

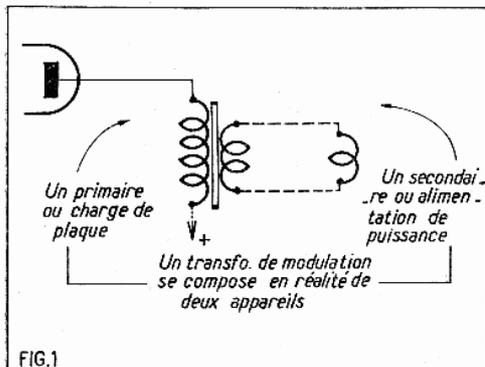
LE TRANSFORMATEUR DE MODULATION, CET INCONNU

Cet inconnu n'est pas aussi exact que ce « méconnu ». Très savamment les uns et les autres désignent cette pièce par une valeur ohmique et ils croient avoir ainsi épuisé la question. En réalité, ils se bornent à formuler une seule indication et, pratiquement, ils laissent ainsi la porte ouverte à toutes sortes de malentendus.

Le primaire.

Il faut distinguer dans un transformateur entre deux fonctions bien différentes (fig. 1). Le primaire est à considérer tout simplement comme la charge du circuit de la plaque.

Une lampe de puissance, plus que tout autre tube, demande, dans son circuit anodique, une valeur bien déterminée. Si on ne la respecte pas, on risque d'un côté de dépasser l'échauffement permis par le fabricant de lampe, et de l'autre de ne plus retrouver assez de puissance avec assez peu de distorsion.



Le rapport des impédances.

Nous passons maintenant à la deuxième caractéristique évoquée plus haut (fig. 1). Notre transformateur de modulation comporte, en effet, un secondaire aux bornes duquel nous branchons notre bobine mobile.

On a dit que ce transformateur était une sorte de lentille électronique à travers laquelle on regardait la faible impédance de la bobine mobile. Cette formule exacte et fort séduisante ne donne cependant qu'une image incomplète de la vraie situation. Tous nos efforts ont tendu, dans notre amplificateur, à obtenir une puissance électrique suffisante aux bornes de la bobine mobile. Celle-ci ne fait guère que 2 ou 4 Ω et il faudra donc une forte intensité pour atteindre ce maximum de puissance. Notre transformateur de modulation doit donc transmettre une forte tension à une faible impédance : le rapport des spires primaire-secondaire sera très élevé.

Il est donc plus important de connaître la valeur exacte de la bobine mobile, plutôt que de s'extasier sur l'impédance du primaire. Et à ce secondaire, nous travaillons avec des demi-ohms. L'écart est considérable entre 2,5 Ω et 3, 5 Ω . Un primaire de 5.000 Ω prévu pour une bobine mobile de 2,5 Ω peut être plus mal adapté qu'un 10.000 Ω conçu pour 3,5 Ω (fig. 2). Ce n'est pas tout encore.

Nous avons parlé, à plusieurs reprises, d'impédances et ce seul vocable évoque pour nous l'intervention d'un facteur très important : la fréquence à laquelle se lit cette impédance ; suivant

C'est cette valeur que l'on connaît généralement le mieux et on a pris l'habitude d'en attribuer une, très précise, à chaque type de lampe. Par exemple, il faut 7.000 Ω pour une EL84 et 3.000 pour une UL41. Les choses ne sont pourtant pas aussi simples car les valeurs réelles tiennent compte de quelques autres facteurs, parmi lesquels, en premier lieu, la polarisation.

Suivant cette tension de polarisation, on détermine la « classe » dans laquelle on travaille et lorsque l'on ne précise rien, c'est que l'on se trouve tout simplement en classe A. Il est évident, cependant, que l'importance du courant anodique, au repos sera très différente dans les diverses classes et l'on comprend ainsi que la dissipation anodique, elle aussi, soit influencée par le choix de cette classe. Cela nous ramène à l'impédance du primaire de notre transformateur de modulation.

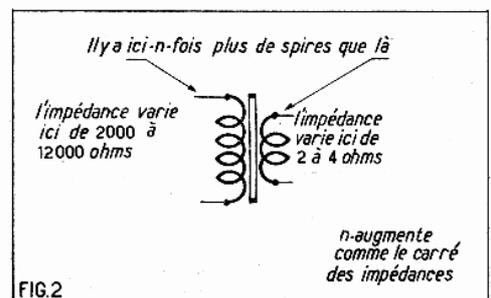
Si nous voulions réellement observer, avec scrupule, toutes les données qui conduisent à la juste valeur de cette impédance, nous devrions connaître, en plus, la haute tension disponible pour cet étage de sortie.

