

УДК 628.093: 621.398

В. Ф. Харченко, Н. В. Хворост, А. А. Якунин

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н.Бекетова

АППРОКСИМАЦИЯ ВОЛЬТ – АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЯДНЫХ ЛАМП УЧИТЫВАЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Проведен анализ подходов к аппроксимации динамических вольт - амперных характеристик разрядных ламп. Предложен способ аппроксимации динамических вольт - амперных характеристик для различных типов разрядных ламп в виде тригонометрического полинома. При этом задача сглаживания экспериментальных данных, измеренных с некоторой погрешностью, решена путем аппроксимации сплайнами.

Ключевые слова: вольт - амперная характеристика, аппроксимация, эксперимент, сплайн, ошибка.

Постановка проблемы

Одними из характерных потребителей электроэнергии являются разрядные лампы, которые в силу протекающих процессов являются нестационарной нелинейной нагрузкой. Основные принципы исследования разрядных ламп можно перенести и на другие объекты.

При расчетах электрических цепей с разрядными лампами их вольт – амперные характеристики представляются моделями, полученными путем аппроксимации измеренных данных алгебраическими или тригонометрическими полиномами, либо дифференциальными уравнениями. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, в силу того, что алгебраическая аппроксимация часто имеет простые выражения и небольшие расчетные алгоритмы, она широко используется при расчетах. Так, для аппроксимации статических вольт – амперных характеристик разрядных ламп используется уравнение [1]:

$$U_{\lambda} = BI_{\lambda}^{\rho}, \quad (1)$$

где B и ρ – постоянные коэффициенты. Значения коэффициентов рассчитываются для различных типов ламп по статическим характеристикам, которые получены при включении разрядных ламп в сеть промышленной частоты.

Для аппроксимации динамических вольт – амперных характеристик разрядных ламп широко используются различные алгебраические выражения с определенной точностью аппроксимирующие зависимости $u_{\lambda} = f(i_{\lambda})$ или $u_{\lambda} = f(t)$. Вольт-секундная аппроксимация широко используется для расчетов схем с разрядными лампами. В зависимости от требуемой точности расчета, применяемые аппроксимирующие выражения, могут иметь различную сложность. Наиболее простая аппроксимация это аппроксимация

эквивалентной синусоидой, когда лампа заменяется линейной эквивалентной схемой с параметрами R_{λ} и L_{λ} [2]. На промышленной частоте такая аппроксимация приводит к большим погрешностям. Наиболее сложной из применяемых аппроксимаций является четырехугольная, когда напряжение на лампе представляется в виде четырехугольника и раскладывается в ряд Фурье [3]:

$$u_{\lambda}(\theta) = \frac{4U_{\text{с.ср.}}}{\pi\alpha} \times \left[\sum_{q=1}^{\infty} A - \frac{\delta}{(\pi - 2\alpha)} \sum_{q=1}^{\infty} B \right], \quad (2)$$

$$\text{где } A = \frac{\sin(2q-1)\alpha}{(2q-1)^2} \sin(2q-1)\theta,$$

$$B = \frac{(\pi - 2\alpha) - \pi \cos(2q-1)\alpha}{(2q-1)^2} \cos(2q-1)\theta.$$

Анализ последних исследований и публикаций

Применение и развитие метода четырехугольной аппроксимации наблюдается в исследованиях Краснопольского А.Е., в частности были введены значения среднего напряжения горения лампы $U_{\text{с.ср.}} = (U_1 + U_2)/2$, а также относительного спада напряжения на лампе за полупериод $\delta = (U_1 - U_2)/2U_{\text{с.ср.}}$ [4]. В инженерных расчетах предлагается использовать упрощенное выражение:

$$u_{\lambda}(\theta) = U_{\text{с.ср.}}(1 + \delta - 2\delta\theta/\pi). \quad (3)$$

Данная аппроксимация с достаточной для инженерной практики точностью позволяет рассчитывать большой класс схем с разрядными лампами.

Однако как алгебраическая, так дифференциальная аппроксимации содержат множество коэффициентов, которые с изменением характеристик разрядных ламп должны постоянно

уточняются, что не всегда удобно. Причем для некоторых типов разрядных ламп эти коэффициенты не определены, что значительно ограничивает применение методов аппроксимации [4].

