

УДК 621.317.39.531.767

В.Б.Нерсисян

Расчет токов в проводящем немагнитном листе при его движении методом сеток

(Представлено академиком Г.Л. Арешяном 16/XI 2001)

Определение параметров движущегося проводящего немагнитного листа с помощью электромагнитных преобразователей связано с расчетом токов в листе на основании решений уравнений электромагнитного поля при соответствующих заданных граничных условиях [1]. Однако известные методы сложны с точки зрения практического применения и не обеспечивают достаточной наглядности контуров прохождения токов в листе. Последнее обстоятельство очень важно при разработке высокочувствительных электромагнитных преобразователей толщины и скорости движущегося листа.

Целью настоящей работы являлся поиск упрощенного метода расчета токов в листе и контуров их замыкания для математической обработки электромагнитных преобразователей, доступный для инженеров-проектировщиков. При этом полученное решение лишь немного отличалось от точного.

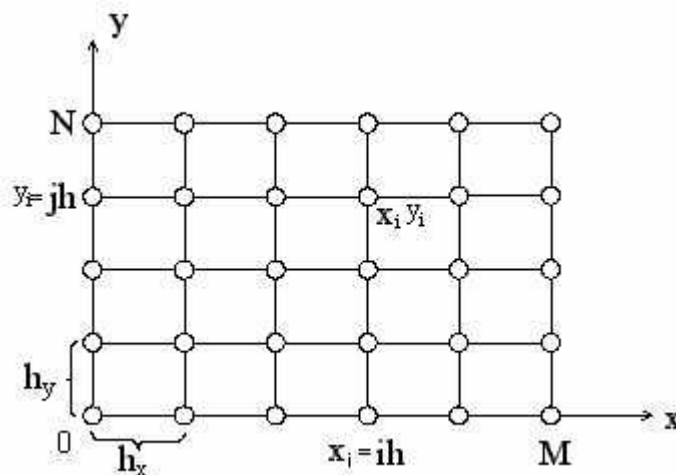


Рис. 1

Одним из методов расчета токов в проводящем листе, движущемся со скоростью V , является сеточный метод. Суть его состоит в том, что область проводящего изотропного листа, расположенного в воздушном зазоре преобразователя, представляется в виде прямоугольника $\bar{D} = \{0 \leq x \leq M, 0 \leq y \leq N\}$. Разобьем отрезки $[O, M]$ и $[O, N]$ соответственно на N_1 и N_2 части (рис.1). Пусть $h_x = [M/(N_1)]$ $h_y = [N/(N_2)]$.

Через точки деления проведем прямые, параллельные соответствующим осям. В результате пересечения этих прямых получим узлы (x_i, y_i) , которые и образуют сетку. Расстояние между соседними узлами $x_i - x_{i-1} = h_x = [1/(N_1)]$ и $y_i - y_{i-1} = h_y = [1/(N_2)]$ назовем шагами сетки по направлениям x и y соответственно. Так как зона контроля преобразователя имеет квадратную площадь, то целесообразно применять постоянный шаг по каждому из направлений, т. е. равномерную сетку.

Каждая сетка является схемой замещения проводящего листа с идентичной площадью. Поэтому ветви схемы замещения одинаковы и содержат последовательно соединенные активные сопротивление и индуктивность. В схеме замещения емкостный элемент

отсутствует, так как токи смещения в проводящем листе в расчет не берутся.

