ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ПОСТОЯННИЯ ТОК КАТО ТОК НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА ИНДУКЦИЯ

Доц. ктн Стефан М. Дамянов
Технически университет-София, 1994 г.

УВОД: Известно е, че централната научна идея в Максвеловата електродинамика представлява токът на електрическата индукция /ток на електрическото разместване/. Тази идея, заедно със закона на Фарадей за електромагнитната индукция лежи в основата на теорията за вълновото електромагнитно поле, която откри пътя за безжичното пренасяне на енергията /радиовълните в свободното пространство/. Освен това, принципът за пренасянето на енергия по електропроводите за променлив ток, включително тези в силовата електроенергетика също се свързва с вълното електромагнитно поле [1] . Това означава, че Максвеловата идея за тока на електрическата индукция е принципиално валидна и за теорията на електропроводите за променлив ток, макар че сега при квазистационарен подход в теорията на последните, тази идея неоснователно се игнорира.

От друга страна, Максвеловата електродинамика разглежда постоянния ток като електропроводимостен процес принципно различен от тока на електрическата индукция и несвързан с вълновото електромагнитно поле. Сега се счита, че принципът на пренасянето на енергия в електропроводите за постоянен ток е различен от този на електропроводите за променлив ток [1] , което според автора е дълбоко погрешно.

В настоящата работа, строго теоретично е обоснована електрично-индукционната същност на постоянния ток, с което се потвърждава вълновата природа на стационарното поле. Доказателството е проведено въз основа на целесъобразен физико-математически анализ в последователен двуполюсник RC включен към източник на постоянно напрежение U , и при изпълнение на граничното условие $C \to \infty$.

НАУЧНО СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА: В светлината на класическата електродинамика съществува значително различие между физическата същност на постоянния ток и тока на електрическата индукция. Това различие особено силно се прояви след като от физиката отпадна хипотезата за етера. Сега постоянния ток се разглежда като проводимостен процес - подредено постъпателно движение на електрически заряди вътре в проводника. Схемата на най-простата електрическа верига за постоянен ток е показана на фиг. 1 с непрекъсната линия. За тази верига е валиден законът на Ом

$$I = \frac{dq}{dt} = U/R \; ; \qquad (1)$$

По определение се счита, че електрическата верига за постоянен ток е изцяло затворена в проводимостно отношение и в нея е невъзможно да има последователно включен кондензатор /частта от схемата изпълнена с прекъсната линия ще разгледаме по-долу/.

От друга страна, съгласно Максвеловата идея, токът на електрическата индукция се създава в диелектричното пространство под действието на променливо електрическо поле. Поради това, токът на електрическата индукция може да съществува само като променлив. Най-простата електрическа верига, с която сега се демонстрира наличието на тока на електрическата индукция е показана на фиг. 2 [2,3]. Тази верига се състои от последователен двуполюсник RC включен към източник на постоянно напрежение U за зареждане на кондензатора C. Известно е, че преходният процес в тази верига е свързан с протичането в кондензатора на ток на електрическата индукция i_D, който се явява като продължение на проводимостния ток i.

$$i_D = i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} \; ; \qquad (2)$$

Очевидно е, че електрическата верига от фиг. 2 за разлика от тази на фиг. 1 е прекъсната в проводимостно отношение чрез кондензатора. В електродинамиката все още остава неразкрита и загадъчна физическата природа на тока на електрическата индукция в пустота, т.е. в кондензатор без веществен диелектрик. Така например, в [4] е посочено, че /цит./..."съвременното състояние на науката не позволява да се даде нагледна интерпретация на тока на електрическата индукция в пустота, тъй като все още няма детайлна представа за вътрешната структура на електромагнитното поле и за вътрешните процеси, които протичат".

