

## ИЗИСКВАНИЯ ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ, ПРОВЕРКА И МОНТАЖ НА ЕЛЕКТРОВЗРИВНИ МРЕЖИ

**Димитър Христанов**

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

**РЕЗЮМЕ.** В доклада е разгледан въпроса за основните изисквания за изчисляване, проверка и монтаж на електро взривни мрежи. За осигуряване на безопасността при работа е необходима предварителна подготовка свързана с проверката на средствата за взривяване и изчисляване на електро взривните мрежи. Правилният монтаж осигурява безопасност, сигурност, безотказност и качествено раздробяване на взривяваната среда.

### REQUIREMENTS FOR CALCULATION, CHECK UP AND MOUNTING OF THE ELECTRO-EXPLOSIVE NETWORKS

**Dimitar Hristanov**

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** Protocol includes the question about the basic requirements for calculation, check up and mounting of the electro-explosive networks. For securing the safety, when work it is important previously to do preparation related to the check up of sources for explosion and calculation of the electro-explosive networks. Correct mounting secures safety, security, out of rejections and quality in making the explosive area in parts.

### Въведение

Както е известно технологията на електрическо взривяване /електрическо взривяване/ е един от начините за извършване на взривни работи, приложим във всички условия - открити рудници и кариери, подземни рудници опасни и неопасни по газ и прах, специални взривни работи и др. Огневото взривяване, взривяването с детониращ шнур и неелектрическата система за взривяване не са предназначени за употреба в рудници опасни по газ и прах, което е един съществен техен недостатък. Друго предимство на електрическото взривяване е възможността за проверка на мрежата преди извършване на взривяването, което е невъзможно при по-горе изброените начини на взривяване. Електрическото взривяване се характеризира с по-голяма сложност при подготовката и извършването на взривяването, особено при свързване на голям брой електродетонатори /ЕД/.

Електро взривните мрежи се състоят от проводници /магистрални и удължителни/ с присъединени към тях ЕД в определена последователност. Електро взривните мрежи трябва да бъдат безопасни, безотказни и икономически ефективни. Електро взривната мрежа се счита за безопасна, ако осигурява безопасност на лицето извършващо взривяването, контрола, транспортирането, изготвянето на патрон-боевиците, монтажа и взривяването, като при тези операции не се предизвиква преждевременно взривяване. За да бъде безотказна електро взривната мрежа е необходимо да се избере правилно начина на свързване на ЕД, да се извършат

точни изчисления и изберат уред за взривяване /УВ/ и измервателен уред /ИУ/, да се извърши безпогрешен монтаж и взривяване на електро взривната мрежа. Икономическата ефективност зависи от правилния избор на магистрални и удължителни проводници, типа на ЕД, ИУ и УВ.

За осигуряване на безопасно, безотказно и ефективно взривяване по електрически начин трябва да се извършат комплекс от технологични операции в определена последователност:

- избор на електро взривна мрежа и типа на електродетонаторите;
- изчисляване на електро взривната мрежа и избор на уред за взривяване;
- получаване, преглед и проверка изправността на електродетонаторите;
- монтаж на електро взривната мрежа;
- проверка изправността на електро взривната мрежа и взривяване.

Тези технологични операции трябва да се извършват съгласно изискванията на Правилника по безопасността на труда при взривните работи - 1997 г. /ПБТВР/.

### Избор на електро взривна мрежа и типа на електродетонаторите

В зависимост от начина на свързване на ЕД, електро взривните мрежи са последователни, паралелни и смесени. При избора на схема на свързване на ЕД се

изхожда от броя, масата и разположението на зарядите от взривно вещество, възможностите на УВ за взривяване на определен брой ЕД при определена схема на взривяване, типа на използваните ЕД и др.

Последователното свързване на ЕД се извършва бързо, лесно и подлежи на контрол и проверка. Токът протичащ през всички ЕД е еднакъв, гарантиращ сигурното взривяване на ЕД. Недостатък при този начин на свързване е че при повреда /прекъсване на мрежата/ е невъзможно взривяването.

Паралелните и смесени електроувзривни мрежи, имат сложно устройство, трудно се изчисляват, изискват голям разход на проводници, време и труд и се взривяват с УВ с голяма мощност. Вероятността при всички технологични операции от грешки и повреди е голяма, което не гарантира напълно безотказността на взривяването.

