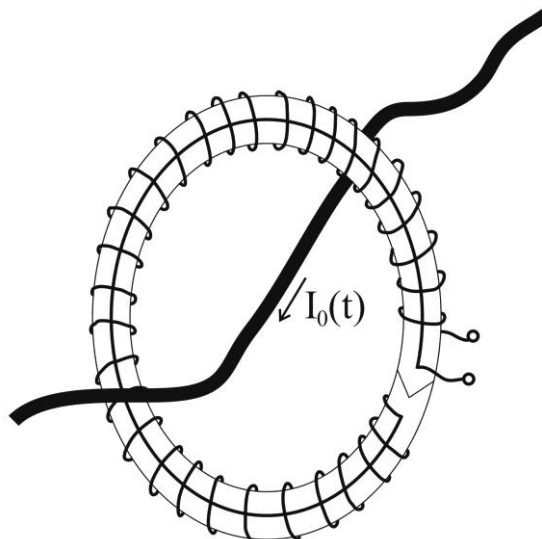


ИМПУЛЬСТІ ТОКТЫ РОГОВСКИЙ БЕЛДІГІНІҢ КӨМЕГІМЕН ӨЛШЕУ

Тез өзгертін және қысқа уақыт аралығында өтетін токты өлшеудің негізгі әдістерінің бірі – Роговский белдігін (ток трансформаторы) қолдану. Бұл әдістің артықшылығы, зерттеліп отырған ортаға тікелей әсер етпейді, өлшеу жанама жүргізіледі. Роговский белдігінің құрылысы – біркелкі оралып, сақина тәрізді иілген ұзын соленоид, 1 суретте.



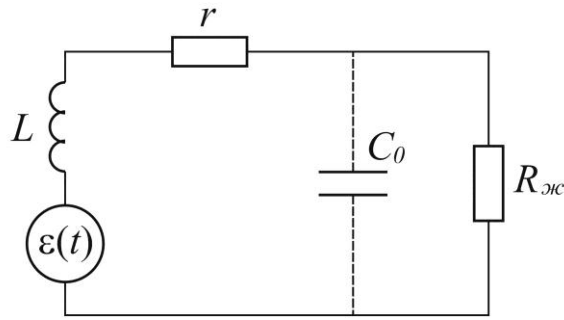
1-сурет. Роговский белдігінің сұлбасы

Белдіктің жұмыс істеу принципі электромагниттік индукция заңына негізделген, яғни өлшеніп отырған $I_0(t)$ ток тудыратын магнит өрісін тіркейді. Егер Роговский белдігінің орамының ұштары $R_{ж}$ кедергімен тұйықталған болса, онда белдіктегі токтың өзгерісі төменде көрсетілгендей теңдеумен сипатталады:

$$L \frac{dI}{dt} + (r + R_{ж})I = \varepsilon(t) \equiv \frac{L}{N} \cdot \frac{dI_0}{dt}, (1)$$

мұндағы L , r - белдіктің индуктивтілігі және кедергісі, N - орам саны, I_0 - өлшеніп отырған ток күші. Бұл теңдеуде орамдар арасындағы паразитті сыйымдылықтың әсері ескерілмеген, өйткені өлшеніп отырған $I_0(t)$ токтың төменгі жиіліктерінде ол орынды. (1) теңдеуге 2-суретте көрсетілген эквиваленттік электр сұлбасы сәйкес келеді, ол жерде үзік сызықпен паразиттік сыйымдылық бейнеленген. Оның әсерін мына жағдайда ескермеуге болады:

$$C_0 \ll \frac{1}{\omega R_{ж}}. (2)$$



2-сурет. Роговский белдігінің эквивалент электрлік сұлбасы

Жоғарыдағы (1) теңдеудің жалпы шешімі келесіге тең:

$$I(t) = \frac{e^{-t/\tau}}{L} \int_0^t e^{\xi/\tau} \varepsilon(\xi) d\xi, \quad \tau = \frac{L}{R_{жс} + r}, \quad (3)$$

мұндағы ξ - интегралдау тұрақтысы.

Егер ток импульсінің ұзақтығы $\tau_{и}$ (ток өзгерісінің уақыты) τ мен салыстырғанда аз болса, онда (3) теңдеудің шешімі келесідей болады:

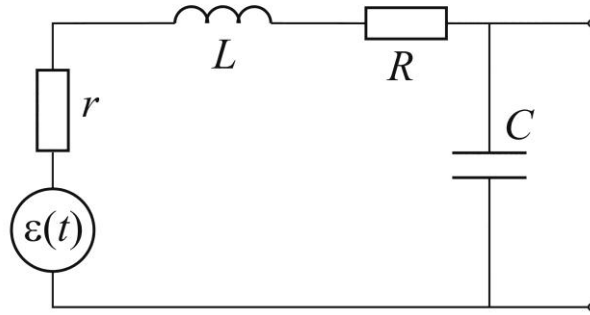
$$I(t) = \frac{1}{L} \int_0^t \varepsilon(\xi) d\xi = -\frac{I_0(t)}{N}, \quad \tau \gg \tau_{и}, \quad (4)$$

демек, Роговский белдігі ток трансформаторы режимінде жұмыс істейді, сәйкесінше жүктеме ұштарындағы кернеу шамасы:

$$U_{ш} = R_{жс} \cdot I(t). \quad (5)$$

Белдіктің мұндай жұмыс режимінде, өз индуктивтілігінде және кедергісінде $r + R_{жс}$ жұмыс істеуі практикада кеңінен қолданылады. Алайда, белдіктің сезгіштігі, $U_{ш}/I(t)$ бұл режимде салыстырмалы түрде төмен; токты өлшеудің негізгі қателігі белдік орамының τ уақыт тұрақтысының шамасының шектік мәніне негізделген ($\tau \gg \tau_{и}$ шарты).