За математическото съгласуване на общото магнитно действие на проводимостния ток и на тока на електрическата индукция, първото основно Максвелово уравнение за електромагнитното поле има следния диференциален израз

$$\mathrm{rot}\, \vec{H} = \vec{J} + \vec{J}_D = \gamma \vec{E} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \; ; \qquad (3)$$

където: $\vec{J}$ и $\vec{J}_D$ са плътностите на двата вида ток. За постоянен ток, в Максвеловото уравнение (3) остава само проводимостната компонента $\vec{J}$, която е свързана с електрическото поле вътре в проводника /тангенциална компонента на електрическото поле/ $\vec{E}$ посредством закона на Ом в диференциална форма

$$\mathrm{rot}\, \vec{H} = \vec{J} = \gamma \vec{E} \; , \qquad (4)$$

Известният американски физик E.Purcell в своя Берклеевски курс по физика изрично е отбелязал, че уравнение $\vec{j}=\gamma\vec{E}$, т.е. законът на Ом не може да се изведе от фундаменталните закони на електрическото поле[5].

Самият факт, че в първото основно уравнение на Максвел (3) участвуват поотделно плътностите на посочените два вида ток, следва че класическата електродинамика,въпреки че силно акцентира върху тяхното общо магнитно действие, тя едновременно с това също така силно акцентира и върху различието на тяхната физическа природа.

Днес много учени изразяват своето неудовлетворение от липсата на достатъчно доказателство относно обобщеното Максвелово уравнение (3) и търсят различни обяснения на Максвеловата логика за написването на това уравнение [6-8].

ДОКАЗАТЕЛСТВО НА ПОСТАВЕНИЯ ПРОБЛЕМ: В някои от досегашните работи на автора относно разработената от него вълнова електромагнитна теория на електропроводите за постоянен ток е обоснована електрично-индукционната същност на постоянния ток, като посочените електропроводи са разгледани като дълги линии с разпределени параметри, в които протича вълнов електромагнитен процес [9,10]. В настоящата работа се обосновава електрично-индукционната природа на постоянния ток, като се използува класическия подход в електродинамиката за въвеждане и обясняване на Максвеловата идея за тока на електричната индукция, а именно,въз основа на преходния процес протичащ в електрическа верига с последователно съсредоточени параметри R и C, включена към източник на постоянно напрежение /фиг. 2/. Но преди това, нека да разгледаме друга проста електрическа верига /фиг. 3а/, в която се осъществява захранване на кондензатора C с линейно изменящо се във времето t напрежение u_C /фиг.3б/ което често се използува в електрониката /например, в електроннолъчеви осцилографи/ и се определя по формулата

$$u_C = \frac{U_m}{T_p} t; \qquad (5)$$

където: U_m - максимална стойност на напрежението в края на работния ход;

T_p - време на работния ход.

В случая, през кондензатора C ще протича постоянен ток на електрическата индукция определен въз основа на (2) и (5), а именно:

$$I_D = I = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} = \frac{CU_m}{T_p} = const; \qquad (6)$$

Но постоянния ток I_D от (6) разгледан в светлината на първото основно Максвелово уравнение (3) не съответствува на проводимостната ком-

понента $\vec{J}$ определена по (4), а напротив, този постоянен ток съответствува на електрично-индукционната компонента $\vec{J}_D$. Следователно, за този конкретен случай, първото основно Максвелово уравнение редуцирано за постоянен ток, а именно уравнение (4) е некоректно.

Направеният извод относно електрично-индукционната природа на постоянния ток в разгледания конкретен случай дава логическо основание за размисъл и научен анализ относно природата на постоянния ток в общия случай.

Нека сега да разгледаме преходния процес в електрическата верига на фиг. 2 с цел да достигнем до по-пълна и обобщена идентификация на постоянния ток, като ток на електрическата индукция. Известно е, че преходният процес в посочената верига се характеризира със следните изрази относно напрежението върху кондензатора u_C и тока на електрическата индукция i_D :

$$u_C = U(1 - e^{-t/RC}); \qquad (7)$$

$$i_D = i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} = \frac{U}{R}e^{-\frac{t}{RC}}; \qquad (8)$$

Графичните зависимости на $u_C(t)$ и $i_D(t)$ са дадени на фиг. 4 с щрихирани криви.

Нека сега да анализираме (7) и (8) съвместно при граничния случай на безкраен капацитет $C \to \infty$.

$$\lim i_D = \lim\left(C\frac{du_C}{dt}\right) = \lim\left(\frac{U}{R}e^{-t/RC}\right) = \frac{U}{R} = I_D = I = const; \qquad (9)$$

Според автора, уравнение (9) характеризира един удивителен граничен случай на електрически ток I_D, който от една страна, има електрично-индукционна природа, а от друга страна, този ток е постоянен. Това е така, защото произведението $C(du_C/dt)$ /което в преходния процес определя електрично-индукционния характер и големината на тока i_D / остава валидно и за граничния случай $C \to \infty$. Действително в случая, единият множител на това произведение $(du_C/dt) \to 0$, но за сметка на него, другият множител на произведението $C \to \infty$. От (9) е очевидно, че в разглеждания случай $\lim(\infty \cdot 0)$ има определена константна стойност, а именно тока I_D. На фиг. 4 е дадена графиката на тока I_D, която е права линия успоредна на абцисната ос t и представлява граничен случай на експоненциалната графика $i_D(t)$.

Нека сега да установим физическата същност на кондензатор с безкраен капацитет $C \to \infty$. Разглеждаме плоськ въздушен /пустота/ кондензатор с площ на електродите S равна на напречното сечение на включения във веригата резистор R. От известната формула за капацитета на плоськ

кондензатор

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{h} \qquad (10)$$

следва, че,

$$C \to \infty \text{ , ако } h \to 0 \qquad (11)$$

От (11) може да се направи извод, че кондензатор с безкраен капацитет във физическо-материален аспект представлява кондензатор с безкрайно близки /контактуващи/ електроди. Същият кондензатор може да се разглежда още и като кондензатор, които между електродите има "метален диелектрик" с крайна дебелина h и безкрайно голяма диелектрична проницаемост $\varepsilon \to \infty$, т.е. в случая вместо (10) и (11) са валидни условията:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{h} \to \infty \text{ , ако } \varepsilon \to \infty \qquad (12)$$

Следователно, при граничния случаи на кондензатор с безкраен капацитет $C \to \infty$, електрическата верига на фиг. 2 е затворена в проводимостно отношение и е еквивалентна на електрическата верига от фиг. 1, в която липсва кондензатор, и в която от позициите на съвременната електродинамика протича проводимостен ток.

В светлината на гореказаното, всеки елементарен участък dl от проводимостно затворената електрическа верига за постоянен ток на фиг. 1 може да се разглежда като кондензатор с безкраен капацитет $C \to \infty$, в който протича постоянен ток имащ електрично-индукционна природа. Напрежението du_c, което е приложено върху посочения кондензатор с безкраен капацитет е равно на падението на напрежението du върху елементарния проводимостен участък dl, което проявява тенденция към безкрайно малка промяна във времето $(du_c/dt) \to 0$.

В светлината на изложеното по-горе становище може да се твърди, че електрическият вентил, когато е включен в права посока също може да се разглежда като кондензатор с безкраен капацитет, а протичащият през него постоянен ток да се идентифицира като ток на електрическата индукция.

