

Методика за избор на регулиращи параметри на променливотоков мост за оценка измененията в посевен материал след обработката му в електромагнитно поле

Тошо Станчев, Светослав Захариев, Кирил Сираков, Иван Палов, Илиян Цветков

За установяване на изменените електрически параметри на семена след преусеитбената им електромагнитна обработка е възприето използването на мост за променлив ток. Направен е анализ на влиянието на регулируемите му параметри. Предложена е методика за избор на регулируеми параметри в променливотоковия мост с цел определяне на неизвестния капацитет на, включен в едно от рамената на моста, кондензатор, запълнен със семенно-въздушна смес.

***Ключови думи:** мост за променлив ток, условия за равновесяване, диелектрична проникваемост на посевен материал, реална и имагинерна част на функция*

ВЪВЕДЕНИЕ

В практиката вече са известни и се експериментират различни физични [6] екологично чисти начини за стимулиране [2,3,5 и др] на посевните качества на семена от различни селскостопански култури.

Поставени в променливо електрическо поле молекулите в обработваните вещества се преориентират, а настъпилите изменения се отразяват в промяна на капацитета между електродите, където се извършва обработката.

Един от начините на оценка на въздействието на електрическото поле върху органични материали е анализ на изменението на диелектричната им проникваемост [1]. Предложени са и системи за изучаване на електрофизичните характеристики на селскостопански продукти [4].

Измерването на капацитет е често решавана задача, като възможност за използване на кондензатор като чувствителен елемент. Променливотоковите мостове са класически метод, а диференциалните схеми са известни с чувствителността си по отношение на наблюдавания параметър.

Цел на изследването е избор на подходящи регулируеми параметри на променливотоков мост за оценка изменението в посевен материал след обработка му в електромагнитно поле.

ИЗЛОЖЕНИЕ

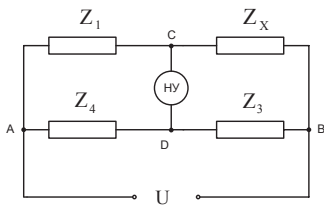
Резултатите от предварителните изследвания показват, че семена, които са поставени в едно от рамената на уравновесен мост за променлив ток го разбалансирават. Затова обект на анализа е промяната на електрическите параметри на посевния материал съвкупно и интегрално под въздействието на обработката и избор на регулируеми параметри на променливотоков мост за оценка изменението, което настъпва в посевния материал след на обработката му в електромагнитно поле.

На основата на предходни изследвания [1] семената се разглеждат като диелектрик. Подходящо е използването на посевния материал като диелектрик в кондензатор, чиято промяна на капацитета е вследствие от промяната на диелектричната му проникваемост. Така оценката на измененията в качествата на посевния материал получават числен еквивалент като изменение качествата на диелектрик.

Анализ на променливотоковия мост

Известно е, че променливотоковите мостове са съставени от комплексни съпротивления. Обектът на изследване - семената, включени в мостовата схема, се представя като комплексно съпротивление. Подбран е т.нар. класически

променливотоков мост, защото изборът на регулируеми параметри, амплитуда и честота на захранващото напрежение могат да се осъществява в зависимост от преценката за въздействие върху обекта и чувствителността по отношение на оценявания параметър. Приблизителното равенство на импедансите в мостовата схема е предпоставка за добра чувствителност по напрежение.



Фиг.1. Схема на мост за променлив ток

При уравниването на потенциалите в точките C и D са равни (фиг.1.) потенциалите в точките C и D са равни, което се регистрира с нулев указател ГУ. В моста от фиг.1 с Z_x е показан импедансът на семената, които са поставени между проводими плочи.

Удобно е импедансите в моста да се изразяват в показателна форма. Тогава, когато мостът е уравновесен, е изпълнено равенството:

$$Z_1 e^{j\varphi_1} \cdot Z_3 e^{j\varphi_3} = Z_x \cdot e^{j\varphi_x} \cdot Z_4 e^{j\varphi_4}, \quad (1)$$

където Z са модулите на комплексните съпротивления;

φ - техните фази.