ЕД се избират съгласно списъка на допуснатите до употреба за промишлени нужди в Република България взривни материали, уреди и съоръжения, предназначени за взривната техника и технология от местно производство и внос, одобрен от ИА "ГИТ". Това са ЕД тип "ЭД-ЗП", "ЭД-ЗН-МС", "ЕДМ"; "ЕДС", "ЕДМА", "DEM-S", "DEM-zb-S", "DEP-S", отговарящи на изискванията на БДС 9976-82. ЕД с повишена електрическа устойчивост /клас П/ се употребяват масово във всички условия, включително и в рудници опасни по газ и прах. Безопасният ток който не взривява ЕД клас П е 0.45 А /I<sub>б</sub>/, а сигурният – 2 А /I<sub>с</sub>/ . ЕД с висока електрическа устойчивост /клас В/ се употребяват при опасност от преждевременно взривяване от блуждаещи токове, статично електричество и др. Безопасният ток който не взривява ЕД клас В е 4 А, а сигурният – 25 А. При избора на ЕД не се допуска в една и съща електроувзривна мрежа да се използват електродетонатори с различна електрическа устойчивост /клас П и В/ и от различни производители. При избора на ЕД, особено тези от внос е необходимо предварително запознаване и отчитане на характеристиките и параметрите им.

От гореизложеното следва, че използването на последователните електроувзривни мрежи и ЕД от клас П е за предпочитане. Паралелните и смесени електроувзривни мрежи, се препоръчва да се употребяват в някои отделни случаи например при масови и специални взривни работи, при прокарване на вертикални изработки и др.

## Изчисляване на електроувзривната мрежа и избор на уред за взривяване

Изчисленията на параметрите на електроувзривната мрежа се извършва в следната последователност:

- избор на схема на свързване на ЕД;
- избор на сечението и дължината на магистралните и удължителните проводници;
- изчисляване съпротивлението на магистралните и удължителните проводници;

- изчисляване общото съпротивление на ЕД по избраната схема на свързване;
- изчисляване на общото съпротивление на електроувзривната мрежа;
- изчисляване на съпротивлението на електроувзривната мрежа при измерването;
- избор на УВ;
- определяне изискванията за безопасна работа при избраните конкретни параметри на електроувзривната мрежа;
- отразяване на резултатите от изчисленията в паспорта за пробивно-взривни работи.

След определяне на схемата на свързване на ЕД, и типа на ЕД по посочените по-горе критерии се извършва изчисляване на общото съпротивление на електроувзривната мрежа. При незадоволителни резултати след извършване на изчисленията е възможно да се наложи промяна на схемата на свързване, марката и сечението на проводниците и повторно извършване на изчисления с цел намиране на оптималния вариант.

Общото съпротивление на електроувзривната мрежа се определя по израза,

$$R_{И} = R_{ЕД} + R_{М} + R_{У}, \Omega, \quad (1)$$

където:

$R_{ЕД}$  е съпротивлението на определен брой ЕД, свързани по избраната схема,  $\Omega$ ;

$R_{М}$  - съпротивлението на магистралните проводници,  $\Omega$ ;

$R_{У}$  - съпротивлението на удължителните проводници,  $\Omega$ .

Магистрални проводници са предназначени за отдалечаване на безопасно разстояние от мястото на взривяване. Те свързват удължителните проводници с УВ, и се употребяват многократно. Съгласно ПБТВР за магистрални проводници трябва да се използват стандартни проводници с многожични медни жила със сечение не по-малко от 0,75 mm<sup>2</sup> с каучукова или пластмасова изолация.

Удължителните проводници са предназначени да осъществяват връзката между магистралните проводници и ЕД, свързани по избраната схема. За удължителни проводници трябва да се използват стандартни проводници с едножични или многожични жила, с каучукова или пластмасова изолация и със сечение не по-малко от 0,5 mm<sup>2</sup>. Изправността на всички проводниците се проверява преди всяко взривяване.