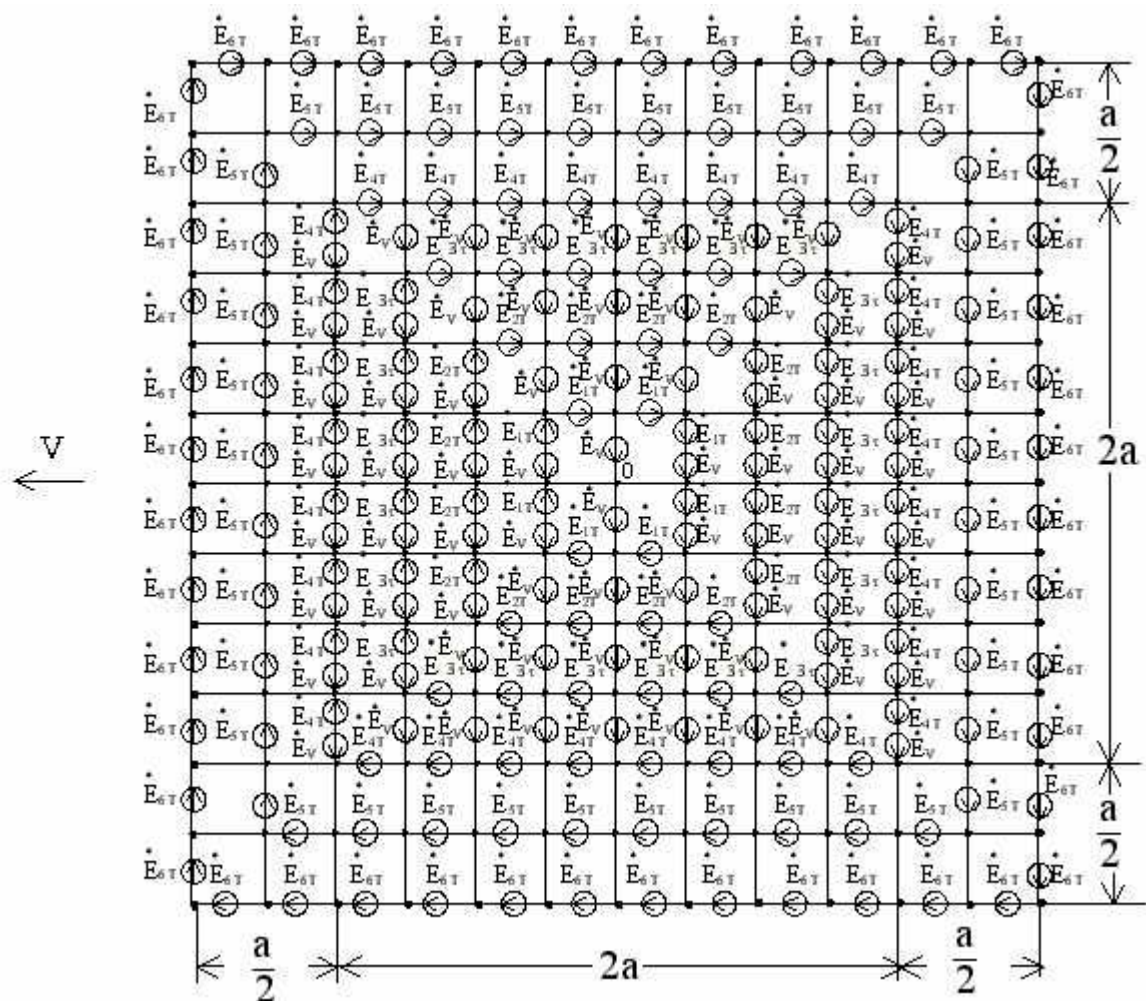


Рис. 2

Выбранная схема замещения обоснована экспериментально путем измерения вносимых сопротивлений эталонных образцов листов различной толщины. Осуществим расчет токов в ветвях сетки при $OM = ON = 3a$, $N_1 = N_2 = 12$, $h_x = h_y = [3a/12]$, при этом ветви сетки представлены как равные комплексные сопротивления.

В результате получим сетку, показанную на рис.2, которая состоит из 144 контуров. С целью упрощения схемы комплексные сопротивления ветвей не показаны. Приведенная сетка, кроме рабочей площади $2a \times 2a$, находящейся под полюсным наконечником преобразователя, содержит участок, со всех сторон расширенный на величину $[a/2]$. Это делается для уточнения контуров замыкания токов в проводящем листе при его движении со скоростью V .