Жүктеме кедергісі $R_{жс}$ үлкен болғанда ($R_{жс} \gg \omega L, r$) белдік соққылы қоздырылған контур режимінде жұмыс істейді. Бұл режимде өлшеуіш құрылғының сезгіштігі әлдеқайда жоғары болады, алайда шығыс кернеуінің формасы өлшеніп отырған ток импульсінің формасына сай келмейді. Осы кемшіліктің алдын алу үшін арнайы интегралдық тізбек қолданылады (3-суретте). Жоғары жиілікті токтарды өлшегенде $R_{жс} \gg \omega L$ шарты үлкен шектеу қояды, осы себепті Роговский белдігінің шығысына шамасы көп үлкен емес кедергі жалғауға болады.



3-сурет. Интегралдық тізбек жалғанған белдіктің электрлік сұлбасы

Мұндай жағдайда белдіктің орамы интегралдық тізбектің R және C элементтерімен бірігіп, өшпелі тербелмелі контурды құрайды, оған сыртқы ЭҚК $\varepsilon(t)$ (1 теңдеуде анықталған) тізбектей жалғанған және де оның теңдеуі төмендегідей жазылады:

$$L \frac{dI}{dt} + (r + R_{\text{ж}})I + \frac{1}{C} \int_0^t I dt = \varepsilon(t). \quad (6)$$

Ток өзгерісінің сипаттық уақыты $\tau_{\text{и}}$ болған жағдайда, (6) теңдеудің сол жағындағы құраушылары келесілерге тең болады:

$$\frac{LI}{\tau_{\text{и}}}, (r + R_{\text{ж}})I, \frac{\tau_{\text{и}}I}{C}. \quad (7)$$

Интегралдық тізбектің параметрлерін төмендегідей таңдап алып,

$$\tau_{\text{и}} \ll (r + R_{\text{ж}})C, \sqrt{LC}, \quad (8)$$

(6) теңдеудегі бірінші және үшінші қосындыларды ескермеуге болады, бұл жағдайда ток (9) арқылы анықталады:

$$I(t) = \frac{\varepsilon(t)}{r + R_{\text{ж}}}, \quad (9)$$

ал сыйымдылықтағы кернеу (интегралдық тізбектің шығысындағы кернеу) келесіге тең:

$$U_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t I(t) dt = -\frac{L}{(r + R_{\text{ж}})C} \cdot \frac{I_0(t)}{N}. \quad (10)$$

белдіктің индуктивтілігін анықтайтын өрнекті (10)-ға қойып, (11) өрнекті аламыз:

$$U_c(t) = -\frac{\mu\mu_0 S}{(r + R_{\text{ж}})C} \cdot \frac{N}{l} I_0(t). \quad (11)$$

Осылайша, белдіктің және интегралдық тізбектің параметрлерін біле отырып, конденсатордағы кернеудің көмегімен $I_0(t)$ тоқты анықтауға болады.

Айта кететін жағдай, белдіктің шығысындағы (5) және интегралдық тізбектің шығысындағы (10), (11) кернеулер өлшеніп отырған ток ағып өтетін өткізгіштің немесе белдіктің ішіндегі зарядталған бөлшектер шоғырының кеңістіктік таралуынан тәуелсіз, осылайша өлшеніп отырған токтың белдік оралған контурды тесіп өткені жеткілікті.

Эксперимент жүргізу кезінде ескеретін жайттар. Роговский белдігі әдісінің қолданылуының төменгі жиіліктік шекарасы келесі шарт арқылы анықталады $r + R_{\text{ж}} \ll \omega L$. Жоғарғы жиілік шекарасы белдіктің өздік резонанстық жиілігіне тәуелді. Негізгі өздік жиілікке сәйкес келетін толқын ұзындығы, шамасы бойынша әдетте, белдікті құрап тұрған өткізгіш ұзындығына тең болуы керек. Роковский белдігінің төменгі жиілікте жұмыс істеу мүмкіндігін арттыру үшін ферритті өзекше қолданылады, ол оның орам санын сақтай отырып индуктивтілігін көбейтеді, бірақ жоғары жиіліктік шекараның қысқаруына әкеледі. Сыртқы тізбек пен сыйымдылықты байланысты азайту үшін және үлкен, тез өзгертін кернеу флуктуацияларын болдырмау үшін, белдік ішкі жағы ашық (магниттік өріске жол) электростатикалық экранмен қапталады. Роговский белдігіне бөлек интегралдаушы құрылғылар жалғап, жұмыс істеу диапазонын кеңейтуге болады, белдік сонымен қатар ток трансформаторы режимінде жұмыс істей алады, оның басты артықшылығы құрылғының қарапайымдылығы мен нәтижелерді өңдеудің қолайлығында. Кедергісі аз коаксиал кабельдер көмегімен сигналды қашыққа жеткізу үшін ток трансформаторының шығыс кедергісі аз болуы керек.

Нақты плазмалық эксперименттерде келесіні ескеру қажет, өлшеніп отырған токтан бөгде токтар тудырған ағын белдіктің үлкен орамын тесіп өтіп қорытқы нәтижеге көп қателік енгізеді. Бұл жағдай, кері бағытталған сымы жоқ белдікті қолданғанда орын алады. Оның себебі белдіктің үлкен орамының ауданы жеке орамдардың ауданынан көп үлкен.

Роговский белдігінің басты кемшілігі орамадағы жекеленген орамдардың біркелкі қозбауы, бұл шығыс кернеуіне күшті шуылдар қосуы мүмкін.