

Особености на електризацията на диелектрични течности от преливащи магистрала в приемни резервоари и устройства за ограничаване на появилото се статично електричество

Стефан Стефанов, Иван Милев, Иван Проданов

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В доклада се разглеждат особеностите при наелектризирането на диелектрични течности (въглеводородно гориво и др.) при преминаването им от транспортни магистрала в резервоари. Особеностите са предизвикани от обстоятелството, че всички елементи на преливащата магистрала (тръбопровод, филтър, резервоар и т.н.) са затворени метални обвивки, които от гледна точка на електростатиката, са еквивалентни на кафеза на Фарадей.

Предлагат се пасивни устройства за отстраняване на появилите се в течността заряди, преди те да са попаднали в приемните резервоари.

FEATURES OF THE INSULATING LIQUIDS ELECTRIFICATION FROM OVERFLOWING MAIN PIPELINES TO RECEIVING TANKS AND DEVICES FOR THE APPEARED STATIC ELECTRICITY ELIMINATION

ABSTRACT. The features at the insulating liquids electrification (hydrocarbon fuel, etc.) on their transition from main transport pipelines in tanks are treated in the paper.

The features are caused by the circumstance that all the elements of the overflowing main pipeline (pipe, filter, tank, etc.) represent metal coatings, which in terms of electrostatics, are equivalent to the Faraday cage.

Passive devices for elimination of the charges appeared in the liquids before their fall into the receiving tanks are offered=

При преминаване на диелектрични течности (въглеводородно гориво) в резервоари може да се натрупа електрически заряд с такава стойност, че при достатъчно висок потенциал да предизвика електрически разряд на повърхността на горивото. Предизвиканата от него искра при определено съотношение на парите на горивото с въздуха в мястото на разряда е способна да предизвика възпламеняване. Появата на заряди в горивото при неговото преливане е следствие на триенето на диелектричната течност в стените на елементите на магистралата: филтър, тръбопровод и др. Широко препоръчваният метод за отстраняване на електростатичните заряди чрез заземяване в дадения случай не дава необходимия ефект, тъй като всички елементи на преливащата магистрала (тръбопровод, филтър, резервоар и т.н.) са затворени метални обвивки. Те от гледна точка на електростатиката са еквивалентни на кафеза на Фарадей, при който ако в кафеза се внесе определен заряд, например заредена метална сфера със заряд Q_1 , върху вътрешната повърхност на кафеза се индутира равен по големина и обратен по знак заряд Q_2 . Това предизвиква появата на заряд Q_3 по външната повърхност на кафеза, който е еднакъв както по знак, така и по големина с внесения заряд Q_1 , т.е.

$$|+Q_1| = |-Q_2| = |+Q_3|.$$

При преминаване на диелектрични течности по магистралите са налице и трите вида заряди. Първичният заряд Q_1 в движещото се гориво се появява вследствие на откъснатите се от хидродинамичните сили на потока заряди

от дифузионната част на двойния електрически слой, образуван на границата твърда фаза – течност. Те представляват най-голямата опасност от предизвикване на искра над повърхността на горивото.

Вторичните заряди Q_2 и Q_3 възникват на вътрешната и външната страна на стената на съда, корпуса на филтъра или тръбопровода вследствие на индукцията на първичния заряд Q_1 . Чрез заземяване може да се неутрализира само зарядът Q_3 , който съгласно със законите на електростатиката не оказва влияние върху вътрешните заряди Q_1 и Q_2 . Те са свързани помежду си с електрическо поле вътре в съда и тяхната взаимна неутрализация зависи от времето на релаксация на дадената течност, което се определя с израза [1,2]:

$$\tau = \varepsilon_r \varepsilon_0 \rho, \quad S, \quad (1)$$

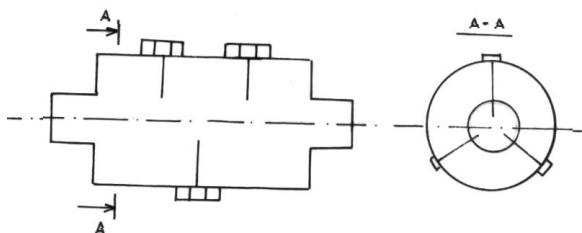
където ε_r е относителната диелектрична проникваемост на горивото, ε_0 е абсолютната диелектрична проникваемост на вакуума, а ρ е специфичното обемно съпротивление на горивото.