Съпротивлението на магистралните и удължителните проводници за всички схеми на електроувзривните мрежи се определя по формулите,

$$R_{M_{20}} = \rho \frac{l_M}{S_M}, \Omega, \quad (2)$$

$$R_{U_{20}} = \rho \frac{l_U}{S_U}, \Omega, \quad (3)$$

където:

$\rho$  е специфичното съпротивление на материала, от който е направен проводникът;  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;

$l_M$  - дължината на магистралните проводници, m;

$l_V$  - дължината на удължителните проводници, m;

$S_M$  - сечението на магистралните проводници,  $\text{mm}^2$ ;

$S_V$  - сечението на удължителните проводници,  $\text{mm}^2$ .

Специфичното съпротивление на най-често употребяваните материали във взривната практика е за мед е  $0.03 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , за стомана  $0.132 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  и за алуминий  $0.03 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Когато температурата на околната среда е различна от  $20 \text{ C}^\circ$ , стойността на съпротивлението се определя по израза,

$$R_{M,V} = R_{M,V_{20}} [1 + \theta (t - 20)], \Omega, \quad (4)$$

където:

$R_{M,V}$  е съпротивлението на магистралните и удължителните проводници,  $\Omega$ ;

$R_{M,V_{20}}$  - съпротивлението на магистралните и удължителните проводници при  $20 \text{ C}^\circ$ ,  $\Omega$ ;

$\theta$  - температурен коефициент, за мед - 0.0044, за стомана - 0.006 и за алуминий - 0.04;

$t$  - температурата на околната среда,  $\text{C}^\circ$ .

При последователна схема на свързване на ЕД, общото им съпротивление се определя по израза,

$$R_{ED} = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i, \Omega, \quad (5)$$

където:

$r_i$  са съпротивленията на отделните ЕД /сума от съпротивленията на мостчето и проводниците на ЕД/,  $\Omega$ ;

$n$  - брой на ЕД, бр.

Ако съпротивленията на отделните ЕД са равни съпротивлението се определя по израза,

$$R_{ED} = nr_i, \Omega \quad (6)$$

Токът протичащ през всички ЕД е,

$$I_{ED} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n, \text{ A}, \quad (7)$$

като,

$$I_{ED} \geq I_c, \text{ A} \quad (8)$$

При паралелно свързване на ЕД общото съпротивление се определя по израза,

$$\frac{1}{R_{ED}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}, \Omega, \quad (9)$$

където:

$r_i$  са съпротивленията на отделните ЕД,  $\Omega$ ;

$n$  - брой на ЕД, бр.

Съпротивленията на отделните ЕД трябва да бъдат еднакви, за да протече гарантирания сигурен ток на взривяване. Ако съпротивленията на отделните ЕД са равни съпротивлението се определя по израза

$$R_{ED} = \frac{r_i}{n}, \Omega \quad (10)$$

Токът протичащ през електровзривната мрежа е,

$$I_{ED} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = \sum_{i=1}^n I_i, \text{ A} \quad (11)$$

като,

$$I_i \geq I_c, \text{ A} \quad (12)$$

Смесените електровзривни мрежи се разделят на последователно-паралелни и паралелно-последователни. ЕД се съединяват в групи. При последователно-паралелните схеми, ЕД в групите са съединени последователно, а групите паралелно. Съпротивлението на определена група последователно свързани ЕД се определя по израза,

$$R_{ep} = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i, \Omega, \quad (13)$$

където:

$r_i$  са съпротивленията на отделните ЕД,  $\Omega$ ;

$n$  - брой на ЕД, бр.

При този начин на свързване съпротивленията на групите трябва да бъдат еднакви. В противен случай е възможно определен брой ЕД да не се взривят. Ако,

$$R_{ep.1} = R_{ep.2} = R_{ep.3} = R_{ep.4} \dots = R_{ep.N}, \Omega \quad (14)$$

следва че,

$$R_{ED} = \frac{R_{ep.N}}{N}, \Omega \quad (15)$$

При паралелно-последователните схеми, ЕД в групите са съединени паралелно, а групите последователно.

$$\frac{1}{R_{ep.N}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}, \Omega \quad (16)$$

При този начин на свързване също така съпротивленията на отделните ЕД в групата трябва да бъдат еднакви. В противен случай е възможно определен брой ЕД да не се взривят.