От (1) следва, че не всеки набор от импеданси може да се използва за уравновесяване на мостовата схема. Необходимо е изпълнението на амплитудното и фазово условия:

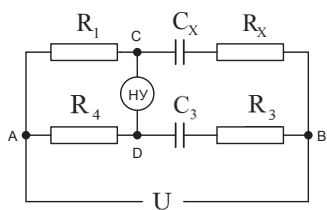
$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_x \cdot Z_4; \quad (2)$$

$$\varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_x + \varphi_4. \quad (3)$$

Потенциалите на точките C и D са разположени в комплексната равнина. Промяната на параметрите в някой от клоновете ACD или ADB води до промяна на местоположението на съответната точка от измервателния диагонал.

Анализът на промяната на потенциалите на точките в измервателния диагонал (C и D) е необходим, за да се избере подходящ регулируем параметър.

Напреженията U_{AC} , U_{AD} и U_{AB} , съгласно схемата от фиг.1., са свързани с



Фиг. 2. Мост за променлив ток с два реактивни еднотипни елемента

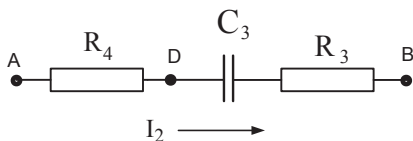
равенствата:

$$U_{AC} = U_{AB} \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_x}, \quad U_{AD} = U_{AB} \cdot \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4}. \quad (4)$$

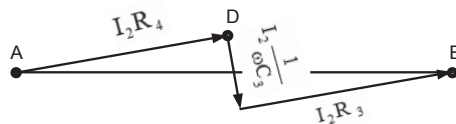
За опростяване на анализа на мостовата схема в нея се включват минимален брой елементи. Така за случая е избрана схемата от фиг.2.

В схемата от фиг.2 е възможно да се променят стойностите на активните резистори R_1 , R_3 , R_4 и капацитета на кондензатора C_3 . От стойността на R_1 зависи големината на тока, протичащ през Z_x , а от там и допълнителното въздействие върху пробата. Изборът на R_1 се обосновава именно от ограничаване на въздействието на измервателния метод върху резултатите от наблюденията. Това е причината да се анализира влиянието на параметрите R_3 , R_4 и C_3 върху положението на т. D в комплексната равнина.

На фиг.3. е показана електрическата схема на клоната ADB, а на фиг.4.- векторната диаграма на напреженията, като токът в клоната е означен с I_2 .



Фиг.3. Схема на клон ADB



Фиг.4. Векторна диаграма на напреженията в клон ADB

Векторните диаграми на клон ACB са подобни на тези от клон ADB, т.е. точка C е разположена в същата комплексна равнина, но нейното положение няма да се променя.

Възможно е да се избере и вариант, в който Z_4 (от фиг.1.) да има индуктивен характер, а Z_3 да е активно съпротивление и така условието (3) отново ще е изпълнено. Този случай обаче е трудно реализуем, защото индуктивности, с нормирани метрологични характеристики и с богат набор от стойности е трудно да се доставят.

Изпълнението на равенствата (2) и (3) е необходимо и достатъчно условие за равновесното състояние на моста. Практически това се изразява със съвпадение на разположените в комплексната равнина, върхове на векторите на напреженията U_{AC}

и U_{AD} . Като регулируеми параметри стойностите на R_3 , R_4 и C_3 водят до промяна на положението само на точка D от измервателния диагонал.

Анализът на клон ADB, на мостовата схема, се състои в разглеждане функция f , определяща положението на точка D.

Напрежението U_{AD} , отнесено към общото напрежение U_{AB} се представя с

$$\text{функцията } f, \text{ от (5): } \frac{\vec{U}_{AD}}{\vec{U}_{AB}} = f. \quad (5)$$

Така върхът на вектора U_{AD} се свързва с напрежението между точките A и B.

$$f = \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} = \frac{R_4}{R_3 + R_4 + j\frac{1}{\omega C_3}} = \frac{R_4^2 + R_4 R_3 - jR_4 \frac{1}{\omega C_3}}{(R_4 + R_3)^2 + (\frac{1}{\omega C_3})^2} = a + jb. \quad (6)$$

Реалната и имагинерна част на функцията f от (6) се представят така:

$$a = \frac{R_4(R_4 + R_3)}{(R_4 + R_3)^2 + (\frac{1}{\omega C_3})^2}; \quad (7)$$

$$b = \frac{R_4 \frac{1}{\omega C_3}}{(R_4 + R_3)^2 + (\frac{1}{\omega C_3})^2}. \quad (8)$$

Съгласно (7) и (8) отношението на реалната към имагинерната част е:

$$\frac{a}{b} = -\frac{R_4 + R_3}{\frac{1}{\omega C_3}}. \quad (9)$$

Положението на т. D (т.е. върха на вектора U_{AD}), при неизменни стойности на Z_3 и захранването се определя от стойността на R_4 .

