Реферат на тему:

**УРАВНЕНИЕ САЦИОНАРНОГО РЕЖИМА АВТОГЕНЕРАТОРА И ЕГО АНАЛИЗ**

**Содержание**

Введение

Анализ стационарного режима автогенератора

Графический анализ стационарного режима автогенератора

Литература

**Введение**

Теория и техника генерирования гармонических высокочастотных колебаний в нынешнем виде сложилась не сразу. Она подготовлена усилиями ученых и инженеров всех стран мира и прошла в своем развитии ряд этапов. Как уже отмечалось в лекциях по данной теме, на смену дуговым генераторам незатухающих высокочастотных колебаний пришла электромашинная высокочастотная техника, с которой неразрывно связано имя Валентина Петровича Вологдина. Его высокочастотные электромашинные генераторы являлись надежным источником радиоколебаний на начальном этапе развития радиотехники.

В. П. Вологдин родился в 1881 году в бывшей Пермской губернии в семье инженера горного дела. Окончил Петербургский технологический институт в 1907 году. Первая русская машина высокой частоты была построена В. П. Вологдиным в 1912 году. Мощность ее составляла 2 кВт при частоте 60 кГц. Машина отвечала всем требованиям времени и превосходила, по оценкам специалистов, иностранные разработки. После Октябрьской революции В. П. Вологдин возглавил в качестве одного из научных руководителей вновь созданную Нижегородскую радиолабораторию. Здесь под его руководством были построены электромашины на 50, а затем на 150 кВт. В 1925 году последняя была установлена на Октябрьской радиостанции в Москве и обеспечивала связь с городами Европы и Америки.

Под руководством В. П. Вологдина были созданы и первые ртутные выпрямители мощностью до 10 кВт при напряжении 3,5 кВ для питания ламповых радиопередатчиков, а также большая работа была проделана по разработке других выпрямительных устройств.

В 1939 году В. П. Вологдин был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, не раз удостаивался Государственных премий СССР. Он первым награжден Золотой медалью им. А. С. Попова.

В. П. Вологдин умер 23 апреля 1953 года. Его имя носит научно-исследовательский институт токов высокой частоты, в котором ему пришлось работать в последние годы жизни.

**Анализ стационарного режима автогенератора.**

**Сущность квазилинейного метода анализа**

Как радиотехническое устройство генератор используется в режиме стационарных колебаний с постоянными их параметрами (амплитудой и частотой). При исследовании стационарного режима работы основными задачами являются:

* определение условий возникновения режима стационарных колебаний;
* определение амплитуды и частоты стационарных колебаний;
* оценка устойчивости автоколебаний (стационарных режимов).

При выполнении условий самовозбуждения в генераторе возникают автоколебания, и их амплитуда непрерывно растет (рис. 1).

Рис. 1. Возникновение и стабилизация колебаний в автогенераторе

Затем усилительный элемент (транзистор) входит в нелинейный режим и его усилительные свойства, вследствие ограничения выходного тока, падают, рост амплитуды колебаний замедляется, а затем прекращается вовсе, тогда наступает стационарный режим.

Выходной ток в силу нелинейности рабочей области АБ является негармоническим, но периодическим, имеющим частоту колебаний, равную резонансной частоте контура. Напряжение на контуре, при достаточно высокой его добротности, создается только первой гармоникой тока и является гармоническим.

Таким образом, в стационарном режиме нелинейный усилительный элемент можно рассматривать по отношению к контуру как источник первой гармоники, который поддерживает автоколебания в контуре. Схема замещения генератора по переменному току в стационарном режиме имеет такой же вид, что и в режиме самовозбуждения, с той лишь разницей, что теперь вместо следует считать среднюю крутизну усилительного элемента по первой гармонике выходного тока

где – комплексная амплитуда первой гармоники выходного тока усилительного элемента;

 – комплексная амплитуда управляющего напряжения, под которым понимается напряжение на входе усилительного прибора трехполюсного типа или напряжение на нелинейном элементе двухполюсного типа ( в генераторе с трансформаторной обратной связью или в генераторе на туннельном диоде).