Существует множество книг полезных при создании алгоритмов и прикладных программ [5-7], в том числе и зарубежные, переводные издания [8-9].

Целью данной работы является разработка метода аппроксимации динамических вольт - амперных характеристик, полученных экспериментально, для различных типов разрядных ламп.

Основные материалы исследования

При проведении научных экспериментов и дальнейшем использовании полученных данных, следует учитывать, что экспериментальные данные имеют ошибки, обусловленные погрешностью измерений, поэтому целесообразно применять интерполяцию позволяющую сглаживать их.

Эту задачу решает сглаживающая аппроксимация сплайнами [10]. Можно построить сглаживающий сплайн, который обеспечит максимальную «гладкость» результирующего полинома среди функций, отклонение которых от результатов измерений не превышает заданной величины допустимой погрешности аппроксимации. Периодический сплайн $S(t)$ является периодической кусочно-гладкой функцией и на каждом участке гладкости представляется в виде полинома некоторой степени. В теории сглаживающих сплайнов гладкость измеряют посредством L_2 нормы второй производной:

$$\|S''\|_{L_2} = \sqrt{\int_0^T |S''(t)|^2 dt}, \quad (4)$$

где T – период. Однако следует учитывать, что некоторое число производных сплайна, называемое дефектом, терпит разрыв на границах интервалов гладкости. Так как токи и напряжения входят в дифференциальные уравнения, то желательно использовать бесконечно дифференцируемые представления для этих функций.

Для этой цели удобно использовать тригонометрические полиномы, являющиеся рядами Фурье с конечным числом ненулевых членов. В теории обработки сигналов широко используются такие представления [11,12]. При этом для выделения ошибок измерения разделяют дискретный спектр периодических колебаний и непрерывный спектр непериодического шума, обусловленного ошибками измерений. Это свойство шума позволяет отделить его от периодического сигнала. Для этого функция должна быть измерена на длительном промежутке времени, включающем несколько, вообще говоря, неизвестных периодов функции.

Однако в некоторых задачах период может быть известен точно, а функция измерена только на одном периоде. Например, осциллограмма представляет измерение тока и напряжения в цепи

за один период, определяемый по известной частоте. В этом случае невозможно выделить непериодический шум, обусловленный погрешностью измерений, так как он задан только на одном периоде; периодическое продолжение превратит его в обычное периодическое колебание с дискретным спектром.

В этой работе предложен эффективный метод тригонометрической аппроксимации периодических сигналов, измеренных с некоторыми ошибками. Эффективность достигается за счет использования быстрого преобразования Фурье для определения амплитуд Фурье. Сглаживание погрешностей измерений происходит за счет обнуления малых по модулю амплитуд колебаний, соответствующих высоким частотам.

Пусть T -периодическая функция $f(t)$ измерена в некоторой сетке Δ_0 из N узлов t_i :

$$\Delta_0 : t_0 < t_1 < \dots < t_{N-1} < t_0 + T \quad (5)$$

Для использования быстрого преобразования Фурье функция должна быть измерена в равномерной сетке периода, а число узлов в сетке должно быть степенью двойки. На практике это труднодостижимо, кроме того, очевидно, что неравномерная сетка может дать большую точность, если гуще размещать узлы на промежутках сильного изменения функции. Для возможности использования неравномерной сетки с произвольным числом узлов предлагается использовать промежуточную интерполяцию периодическим кубическим сплайном. После такой интерполяции аппроксимация тригонометрическим полиномом строится по значениям сплайна в равномерной сетке Δ_1 с числом узлов, равным целой степени двойки:

$$\begin{aligned} \Delta_1 : t_0 = \tau_0 < \tau_1 < \dots < \tau_{N_\tau-1} < \tau_0 + T, \\ \tau_i = t_0 + i\Delta\tau, \quad \Delta\tau = T / N_\tau, \quad N_\tau = 2^m. \end{aligned} \quad (6)$$

Сетка Δ_1 должна быть не реже Δ_0 . Если Δ_0 близка к равномерной сетке, что чаще всего бывает на практике, число узлов сетки Δ_1 N_τ может быть рассчитано по формуле

$$N_\tau = 2^{\lceil \log_2 N \rceil}, \quad (7)$$

где $\lceil x \rceil$ определяет минимальное целое число, большее x . При таком определении N_τ есть минимальная степень двойки, большая числа N .