$$R_{ep.N} = \frac{r_i}{n}, \Omega \quad (17)$$

Общото съпротивлението се определя по израза,

$$R_{ED} = R_{ep.1} + R_{ep.2} + R_{ep.3} + \dots + R_{ep.N}, \Omega \quad (18)$$

ЕД и електровзривните мрежи се взривяват с УВ /най често кондензаторни/, осигуряващи постоянен ток със сила и енергия на импулса не по-малки от определените за съответния тип ЕД в стандарта или инструкцията за употреба. Избора на УВ се извършва като общото съпротивление на електровзривната мрежа, изчислено с 10 % завишение не може да надвишава съпротивлението, което УВ може да преодолее за съответния клас електродетонатори и схема на взривяване.  $R_{УВ} \geq 1.1 R_{И}$ .

Резултатите от така извършените изчисления задължително трябва да се отразят по подходящ начин в паспорта за пробивно-взривни работи.

## Получаване, преглед и проверка изправността на електродетонаторите

От склада за взривни материали се получават, съгласно паспорта за пробивно-взривни работи, определения брой и тип ЕД, магистралните и удължителни проводници, УВ, ИУ и другите помощни средства. При несъответствие на вида или типа на взривните материали и надписите на опаковките се връщат на лицето от което са получени. Доставят се в определеното помещение за подготовка на взривните материали. Извършва се външен оглед и се отстраняват онези, които имат видими дефекти. ЕД се преглеждат за външни дефекти по гилзата /ръжда, пукнатини, окиси, потбитости/ и за нарушения на изолацията на проводниците. При всички манипулации с ЕД се забранява опъването на проводниците, като за целта гилзата на ЕД се държи в дланта. Краища на проводниците на ЕД се зачистват.

Проверява се съпротивлението на ЕД и при наличието на ЕД със стойност на съпротивлението различно от посоченото на опаковката и в стандарта, те се отделят и бракуват. Съпротивлението на ЕД се измерва в специално съоръжени помещения. При тази операция не се разрешава да има повече от 100 броя ЕД на работната маса. Проверяваните ЕД се поставят в метална тръба или зад дървена преграда с дебелина не по-малко от 0.10 m, с цел предпазване от евентуално преждевременно взривяване. Проверката на ЕД се извършва само с ИУ, подаващи на клемите ток със сила не по-голяма от 50 mA. Допуска се използването и на стендове или устройства за определяне съпротивлението на ЕД, допуснати до употреба за тази цел.

При гарантирано качество на съпротивлението от производителите, установено чрез проверката на не по-малко от три партиди от ЕД, се допуска да се проверяват 20% от следващите партиди. При установяване на отклонения от посоченото в стандарта съпротивление се проверяват всички електродетонатори от партидата.

Проверените и изправни ЕД трябва да се сортират по съпротивления. В зависимост от приетата схема на свързване на ЕД, проводниците се нарязват с определената дължина и се намотават на рула. Всяко руло се маркира, като се поставя етикет с данни за дължината и предназначението. Магистралните проводници се намотават на специални макари с данни за дължината, сечението и съпротивлението. След нарязването на проводниците отново се проверява проводимостта им с ИУ. Проводниците се свързват внимателно, след добро почистване на жилата. За целта от краищата на проводниците се сменя изолацията на дължина около 5 cm, след което оголените жила плътно се усукват един срещу друг.

Проводниците на ЕД, които са със зачистени краища, след проверката се съединяват "накъсо" и в това положение остават през цялото време до момента на присъединяването им към електровзривната мрежа.

## Монтаж на електровзривната мрежа

Взривни материали се доставят на работните места съгласно изискванията на ПБТВР. По време на транспортирането не се допуска съприкосновение на ЕД с шини, тръби, релси, електросъоръжения и други токопроводими части. Всички електросъоръжения, кабели, контакти и други захранващи проводници, намиращи се в пределите на опасната зона, където се монтира електровзривната мрежа, се изключват от момента на изготвянето на боевиците до завършване на взривяването. Забранява се движението на контактни електролокомотиви в района на взривяването по време на зареждането, монтирането на електровзривната мрежа и взривяването на зарядите.

Боевиците се изготвят и зареждат съгласно изискванията на ПБТВР. При механизирано зареждане се поставят ръчно след окончателното зареждане, като се допуска зареждане на боевика в дъното на взривната дупка или сондаж с ЕД от клас В.

