

ДАСЛЕДАВАННЕ ЎМОЎ ПЕРАДАЧЫ ІНФАРМАЦЫЙНЫХ СІГНАЛАЎ У НАФТАПРАВODЗЕ

А. В. Мельнікаў

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Беларусь

Навуковыя кіраўнікі: Ю. В. Крышнёў, М. І. Вяхіраў

Разлік параметраў перадачы інфармацыйных сігналаў у нафтаправодзе зводзіцца да даследавання параметраў круглага металічнага хвалявода. Зробім разлікі неабходнай даўжыні хвалі і каэфіцыента згасання для аднастайнага дыэлектрычнага запаўнення, а таксама ідэалізуем трубаправод.

Круглы металічны хвалявод (мал. 1) уяўляе сабой трубу з унутраным радыусам a [1].



Мал. 1. Круглы металічны хвалявод

Асноўным тыпам хвалі ў круглым хваляводзе з'яўляецца хваля H_{11} . У круглым хваляводзе не могуць распаўсюджвацца электрамагнітныя калыханні з даўжынёй хвалі $\lambda_0 > 3,41a$. Хвалявод пры гэтым аказваецца ў рэжыме адсечкі. У інтэрвале даўжынь хваль $2,61a < \lambda_0 < 3,41a$ хвалявод працуе ў аднахвалявым рэжыме, гэта значыць прапускае толькі асноўны тып хвалі H_{11} [1]. Радыус найбольш шырока выкарыстоўванага на нафтаправодзе «Дружба» трубаправода – 0,4 м, адсюль атрымліваем працоўны дыяпазон $1,044 < \lambda_0 < 1,364$, м.

Згасанне амплітуд, тое, што адбываецца пры праходжанні хваляй шляху l , характарызуецца суадноснасцю:

$$H_m(z) / H_m(z+l) = e^{-\alpha l}.$$

Згасанне амплітуд L , прадстаўленае ў дэцыбелах (дБ), вызначаецца як:

$$L = 20 \lg(H_m(z) / H_m(z+l)) = 20 \cdot \alpha \cdot l \cdot \lg(e) = 8,686 \cdot \alpha \cdot l.$$

Калі ў адпаведнасці з гэтай суадноснасцю ўвесці вымярэнне каэфіцыента згасання ў дэцыбелах на метр (дБ/м) і пазначыць яго праз α' , атрымліваем:

$$\alpha' = \frac{L}{l} = 8,686\alpha.$$

Для разлику каэфіцыента згасання вылічальным шляхам задамо атрыманы дыяпазон хваляў з інтэрвалам 0,02 м і ўлічым, што даўжыня хвалі ў асяроддзі з параметрамі матэрыялу, які запаўняе хвалявод, разлічваецца па формуле $\lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ [2].

Для нафты $\epsilon = 2$, $\mu = 1$.

Крытычная даўжыня хвалі для трубаправода з радыусам 0,4 м:

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{2\pi a}{1,841} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{1,841} = 1,365 \text{ м.}$$

Характарыстычнае супраціўленне асяроддзя, якое запаўняе хвалявод:

$$Z_c = 120\pi \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}, \text{ Ом.}$$

Характарыстычнае супраціўленне хвалявода:

$$Z_v = \frac{Z_c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}}, \text{ Ом.}$$

Каэфіцыент згасання, абумоўлены стратамі ў дыэлектрыку:

$$\alpha_d = \frac{\pi}{\lambda} \text{tg} \delta \frac{Z_v}{Z_c}, \text{ 1/м.}$$

Экстрапалюючы графік залежнасці дыэлектрычнай пранікальнасці нафты ад частаты [3] для нафты на неабходнай нам частаце $\text{tg} \delta \approx 0,0002$. Актыўнае павярхоўнае супраціўленне металу з праводнасцю σ :

$$R_s = \sqrt{\frac{\omega \mu_a}{2\sigma}},$$

дзе ω – вуглавая частата крыніцы калыханняў; μ_a – абсалютная магнітная пранікальнасць матэрыялу сталі трубаправода.

Каэфіцыент згасання, абумоўлены стратамі ў металічных сценах круглага хвалявода, разлічваецца па формуле

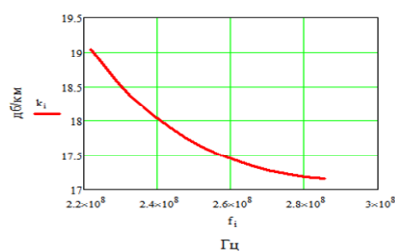
$$\alpha_m = \frac{R_s}{Z_c \cdot a \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}} \left[\frac{m^2}{\eta^2 - m^2} + \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2 \right],$$

дзе для хвалі H_{11} $m = 1$ і $\eta = 1,841$.

Агульны каэфіцыент згасання з'яўляецца сумай каэфіцыентаў згасання ў дыэлектрыку і метале:

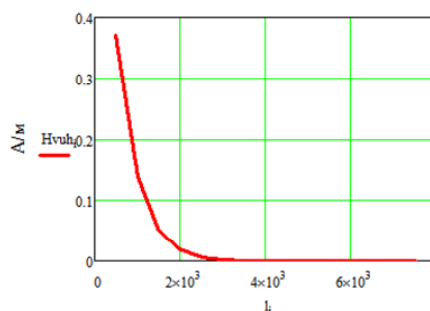
$$\alpha = \alpha_d + \alpha_m.$$

На мал. 2 прадстаўлена залежнасць агульнага каэфіцыента згасання ад частаты на 1 км.



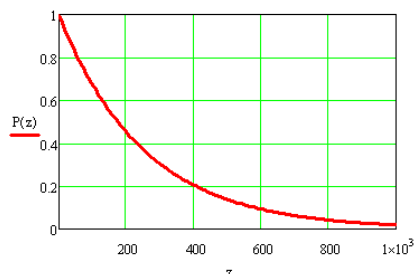
Мал. 2. Графік залежнасці агульнага каэфіцыента згасання ад частаты

Графік залежнасці напружанасці поля H ад адлегласці адлюстраваны на мал. 3. Зыходнае значэнне $H(z) = 1$, А/м.



Мал. 3. Графік залежнасці напружанасці поля H ад адлегласці

Графік згасання сігнала магутнасцю 1 Вт за 1 км прадстаўлены на мал. 4.



Мал. 4. Графік згасання сігнала магутнасцю 1 Вт за 1 км

Як відаць з графікаў, каэфіцыент карыснага дзеяння для перадачы інфармацыйных сігналаў у нафтаправодзе вельмі нізкі. Па атрыманых у ходзе разліку даных, за 1 км захоўваецца менш за 2 % ад зыходнай магутнасці. Асноўны ўплыў на страты аказвае матэрыял трубаправода.

Літ а р а т у р а

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для вузов по спец. «Радиотехника» / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1992.
2. Соловьянова, И. П. Волноводы и объемные резонаторы : метод. указания к решению задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн» / И. П. Соловьянова, С. Н. Шабунин. – Екатеринбург : УГТУ, 1999.
3. Сусарев, С. В. Определение содержания воды и металлосодержащих микроэлементов в нефти в потоке трубопровода / С. В. Сусарева, В. Н. Астапов. – Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер., Техн. науки. – 2011. – № 1 (29) – С. 233–237.
4. Джексон, Дж. Классическая электродинамика / Дж. Джексон : пер. с англ. Г. В. Воскресенского и Л. С. Соловьева ; под ред. Э. Л. Бурштейна. – М. : Мир, 1965. – 703 с.