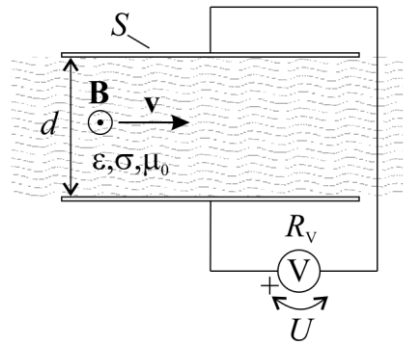


Задатак 217: Принцип рада електромагнетског протокомера (Electromagnetic Flow Meter)



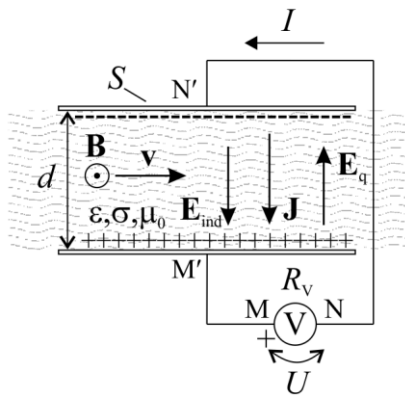
Слика 1.

Задатак приказује принцип мерења брзине течности коришћењем електромагнетске индукције. (Реални уређаји изгледају нешто другачије.) Хомогена течност познатих параметара ϵ , $\sigma > 0$ и μ_0 креће се константном брзином v кроз правоугаону цев, а у делу тока и између облога плочастог кондензатора, површине S , које су на међусобном растојању d . Између електрода кондензатора обезбеђено је хомогено временски стално магнетско поље, магнетске индукције B . Вектори брзине и магнетске индукције, \mathbf{v} и \mathbf{B} , међусобно су управни, а паралелни облогама кондензатора, као на слици 1 (на којој је приказан попречни пресек мерног система). Волтметар унутрашње отпорности R_V прикључен је на облоге кондензатора.

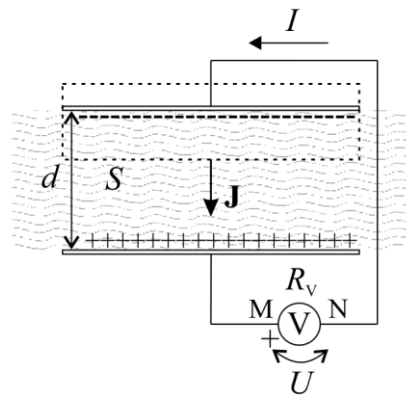
На носиоце наелектрисања у течности која се креће делује сила облика $\mathbf{F}_m = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, где је q претпостављено наелектрисање једног носиоца. Сила је последица кретања наелектрисане честице у магнетском пољу, али се формално може тумачити и као сила којом на посматрани носилац делује електрично поље $\mathbf{E}_{ind} = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ (односно $E_{ind} = vB$ у скаларном облику). Под дејством те силе (која гура позитивна наелектрисања ка доњој облози, а негативна ка горњој) долази до кретања покретних (у оквиру молекула и атома) носилаца у течности у правцу вектора \mathbf{E}_{ind} и последично до гомилања позитивних наелектрисања уз доњу облогу, а негативних уз горњу. Ова наелектрисања су извор електричног поља које потиче од вишка наелектрисања, \mathbf{E}_q . Електрично поље ствара разлику потенцијала између доње и горње облоге конензатора, U , која се може измерити, при чему је U пропорционално са v . Другим речима, мерењем напона U можемо добити брзину протока течности v .

У нашем упрошћеном моделу, где су величине од интереса приказане на слици 2, сматрамо да у устаљеном стању вектор густине струје у течности постоји само у простору између електрода кондензатора, да је нормалан на облоге кондензатора и износи $\mathbf{J} = \sigma(\mathbf{E}_{ind} + \mathbf{E}_q)$, (односно $J = \sigma(E_{ind} - E_q)$ у скаларном облику). Такође сматрамо да се кроз прикључке волтметра успоставила стална струја јачине I и да према једначини континуитета за стационарно поље важи $I = JS$ (слика 3). Пошто је $U = R_V I = E_q d$, имамо да је

$$U = R_V I = R_V JS = R_V \sigma (E_{ind} - E_q) S = R_V \sigma (vB - U/d) S \text{ одакле је } v = \frac{1}{\sigma S B} \left(\frac{1}{R_V} + \sigma \frac{S}{d} \right) U .$$



Слика 2



Слика 3

Реалан уређај је у облику прстенастог сензора који се ставља на спољашност цеви кроз коју се мери проток. Магнетско поље обезбеђују два соленоида, постављена на прстену са размаком од 180 степени, а брзина се очитава на малом дисплеју сензора. Погледајте анимацију на <https://www.youtube.com/watch?v=f949gpKdCI4>