Алгоритм построения аппроксимирующего тригонометрического полинома представлен в работе [13]. На основе данной методики создана программа "Гармонический анализ тока и напряжения".

Вкладка "Напряжение U " программы "Гармонический анализ тока и напряжения" (рис. 1) позволяет аппроксимировать напряжение на лампе при экспериментальных значениях, полученных,

например, с помощью осциллографа. В верхней части вкладки устанавливается период T снимаемой функции. Если нужно аппроксимировать напряжение, то активизируется панель U , если ток, то активизируется панель I .

В окне "Число измерений N " устанавливается количество измерений данной функции. В окне "Оценка погрешности ε " устанавливается погрешность. Если это данные, полученные с помощью осциллографа, то следует учитывать погрешность прибора. Значения измеренной функции можно представлять как на равномерной сетке, так и не равномерной. При этом устанавливается предварительно "флажок" на панели вкладки "Напряжение U ". Период T , в зависимости от выбранной сетки, разбивается на интервалы K . Вносятся значения t и соответствующие им значения U . Задается оценка погрешности в сетке быстрого преобразования Фурье (БПФ) или в исходной сетке в окне "Оценка погрешности". Следующим шагом устанавливается представление полинома через \cos , \sin или \sin , в окне "Представление". После предварительной подготовки осуществляется построение полинома и анализ через кнопку "Анализ". В окне построения графика строится полином напряжения на лампе измеренного экспериментально. Программа позволяет получить тригонометрический полином с соответствующим количеством гармоник q . В окне расчетные данные появляется информация: количество учитываемых гармоник $q = 25$; максимальное отклонение полинома от экспериментальных данных $\max dlt = 5,48685$; среднеквадратическое отклонение $S = 1,53811$; действующее напряжение на лампе $U = 117,738$. Значения коэффициентов полинома можно получить при активизации кнопки $u(t)$ (рис. 2), а отклонения экспериментальных данных от полинома при активизации кнопки dU (рис. 3).

Аналогично можно строить аппроксимацию и для тока разрядных источников света в этом случае активизируют вкладку I программы "Гармонический анализ тока и напряжения". Программа также позволяет одновременное построение тока и напряжения разрядной лампы, а также определять мощность источника света, что, несомненно, можно использовать при различных исследованиях вольт – амперных характеристик.

В качестве исходных данных, которые вводятся в программу, являются период функции аппроксимации T , число измерений на периоде осциллограммы N , оценка задаваемой погрешности ε , интервалы измерений на периоде напряжения или тока разрядной лампы t и значения измерений $u(t)$ или $i(t)$ в заданной сетке интервалов. На первом этапе строится интерполяционный периодический

кубический сплайн в заданной сетке по измеренным значениям функций $u(t)$ или $i(t)$. На втором этапе вычисляются значения сплайна в сетке для применения быстрого преобразования Фурье.

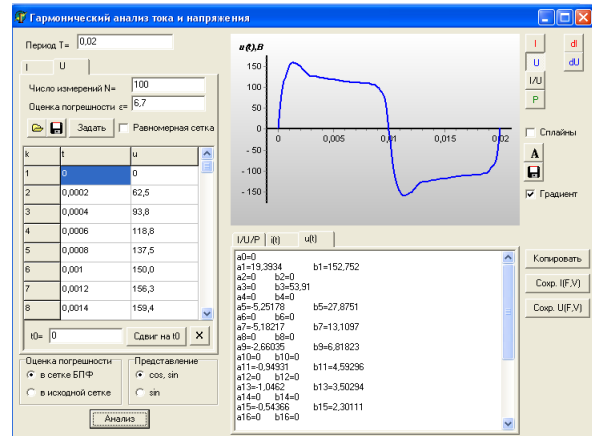


Рис. 1 - Вкладка "Напряжение U " программы "Гармонический анализ тока и напряжения" и результат $I/U/P$

