

УДК 621.472.004

К.С.Кочеткова (6 курс, каф. ВИЭГ), Е.В.Бобкова (инж.), В.А.Грилихес, д.т.н., проф.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНЗЫ ФРЕНЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Энергетическая и экономическая эффективность солнечных фотоэлектрических установок с линзовыми концентраторами в значительной степени зависит от правильного выбора профиля линзы Френеля, определяющего ее концентрирующую способность и оптический КПД.

На концентрацию солнечного излучения линзой Френеля достаточно сильное влияние оказывает хроматическая аберрация, которая является принципиальной особенностью линзовых концентраторов и возникает в результате дисперсии света. Характер дисперсии света определяется зависимостью показателя преломления от длины волны $n(\lambda)$. В работах [1,2] при определении профиля линзы расчетное значение показателя преломления ее материала выбиралось произвольно, близко к среднему значению $n(\lambda)$ в диапазоне спектральной чувствительности солнечного элемента. При этом влияние хроматической аберрации на процесс концентрации солнечного излучения могло проявляться достаточно сильно и приводить к снижению уровня концентрации относительно максимально возможного, то есть такой подход был недостаточно корректным.

Для того чтобы минимизировать влияние хроматической аберрации и достичь максимальной концентрации солнечного излучения в плоскости размещения солнечного элемента, расчетный показатель преломления и соответствующий ему оптимальный профиль линзы принципиально нужно определять следующим образом:

1. В связи с тем, что спектральная характеристика солнечного излучения существенно неравномерна, для упрощения методики расчета часть спектра Солнца, соответствующую диапазону спектральной чувствительности солнечного элемента, целесообразно разбить на ряд спектральных поддиапазонов с равной плотностью мощности излучения, обращая внимание на то, что ширина поддиапазонов будет различна. Для каждого поддиапазона нужно определить среднее значение длины волны λ_{cpj} и для него найти соответствующее значение показателя преломления n_j на зависимости $n(\lambda)$ материала линзы.

2. Для каждого показателя преломления n_j , соответствующего j -ому спектральному поддиапазону, нужно определить профиль линзы Френеля и ее КПД при заданной ширине линзы a_l . Исходными данными является фокусное расстояние f и шаг профиля линзы t .

Профиль линзы Френеля характеризуется углами наклона ее рабочих граней α_k и рассчитывается по формуле

$$\alpha_k = \arctg \frac{r_k}{n_{расч} \cdot \sqrt{r_k^2 + f^2} - f},$$

где $n_{расч}$ – расчетное значение показателя преломления материала линзы; r_k – расстояние от оптической оси линзы до центра k -ой рабочей грани; k – номер зубца линзы в диапазоне $[1-N_3]$, N_3 – заданное количество зубцов.

3. Для полученного профиля линзы Френеля необходимо рассчитать спектральные оптико-энергетические характеристики (ОЭХ), которые представляют собой распределение плотности сконцентрированного линзой солнечного излучения в плоскости размещения солнечного элемента для всех спектральных поддиапазонов.

После этого нужно сложить спектральные ОЭХ, получить интегральную оптико-энергетическую характеристику линзы с профилем, соответствующим выбранному значению n_j , и определить средний коэффициент концентрации и оптический КПД системы «линза-приемник».

4. Изменяя ширину линзы и таким же образом определяя ее оптико-энергетические характеристики, нужно найти оптимальное значение a_l^{opt} и соответствующую ширину приемника a_n при заданном коэффициенте перехвата излучения приемником K_n , которые обеспечивают максимум среднего коэффициента концентрации для данного значения n_j .

Для каждого показателя преломления n_j существует свое максимальное среднее значение коэффициента концентрации и соответствующее ему оптимальное значение размера линзы a_l^{opt} (рис. 1). Это связано с тем, что при увеличении ширины линзы, приводящей к увеличению коэффициента концентрации, одновременно увеличивается пятно сконцентрированного линзой излучения в фокальной плоскости, что приводит к уменьшению концентрации.

5. После осуществления этапов 2-4 для всех n_j необходимо сравнить значения максимальных средних коэффициентов концентрации и выбрать в качестве расчетного такое значение n_j и соответствующий этому показателю преломления профиль линзы, которые обеспечивают наивысший из максимальных средних коэффициент концентрации. Для рассматриваемого случая $n_{расч} = 1.4165$.

Правильный выбор оптимального показателя преломления и соответствующего профиля линзы позволяет увеличить концентрацию в 1.5-2 раза.

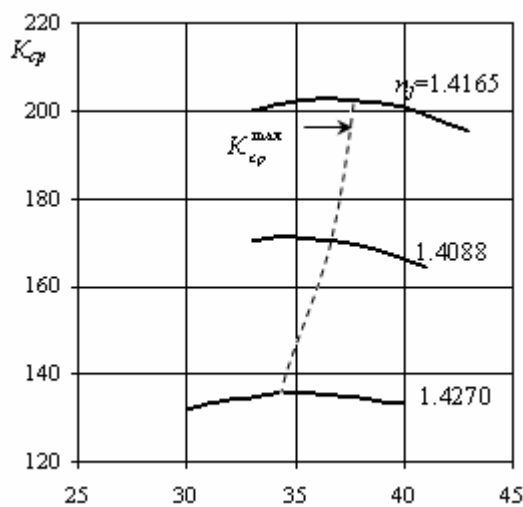


Рис. 1. Зависимость среднего коэффициента концентрации от размера стороны линзы при различных показателях преломления

Таким образом, представленная методика позволяет обоснованно выбрать оптимальный профиль линзы, который обеспечивает максимальную степень концентрации при заданном значении оптического КПД.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Э.В.Тверьянович. Расчет профилей гелиотехнических линз Френеля, Гелиотехника, 1983 г., с. 31-34.
2. Х.Ахмедов, Р.А.Захидов, Ш.И.Клычев, Оптико-энергетические характеристики круговых линз Френеля с плоскими поясами, Гелиотехника, 1991 г., с. 48-51.