

Определяне на параметрите на елементите на електрическата схема на уредби за надлъжна електроискрова обработка на тютюн. I. Методика за определянето им

Никола Армянов

Determination of the parameters of the elements of the electrical circuit of equipments for longitudinal electric spark treatment of tobacco. I. Methodology for its determination: The methodology for determination of the parameters of the elements of the electrical circuit and of the external supplying source of equipments for longitudinal electric spark treatment of tobacco has given in the paper.

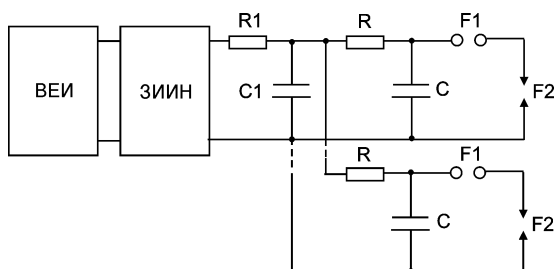
Key words: electrical circuit, electric spark equipment, discharge capacitor, buffer capacitor, charge resistor, supplying source

ВЪВЕДЕНИЕ

В работата се дава методика за определяне параметрите на елементите на електрическата схема и на външния енергиен източник на уредби за надлъжна електроискрова обработка на тютюн.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Електрическата схема на уредби за надлъжна електроискрова обработка на тютюн с буферен кондензатор е обособена в [5]. Схемата е представена на фиг.1.



Фиг.1. Електрическа схема на уредби за надлъжна електроискрова обработка на тютюн с буферен кондензатор: ВЕИ - външен енергиен източник; ЗИИН - захранващ източник на изправено напрежение; R, R1 - зарядни резистори; C1 - буферен кондензатор; C - разрядни кондензатори; F1 - сферични разрядници; F2 - работни електроди

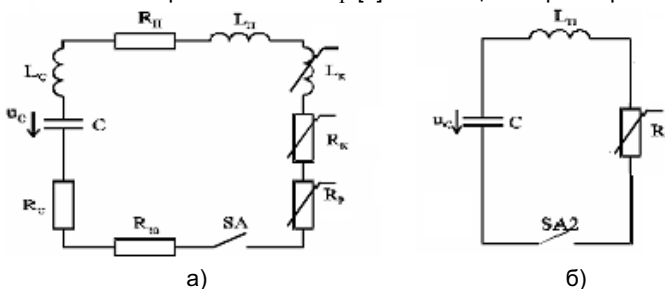
За определяне параметрите на елементите на схемата от фиг.1 е необходимо да се знаят основните режимни параметри на надлъжната електроискрова обработка на тютюн (НЕИОТ): напрежение на обработка U_0 и капацитет C на разрядния кондензатор. Тези параметри се определят експериментално. При обработката на тютюневи листа това е разгледано в [11], а при обработката на тютюневи стъбла - в [3].

За определяне на съпротивлението на зарядния резистор R на разрядния кондензатор C може да се изходи от заместващата схема на разрядния контур при товар разрядна междина с растителен обект, дадена в [8]. Схемата е представена фиг.2. Формиращата междина F1 на тази схема е представена с ключа SA.

При електроискровите уредби индуктивностите на разрядния кондензатор L_c и на искровия канал L_k са значително по-малки от индуктивността L_{Π} на съединителните проводници и при анализа на разрядния контур те се пренебрегват [8].

Означенията на съпротивленията на схемата от фиг.2 са, както следва: R_k е съпротивлението на искровия канал; R_{Π} - съпротивлението на съединителните проводници; R_p - съпротивлението на растителния обект; R_{ω} и R_c са съответно съпротивленията, отчитащи загубите от електромагнитно излъчване и корониране и дие-

лектричните загуби в разрядния кондензатор. Сумата от съпротивленията R_{Π} , R_{ω} и R_c е много по-малка от съпротивлението R_p [8] и те също се пренебрегват.



Фиг.2. Електрически схеми на разрядния контур при товар разрядна междина с растителен обект: а) обща схема; б) опростена схема

Приема се, че ключът SA се затваря, когато напрежението u_c на разрядния кондензатор C достигне стойност U_0 . Елементите L_k , R_k и R_p на схемата от фиг.2 са нелинейни и се изменят през време на разрядния процес.

Индуктивността L_k на искровия канал може да се определи по формулата [8]

$$L_k = 2l \cdot [\ln(2l/r_k) - 1], \quad (1)$$

където l е дължината на разрядната междина, mm; r_k - радиусът на канала, mm.