От (1) следва, че времето на релаксация не зависи от размерите на резервоара. Върху стената на резервоара и на повърхността на горивото практически мигновено се индутират заряди, а в течността интензивността на натрупването им е ограничена заради процеса на релаксация. С това се обяснява резкият скок на потенциала в първоначалния етап на запълване на резервоара, при което е налице и най-голямата опасност от възпламеняване на горивото.

Ако скоростта на натрупване на зарядите, зависеща от скоростта на подаване на горивото е по-голяма от скоростта на релаксация, зарядът в горивото нараства и обратно. Ако тези скорости са еднакви, настъпва динамично равновесие между зарядите, постъпващи в резервоара и тези, неутрализирали се вследствие на релаксацията. При достатъчно висока скорост на постъпване на горивото в резервоара е възможно нарастване на обемната плътност на зарядите до опасна стойност. На всяка определена скорост на зареждане на конкретното гориво съответства определен потенциал от натрупаните в него заряди. Следва да се отбележи, че при заземяването на всеки елемент от зареждащата система става преразпределение на електрическото поле вследствие на изменението на взаимните capacitети между зареденото гориво и стените на съда, както и между отделните елементи на магистралата и земя. Изменението на взаимния capacitет довежда до изменение на разликата на потенциалите между горивото и стената на съда, от което зависи дисоциацията на молекулите на течността. Това води до изменение на проводимостта на горивото, а оттам и до изменение на времето за релаксация. Колкото е по-голяма проводимостта на горивото, толкова времето на релаксация е по-малко. Проводимостта на горивото е променлива величина и зависи от обемната плътност на зарядите в него. Най-голяма склонност към електризация и съхраняване на заряда от статично електричество притежават течности с електропроводимост $1,0 - 20 \text{ nS}$. Такава електропроводимост имат болшинството от нефтопродуктите и другите въглеводороди.

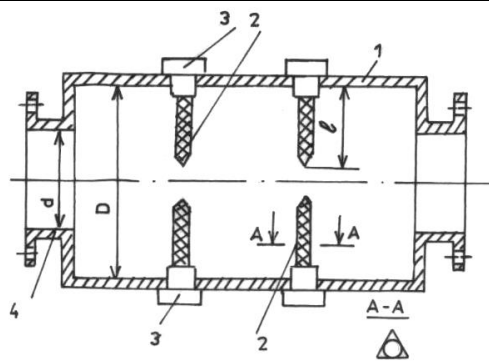
Неутрализация на зарядите в определен резервоар се извършва вследствие на тяхната релаксация, т.е. всеки заряд се неутрализира при контакта със своя антипод, появил се по-рано от същите тези заряди на вътрешната стена на резервоара.

Изясняването на физическата същност на процеса на образуване и натрупване на заряди в движещо се гориво позволява да се предложи метод за тяхната неутрализация с помощта на устройства, които се включват в магистралата за зареждане. Това са различни конструкции индукционни неутрализатори за течности, елиминиращи обемните заряди.



Фиг. 1.

На фиг. 1 е показан индукционен неутрализатор, който представлява метален цилиндър с радиално разположени игловидни електроди, отместени един спрямо друг във всяко сечение на цилиндъра на 120° [3].



Фиг. 2.

Подобна конструкция е показана и на фиг. 2 [4]. Неутрализаторът се състои от неутрализационна камера 1 с диаметър D , разрядни електроди 2 с дължина ℓ , възел за закрепване на електродите 3 и входна тръба 4 с диаметър d . Вътрешната стена на камерата на неутрализатора е изпълнена от електропроводим материал, при това диаметърът на камерата D е по-голям от диаметъра на входната тръба d не по-малко от 2 пъти.

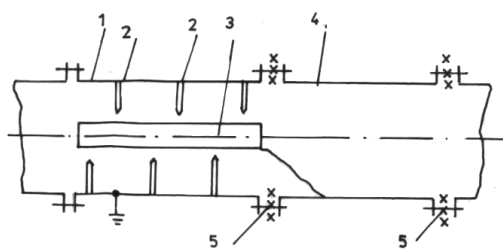
Основните размери на неутрализатора се подчиняват на съотношенията:

$$d \leq D \text{ и } \ell = \frac{D-d}{2}, \quad (2)$$

при което се реализира висок интензитет на електростатичното поле при върховете на разрядните електроди.

Остатъчният заряд на течността след преминаване покрай електродната област почти напълно релаксира в обема на неутрализационната камера, тъй като скоростта на движение на течността е намалена.

В доклада се предлагат две устройства с повишена ефективност, в сравнение с ефективността на обикновените обемни индукционни неутрализатори, показани на фиг. 1 и фиг. 2.



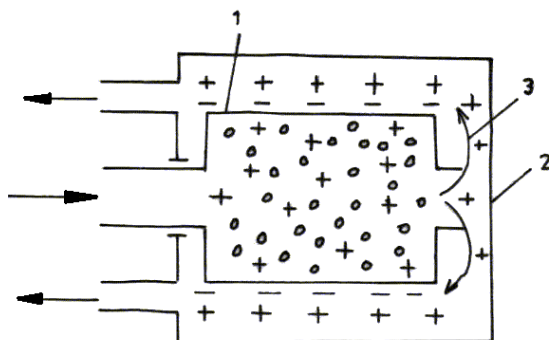
Фиг. 3.

На фиг. 3 е представена конструктивна схема на индукционен обемен неутрализатор на статичното електричество с повишена ефективност. Той се състои от корпус 1, игловидни електроди 2, допълнителен електрод - пръчка 3 и накрайник 4. Електродът 3 електрически е съединен с накрайника 4, който е изолиран от заземения корпус 1 посредством фланци от електроизолационен материал 5.

При движение на заредена течност по тръбопровода, вътре в накрайника се натрупва заряд с такъв знак, какъвто е този на нефтопродукта. Посоченият заряд, а също така и пълният обемен електрически заряд на течността в

накрайника, предизвикват повишаване на потенциала на този участък, а следователно и на допълнителния електрод. Под действие на разликата в потенциалите между допълнителния електрод и игловидните електроди възниква ефектът корона, внасящ в обема на течността заряди с противоположен по отношение на заряда на течността знак. При това потенциалът на системата допълнителен електрод – накрайник се повишава дотогава, докато в накрайника съществува заряд и съответно докато става релаксация и натрупване на заряди в него. Съответно нараства токът през игловидните електроди дотогава, докато сумарният заряд вътре в накрайника не стане равен на нула. По нататъшното повишаване на потенциала се прекратява, като зарядът на изхода на неутрализатора напълно се анулира.

На фиг. 4 е представена конструкция на неутрализатор тип – елиминиращо устройство с филтър. Неутрализаторът се състои от филтър 1 поставен вътре в корпуса 2 на устройство. Посоката на движение на течността в устройството е показана със стрелките 3. Корпусът на филтъра е изготвен от проводящ материал и е изолиран от корпуса на неутрализатора. Входният и изходният отвори на филтъра са съосни и са разположени по оста на корпуса. Входната и изходната наставки на неутрализатора са разположени от една и съща страна.



Фиг. 4.

При преминаване на течността през филтриращата преграда, тя придобива заряд от статично електричество с определен знак, а външната повърхност на корпуса на

филтъра се зарежда със заряд с противоположен знак. Благодарение на предложеното конструктивно изпълнение на устройство, преминаващата през филтъра течност олива външната повърхност на неговия корпус. При взаимодействие на преминалата през филтъра течност, съдържаща заряди с противоположен знак по отношение на зарядите на повърхността на филтъра, се извършва неутрализация.

Характерно предимство на предлаганото устройство е това, че степента на електризация се понижава и от намаляването на скоростта на течността на изхода на филтъра.

Към доклада могат да се направят следните изводи:

1. Анализирана е физическата същност на процеса на образуване и натрупване на заряди при движение на диелектрична течност (гориво) по магистралата филтър, тръбопровод и др., въз основа на съпоставка с процесите в кафеза на Фарадей.
2. Предложена е конструкция на обемен индукционен неутрализатор с повишена ефективност чрез внасяне на допълнителен електрод в обема на неутрализатора.
3. Предложена е възможно най-опростената конструкция на обемен неутрализатор с използване на филтър, при който се намалява скоростта на диелектричната течност и се увеличава времето за релаксация. С това значително се подобрява ефективността в сравнение с тази на обикновените неутрализатори.

Литература

- Попов Б. Г., В. Н. Вережкин, В. А. Бондарь, В. И. Горшков. *Статическое электричество в химической промышленности*, Изд. "Химия", Л., 1977.
- Стройни Ян. *Статично електричество*, Изд. "Техника", С., 1981.
- Войчаускас П. В. *Устройство для нейтрализации зарядов статического электричества*, Авт. св. № 853833, СССР, 1981.
- Обух А. А., Б. К. Максимов, М. И. Зубов, И. П. Орехов и др. *Нейтрализатор зарядов статического электричества в жидкостях*. Авт. св. № 599379, СССР, 1978.