Метод расчета генератора, основанный на представлении нелинейного усилительного элемента в виде линейного со средними по первой гармонике параметрами, разработан русским академиком Ю. Б. Кобзаревым в 30-е годы и получил название квазилинейного метода. Он находит самое широкое применение в инженерной практике.

В общем случае средняя крутизна является комплексной величиной. Одной из причин появления фазового сдвига *S* между выходным током и управляющим напряжением может быть конечное время пролета носителей заряда в усилительном элементе. Кроме того, сдвиг по фазе *S* может быть обусловлен самой формой ограниченного выходного тока, из состава которого выделяется первая гармоника.

При анализе стационарного режима генератора принято за коэффициент обратной связи считать не

Так как , то и эквивалентную схему генератора с трансформаторной обратной связью представим, с учетом приведенных рассуждений, в следующем виде.

Рис. 2. Эквивалентная схема автогенератора в стационарном режиме

Из схемы видно, что

Из выражения получаем условие стационарного режима

Представим через модули и фазы средней крутизны *S*СР и *S*, коэффициента обратной связи *К*ОС и ОС и сопротивления контура *Z*K и К:

Из данного выражения следуют два соотношения, определяющие стационарный режим:

 (1)

 (2)

Уравнение (1) называют уравнением баланса амплитуд, а уравнение (2) – уравнением баланса фаз. Уравнение баланса амплитуд позволяет определить амплитуду колебаний в стационарном режиме работы автогенератора, а уравнение баланса фаз – частоту этих колебаний, так как хотя бы один из фазовых сдвигов зависит от частоты.

Для генераторов с внешней цепью обратной связи условия стационарности иногда используют в виде

Первое равенство очевидно, потому что *К* = *S*СР*Z*К, а *К*ОС = . В уравнении баланса фаз *К* = *S* + *Z* + , а = ОС + .

Пример

Средняя крутизна имеет выражение *S*СР = 0,06–0,25 мА/В. Определить амплитуду напряжений на базе и коллекторе транзистора, если *К*ОС = 0,02 и *Z*К = 2 кОм.

Решение

В работающем генераторе обязательно выполняется уравнение баланса амплитуд Отсюда

Решая это уравнение относительно , получим = 0,2 В. Далее нетрудно найти амплитуду напряжения на коллекторе транзистора

Пример

Фаза средней крутизны в автогенераторе *S* = 5,7. Найти частоту генерируемых колебаний, если добротность колебательного контура *Q* = 100, резонансная частота колебательного контура 0 = 4 МГц, фазовый сдвиг по цепи обратной связи ОС = 0.

Решение

В работающем генераторе обязательно выполняется уравнение баланса фаз Отсюда *Z* = - *S*. Для параллельного контура

следовательно,

Выводы:

1. Целью анализа стационарного режима является выявление условий наступления этого режима и определение амплитуды и частоты установившихся колебаний.
2. Выявление условий стационарности сводится к анализу нелинейной электрической цепи приближенными методами, среди которых широкое применение нашел квазилинейный метод анализа.
3. В квазилинейном методе анализа нелинейный элемент заменяется линейным со средними параметрами (в частности, средней крутизной) по отношению к первой гармонике выходного тока. Необходимым условием применения квазилинейного метода является высокая добротность контура.
4. Условия стационарности могут иметь различные формы записи, в зависимости от конкретной схемы автогенератора:

Эти условия записываются обычно в виде двух вещественных уравнений каждое, первое из которых называется уравнением баланса фаз, позволяющим определить частоту колебаний автогенератора, а второе – уравнением баланса амплитуд, позволяющим определить амплитуду колебаний в стационарном режиме:



5. В стационарном режиме энергия колебаний, вносимая активным прибором в контур, равна энергии потерь в нем (*G*АП = *G*Э). На резонансной частоте эквивалентная проводимость колебательного контура во много раз больше собственной проводимости активного прибора *G*Э >> 1/*R i*, поэтому можно полагать, что *G*Э 1/*R*Э, а на резонансной частоте контура *Z*К = *R*Э0.