C достатъчна за инженерни пресмятания точност съпротивлението R_k на искровия канал може да се изчисли по формулата на Теплер [10]

$$R_k = \kappa // Q, \quad (2)$$

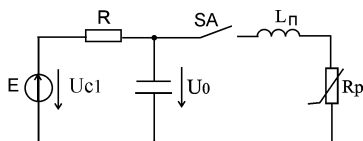
където κ е константата на Теплер, чиято стойност за въздух е $\kappa = 0,8 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot C \cdot mm^{-1}$;

Q - зарядът, преминаващ през искровата междина за време t .

При изследването на разрядния контур при товар разрядна междина с растителен обект възникват трудности, свързани с определянето на съпротивлението R_p на обекта. То се изменя през време на разрядния процес и за отделните разрядни процеси е различно. От предишни изследвания е установено [4], че зависимостта на съпротивлението R_p от броя на разрядите n може да бъде апроксимирана със степenna функция, т.е. $R_p = An^a$. Степенният й показател a е отрицателен и не превишава по модул единица.

Като се има предвид, че съпротивлението R_p на растителния обект е значително по-голямо от сумата от останалите активни съпротивления в схемата на разрядния контур (фиг.1а) и че сумарната индуктивност на контура се определя основно от индуктивността L_{Π} на съединителните проводници, то тази схема може да бъде опростена (фиг.1б).

Опростената заместваща електрическа схема на разрядния контур при схема на уредби за НЕИОТ с буферен кондензатор е показана на фиг.2. На схемата буферният кондензатор C1 е заместен с източник на постоянно е.д.н. $E = U_{C1}$.



Фиг.3. Опростена заместваща електрическа схема на разрядния контур при схема на уредба за електроискрова обработка на растения с буферен кондензатор

Индуктивността L_{Π} на съединителните проводници може да се пресметне по формулата [8]

$$L_{\Pi} = \mu_0 \mu_r I_{\Pi} / 8\pi, \quad (3)$$

където μ_r е относителната магнитна проницаемост на проводника, а I_{Π} - дължината му, m.

За определяне характера на разрядния процес на разрядния контур при товар разрядна междина с растителен обект може да се изходи от критичното съпротивление $R_{кр}$ на контура $R_{кр} = 2 \cdot (L_{\Pi}/C)^{1/2}$.

За разрядни процеси, завършващи без повърхностен разряд, при пресмятане на съпротивлението $R_{кр}$ може да бъде установено, че е изпълнено неравенството $R_{кр} < R_p$. Това означава че, че възникналият при разряда преходен процес има аperiодичен характер, което е потвърдено експериментално чрез осцилографиране на кривата на разрядния ток $i = i(t)$ [2,9].

Въз основа на изложеното по-горе може да се заключи, че остатъчното напрежение U_{C0} на разрядния кондензатор C е положително, т.е. $U_{C0} > 0$.

Времето t_3 на зареждане на разрядния кондензатор C до напрежението на обработка U_0 може да бъде определено от израза

$$U_0 = U_{C1} - (U_{C1} - U_{C0}) \cdot \exp(-t_3/\tau_C), \quad (4)$$

където U_{C1} е напрежението на буферния кондензатор, kV;

$\tau_C = R \cdot C$ - времеконстантата на зарядния процес на разрядния кондензатор, s.

Тъй като времето за зареждане t_3 на разрядния кондензатор е много по-голямо от времето на разреждането му, може да се приеме, че честотата на разрядите $f \approx 1/t_3$. Като се вземе под внимание това и се логаритмува израз (4) за съпротивлението на зарядния резистор R на разрядния кондензатор C, се получава

$$R = 1 / \{f \cdot C \cdot \ln[(U_{C1} - U_{C0}) / (U_{C1} - U_0)]\}. \quad (5)$$

За опростяване на анализа за остатъчното напрежение U_{C0} на разрядния кондензатор C се приема $U_{C0} = 0$. Като се има предвид това, от израз (5) се записва

$$R = 1 / \{f \cdot C \cdot \ln[1 / (1 - \alpha)]\}, \quad (6)$$

където $\alpha = U_0 / U_{C1}$ е степента на зареждане на разрядния кондензатор.

В [1,6] е показано, че НЕИОТ е целесъобразно да бъде осъществена при непосредствен контакт на растителния обект с работните електроди и задаване на напрежението на обработка чрез разрядник. В такъв случай честотата на разрядите f може да бъде определена по формулата [2]

$$f = n_0 \cdot n_1 \cdot v_{од}, \quad (7)$$

където n_0 е броят на разрядите, необходим за обработка на един тютюнев лист (на едно тютюнево стъбло);

n_1 - броят на обработваните тютюневи листа (тютюневи стъбла), за един линеен метър при преместване на електродната система спрямо растителния обект;

$v_{од}$ - скоростта на движение на електродната система спрямо обекта, m/s.