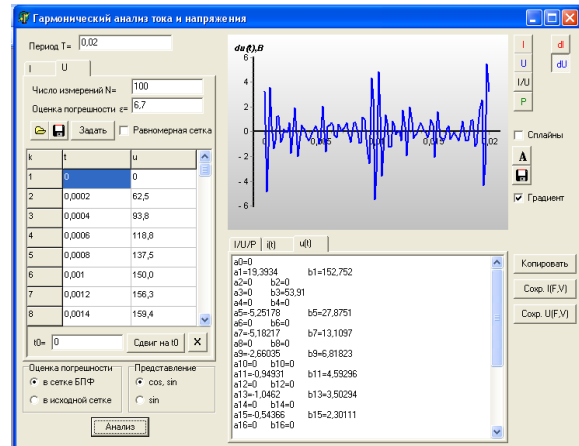


Рис. 2 - Вкладка "Напряжение U " программы "Гармонический анализ тока и напряжения" и результат $u(t)$

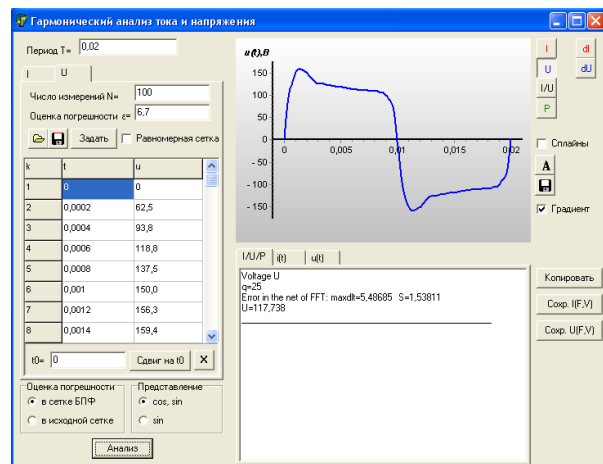


Рис. 3 - Вкладка "Напряжение U " программы "Гармонический анализ тока и напряжения" и активизация кнопки dU

На третьем этапе, применяя быстрое преобразование Фурье, находятся значения коэффициентов a_0 , a_k , b_k . На четвертом этапе в соответствии с заданной погрешностью ε определяется минимальное значение степени тригонометрического полинома q и строится тригонометрический полином степени q .

В качестве выходных параметров программа выдает количество используемых гармоник (степень тригонометрического полинома) q , значения коэффициентов полинома a_0 , a_k , b_k , действующее значение напряжения или тока на разрядной лампе, максимальное значение отклонения измеренных значений от аппроксимирующего тригонометрического полинома $\max dlt$ и среднеквадратическое отклонение аппроксимирующего тригонометрического полинома от измеренных значений тока или напряжения S .

Описанный алгоритм имеет свободный параметр ε , определяющий допустимую погрешность аппроксимации. Если $\varepsilon=0$, то значения построенного тригонометрического полинома в точности совпадут со значениями интерполяционного сплайна в узлах равномерной сетки Δ_1 , следовательно, можно ожидать, что погрешность аппроксимации в узлах исходной сетки Δ_0 будет минимальной. Такая аппроксимация близка к интерполяции, а если измерения проводились в равномерной сетке, и число измерений является степенью двойки, то $\Delta_1=\Delta_0$ и, следовательно, построенный полином является интерполяционным. При наличии в измерениях стохастических ошибок задавать $\varepsilon=0$ нецелесообразно, так как соответствующий полином будет иметь большую степень, а его график будет претерпевать сильные высокочастотные осцилляции, приближая стохастические отклонения измерений.

Для иллюстрации рассмотрим результаты применения построенного алгоритма при различных значениях ε . В качестве исходных данных приведены значения тока и напряжения в цепи с разрядной лампой типа ДРЛ - 125, измеренные с помощью осциллографа. На рис. 4 приведены результаты аппроксимации тока и напряжения лампы ДРЛ - 125 при $\varepsilon=0$.

Тригонометрические полиномы имеют максимальную степень $64=128/2$.

На рис. 5. представлено отклонение аппроксимирующего тока лампы ДРЛ – 125 от измеренных значений.

Из графика отклонения аппроксимации от измеренных значений тока лампы ДРЛ – 125 видно, что максимальное отклонение тока составляет 0,0016.