Съпротивление R_4 от (9) се изразява и замества във функцията f :

$$R_4 = -R_3 - \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\omega C_3}; \quad (10)$$

$$a + jb = -\frac{\frac{1}{\omega C_3} \frac{a}{b} + R_3}{j \frac{1}{\omega C_3} - \frac{1}{\omega C_3} \frac{a}{b}}. \quad (11)$$

След опростяване изразът (11) добива вида:

$$b^2 \cdot \frac{1}{\omega C_3} + a^2 \cdot \frac{1}{\omega C_3} - a \cdot \frac{1}{\omega C_3} - b \cdot R_3 = 0 \quad (12) \quad \text{или} \quad b^2 + a^2 - a - b \cdot \frac{R_3}{\omega C_3} = 0. \quad (13)$$

Когато към лявата и дясната страна на равенството (13) се добави $[\frac{1}{4} + \frac{R_3^2}{4 \cdot (\frac{1}{\omega C_3})^2}]$,

то последното се представя във вида (14): $(a - \frac{1}{2})^2 + (b - \frac{R_3}{\omega C_3})^2 = \frac{\sqrt{R_3^2 + \frac{1}{\omega^2 C_3^2}}}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}}. \quad (14)$

Може да се констатира, че (14) е уравнение на окръжност. Като се приеме за начало на координатната система т. А с оси a и b и дължината на отсечката АВ за единица, то центърът на окръжността O_1 , от (14) се получава с координати:

$$O_1(\frac{1}{2}; \frac{R_3}{\omega C_3}). \quad (15)$$

Радиусът r_1 на окръжността (14) се намира по (16): $r_1 = \frac{\sqrt{R_3^2 + \frac{1}{\omega^2 C_3^2}}}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}}. \quad (16)$

От направения анализ следва, че геометричното място на точките (т.е. \rightarrow) положението на върха на вектора U_{AD}) е окръжността зададена от (15) и (16).

В зависимост от стойността на R_4 , геометричното място на точките D, е окръжност с координати на центъра O_1 и радиус r_1 , определени от стойността на активното съпротивление R_3 и реактивното съпротивление $\frac{1}{\omega C_3}$.

Може да се констатира, че с променяна на стойността на R_4 т.Д може да съвпадне с т.С само, ако т.С лежи на същата окръжност. Това означава, че е необходимо да се променя и друг параметър. За целта се анализира положението \rightarrow на върха на вектора U_{AD} и то при изменението на друг параметър.

Когато от равенството (9) се определи R_3 и се замести във функцията f , то траекторията на т.Д се определя по аналогичен начин. В този случай анализът на f \rightarrow пояснява положението на върха на вектора U_{AD} в комплексната равнина, определена с осите a и b и начало на координатната система т.А.

От равенството (9) R_3 се замества в (6) и така се определя положението на точка D в зависимост от стойностите на R_4 и C_3 :

$$R_3 = -R_4 - \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\omega C_3}. \quad (17)$$

Уравнение (6) се преобразува във вида: $a^2 + b^2 + \frac{R_4}{\frac{1}{\omega C_3}} b = 0. \quad (18)$

Ако от двете страни на равенството (18) се добави $\frac{R_4^2}{(2 \cdot \frac{1}{\omega C_3})^2}$, то последното се представя във вида:

$$a^2 + b^2 + 2 \cdot \frac{R_4}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}} b + \frac{R_4^2}{(2 \cdot \frac{1}{\omega C_3})^2} = \frac{R_4^2}{(2 \cdot \frac{1}{\omega C_3})^2} \quad \text{или} \quad a^2 + (b + \frac{R_4}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}})^2 = \frac{R_4^2}{(2 \cdot \frac{1}{\omega C_3})^2}. \quad (19)$$

Очаквано (19) е уравнение на окръжност, чиито център O_2 е с координати:

$$O_2(0; \frac{R_4}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}}) \quad (20);$$

$$\text{и с радиус } r_2 = \frac{R_4}{2 \cdot \frac{1}{\omega C_3}} \quad (21)$$

Последният възможен регулируем параметър в избраната схема от фиг.2 е $Z_3 = \frac{1}{\omega C_3}$. Неговата промяна води, отново, до изменение на положението на върха на вектора U_{AD} .