Броят на разрядите n_0 , необходим за обработка на един тютюнев лист (на едно тютюнево стъбло) се определя експериментално. Този въпрос тук не се разглежда.

Капацитетът на буферния кондензатор C1 трябва да е такъв, че да осигурява едновременна и независима работа на отделните работни органи на електроискровата уредба. За целта е необходимо да бъде изпълнено неравенството [2]

$$C1 > n_{po} \cdot C, \quad (8)$$

където n_{po} е броят на работните органи на уредбата;

C - капацитетът на разрядните кондензатори.

Освен това, според [7], се препоръчва $C1 > 7 \cdot C$.

За пресмятане на стойността на капацитета на буферния кондензатор C1 е необходимо да се намери сумарната енергия ΣW_C на процеса. За целта се определя енергията $W_C = 0,5 \cdot C \cdot U_0^2$, запасена в разрядния кондензатор C ($U_C = U_0$ е напрежението на обработка).

При отчитане на к.п.д. η_C на зарядния процес на разрядния кондензатор C , за да се осигури енергия W_C , е необходимо от буферния кондензатор C_1 (фиг.3) да постъпи енергия W'_C , която се определя от израза

$$W'_C = W_C / \eta_C. \quad (9)$$

В случай на едновременна работа на n_{po} работни органи е необходима сумарна енергия ΣW_C , която може да бъде пресметната от формулата

$$\Sigma W_C = n_{po} \cdot W_C. \quad (10)$$

По-нататък се определя броят на зарядно-разрядните процеси $n_{3.p.пр.}$ на разрядните кондензатори C за един зарядно-разряден процес на буферния кондензатор C_1 . Пресмятането се извършва по формулата

$$n_{3.p.пр.} = f / f_{\approx}, \quad (11)$$

където f е честотата на електроискровите разряди, Hz;

f_{\approx} - честотата на външния енергиен източник на уредбата, Hz.

Ако сумарната енергия $\Sigma W'_C$ и броят на зарядно-разрядните процеси $n_{3.p.пр.}$ са известни, общата сумарна енергия ΣW_C на процеса се определя от израза

$$\Sigma W_C = n_{3.p.пр.} \cdot \Sigma W'_C. \quad (12)$$

Тъй като минималното напрежение на буферния кондензатор C_1 , при което е възможно възникването на електроискови разряди, е равно на напрежението на обработка U_0 , то за общата сумарна енергия ΣW_C може да се запише

$$\Sigma W_C = 0,5 \cdot C_1 \cdot (U_{C1}^2 - U_0^2). \quad (13)$$

От последния израз за капацитета C_1 на буферния кондензатор се получава

$$C_1 = 2 \cdot (U_{C1}^2 - U_0^2)^{-1} \cdot \Sigma W_C. \quad (14)$$

За определяне на съпротивлението на зарядния резистор R_1 на буферния кондензатор C_1 може да се изходи от съотношението между времеконстантата му $\tau_{C1} = R_1 \cdot C_1$ и времеконстантата $\tau_C = R \cdot C$ на зарядната верига на разрядния кондензатор C . За осигуряване постъпването на необходимата енергия в буферния кондензатор C_1 може да се приеме

$$\tau_{C1} = R_1 \cdot C_1 = 0,1 \cdot \tau_C = 0,1 \cdot R \cdot C, \quad (15)$$

откъдето за съпротивлението на зарядния резистор R_1 на буферния кондензатор C_1 се записва

$$R_1 = 0,1 \cdot \tau_C / C_1 = 0,1 \cdot R \cdot C / C_1. \quad (16)$$

За определяне на мощността P_G на външния енергиен източник на уредбите за НЕИОТ е целесъобразно да бъдат разгледани изискванията към захранването на разрядния контур. То включва външния енергиен източник и зарядните вериги на буферния кондензатор и на разрядните кондензатори. Параметрите му са напрежението на обработка U_0 , мощността P , подавана към разрядния контур, и минималната честота на разрядите f_{min} . Тези параметри трябва да удовлетворяват изискванията на технологичния процес.

Напрежението на обработка U_0 зависи от параметрите на разрядната междина и на обработвания обект [9], т. е. от самия технологичен процес.

