

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСРЕДНЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ВАРИАЦИЙ ПУТИ ПОТОКА

П. П. ГАЛИНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры теоретических основ электротехники
и лаборатории роторных ЭСГ НИИ ЯФ)

Графоаналитический метод вариаций пути потока предназначен для определения интегральных характеристик поля — проводимостей, сопротивлений и емкостей.

Для точного определения дифференциальных характеристик поля (напряженностей электрического поля, плотностей тока, электрического смещения) в общем случае нужно знать аналитические выражения потенциала как функции координат или иметь точную картину поля, полученную на модели в электролитической ванне. Тем не менее указанный выше графоаналитический метод вариаций пути потока позволяет находить приближенные дифференциальные характеристики поля и тем самым получать некоторые представления о характере распределения поля в рассматриваемом объеме.

В данном методе поток вектора поля разбивается на трубки, начало которых распределяется по площади одного из электродов произвольно и в дальнейшем остается неизменным. В дальнейшем, варьируя положением концов трубок, перераспределяют поток таким образом, чтобы суммарная проводимость была наибольшей. Деление потока на трубки выполняется так, чтобы поле внутри отдельных трубок было близким по конфигурации к одному из образцовых полей: однородному, цилиндрическому или сферическому.

В практике применяются следующие величины, характеризующие распределение поля по объему:

средняя напряженность промежутка

$$E_{\text{ср}} = \frac{U}{l},$$

где U — разность потенциалов между электродами,

l — расстояние между электродами,
коэффициент неоднородности поля

$$f = \frac{E_{\text{макс}}}{E_{\text{ср}}},$$

представляющий отношение максимальной напряженности к средней. В практике применяется также обратная величина, называемая коэффициентом использования изоляции

$$\eta = \frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{макс}}}.$$

Зная указанные характеристики, можно определить максимальную напряженность

$$E_{\text{макс}} = \frac{U}{l} \cdot f = \frac{U}{l} \cdot \frac{1}{\eta}$$

и пробивную напряженность поля

$$E_{\text{проб}} = \frac{U_{\text{пр}}}{l} \cdot f = \frac{U_{\text{пр}}}{l} \cdot \frac{1}{\eta},$$

где $U_{\text{пр}}$ — напряжение, соответствующее пробоем диэлектрика.

Для ориентировочных расчетов величины средней и максимальной напряженностей электрического поля можно приближенно определить по графоаналитическому методу вариаций пути потока. Метод позволяет определить усредненную по сечению трубки напряженность поля, причем наибольшая напряженность, очевидно, будет в самой короткой трубке в наиболее узкой ее части.

Как известно, дифференциальное сопротивление на элементе длины трубки потока плотности тока в проводящей среде равно

$$dR = \frac{dx}{\gamma S(x)},$$

где dx — элемент длины средней силовой линии,

γ — удельная проводимость среды,

$S(x)$ — площадь сечения трубки.

Напряжение на элементе длины dx трубки

$$dU = I_{\text{тр}} dR,$$

где $I_{\text{тр}}$ — ток внутри трубки

$$I_{\text{тр}} = U G_{\text{тр}},$$

U — напряжение между концами трубки,

$G_{\text{тр}}$ — проводимость трубки, определяемая в методе вариаций пути потока после установления границ трубки.

Усредненная по сечению трубки напряженность поля

$$E(x) = \frac{dU}{dx} = \frac{I_{\text{тр}} dR}{dx} = \frac{U}{\gamma} \cdot \frac{G_{\text{тр}}}{S(x)}.$$

Максимальная усредненная напряженность определяется по данной формуле для наиболее короткой трубки в месте минимального ее сечения

$$E'_{\text{макс}} = \frac{U}{\gamma} \cdot \frac{G_{\text{тр}}}{S_{\text{мин}}}.$$

Минимальной напряженности, наоборот, соответствует максимальное сечение трубки.

Средняя напряженность в данном методе может быть определена отношением

$$E_{\text{ср}} = \frac{U}{l_{\text{ср}}},$$

где $l_{\text{ср}}$ — длина средней силовой линии трубки.

После чего нетрудно рассчитать коэффициент неравномерности поля, соответствующий усредненной по сечению трубки максимальной напряженности поля

$$f' = \frac{E'_{\text{макс}}}{E_{\text{ср}}} = \frac{G_{\text{тр}}}{\gamma} \cdot \frac{l_{\text{ср}}}{S_{\text{мин}}}.$$

Хотя эта усредненная по сечению трубки характеристика и отличается от точечной, однако для плавных форм электродов обе характеристики близки друг к другу.