На рис. 6. представлено отклонение аппроксимирующего напряжения лампы ДРЛ – 125 от измеренных значений.

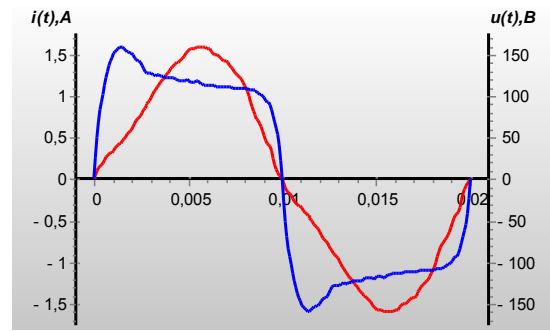


Рис. 4 - Результаты аппроксимации тока и напряжения лампы ДРЛ -125 при $\varepsilon=0$

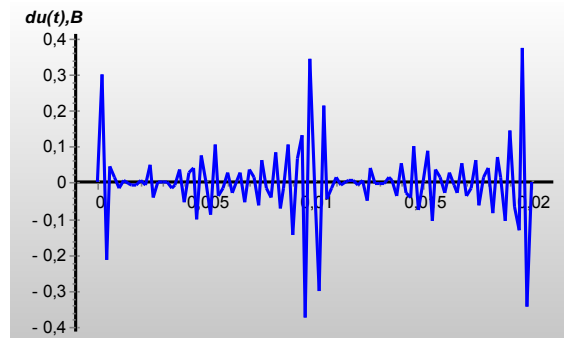


Рис. 5 - Отклонения аппроксимации от измеренных значений тока лампы ДРЛ – 125

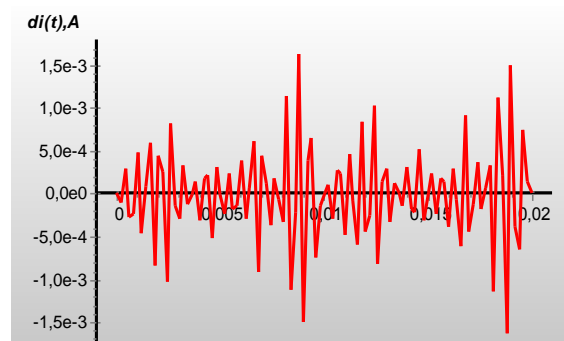


Рис. 6 - Отклонения аппроксимации от измеренных значений напряжения лампы ДРЛ – 125

Из графика отклонения аппроксимации от измеренных значений напряжений лампы ДРЛ – 125 видно, что максимальное отклонение напряжения составляет 0,38.

Выводы

Выбран и построен периодический кубический сплайн на неравномерной сетке с произвольным числом узлов, которое равно количеству измерений на осциллограмме вольт – амперной характеристике разрядного источника света, который позволяет сглаживать погрешности измерений, при создании аппроксимационных моделей.

1. Построенный метод аппроксимации может быть применен для гармонического анализа токов и напряжений, измеренных с ошибками.

2. На основе построенного метода аппроксимации создана программа "Гармонический анализ тока и напряжения" может быть полена широкому кругу специалистов, для анализа экспериментальных данных.

