

# COMPLETE ROOT CIRCUITS FOR ENVIRONMENTAL CRITERIA AND RELAY AUTOTUNE IMPLEMENTATION

Boev O.H.<sup>1</sup>, Rakhmatova S.R.<sup>2</sup>, Sotybalдиеv S.U.<sup>3</sup> (Republic of Uzbekistan)

Email: Boev56@scientifictext.ru

**Abstract:** the purpose of this article was to provide a general and simple basis for studying how information provided by circles in the Nyquist plane can be restored in the plane of the root locus. In this article, all circular criteria (including off-axis circles) in the frequency domain can be re-formulated as full root contours. Thus, some difficulties of analysis in the frequency domain are overcome with the help of Evans technique. The SATV (Modified Relay Auto Tuning) technique was tested for reliability in laboratory tests in the presence of measurement noise based on the integration of a periodic input signal over  $m$  periods.

**Keywords:** root locus, relay auto-tuning, closed loop, Nyquist plane, feedback,  $m$  period.

## ПОЛНЫЕ КОНТУРЫ КОРНЕЙ ДЛЯ КРИТЕРИЕВ ОКРУЖНОСТЕЙ И РЕЛЕЙНАЯ АВТОНАСТРОЙКА

Боева О.Х.<sup>1</sup>, Рахматова С.Р.<sup>2</sup>, Сотиболдиев С.У.<sup>3</sup> (Республика Узбекистан)

<sup>1</sup>Боева Окила Хусановна - ассистент;

<sup>2</sup>Рахматова Санобар Рахмат кизи - студент;

<sup>3</sup>Сотиболдиев Сухроб Умиджон угли – студент,

кафедра автоматизации и управления,

Навоийский государственный горный институт,

г. Навои, Республика Узбекистан

**Аннотация:** цель этой статьи состояла в том, чтобы предоставить общую и простую основу для изучения того, как информация, предоставленная кругами в плоскости Найквиста, может быть восстановлена в плоскости корневого годографа. В этой статье все круговые критерии (включая круги вне оси) в частотной области могут быть повторно сформулированы как полные корневые контуры. Таким образом, некоторые трудности анализа в частотной области преодолеваются с помощью техники Эванса. Техника SATV (модифицированный метод автонастройки реле) - надежность была проверена в лабораторных тестах при наличии шума измерения на основе интеграции периодического входного сигнала в течение  $m$  периодов.

**Ключевые слова:** корневой годограф, релейная автонастройка, замкнутый контур, плоскость Найквиста, обратная связь,  $m$  период.

Корневой годограф представляет собой систематический метод для простого исследования эффекта обратной связи на полюсах системы с замкнутым контуром. Он обеспечивает простой способ проектирования контроллеров с переменным параметром, если передаточная функция с открытым контуром рациональна и точно известна [1].

Основные свойства метода корневой годограф были впервые определены Эвансом [2] в 1950-х годах. Сегодня компьютерное программное обеспечение обеспечивает существенную поддержку для обучения автоматическому управлению; кроме того, автоматизированное построение корневых годографов уменьшает трудности при применении метода и его расширений. К сожалению, метод корневой годограф скрывает важную информацию от проектировщика по сравнению со стандартными методами частотной области.

Релейная обратная связь представляет собой простой, мощный и общепринятый способ нахождения системных параметров, полезных для проектирования и настройки стандартных пропорционально-интегральных (ПИД) контроллеров.

Логика такого подхода заключается в том, что существующий контроллер заменяется нелинейностью (например, типа реле, как показано на рисунке 11), так что большинство процессов приводятся в состояние постоянных колебаний. Таким образом, выходной сигнал ( $y$ ) является периодическим сигналом, отстающим от входа ( $u$ ) на  $-\pi$  радианах и осциллирующим как предельный цикл с пульсацией  $\omega C$ , обычно называемой конечной частотой. Описывающая функция обеспечивает полезный инструмент для простого гармонического баланса первого порядка в анализе предельного цикла. Из стандартной теории описывающая функция определяется как отношение амплитуды основной гармонической составляющей выхода нелинейности ( $u_1$ ) к входу нелинейности.