Електровзривната мрежа се монтира след като завърши зареждането и се постави забивката. Съединенията на ЕД и на електровзривната мрежа, се почистват добре, свързват се здраво и се изолират с изолирбанд, изолационен шлаух или специални приспособления. Монтирането на електровзривната мрежа в посока от уреда за взривяване към зарядите е недопустимо. Краищата на проводниците на монтираната част от електровзривната мрежа се свързват "накъсо" до присъединяването им към проводниците на следващата част на електровзривната мрежа.

Забранява се присъединяването на проводниците от монтираната част на електровзривната мрежа към следващите проводници, докато срещуположните им краища

не бъдат свързани "накъсо". Краищата на магистралните проводници на електровзривната мрежа се свързват "накъсо" до присъединяването им към клемите на уреда за взривяване. Не се допуска съприкосновение на електровзривната мрежа с токопроводими части.

## Проверка изправността на електровзривната мрежа и взривяване

Съпротивление на електровзривната мрежа се измерва непосредствено преди взривяването. Измерването се извършва от мястото за взривяване /укритието/, след като всички хора се изтеглят на безопасно разстояние или в укритието. Ако се установи, че фактически измереното и изчисленото съпротивление на електровзривната мрежа се различават с повече от 10 %, необходимо е да се отстранят неизправностите /непочистени краища на жилата на проводниците, лоши връзки, нарушение на изолацията, утечки на ток, несвързани проводници и др./.

Общото съпротивление на електровзривната мрежа, измерено или изчислено с 10 % завишение не може да надвишава съпротивлението, което УВ може да преодолее за съответния клас електродетонатори и схема на взривяване.  $R_{ИЗМ.} \leq 1.1 R_{УВ}$  / Магистралните проводници се присъединяват директно към клемите на уреда за взривяване, без да се използват допълнителни проводници. След взривяването, магистралните проводници се откъсват от уреда за взривяване и се свързват "накъсо". Ако след подаването на импулса от УВ не се получи взривяване, взривникът е длъжен да откачи магистралните проводници от УВ, след което да изясни причините за отказа. При необходимост от повторно измерване, същото се извършва задължително от мястото за взривяване /укритието/.

При смесено свързване задължително се извършва и измерване на съпротивлението на отделните групи, като то трябва да отговаря на изискванията отразени в паспорта за пробивно-взривни работи.

Основните причини за получаване на откази /не взривяване на електровзривната мрежа/ са неправилен

избор на ЕД, УВ, ИУ и схеми на взривяване, неизправни ЕД, УВ, ИУ, неправилен монтаж и проверка на електровзривната мрежа.

ЕД могат в определени случаи преждевременно да се взривят при наличие на блуждаещи токове, токове на утечка и в близост до електросъоръжения, кабели и други източници на електроенергия или опасни електромагнитни излъчвания. Поради тази причина е забранено използването на електрическо взривяване без провеждане на допълнителни мерки за безопасност, като изключване на електрическото захранване, измерване нивото на блуждаещите токове и токовете на утечка, използване на ЕД от клас В и др. Във високопланински райони, над 1800 м надморска височина, трябва се използват ЕД от клас В.

## Заклучение

При електрическото взривяване е възможно да се извърши проверка на мрежата преди взривяването. За целта трябва да се спазват всички изисквания на Правилника по безопасността на труда при взривните работи. От особена важност за извършване на безопасно и безотказно взривяване е правилно да се избере схемата на свързване на електродетонаторите, сечението и дължината на магистралните и удължителните проводници, да се изчисли общото съпротивление на електровзривната мрежа, избере УВ, да се монтира и провери електровзривната мрежа, да се определят изискванията за безопасна работа при избраните конкретни параметри на електровзривната мрежа и се спазва стриктно паспорта за пробивно-взривни работи.

В доклада е даден методическия подход за извършване на тези технологични операции, тяхната последователност с цел изграждане на безопасни, безотказни и икономически ефективни електровзривните мрежи.

## Литература

*Правилник по безопасността на труда при взривните работи* - 1997 г.  
Паунов, Х. Г., Б. Барбулов, 1989. *В помощ на взривника*, С., Техника.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