Bref, la notion courante de cette impédance est fort sommaire et nous trouverons plus loin encore d'autres restrictions.

cette fréquence nous risquons d'obtenir des résultats très différents, inutilisables en tout cas pour une étude sérieuse.

Pour simplifier les indications courantes on a pris l'habitude de considérer cette impédance à la fréquence de 400 périodes. Mais dans le doute, il serait très indiqué de se renseigner sur la valeur exacte pour éviter d'accorder, avec des apparences de sérieux, des organes qui n'auraient pas été prévus l'un pour l'autre. Nous avons, en effet, rencontré bien souvent des transformateurs de modulation, mesurés à 1.000 périodes, où cette indication n'était pas portée avec grande netteté. Or, quelle différence risquons-nous de rencontrer ainsi ?

Une différence énorme, peut-on dire d'emblée. La variation de l'impédance est presque linéaire avec la fréquence. Ainsi, si nous faisons l'acquisition d'un transformateur marqué 5.000 Ω , mais que ces 5.000 Ω aient été mesurés à 1.000 périodes, nous



ne trouverons plus à la fréquence supposée de 400 périodes, que 2.000 Ω . D'où primo, un rendement détestable aux fréquences basses et secundo, une charge de plaque insuffisante pour le tube de sortie.

Voici encore une autre preuve mathématique — bien élémentaire — de l'importance des deux données « primaire » et bobine mobile.

Dans un transformateur à impédance primaire de 5.000 Ω , le rapport des spires pour une bobine de 2,5 Ω est de 45 environ.

Si nous le changeons par une bobine de 3,5 Ω , tout se répercutera dans le circuit primaire, comme si nous y avions placé une impédance de $45 \times 45 \times 3,5 = 7.000 \Omega$.

Et pourtant, nous aurions bien craint d'y employer un modèle pour 7.000 Ω .

Petit aperçu pratique.

Un transformateur de modulation est un transformateur de puissance. Suivant la puissance qu'il doit transmettre, son circuit magnétique devra être de dimensions différentes et ce n'est qu'une façon très indirecte que de parler uniquement du diamètre du haut-parleur employé. Nous ne pouvons nier que, dans une certaine mesure, on se rapproche ainsi de la réalité, mais, en vérité, il y a haut-parleur et haut-parleur. Tel 12 cm, pourvu d'un aimant de qualité excellente « encaissera » une puissance bien supérieure à tel autre 24 cm, à champ excitateur médiocre.

Il n'y a cependant strictement aucun inconvénient à employer toujours un circuit magnétique de forte section pour travailler loin, très loin de la saturation. Car la saturation, voilà bien l'ennemi irrédicible de tout amplificateur de qualité ! Et le choix d'un circuit de dimensions respectables doit, obligatoirement se doubler de l'emploi de tôles de qualités parfaite.

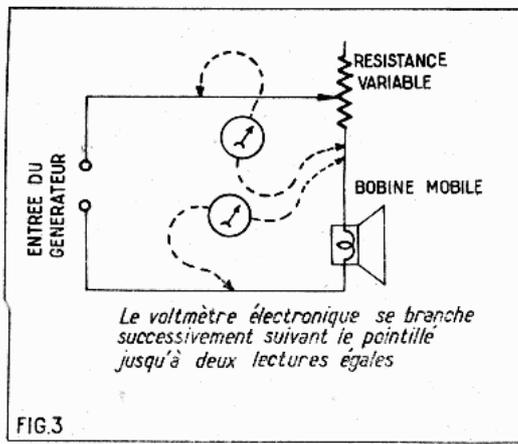
Nous rappellerons enfin, pour mémoire seulement, la formule que tout le monde connaît et qui tient lieu de clé, aux profanes, pour l'entrée au royaume des formules. On sait que ce rapport des spires dépend des deux impédances, mais qu'il varie comme le carré de ce rapport. Comme il faut obligatoirement arriver à une impédance donnée au primaire, on ne peut pas tirer grand-chose de cette seule formule, et elle nous semble alors singulièrement dépourvue d'utilité ; de toute façon, elle sort du cadre de ces quelques lignes.