Литература

1. Фугенфиров М. И. Электрические схемы с газоразрядными лампами [Текст] / М. И. Фугенфиров. – М.: Энергия, 1974. – 368с.
2. Литвинов В. С. Характеристики отечественных люминесцентных ламп при работе на повышенных частотах [Текст] / В. С. Литвинов, А. М. Троицкий, Г. К. Холопов // Светотехника. – 1964. № 1. с.6-8.
3. Спиринов А. А. Методы расчета и исследования контура газоразрядная лампа – индуктивный балласт с потерями и определение оптимальных параметров дросселей [Текст]: автореф. дис. ...канд. тех. наук. – М., 1975. – 19 с.
4. Краснопольский А. Е. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп [Текст] / А. Е. Краснопольский, В. Б. Соколов, А. М. Троицкий. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
5. Гуц А.К. Математическая логика и теория алгоритмов [Текст] : Учебное пособие / А.К. Гуц. –Омск: Издательство Наследие. Диалог-Сибирь, 2003. – 108 с.
6. Мальцев А. И. Алгоритмы и рекурсивные функции [Текст] / А. И. Мальцев. – 2-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.. – 1986. – 368 с.
7. Иванов Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы [Текст] : Учеб. пособие / Б. Н. Иванов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, – 2003. – 288 с.
8. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений [Текст] / Джон Э. Хопкрофт, Раджив Могвани, Джеффри Ульман, Д.; 2-е изд.; Пер. с англ. – М.: Изд. дом "Вильямс", – 2002. – 528 с.
9. Структуры данных и алгоритмы [Текст] : уч. пос. / Альфред Ахо, Джон Хопкрофт, Джеффри Ульман ; Пер. с англ. – М. : Изд. дом "Вильямс", – 2000 – 384 с.
10. Завьялов Ю. С. Сплайны в инженерной геометрии [Текст] / Ю. С. Завьялов, В. А. Леус, В. А. Скороспелов. – М.: Машиностроение, – 1985. – 224 с.
11. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] / С.Л. Марпл. – М.: Мир, – 1990. – 265 с.
12. Дженкинс Г. Спектральный анализ и его приложения [Текст] / Г. Дженкинс, Д. Ваттс. – М: Мир, – 1972. – Т.2. – 142 с.
13. Харченко В.Ф. Применение быстрого преобразования Фурье для интерполяции вольт – амперных характеристик разрядных ламп тригонометрическими полиномами [Текст]. Вестник НТУ "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск: "Проблемы

совершенствования электрических машин и аппаратов ". Теория и практика. – Харьков. – 2005. – №48. – С. 145-149.

Referenses

1. Fugenfirov M. I. Elektricheskie shemy s gazorazryadnymi lampami / M. I. Fugenfi-rov. – М. : Energiya, 1974. – 368 p.
2. Litvinov V. S. Karakteristiki otechestvennyh lyuminescentnyh lamp pri rabote na povyshennyh chastotah [Text] / V. S. Litvinov, A. M. Troickii, G. K. Holopov // Svetotehnika. – 1964. № 1. pp. 6-8.
3. Spirin A. A. (1975) Metody rascheta i issledovaniya kontura gazorazryadnaya lamp – induktivnyi ballast s poteryami i opredelenie optimal'nyh parametrov drosseli [Tekst]: avtoref. dis. ...kand. teh. nauk. – М., 1975. – 19 p.
4. Krasnopol'skii A. E. (1988) Puskoreguliruyushchie apparaty dlya razryadnyh lamp [Text] / A. E. Krasnopol'skii, V. B. Sokolov, A. M. Troic-kii. – М.: Energoatomizdat, 208 p.
5. Guc A.K. (2003) Matematicheskaya logika i teoriya algoritmov [Text] : Uchebnoe posobie / A.K. Guc. – Omsk: Izdatel'stvo Nasledie. Dialog-Sibir', 108 p.
6. Malcev A. I. (1986) Algoritmy i rekursivnye funkcii [Tekst] / A. I. Mal'cev. – 2-e izd. – М.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. Lit, 368 p.
7. Ivanov B. N. (2003) Diskretnaya matematika. Algoritmy i programmy [Tekst] : Ucheb. posobie / B. N. Ivanov. – М.: Laboratoriya Bazovyh Znanii, 288 p.
8. Vvedenie v teoriyu avtomatov, yazykov i vychislenii (2002) / Djon E. Hopkroft, Radjiv Mog-vani, Djeffri Ulman, D.; 2-e izd.; Per. s angl. – М.: Izd. dom "Vilyame", 528 p.
9. Struktury dannyh i algoritmy (2000) : uch. pos. / Al'fred Aho, Djon Hopkroft, Djeffri Ulman ; Per. s angl. – М. : Izd. dom "Vil'yams", – 384 p.
10. Zavyalov Yu. S. (1985) Splainy v injenernoj geometrii [Tekst] / Yu. S. Zavyalov, V. A. Leus, V. A. Skorospelov. – М.: Mashinostroenie, 224 p.
11. Marpl S.L. (1990) Cifrovoi spektral'nyi analiz i ego prilozheniya [Tekst] / S.L. Marpl. – М.: Mir, 265 p.
12. Djenkins G. (1972) Spektral'nyi analiz i ego prilozheniya [Tekst] / G. Djenkins, D. Vatts. – М: Mir, — №.2. – 142 p.
13. Kharchenko V.F. (2005) Primenenie bystrogo preobrazovaniya Fur'e dlya interpolyacii vol't – am-pernyh karakteristik razryadnyh lamp trigonometricheskimi polinomami [Tekst]. Vestnik NTU "HPI". Sbornik nauchnyh trudov. Tematicheskii vypusk: "Problemy sovershenstvovaniya elektriche-skih mashin i apparatov ". Teoriya i praktika. – Kharkov. №48. – pp. 145-149.