Предполагается, что индукция под полюсным наконечником площадью $2a \times 2a$ однородна и изменяется по синусоидальному закону, а в расширенном участке отсутствует. Эти допущения делаются исходя из конструктивных особенностей электромагнитного преобразователя броневого конструкции [2].

При перемещении сетки, показанной на рис.2, со скоростью V происходит изменение потокосцепления и в сетке возникает два вида ЭДС: трансформаторная $\vec{E}_T$ и движения $\vec{E}_V$. Для определения ЭДС трансформации воспользуемся уравнением электромагнитной

индукции $\oint \vec{E} d\vec{l} = -[(d\Phi)/dt]$ Максвелла для шести замкнутых контуров с центром O (рис.2). Результаты расчетов приведены в таблице.

Номера контуров от центра О	1	2	3	4	5	6
ЭДС контуров	$\dot{E}_{1T}$	$\dot{E}_{2T}$	$\dot{E}_{3T}$	$\dot{E}_{4T}$	$\dot{E}_{5T}$	$\dot{E}_{6T}$
Величина ЭДС контура в относительных единицах	$1 - j1$	$4 - j4$	$9 - j9$	$16 - j16$	$16 - j16$	$16 - j16$
Величина ЭДС ветвей контура в относительных единицах	$0,125 - j0,125$	$0,25 - j0,25$	$0,375 - j0,375$	$0,5 - j0,5$	$0,4 - j0,4$	$0,333333 - j0,333333$

Направление ЭДС выбирается исходя из правила проходного винта. В ветвях сеток, находящихся под полюсными наконечниками (площадь $2a \times 2a$), поперечеными направлению движения V , возникают ЭДС движения $\dot{E}_V$, в то время как в ветвях, продольных направлению движения, они не возникают. Так как длины ветвей сеток одинаковы, а магнитная индукция в рассматриваемом участке однородна, то $\dot{E}_V$ этих ветвей равны между собой. Их направление выбирается на основании правила правой руки. Здесь принято $\dot{E}_V = 1$ в относительных единицах. При составлении схемы замещения сетки, показанной на рис.2, учтены направления $\dot{E}_T$ и $\dot{E}_V$.

Определим токи в ветвях сетки на основании метода наложения.