Comment mesurer la valeur des bobines mobile.

On se trouve souvent devant ce problème, lorsque l'on a en mains un haut-parleur déjà usagé qui ne porte plus aucune inscription. Et l'on s'aperçoit alors de la parfaite réalité physique de cette impédance. On peut, comme nous l'avons dit plus haut, l'assimiler parfaitement à une résistance pure. C'est sur cette remarque que nous allons baser notre système de mesure.

Il est très indiqué de disposer d'un générateur sinusoïdal, sinon, on pourra se contenter d'un petit générateur BF, voire même de la source de modulation de votre hétérodyne habituelle. Puisque, comme indiqué, les valeurs des impédances se déterminent avec un signal de 400 périodes, il nous semble très normal d'utiliser cette fréquence pour notre mesure.

Nous rappelons enfin, qu'aux bornes de cette bobine mobile, nous devons engendrer une puissance, et rien ne nous empêche alors de considérer notre bobine mobile comme une sorte de « récepteur ». Les problèmes seraient très exactement les mêmes



si nous avons affaire à une puissance industrielle, un radiateur, par exemple.

En série avec la bobine mobile à déterminer nous plaçons une résistance réglable (fig. 3), dont nous pouvons déterminer, à chaque instant la valeur ohmique exacte. Nous injectons le signal de notre générateur aux bornes de l'ensemble de ces deux impédances et nous lisons, successivement, les tensions que nous trouvons aux bornes de chacune d'elles.

N'oublions pas que l'une des deux est réglable et que nous pouvons donc facilement espérer atteindre le moment où ces deux tensions seront égales. A ce moment-là, mathématiques et physique nous l'apprennent, les deux impédances seront égales et notre graduation déterminera la valeur cherchée.

Ce même essai peut évidemment être fait aussi à des fréquences différentes. Mais la bobine mobile présente, on s'en doute une impédance variable avec cette fréquence, alors que la résistance est un élément, théoriquement, indépendant de toute variation de fréquence; nous ne serions donc plus certains du résultat et, surtout, nous ne saurions pas quelle transposition effectuer pour nous aligner sur les valeurs standardisées.

Signalons en passant que l'on peut employer le même système pour la mesure d'autres impédances, par exemple, d'une descente d'antenne, mais il faut toujours respecter la fréquence à laquelle nous comptons observer nos phénomènes..

Mesure du gain.

Nous croyons bon et normal d'introduire ici encore cette nouvelle notion, puisque, la bobine mobile y joue encore son rôle.

Ici encore nous pouvons tout ramener à un simple problème physique. Nous considérons une puissance à l'entrée, puissance qui se trouve obligatoirement aux bornes d'une impédance, et, à la sortie nous contrôlons la nouvelle puissance, toujours aux bornes d'une impédance. Le *gain* sera tout simplement le rapport entre ces deux puissances.

Il importe donc que nous connaissions exactement la valeur de ces deux impédances et que, de surcroît, nous connaissions

encore ces impédances à une fréquence bien précise.

Notre générateur sera branché à l'entrée et la puissance s'y déterminera de la façon la plus simple par une formule dérivée de la très vieille loi d'Ohm.

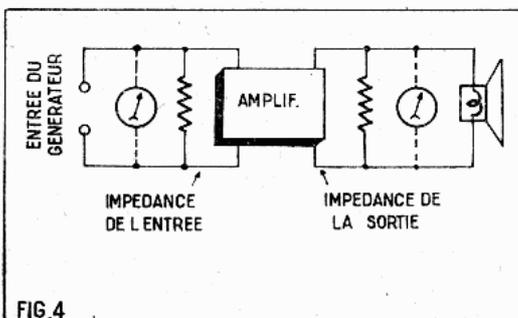
Il nous semble superflu de spécifier la grande facilité que revêtira notre calcul, si nous nous arrangeons pour injecter à l'entrée une tension égale à un volt.

L'impédance d'entrée sera représentée par l'appareil que l'on a l'habitude d'y brancher : micro, pick-up ou tout simplement un potentiomètre. Mais nous n'insisterons jamais assez sur l'absolue nécessité de maintenir cette impédance constante, si nous voulons réellement que notre mesure ait un sens.