Автор: ХАРЧЕНКО Виктор Федорович

доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения городов.

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, 61002,

Украина, Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17

Конт. тел. – +38-057-706-15-52,

E-mail – Kharchenko@kname.edu.ua

Кол-во публикацій в українських изданиях – 84,

Кол-во публикацій в іноземних індексованих изданиях – 16

Автор: ХВОРОСТ Николай Васильевич

доктор технических наук, профессор, зав. кафедры
охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, 61002,

Украина, Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17

Контакт. тел. – +38-057-706-32-73,

E-mail – bgd@kname.edu.ua.

Кол-во публикацій в українських изданиях – 124,

Кол-во публикацій в іноземних індексованих изданиях – 5

Автор: ЯКУНИН Алексей Анатольевич

Инженер кафедры электроснабжения

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, 61002,

Украина, Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17

Контакт. тел. – +38-093-85-35606,

E-mail – Yakunin_AA_Kh@mail.ru.

Кількість публікацій в українських виданнях – 9

АПРОКСИМАЦІЯ ВОЛЬТ – АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗРЯДНИХ ЛАМП ВРАХОВУЮЧИ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

В. Ф. Харченко, Н. В. Хворост, А. А. Якунін

Проведений аналіз підходів до апроксимації вольт - амперних характеристик розрядних ламп. Запропонований спосіб апроксимації динамічних вольт - амперних характеристик для різних типів розрядних ламп у вигляді тригонометричного полінома. При цьому завдання згладжування експериментальних даних, зміряних з деякою погрешністю, вирішена шляхом апроксимація сплайнами. Створено програму «"Гармонічний аналіз струму та напруги"».

Ключові слова: вольт - амперна характеристика, апроксимація, експеримент, сплайн, похибка.

APPROXIMATION CURRENT - VOLTAGE CHARACTERISTICS OF DISCHARGE LAMPS WITH EXPERIMENTAL LAPSES

V. F. Kharchenko, M. V. Khvorost, O. A. Yakunin

This paper presents issue of experimental current - voltage characteristics approximation method with smoothing of measurements regular lapses, what can be used for various types of discharge lamps.

Thanks to simpl expressions and small settlement algorithms algebraic approximation is widely used for calculations. At the calculations of electric chains with discharge lamps current - voltage characteristics are represented by models by algebraic either trigonometrical polynomials, or the differential equations gained by measured data approximation . Each of these approaches has the advantages and deficiencies.

Various algebraic expressions approximating dependences are widely used for approximation current - voltage characteristics of discharge lamps. The most difficult is quadrangular approximation. Thus voltage on a lamp is represented in the tetragon form.

As experimental data have the errors caused by a lapse of measurements, therefore smoothing lapses interpolation are expediently. This issue is solved by smoothing approximation by splines.

It is possible to gain smoothing spline which provides the maximum smooth finish of a total polynomial, and the deviation from measurements results will not exceed a permissible error specified value.

In this paper propouse effective method of trigonometrical approximation of the periodic signals measured with some lapses. The sweeping Fourier transform is applied to definition of amplitudes of the Fourier. Smoothing of lapses of measurements occurs by zeroing small on the module of oscillation amplitudes matching to high frequencies. On the basis of the built technique the algorithm is realised in the form of the program "Current and voltage harmonic analysis".

The results: 1) or smoothing of lapses of measurements the periodic cubic spline is chosen and built; 2) the program "Current and voltage Harmonic analysis" is created.

Keywords: current - voltage characteristic, approximation, experiment, spline, lapses.