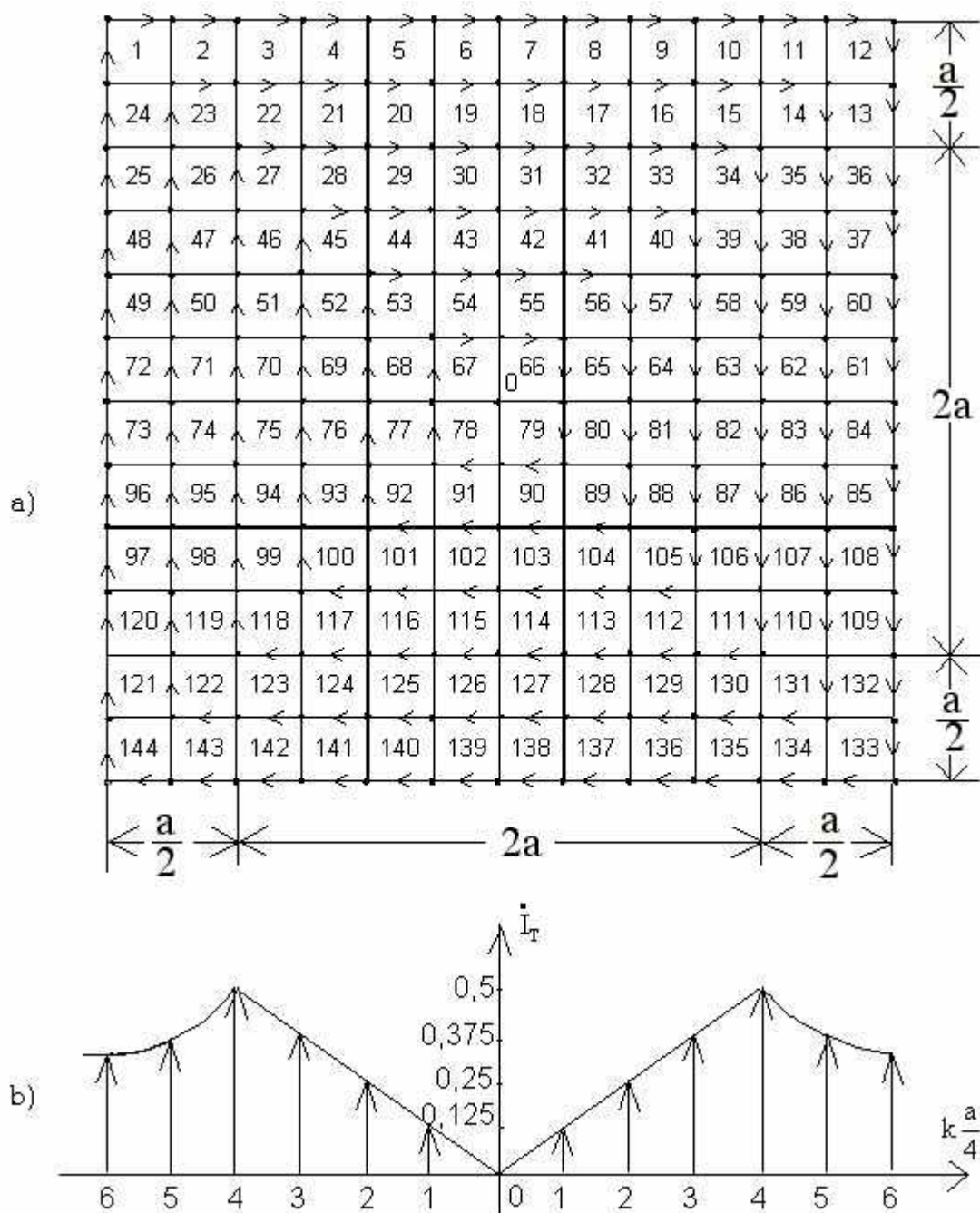


Рис. 3

Вначале найдем токи в ветвях сетки от ЭДС $\dot{E}_T$. Расчетную схему получим из рис. 2, учитывая, что $\dot{E}_V = 0$. Комплексные сопротивления отдельных ветвей сетки одинаковы и принимаются равными $Z_0 = r_0 + j\omega L_0 = 1 + j1$ относительных единиц.

Для полученной схемы из 144 контуров составлены уравнения по контурным токам. Совместное их решение позволило получить токи в ветвях и закономерности распределения токов трансформаторного составляющего $\dot{I}_T$ контуров от центра к краям рассматриваемого участка $k[a/4]$ (где $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ номера контуров рис. 3а, в).

Теперь определим составляющие токов в ветвях сетки, обусловленные $\dot{E}_V$. Расчетную схему также получим из рис. 2, учитывая, что $\dot{E}_T = 0$. Комплексные сопротивления ветвей исходной схемы заменяются активными сопротивлениями и приняты равными $Z_0 = r_0 = 1$

относительных единиц.