L'impédance de la sortie, par contre, sera figurée, tout bonnement par notre fameuse bobine mobile. La tension que nous lisons à la sortie sur le cadran de notre voltmètre électronique ne nous renseignera sur la vraie puissance modulée qu'à la condition que nous divisions son carré par la valeur de cette bobine.

Voici un petit exemple numérique qui fixera bien mieux les idées que de longs discours. Si notre amplificateur doit travailler derrière un microphone de 10.000 Ω , par exemple, nous trouverons pour une tension d'un volt, délivrée par notre générateur une puissance de 0, 1 milliwatt. La sortie est chargée par une bobine mobile, somme toute classique de 4 Ω , et nous y lisons 10 V. C'est donc que notre ampli délivre une puissance de 25 W et son gain sera de 250.000.

Pour dire la vérité, ces rapports, gain, puissance, etc..., s'expriment habituellement en décibels, mais, nous ne voulons pas introduire ici des complications aussi grandes et nous en resterons à cet aspect un peu simplifié, mais très fidèle des vrais problèmes.



CONSTRUCTION D'UN TRANSFORMATEUR DE SORTIE

Si le calcul des transformateurs d'alimentation est relativement aisé, celui des transformateurs de sortie l'est beaucoup moins, nous croyons donc intéressant d'extraire de la revue italienne *Radio et Télévision* les données ci-après pour la construction d'un transformateur de sortie destiné à suivre deux tubes amplificateurs EL84 montés en push-pull ; elles pourront servir de bases pour l'établissement de ce genre de transformateur.

Dans les amplificateurs à haute fidélité, la qualité dépend beaucoup du transformateur de sortie et comme le précise l'auteur de l'article en question, les transformateurs de haute qualité ont normalement leur noyau magnétique en tôles de prix élevé. Pour le modèle décrit, on s'est efforcé, tout en utilisant des tôles normales, d'arriver à une qualité équivalente. Il est établi pour la charge optimum d'impédance des deux EL84 (8.000 Ω) et au secondaire pour une impédance de bobine mobile du haut-parleur d'une valeur de 7 Ω .

Sur le schéma de la figure 1, nous pouvons voir que ce transformateur comporte quatre enroulements branchés deux par deux en parallèle, puis réunis entre eux ; les deux enroulements secondaires sont également en parallèle. Les capacités se trouvent distribuées de façon égale si l'on a soin d'enrouler deux des enroulements primaires en sens opposé à celui des autres enroulements ; d'autre part, la résistance ohmique de chaque moitié du primaire est maintenue égale en reliant en parallèle les première et quatrième bobines primaires et les deuxième et troisième.

Voici les données pour la construction de ce transformateur :

Les tôles doivent être découpées suivant les indications de la figure 2 et avoir une épaisseur de 0,5 mm. Elles sont ensuite empilées sur une hauteur de 28 mm. Leur montage s'effectue sans entrefer.

L'isolement entre les divers enroulements est constitué par une feuille de prespahn

de 0,1 mm d'épaisseur et par un papier isolant.

Si les enroulements P_1 et P_2 sont enroulés dans le sens des aiguilles d'une montre, tous les autres doivent être bobinés en sens contraire.

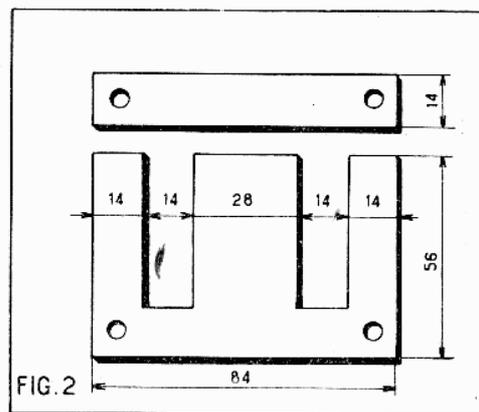
Les enroulements suivants sont branchés en parallèle :

P_1 et P_4 : la moitié du primaire.

P_2 et P_3 : l'autre moitié du primaire.

S_1 et S_2 : le secondaire.