Относно посоченото по-горе твърдение, че съвременното състояние на науката не позволява да се даде нагледна интерпретация на тока на електрическата индукция в пустота, авторът счита, че това твърдение се е формирало в класическата електродинамика като резултат от погрешното противопоставяне между постоянния ток от една страна, разглеждан само като проводимостен процес и тока на електрическата индукция от друга страна, разглеждан само като променлив ток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. От направения анализ следва, че постоянният ток може да се идентифицира като ток на електрическата индукция. Въз основа на това

в електродинамиката става възможно да бъде отстранено като алогично сегашното противопоставяне между постоянния ток разглеждан като проводимостен процес и променливия ток на електрическата индукция. Електрично-индукционната същност на постоянния ток се намира в пълно съответствие с разработената от автора Вълнова електромагнитна теория на електропроводите за постоянен ток.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВЕНИКОВ В.А., РЫЖОВ Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. Энергоатомиздат. Москва, 1985 г., с. 37, 160;

2. КУПФМЮЛЛЕР К. Основы теоретической электротехники. Перевод с немецкого. Государственное энергетическое издательство. Москва,1960,с.111;

3. БЕССОНОВ Л.А. Теоретические основы электротехники. Издание пятое. "Высшая школа". Москва, 1967 г., с. 673;

4. НЕЙМАН Л.Р., ДЕМИРЧЯН К.С. Теоретические основы электротехники. Издание третье. Том 1. Энергоиздат. Ленинград, 1981 г., с. 45;

5. ПАРСЕЛЛ Э. Берклеевский курс физики. Том 2. Электричество и магнетизм. Перевод с английского. Издание 2. "Наука". Москва, 1975, с.129;

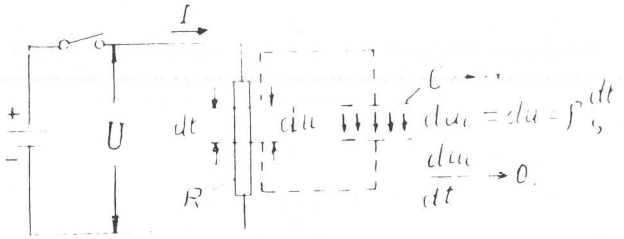
6. ПАЙЕРЛС Р.Э. Теория поля со времени Максвелла. Перевод с английского. Сб. статей и речи относно Д.К.Максвел. "Наука". Москва, 1968 г. с. 270-287;

7. БОРК А.М. Максвелл, ток смещения и симметрия. Перевод с английского. Сб. статей и речи относно Д.К.Максвел. "Наука". Москва, 1968 г., с. 305-317;

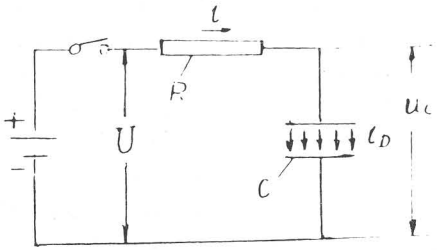
8. Максвелл и развитие физики XIX-XX веков. Сб. статей. "Наука". Москва, 1985 г., с. 5-14;

9. ДАМЯНОВ С.М. Представление стационарного режима длинной линии постоянного тока суммой бегущих волн. Электричество. Москва, № 12, 1988 г., с. 51-53;

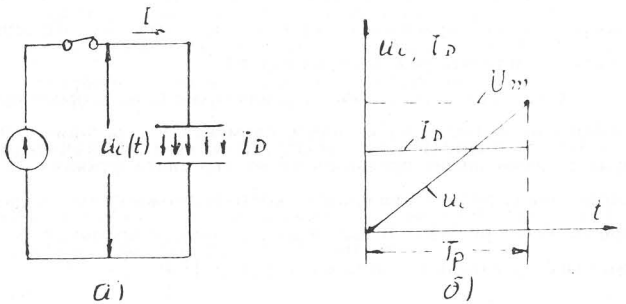
10. ДАМЯНОВ С.М. О волновом сопротивлении длинных линии постоянного тока. Электричество. Москва, № 3, 1987 г., с. 67-69.



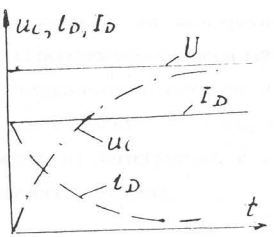
фиг 1



фиг.2



фиг.3



фиг.4