И тук анализът на функцията f се извършва като изразът $\frac{1}{\omega C_3}$ от равенството (9) се замества в (6). Това дава възможност да се определи положението на т. D в зависимост от стойностите на R_3 и R_4 :

$$\frac{1}{\omega C_3} = -\frac{b}{a}(R_3 + R_4) \quad (22)$$

$$\text{В този случай (6) се преобразува така: } a^2 + b^2 - \frac{R_4}{R_3 + R_4} a = 0 \quad (23)$$

Аналогично на разглежданите случаи към лявата и дясна страна на уравнението (23) се добавя $\frac{R_4^2}{4 \cdot (R_3 + R_4)^2}$ и се представя във вида:

$$a^2 - 2 \cdot \frac{R_4}{2 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot a + \frac{R_4^2}{4 \cdot (R_3 + R_4)^2} + b^2 = \frac{R_4^2}{4 \cdot (R_3 + R_4)^2} \quad (24)$$

$$\left[a - \frac{R_4}{2 \cdot (R_3 + R_4)} \right]^2 + b^2 = \frac{R_4^2}{4 \cdot (R_3 + R_4)^2} \quad (25)$$

Уравнение (25) също е уравнение на окръжност с начало на координатна система т. А и оси a и b . Координатите на центъра O_3 и радиуса са:

$$O_3 \left(\frac{R_4}{2 \cdot (R_3 + R_4)}; 0 \right); \quad (26)$$

$$r_3 = \frac{R_4}{2 \cdot (R_3 + R_4)} \quad (27)$$

Окръжността зададена с (25) описва положението (координатите) на върха на вектора U_{AD} . Модулът на този вектор е постоянен и равен на r_3 , а координатите на върха на вектора се променят в зависимост от стойността $\frac{1}{\omega C_3}$.

На фиг.5 са показани трите окръжности при преместването на т. D, в зависимост от промяната на конкретен параметър. Положението на т. С остава непроменено.

На фиг. 6 е показано движението на т. D (точки D₁, D₂, D₃ и D₄) към т. С, като за начално положение е приета т. D₁ и като променливи параметри са избрани C_3 и R_3 . Точка D се движи първо по окръжност O_{31} (така се получава след промяна на C_3), след това по окръжност O_{22} (промяна на R_3), по O_{32} и така до съвпадането ѝ с точка С по окръжност O_{23} .

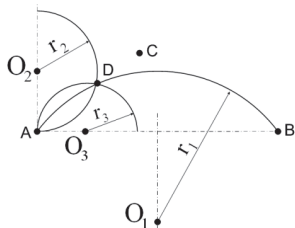
Стратегията за уравнивяване на мостовата схема следва логиката: промяната на регулируем параметър води до промяна на положението (координатите), в комплексната равнина, на точка D до положение, при което разстоянието между точките D и С е най-малко. След това се променя друг параметър и така до съвпадането на потенциалите на точки D и С. На фиг.5. са описани част от окръжности от споменатия вид. Показаните примерни окръжности имат обща точка от измервателния диагонал – това е т. D. Окръжността с център O_1 и радиус r_1 показва траекторията на т. D в зависимост от промяната на стойността на съпротивлението R_4 , от фиг.2. Окръжността с център O_2 и радиус r_2 показва траекторията на т. D в зависимост от промяната на стойността на съпротивлението R_3 . Окръжността с център O_3 и радиус r_3 показва траекторията на т. D в зависимост от промяната на стойността на $\frac{1}{\omega C_3}$.

Изборът на регулируеми параметри се извършва и в зависимост от техническите средства, които са налични. Когато се разполага с променливи резистори с разрешаваща способност $0,001\Omega$, регулируемите параметри могат да са R_4 и R_3 .