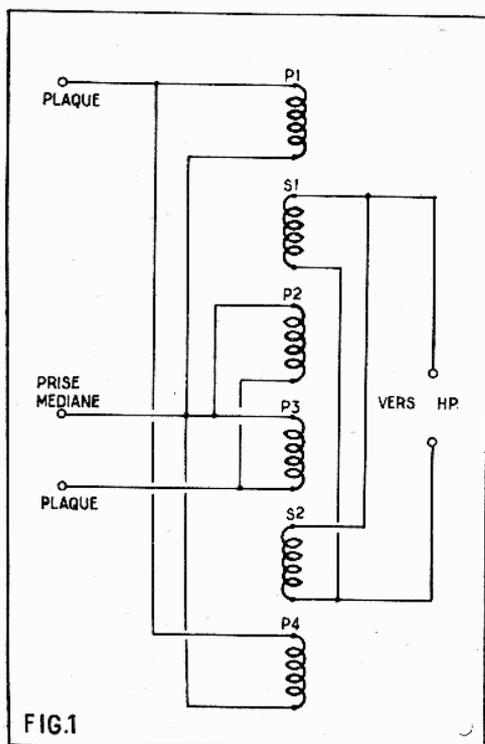
Lorsqu'on connecte P_1 et P_4 en parallèle, on doit se rappeler que ces enroulements sont bobinés en sens opposé, de même que



pour P_2 et P_3 . Si les liaisons internes sont bien faites on doit trouver avec les nombres de tours et les diamètres du tableau ci-après une résistance de 240 Ω pour chaque moitié du primaire et de 0,4 Ω pour le secondaire.

DONNÉES POUR LES ENROULEMENTS

Enroulement	Nombre de spires	Diamètre du fil émaillé	Longueur des enroulements	Nombre de couches	Isolément entre couches
P_1	1.650	0,11	34	7	Papier 3/100 Presspahn 1/10 Papier 3/100 Presspahn 1/10 Papier 3/100
S_1	96	0,9	34	2	
P_2	1.650	0,11	34	7	
P_3	1.650	0,11	34	7	
S_2	96	0,9	34	2	
P_4	1.650	0,11	34	7	



L'IMPÉDANCE DES TRANSFORMATEURS DE MODULATION

On attache une importance exagérée à la valeur absolue de l'impédance que présente le primaire des transformateurs de modulation. Loin de nous la pensée que cette impédance soit un facteur secondaire : dans ces colonnes mêmes, nous avons eu l'occasion déjà de donner quelques précisions à son sujet. Mais on croit bien souvent, à tort, qu'une mauvaise impédance détruit les qualités musicales, alors qu'en réalité une mauvaise adaptation diminue surtout la puissance de sortie. Une valeur insuffisante dans le circuit-plaque peut également augmenter exagérément la dissipation anodique et raccourcir ainsi la vie de la lampe.

Les amateurs avertis connaissent généralement la valeur optimum de cette impédance pour une lampe de sortie donnée.

Parmi les principaux types utilisés aujourd'hui, citons les suivants :

EL41	}	7.000 Ω
EL84		
6AQ5	}	5.000 Ω
UL41		
5QB5	}	2.500 Ω
ECL80		
3S4	}	8.000 Ω
3A4		
3Q4	}	10.000 Ω

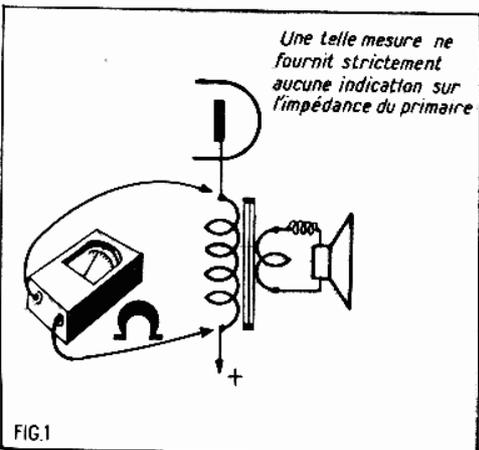
En push-pull, par contre, il ne suffit pas de multiplier ces valeurs par deux. De plaque à plaque, avec une prise médiane, reliée à la haute tension, on trouve :

2 EL41	}	10.000 Ω
2 EL84		
2 6AQ5	}	8.000 Ω
2 ECL80		

Le problème est différent, lorsqu'on se trouve devant un transformateur de modulation dont on ignore l'impédance propre.

Voici une méthode simple pour dégrossir cette valeur.

