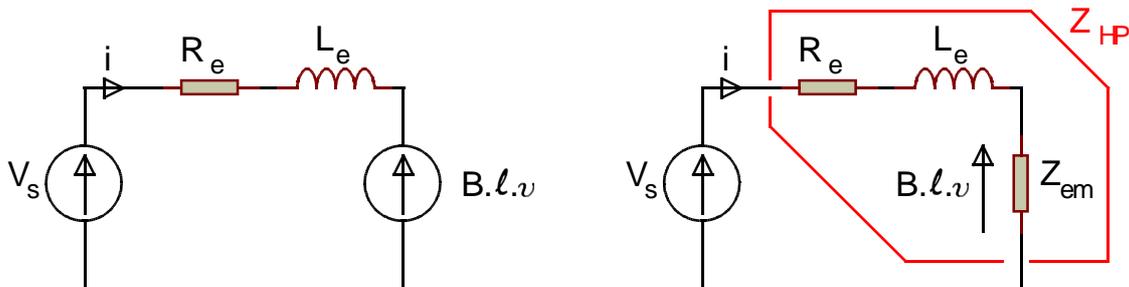


fig:3

La figure de gauche illustre la formule (CFB-An-14)

Celle de droite la formule (CFB-An-18) , à condition d'identifier

$$Z_{em} = (B.l)^2 / (Z_{md} + Z_{mc} + Z_{mrR} + Z_{mrF} + Z_{mb}) \quad (\text{CFB-An-19})$$

Quoique utilisable cette formule ne permet pas de dresser facilement un schéma équivalent à Z_{em}

L'image électrique d'une impédance mécanique s'écrit $Z_{em} = (B.l)^2 / Z_m$ (CFB-An-20)

Son inverse l'admittance $Y_{em} = Z_m / (B.l)^2$ (CFB-An-21)

peut donc s'écrire $Z_{em} = 1 / (Y_{emd} + Y_{emc} + Y_{emrR} + Y_{emrF} + Y_{emb})$ (CFB-An-22)

avec

$$- Z_{emd} = (B.l)^2 / Z_{md} \quad (\text{CFB-An-23})$$

$$- Z_{emc} = (B.l)^2 / Z_{mc} \quad (\text{CFB-An-24})$$

$$- Z_{emrR} = (B.l)^2 / Z_{mrR} \quad (\text{CFB-An-25})$$

$$- Z_{emrF} = (B.l)^2 / Z_{mrF} \quad (\text{CFB-An-26})$$

$$- Z_{emb} = (B.l)^2 / Z_{mb} \quad (\text{CFB-An-27})$$

L'équation (CFB-An-22) montrant que l'ensemble de ces impédances motionnelles sont parallèles entre elles.

Le schéma ci dessous exprime cette équation.

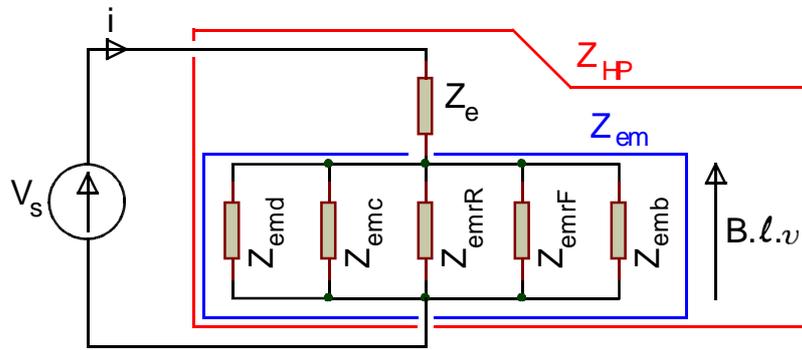


fig:4

Le rapprochement entre les deux schémas de la fig:3 permet aussi d'écrire la valeur de la force contre électromotrice

$$B.l.v = Z_{em}.i \quad (\text{CFB-An-28})$$

ou encore

$$B.l.v = V_s.Z_{em} / (Z_e + Z_{em}) \quad (\text{CFB-An-29})$$

Or

$$Z_{HP} = Z_e + Z_{em} \quad (\text{CFB-An-30})$$

ce qui simplifie l'écriture de la f_{cem} $B.l.v = V_s.Z_{em} / Z_{HP}$ (CFB-An-31)

Le courant i qui circule dans le HP est aussi la somme des courants qui circulent dans les branches de l'impédance motionnelle.

Chacun des courants est $i = B.l.v / Z_{em}$ (CFB-An-32)

Entre autre

$$i_{emrF} = B.l.v / Z_{emrF} \quad (\text{CFB-An-33})$$

$$i_{emrF} = B.l.v.Z_{mrF} / (B.l)^2 = v.Z_{mrF} / B.l \quad (\text{CFB-An-34})$$

Remarques:

- quelque soit la méthode employée, ou le réseau dans lequel on se situe le comportement fréquentiel, de chacune des impédances purement mécaniques et de celles qui sont à l'image d'un rayonnement acoustique est reporté sur la f_{cem} du HP.
- Isoler la force électromotrice d'un HP constitue un capteur de vitesse efficace et qui traduit le comportement de l'ensemble des composants mécano acoutiques du HP.
- Aucune limite fréquentielle n'apparaît dans ces équations. La f_{cem} peut donc être isolée indépendamment du registre audio, pour lequel le HP est conçu.