В случае, показанном на рисунке 11,  $N(E)$  является описывающей функцией идеального реле с амплитудой  $A$ , а  $E$  представляет собой амплитуду синусоидального сигнала на входе нелинейного блока, так что

$$N(E) = \frac{4A}{\pi E}. \quad (1)$$

Длительное колебание генерируется из обратной связи реле, когда выполняется следующее соотношение в плоскости Найквиста:

$$1 + G(j\omega) \cdot N(E) = 0, \quad (2)$$

где  $G(j\omega)$ - линейная передаточная функция процесса.

Значение критического (конечного) коэффициента усиления КС

$$K_c = \frac{4A}{\pi E_c}, \quad (3)$$

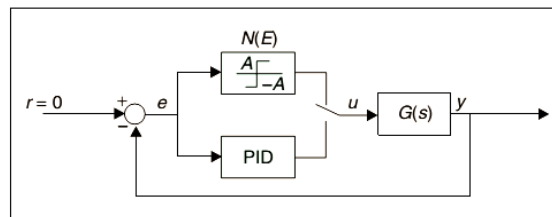


Рис. 1. Блок-схема контура обратной связи реле

где  $E_c$  - амплитуда сигнала на входе нелинейного блока для критической частоты  $\omega_c$ . Настройки контроллера могут быть легко определены из знания конечного коэффициента усиления и частоты, например, с использованием правил Циглера-Николса, а ПИД-регулятор по рис.1 может автоматически или вручную включаться с новыми параметрами.

К сожалению, метод автонастройки (ATV) обеспечивает только приближение критических параметров колебания. Таким образом, возникают значительные ошибки; в любом случае полученные результаты сильно различаются в зависимости от процесса.

Как указывалось ранее, целью нашей работы является использование метода обратной связи для расширения анализа для оценки различных критических частот за счет пересечений с кругами в плоскости  $s$ .

Самое простое решение состоит в том, чтобы изменить выход нелинейности таким образом, что нет никакого производства гармоник, отличных от основного. Следовательно, выходной сигнал  $u$  нелинейного блока заблокирован как синусоидальная волна с частотой, так что фазовый сдвиг между входом  $e$  и выходом нелинейного блока равен  $-\pi$  rad. Вопрос заключается в том, как добиться такой цели автоматически.

Рассмотрим блок-схему, показанную на рисунке 2. сначала переключатель находится в положении А. Позиция  $G(s)$  включен в замкнутую систему с нелинейностью реле-типа, как в традиционном ATV. Предельный цикл происходит, и можно обнаружить устойчивое колебание с частотой  $\omega^*$  вблизи критической частоты  $\omega_c$  из  $G(s)$ . Входной сигнал  $u_A$  представляет собой прямоугольную волну.