За определяне на мощността P , подавана към разрядния контур, е необходимо да се намери времето t_1 за обработка на един тютюнев лист (на едно тютюнево стъбло). При известни брой на разрядите n_0 и честотата f на разрядите, за времето t_1 може да се запише

$$t_1 = n_0 / f. \quad (17)$$

Като се замести израз (7) в горната формула се получава

$$t_1 = 1 / (n_1 \cdot v_{oa}). \quad (18)$$

Ако минималният разход на енергия $W_{\Sigma min}$, необходим за обработка на един тютюнев лист (на едно тютюнево стъбло), и времето t_1 са известни, мощността P може да бъде определена по формулата

$$P = W_{\Sigma \min} / t_1. \quad (19)$$

Във връзка с производителността на уредбите за НЕИОТ е необходимо да се знае минималната честота f_{\min} на разрядите. За определянето ѝ при известни напрежение U_0 и капацитет C се пресмята енергията на разряда $W = 0,5.C.U_0^2$. След това се намира броят на разрядите n_0 от израза $n_0 = W_{\Sigma \min} / W$.

Тогава от формула (18) за честотата f_{\min} се записва

$$f_{\min} = n_0 / t_1. \quad (20)$$

Разглеждането дотук е направено при работа на един работен орган. Ако надлъжната електроискрова обработка на тютюн се извършва при едновременна работа на два или повече работни органа, всеки от тях трябва да се захранва от отделен разряден кондензатор. В такъв случай при брой на работните органи n_{po} ще е необходима мощност $P_{n_{po}}$, която се определя по формулата $P_{n_{po}} = n_{po} \cdot P$.

За мощността P_G на външния енергиен източник на уредбата се записва

$$P_G = P_{n_{po}} / \eta_G \cdot \eta_{пт} \cdot \eta_{зв}, \quad (21)$$

където η_G , $\eta_{пт}$ и $\eta_{зв}$ са к.п.д. на външния енергиен източник на уредбата, на повишаващия трансформатор и на зарядните вериги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на извършените теоретични разглеждания е предложена методика, позволяваща определянето на параметрите на елементите на електрическата схема и на външния енергиен източник на уредби за надлъжна електроискрова обработка на тютюн.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антонов, Г. М. и др. Избор на начин на подаване на енергията при надлъжната електроискрова обработка на тютюн. Селскостопанска техника, Кн. 2, 1985.
- [2]. Армянов, Н. К. Изследване възможностите за ускоряване узряването на тютюн чрез напречна електроискрова обработка на стъблата на корен. Автореферат на канд. дисертация, Русе, 1987.
- [3]. Армянов, Н. К. Исследование влияния емкости разрядного конденсатора на степень повреждения растительной ткани при продольной электроискровой обработке табака. Сборник научных трудов МИИСП "Применение электроэнергии в сельском хозяйстве", стр. 42 ... 48, М. 1990.
- [4]. Армянов, Н. К. Изследване на електрическото съпротивление на тютюневи стъбла. Научни трудове на РУ "А. Кънчев", т. 45, серия 3.1, стр. 130 - 135, Русе, 2006.
- [5]. Армянов, Н. К. и др. Обосноваване на електрическа схема на електроискрова уредба за обработка на тютюневи листа. Научни трудове на РУ "А. Кънчев", т. 41, серия 3.1, стр. 79 - 83, Русе, 2004.
- [6]. Армянов, Н. К. и др. Изследване начините на подаване на енергията при електроискровата обработка на тютюневи листа. Сборник научни трудове, ч. III, стр. 32 - 39, Шумен, 1998.
- [7]. Буцев, Х. С. Электрически разряды в течна среда. Изд-во "Техника". С., 1975.
- [8]. Климов, А. А. и др. Теоретические и экспериментальные исследования электрической искры как рабочего органа. Сб. "Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства", Вып. 13, Черноград, 1970.
- [9]. Савчук, В. Н. Исследование электрической искры как рабочего органа предуборочной обработки подсолнечника. Автореферат канд. диссертации, Волгоград, 1971.
- [10]. Фрюнгель, Ф. Импульсная техника. Пер. с нем., Изд-во "Энергия", М.-Л., 1965.
- [11]. N. K. Armyanov and etc. Some investigations into electrical processing of tobacco leaves. Energy and Agriculture towards the Third Millenium, Athens, Creece, 2 - 5 June 1999, Proceedings, vol. 2, p.p. 846 - 853, 1999.

За контакти:

Доц. д-р инж. Никола Армянов, катедра "Теоретична и измервателна електротехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082/ 888 502, 888 812.

Докладът е рецензиран.