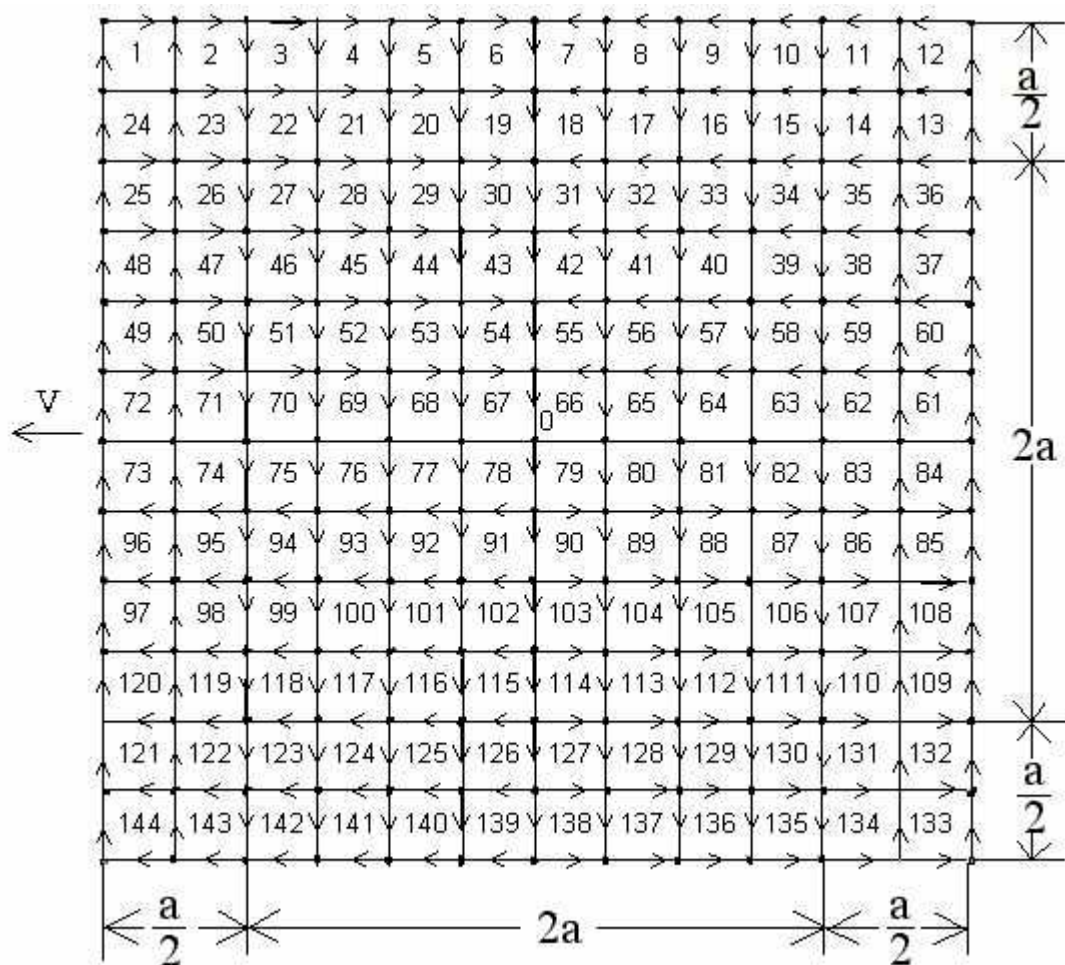


Рис. 4

Для полученной схемы из 144 контуров составлены уравнения по контурным токам. Совместное их решение позволило получить токи в ветвях, направления которых показаны на рис.4.

Определена магнитная индукция как для отдельных составляющих токов, так и для их алгебраической суммы. Установлена результирующая индукция в воздушном зазоре преобразователя.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Шимони К. Теоретическая электротехника. М. Мир. 1964. 773 с.
2. Патент РФ N 1249313 Нерсисян В. Б. - Открытия. Изобретения. 1986. N 20.

Վ. Բ. Ներսիսյան

**Շարժվող ոչ ֆեռոմագնիսական հաղորդիչ թիթեղում հոսանքների որոշումը
ցանցերի մեթոդով**

Հետազոտվում են էլեկտրամագնիսական ձևափոխիչի օդային բացակում որոշակի արագությամբ շարժվող ոչ ֆեռոմագնիսական հաղորդիչ թիթեղում առաջած էլշու-ները և նրանցով պայմանավորված հոսանքները ցանցերի մեթոդով:

Ցանցերի առանձին ճյուղերում առաջացած հոսանքները որոշվել են համաձայն վերադրման սկզբունքի, որպես հանրահաշվական գումար թիթեղի շարժումի և տրանս-ֆորմատորային բաղադրիչ հոսանքների: Բերված են այդ հոսանքների փակման կոնտակտները ցանցերի ճյուղերում: