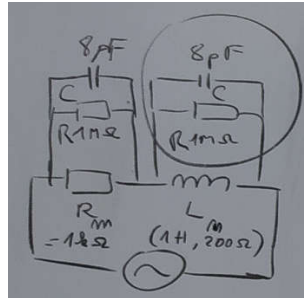


Caractérisation de l'effet capacitif dans une inductance

Schéma de l'expérience et commentaires préliminaires:



• On utilise une inductance L_m bobinée Leybold de 5000 spires présentant une inductance propre à basse fréquence voisine de 1H pour une résistance de 200Ω. Pour que l'effet capacitif soit observé, il faut beaucoup de spires très proches les unes des autres pour maximiser l'effet capacitif entre spires. Si on change la forme ou la nature de l'inductance, la fréquence à laquelle s'observe l'effet capacité sera modifiée...



- Pour la mesure du courant, on prend une résistance R_m de 1kΩ ce qui est suffisant pour récupérer une tension image du courant assez forte pour être mesurée avec un bon rapport signal/bruit et la tension aux bornes de l'inductance et de la résistance est mesurée à travers une sonde différentielle raccordée aux composants avec deux fils « banane » (surtout pas une ligne coaxiale très capacitive...100pF/m).
- Une entrée de sonde différentielle peut être modélisée au premier ordre par une résistance R d'1MΩ en parallèle avec une capacité C de 6μF. Cette chaîne de mesure représente une impédance d'entrée répondant à la formule suivante

$$\overline{Z}_{mes} = \frac{R}{1 + j \cdot R \cdot C \cdot \omega}$$

à 10kHz qui sera par la suite la fréquence à laquelle on observe l'effet capacitif, la valeur du module de l'impédance d'entrée reste très proche de 1MΩ ce qui est beaucoup plus fort que la résistance de mesure R_m de 1kΩ ou le module de l'impédance de l'inductance $L_m \cdot \omega$ proche 60kΩ

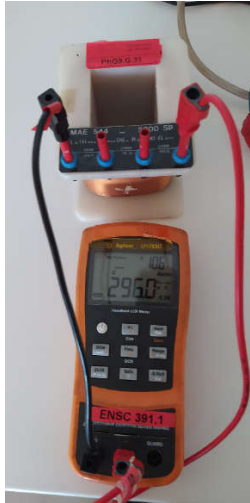
Expérience préliminaire : à quoi s'attendre....

- Mesurer l'inductance avec l'impédancemètre sur la fréquence 100Hz



On a bien une inductance à cette fréquence dont la valeur mesurée est 1032.5 mH (assez proche de 1H marqué sur le composant qui n'est qu'un ordre de grandeur). Aller dans la notice de l'impédancemètre pour trouver l'incertitude sur cette mesure...

- Mesurer la capacité avec l'impédancemètre sur la fréquence 100kHz



A 100kHz, on trouve une capacité de 296pF

Observation de l'effet capacitif :

Avec le schéma précédent, on réalise trois observations à



7,1kHz...le courant en vert est en quadrature retard sur la tension en jaune...comportement inductif...



7,8kHzn courant et tension sont en phase, on bascule d'un comportement inductif à un comportement capacitif



8,7kHz... le courant en vert est désormais en quadrature avance sur la tension en jaune...Comportement capacitif

- Pour quantifier plus finement le phénomène, on peut relever le module (rapport de la valeur efficace de tension aux bornes de l'inductance sur le module du courant qui la traverse qui est donné par ce qu'on observe dans R_m) et la phase de l'impédance et les tracer en fonction de la fréquence. On doit observer une croissance à +20dB/décade entre le continu et 1kHz et une décroissance à -20dB/décade au-delà de 10kHz même si dans ce cas, l'impédance de la chaîne de mesure risque de perturber les observations en dérivant de plus en plus de courant quand la fréquence augmente... C'est pourquoi, plutôt que d'observer la pente du module, il est préférable d'observer le déphasage qui passe d'un retard de pratiquement 90° du courant sur la tension pour les fréquences inférieures à 1kHz à une avance de pratiquement 90° pour des fréquences proches de 10kHz ce qui dénote bien du passage d'un comportement inductif à un comportement capacitif.

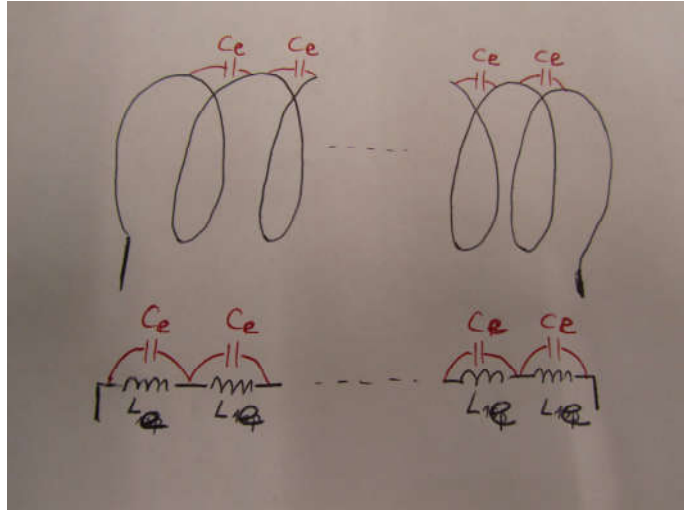
- Si on considère que la limite entre le comportement inductif et le comportement capacitif se fait, pour cette bobine, à 7,8kHz et qu'on représente la bobine par une inductance L_g en parallèle avec une capacité C_g , si l'inductance vaut 1,03H, alors dans la mesure où à cette fréquence, on a

$$C_g = \frac{1}{L_g \cdot \omega^2}$$

on en déduit une capacité C_g qui vaut 404 pF

Modélisation de l'effet capacitif dans une bobine :

Une bobine peut être vue comme une succession de spires très proches les unes des autres et donc comme la mise en série de n ensembles d'une inductance L_e en parallèle avec une capacité C_e . Dans ce modèle, on suppose que la répartition se fait sur une seule couche, ce qui n'est manifestement pas le cas ici, mais qui donne une idée.



Pour un seul motif, on a une impédance élémentaire telle que

$$\bar{Z}_e = \frac{L_e \cdot p}{1 + L_e \cdot C_e \cdot p^2}$$

Dans ces conditions, on peut écrire que l'impédance globale de n spires vaut

$$\bar{Z}_g = n \cdot \frac{L_e \cdot p}{1 + L_e \cdot C_e \cdot p^2}$$

Tout se passe comme si on avait une inductance $L_g = n \cdot L_e$ en parallèle avec une capacité $C_g = C_e/n$.

Avec notre expérience, c'est C_e/n que nous sommes en train de mesurer. On peut donc s'attendre à avoir un effet capacitif qui sera d'autant plus marqué que la section du conducteur (et donc la surface en regard) est plus importante, que l'épaisseur de vernis qui sépare les spires est faible, et que le nombre de spires (dans l'hypothèse d'une structure monocouche...) est faible.

Evidemment, avec un bobinage multicouches, le modèle est plus complexe. En supposant que chaque spire reste vue modélisée une inductance proche identique, dans ce cas, la couche supérieure et la couche inférieure interagissent avec une autre couche alors que les spires au centre du système interagissent avec deux autres couches (on néglige les interactions capacitives quand les distances entre spires sont trop importantes).