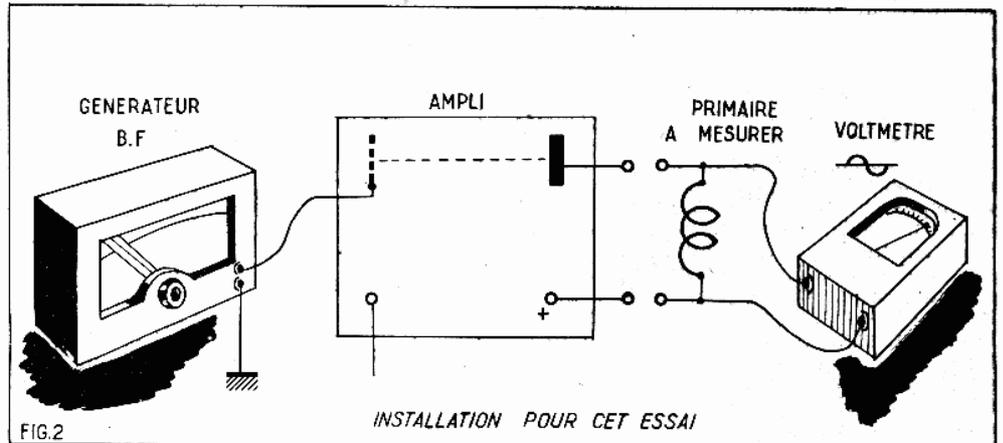
Avant tout, précisons qu'une vérification à l'ohmmètre n'indique strictement rien. La résistance que nous pourrions lire n'a absolument aucun rapport avec l'impédance réelle (fig. 1).



Il faut disposer pour cela, d'un amplificateur à la sortie, duquel on peut placer le transformateur de modulation à essayer.

À l'entrée de l'amplificateur, on applique un signal dû, par exemple, à un générateur de basse fréquence. Si on ne dispose pas d'un tel appareil, on pourra se contenter du signal que transmettent la plupart des émetteurs avant le début de leur émission proprement dite (fig. 2).

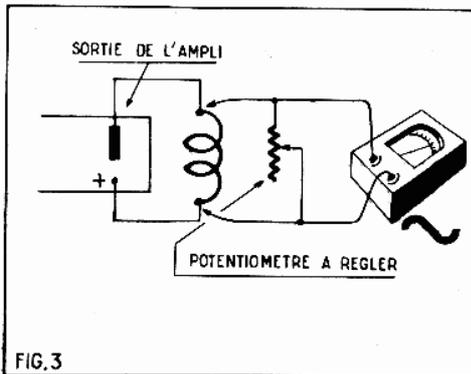
On contrôle aux bornes du primaire la tension obtenue, par exemple à l'aide



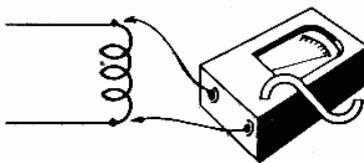
d'un voltmètre du type alternatif. On note soigneusement la valeur obtenue, puis on place en parallèle sur le primaire un potentiomètre de 5 à 20.000 Ω (fig. 3). Les conditions d'entrée n'ayant pas changé,

on lira obligatoirement une déviation différente.

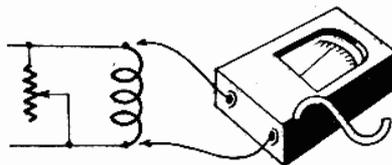
On règle alors ce potentiomètre de telle sorte que l'on ne lise plus qu'une déviation qui corresponde à la moitié de la tension obtenue au premier essai (fig. 4). L'impédance du transformateur de modulation sera à ce moment-là égale à la résistance de la fraction du potentiomètre qui aura provoqué cette nouvelle déviation. Cette méthode n'a pas une rigueur scientifique, mais elle permet, la plupart du temps, d'aboutir à des résultats valables.



1^{er} ESSAI avec le primaire seul



2^e ESSAI On règle le potentiomètre pour obtenir une tension moitié moindre



3^e ESSAI On mesure la résistance ohmique pour la position trouvée

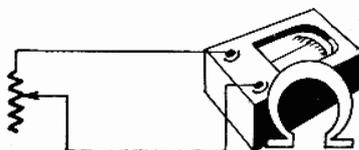


FIG.4