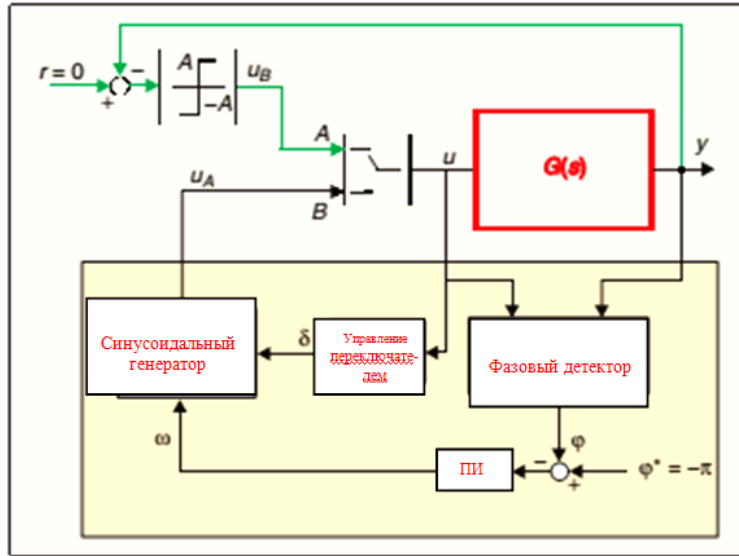


Рис. 2. Схема SATV

Переключатель переключается на уровне  $B$ , когда переходный процесс исчерпан,  $u_A = 0$ , а выход реле пересекает ноль в положительном направлении. Позиции  $G(s)$  теперь связано с синусоидальным генератором, генерирующим входной сигнал  $u_B$  в виде синусоидальной волны с частотой и амплитудой, равными соответственно  $\omega^*$  и основной гармонике  $u_A$ . Таким образом, переключение между двумя состояниями является плавным. Фазовый детектор настраивает фазу между входным и выходным сигналами на  $\varphi = \varphi^* = -\pi$  радианы, изменяя частоту генератора.

Синусоидальный генератор представляет собой нелинейную систему, описываемую следующими уравнениями:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{cases} = \begin{bmatrix} 0 & \omega^2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \delta \quad (4)$$

$$u_B = \omega \cdot x_2,$$

где

$$\delta = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ 1 & t \geq t_0 \end{cases} \quad (5)$$

$t_0$  - время начала.

С нулевым начальным условием на интеграторах выход  $u_B$  равен

$$u_B = \frac{4A}{\pi} \sin(\omega \cdot t - \omega \cdot t_0). \quad (6)$$

Блок-схема синусоидального генератора показана на рисунке 3, а ее выход для времени блокировки  $t_0 = 6s$  показан на рисунке 4.

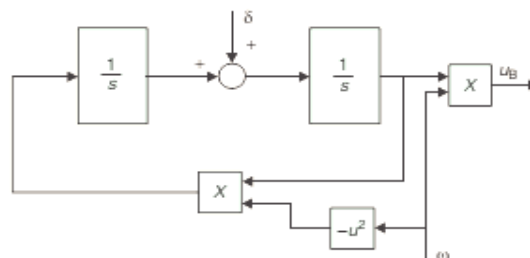


Рис. 3. Схема синусоидального генератора

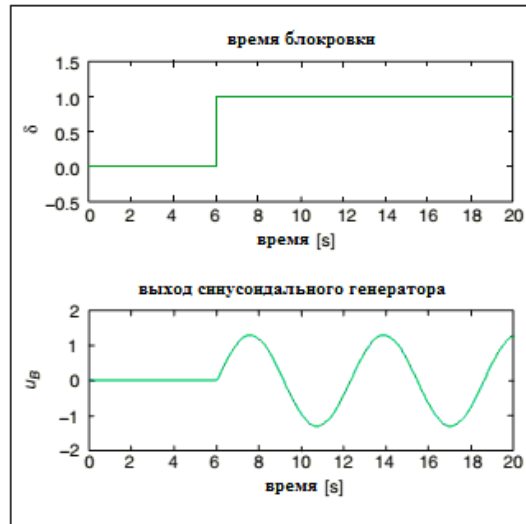


Рис. 4. Выход синусоидального генератора при  $t_0 = 6\text{с}$

### Выводы

Этот подход предлагает инженерам и студентам возможность проверить на практике фундаментальные концепции проектирования системы управления, такие как запас по фазе, пропускная способность, чувствительность и абсолютная стабильность для контролируемых установок с неопределенными или неизвестными передаточными функциями.

### Список литературы / References

1. Левин В.С. «Корневой locus», в «Руководстве по управлению». В.С. Левин. Ред. CRC: Boca Raton, FL и IEEE: Piscataway, NJ, 1996. Ст. 192-198.
2. Evans W.R. "Control system synthesis by root locus method". Trans. AIEE, Vol. 69. Pp. 66-69, 1950.