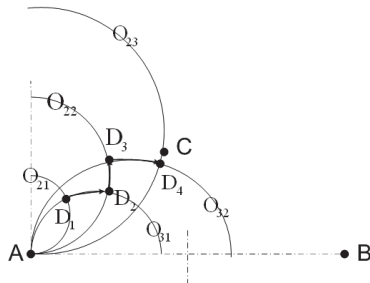
Стойностите на активната (R_X) и реактивна (C_X) съставки на търсения импеданс (Z_X) се пресмятат съгласно уравненията:

$$R_X = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_4}, \quad (28)$$

$$C_X = C_3 \frac{R_4}{R_1}. \quad (29)$$



Фиг.5. Графики на окръжностите, получени от уравнения (14), (19) и (25)



Фиг.6. Траектория на движение на т. D

Качествата на посевния материал се определят от промяната на диелектричната проницаемост на кондензатора C_X . При това от известната формула (30) и при установения капацитет C_X се определя диелектричната проницаемост на материала ϵ_r :

$$\epsilon_r = C_X \frac{d}{s}, \quad (30)$$

където s е площта на електродите на кондензатора в рамото Z_X ;
 d – разстоянието между плочите/електроди на кондензатора C_X .

Изводи:

1. За установяване на изменените електрически параметри на семена след предсеитбената им електромагнитна обработка е предложено използването на мост за променлив ток.

2. След анализ на начините за нулиране на мост за променлив ток са избрани регулируемите му параметрите, чрез които се дава възможност за оценка на диелектричната проницаемост на семената.

3. Изборът на стойността на съпротивлението в едно от рамената на моста се ограничава от въздействието на измервателния метод върху резултатите от наблюденията. След това се анализира влиянието на останалите параметри (съпротивления и капацитет) върху положението на една от точките (условно наречена т. D) от измервателния диагонал на моста.

4. Стратегията за уравнивяване на мостовата схема следва логиката: промяната на регулируем параметър води до промяна на положението (координатите), в комплексната равнина, на точка D до положение, при което разстоянието между двете точки на измервателния диагонал т. D и т. C е най-малко. След това се променя друг параметър и така до съвпадането на потенциалите на точки D и C.

5. След определяне на неизвестния капацитет на кондензатора, запълнен със семена, се изчислява диелектричната проницаемост.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Андреев Хр., Ив. Палов, Ем. Кузманов, Е. Калчева, Изследване на диелектричната проникваемост на семена от царевица, обработени в електромагнитно поле, Научни трудове на Русенски Университет "Ангел Кънчев", т.38, с.3, Русе, 2001г.

[2] Alexander M.P., S.D. Doijode, Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) seeds with low viability. Plant Genetic Resources Newsletter 104, 1995, pp. 1-5.

[3] Carbonell M.V., E. Martinez, J.M. Amaya, Stimulation of germination in rice (*Oryza Sativa* L.) by static magnetic field. Electro-Magnetobiol., 19(1), 2000, pp. 121-128.

[4] Evstatiev Iv., Iv. Palov, K. Sirakov An electronic system for studying the electro-physical characteristics of agricultural products, Agricultural Engineering (in the press), Raudondvaris, Lithuania, 2004.

[5] Palov Iv., N. Armyanov, K.Sirakov, Research on the electric field arising in maize seeds during their pre-sowing electromagnetic treatment, "Energy efficiency and agricultural engineering", second conference, Proceedings of the union of scientists, Rouse, Bulgaria, 2004.

[6] Vasilevski G., Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special issue,3003, pp. 179-186.

За контакти:

1. доц. д-р инж. Тошо Станчев, Катедра "Теоретична и измервателна електротехника", Русенски университет "А. Кънчев", ул. "Студентска" № 8, 7017, Русе, България, e-mail: tys@uni-ruse.bg

2. докторант маг. инж. Св. Захариев, Русенски университет "А. Кънчев", ул. "Студентска" № 8, 7017, Русе, България, e-mail: szahariev@uni-ruse.bg

3. доц. д-р инж. Кирил Александров Сираков, катедра: "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "А. Кънчев", ул. "Студентска" № 8, 7017, Русе, България, e-mail: csirakov@uni-ruse.bg

4. проф. д-р инж. Иван Йорданов Палов, катедра: "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "А. Кънчев", ул. "Студентска" № 8, 7017, Русе, България, e-mail: ipalov@uni-ruse.bg

5. гл. ас. д-р инж. Илиян Цветков, Катедра "Теоретична и измервателна електротехника", Русенски университет "А. Кънчев", ул. "Студентска" № 8, 7017, Русе, България, e-mail: i_tsvetkov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.

"Настоящият доклад е изготвен с финансовата помощ на Европейския социален фонд. Русенският университет „Ангел Кънчев“ носи цялата отговорност за съдържанието на настоящия документ, и при никакви обстоятелства не може да се приеме като официална позиция на Европейския съюз или Министерството на образованието и науката."

Проект № BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии"