

## БЪРЗ АНАЛИЗ НА ОПАСНОСТИ ОТ СТАТИЧНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО

Петър Колев Петров<sup>1</sup>, Красимир Маринов Иванов<sup>1</sup>, Георги Цонев Велев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ТУ Габрово

## QUICK ANALYSIS OF THE DANGER FROM STATIC ELECTRICITY

Peter Kolev Petrov<sup>1</sup>, Krasimir Marinov Ivanov<sup>1</sup>, Georgi Tsonev Velev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Gabrovo

### Abstract

The paper describes the most common cases of static electricity in industry. It contains practical approaches for a check schedule of the danger from fire and explosions.

**Keywords:** static electricity; explosions.

### 1. СТАТИЧНОТО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО – ПРОБЛЕМИ И ОПАСНОСТИ

Пожарите и експлозиите са особено опасни в промишлените предприятия, в които се работи с горими и взривни материали. Причините за тяхното възникване могат да имат различен характер, а именно: неспазване на изискванията по охрана на труда от работещия персонал; неотговарящо на изискванията електрооборудване и екипировка; аварийни ситуации, създаващи условия за възпламеняване на работната среда и т. н. Могат да бъдат посочени много конкретни причини, но за такава работна среда е абсолютно наложително да се анализират възможностите за възникване на статично електричество. Натрупването на заряди от един поляритет може да доведе до електрически разряд, чиято искра да бъде достатъчна за запалване и експлозия на обклъхващата смес. Нивото на такава опасност нараства, имайки в предвид факта, че електростатичните заряди се пораждаат и при някои рутинни операции (преливане на флуиди; движение на транспортни колички; електростатичен заряд на работещия персонал; триещи се повърхности и др.).

Горепосоченото изисква щателно анализиране на производствения процес, обкръ-

жаващата среда, дейности и манипулации, извършвани от персонала, които могат да доведат до възникване на статично електричество. Успоредно с това трябва да се има предвид, че статичното електричество оказва вредно въздействие върху човешкия организъм и смущения в производствените процеси.

Всичко това налага ръководния и технически персонал да бъде подготвен с подръчни средства да прави анализ на конкретната производствена обстановка и да взема необходимите технически решения, водещи до отстраняване на концентрацията на статично електричество.

### 2. НЕОБХОДИМИ ДАННИ И ИЗМЕРВАНИЯ, ИМАЩИ ОТНОШЕНИЕ КЪМ АНАЛИЗА

а) Измерване на капацитета на конкретен обект. Стойностите на капацитетите на най-често използваните обекти спрямо земя са посочени в Таблица 1.

Таблица 1.

ОБЕКТ	КАПАЦИТЕТ
Метални фланци на тръбопроводи с диаметър до 0,1 m	5 pF
Хора	100 ÷ 200 pF
Превозни средства	500 ÷ 1000 pF
Автоцистерни	1000 pF

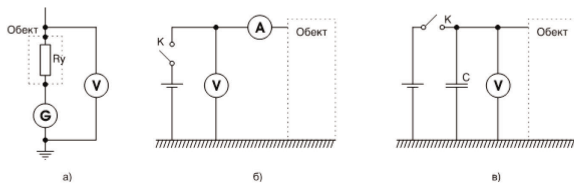
Капацитетът на конкретен обект спрямо земята може да се определи и чрез изменение на напрежението поради изменение на капацитета по формулата:

$$C_X = C \frac{U_2}{U_1 - U_2}, \quad (1)$$

където:  $U_1$  е напрежение на обекта преди включване на еталонния кондензатор  $C$ ;  $U_2$  - напрежение след включване на кондензатора.

б) Измерване на активното съпротивление и утечката  $R_Y$ .

Това измерване може да се извърши чрез директни или индиректни методи.



Фиг. 1. Принципни схеми за измерване на  $R_Y$ .

Съпротивлението на утечката  $R_Y$  може да се измери като се използват схемите, показани на Фиг. 1.а; 1.б. При схемата, показана на фиг. 1.а имаме изолиране на изследвания обект и поради малките стойности на тока се използва микроамперметър или галванометър. При схемата на фиг. 1.б, обектът не е изолиран от земята. В схемата, която е показана на фиг. 1.в, ключ К се включва и кондензаторът се зарежда до напрежение  $U_1$ . След това ключ К се отваря и след време  $t$  се отчитат новите стойности на  $U_2$ . Определянето на  $R_Y$  става по формулата:

$$R_Y = \frac{0,43 t}{C(\log U_1 - \log U_2)}. \quad (2)$$

в) Измерване на тока на зареждане на даден обект

От съществено значение са зоните на възникване на заряда, които се характеризират с интензивността си и на зоните, в които зарядите изтичат в земята. Това позволява да се определи тока на зареждане (разреждане). Това измерване може да се реализира с микроамперметър, галванометър или електрометър.

г) Стойности на минималната енергия на запалване  $W_{MIN}$  за взривните смеси на някои пари, газове и прахове

Такива данни могат да се вземат от справочници и литературни източници по посочените проблеми. В примерите, които участват в тази статия са ползвани данни от [1,2].

За максимално допустима енергия на електростатичното зареждане  $W_{II\ доп}$  на по-

жаро- и взривоопасни помещения се смята такава пълна енергия на зареждане, която не превишава 10% от стойности на минималната енергия на запалване на горимите взривни вещества, т.е:

$$W_{II\ доп} = 0,1 W_{MIN}. \quad (3)$$

### 3. ПОДХОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ПОЖАРНАТА И ВЗРИВНА ОПАСНОСТ НА НАЙ-ЧЕСТО СРЕЩАНИ СЛУЧАИ В ПРАКТИКАТА

Подходите за оценка на пожарната опасност на различни практически случаи е показан в Таблица 2.

Таблица 2.

Използвани аналитични зависимости	Числен пример (приложение)
<p>1. Изходни данни:  <math>R_{II}</math> - съпротивление на пода;  <math>U</math> - зареждане на количката;  <math>C</math> - капацитет на количката;  <math>W_{MIN}</math> - минимална енергия на запалване на превозвания материал.</p>	<p>1. Изходни данни:  <math>R_{II} = 0,6</math>;  <math>U = 160 V</math>;  <math>C = 400 pF</math>.  <math>W_{MIN} = 0,2 mJ</math> – лак за лакиране на дървени плоскости.</p>
<p>2. Допустима стойност на електростатичното напрежение</p> $U_{MAX} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 2 \cdot W_{MIN}}{C}}$ <p>При: • <math>U &lt; U_{MAX}</math> – няма опасност от взрив          • <math>U &gt; U_{MAX}</math> – има опасност от взрив</p>	<p>2.</p> $U_{MAX} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-12}}}$ <p><math>U_{MAX} = 316,23 V</math> - няма опасност от взрив</p>
<p>3. Натрупаният заряд се разрежда през <math>R_Y</math>, като при това времето се определя от време-константата <math>\tau = RC</math>. След <math>5\tau</math> заряда намалява с около 1% от първоначалната стойност. Приема се, че необходимото време за разреждане не трябва да бъде по-голямо от <math>1ms</math>.  <math>5\tau \leq 1ms</math></p> $R \leq \frac{10^{-3}}{5C}$	<p>3.</p> $R \leq \frac{10^{-3}}{5 \cdot 400 \cdot 10^{-12}} = 0,6 \cdot 10^6 \Omega$ <p>В случая това не е възможно, тъй като съпротивлението на пода е <math>R = 0,6 \cdot 10^6 \Omega</math>  <u>Изход:</u>          - колелата на количките да са метални и да се почистват;          - количките да се заземяват при превозване на запалими вещества.</p>

В производствените помещения може да се получи електростатично зареждане на работещите в тях. Напряженията на зареждане ( $U$ ) могат да се измерят с електростатичен волтметър.

От отговор се нуждаят въпросите:

- Могат ли при съответно зареждане ( $U$ ) да се извършват манипулации с горими вещества?

- При сравнително голям заряд на персонала се получава електростатично зареждане на дрехите. Възниква въпросът от каква материя да са дрехите за да се осъществява намаляване на заряда с 1% за 1 ms ?

Подходът за анализ на електростатично зареждане на персонала е показан в Таблица 3.

Таблица 3.

Използвани аналитични зависимости	Числен пример (Приложение)
<p><b>1. Изходни данни</b>  <math>U</math> – зареждане на персонала;  <math>W_{MIN}</math> – енергия на веществата, с които се работи;  <math>C</math> - капацитет (Таблица 1);  <math>\epsilon_r</math> – на материала на дрехите.</p>	<p><b>1. Изходни данни</b>  <math>U = 1050, V</math>;  <math>W_{MIN} = 0,15 \cdot 10^{-3}, J</math>; бензин  <math>\epsilon_r = 3 - 4</math>  <math>C = 200, pF</math>.</p>
<p><b>2.</b>  <math>W = \frac{C \cdot U^2}{2}, j</math></p>	<p><b>2.</b>  <math>W = \frac{200 \cdot 10^{-12} \cdot 1050^2}{2}</math>  Извод:  Няма опасност от взрив</p>
<p><b>3. Времеконстанта на разреждане</b>  <math>\tau = R \cdot C = \rho_v \epsilon_0 \epsilon_r</math>  Потенциала намалява до 1% от първоначалния за <math>5\tau</math>. Време за разреждане <math>1m</math>.</p>	<p><b>3.</b>  <math>\rho_v = \frac{10^{-3}}{5,885 \cdot 10^{-12} \cdot 4}</math>  Извод:  Специфично съпротивление по-</p>

$\rho_v = \frac{10^{-3}}{5\epsilon_0\epsilon_r}, \Omega.m$	малко от $10^6 \Omega.m$ имат памучните дрехи. Облеклото да се изработи от памучни тъкани.
--	--

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази доклад са посочени главните места за възникване на статично електричество и проверочните изчисления, от които може да се получи информация за границите на опасност от възникване на взрив. Разгледан е пример със зареждане на резервоар, но същите изчисления са в сила за произволни машини, при които източници на статично електричество са други (ремъци, триене на тъкани и др.). Предложените подходи не изискват специални екипировки и са лесно реализуеми от техническия персонал.

## REFERENCE

- [1] Dyadova V. Static electricity in the industry – Sofia, Profizdat, – 1980.
- [2] Strojni Ya., Static electricity - questions and answers, Sofia, Tehnika, 1981.
- [3] Maximov B. K., A.A. Obuh, Static electricity in industry and protection against it. Moskva, Energia, 1978.
- [4] Kaiser, Kenneth L., Electrostatic discharge, Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group
- [5] Davis Building, Hazards of Electricity and Static Electricity, BP International Limited, 2006