**Графический анализ стационарного режима автогенератора**

При изменении амплитуды колебаний вследствие нелинейности вольт-амперной характеристики активного прибора (например, транзистора) средняя крутизна *S*СР будет зависеть не только от типа усилительного прибора, но и от амплитуды напряжения на управляющем электроде (базе транзистора):

Зависимость называют характеристикой средней крутизны. Обычно она снимается экспериментально для конкретного активного прибора.

Амплитуда первой гармоники выходного тока *Im*1 активного прибора (тока коллектора) тоже будет зависеть от амплитуды входного напряжения:

Зависимость называют колебательной характеристикой.

Обе характеристики отображают нелинейные свойства активного прибора.

Из равенства для стационарного режима, учитывая, что на резонансной частоте контура *Z*К = *R*Э0, следует

Так как произведение

есть не что иное, как коэффициент усиления активного прибора автогенератора, то выражение можно представить как

Таким образом, выражение является условием баланса амплитуд. В этом условии две величины (*К*ОС и *R*Э0) от амплитуды колебаний не зависят, а величина крутизны *S*СР зависит от *Um*БЭ. Следовательно, условие баланса амплитуд выполняется лишь при определенной "стационарной" амплитуде *Um*СТ.

Для определения амплитуды стационарных колебаний используется характеристика средней крутизны (рис. 3).

Рис. 3. Характеристика средней крутизны автогенератора

Характеристика *S*СР(*Um*БЭ) описывает свойства нелинейной части схемы автогенератора. Прямая обратной связи, проведенная на уровне *S*СР = 1/*К*ОС*R*Э0 определяет свойства линейной части схемы. Точка А пересечения этих зависимостей определяет амплитуду стационарных колебаний *Um*СТ, для которой выполняется условие баланса амплитуд. Участок характеристики средней крутизны, для которой *Um*БЭ < *Um*СТ, можно назвать областью возбуждения колебаний, а участок, где *Um*БЭ > *Um*СТ – областью затухания колебаний.

Найти амплитуду колебаний можно и с помощью колебательной характеристики *Im*1(*Um*БЭ). Если в выражении заменить *S*СР его значением из другого, то можно получить зависимость для стационарного режима автогенератора

На рисунке 4 построены колебательная характеристика *Im*1(*Um*БЭ) и прямая обратной связи, проходящая через начало координат под углом , величина которого определяется значением *S*СР для стационарного режима:

Рис. 4. Колебательная характеристика автогенератора

Точка А пересечения колебательной характеристики и прямой обратной связи определяет амплитуду стационарных колебаний *Um*СТ.

Колебательная характеристика снимается экспериментально. На базу транзистора (при разомкнутой ОС) подается гармоническое напряжение с частотой, равной резонансной частоте колебательного контура, от внешнего генератора и при каждом значении амплитуды *Um*БЭ измеряется амплитуда первой гармоники коллекторного тока *Im*1. Вид колебательной характеристики будет зависеть от выбора положения рабочей точки (напряжения смещения).

Процесс возникновения колебаний в автогенераторе также зависит от выбранного рабочего режима активного прибора, определяемого постоянными питающими напряжениями, и величины коэффициента обратной связи. При этом напряжение смещения играет особую роль – если рабочая точка выбрана в области большой крутизны, то самовозбуждение наступает легко. Различают два режима самовозбуждения автогенератора – мягкий и жесткий.

При мягком режиме самовозбуждения начальную рабочую точку выбирают на середине линейного участка вольт-амперной характеристики активного нелинейного прибора (транзистора) в точке с максимальной крутизной (рис. 5).

Рис. 5. Выбор рабочей точки при мягком режиме самовозбуждения

Даже самые малые электрические возмущения в схеме (включение, флуктуации) вызывают нарастание колебаний. Вначале амплитуда первой гармоники выходного тока *i*К растет почти пропорционально амплитуде входного напряжения *u*БЭ(t), а затем ее рост вследствие нелинейности характеристики замедляется и прекращается вовсе. В схеме автогенератора наступает установившийся режим.

При жестком режиме самовозбуждения начальную рабочую точку выбирают на нижнем участке вольт-амперной характеристики активного прибора с малой крутизной (рис. 6).

Рис. 6. Выбор рабочей точки при жестком режиме самовозбуждения

При незначительных амплитудах входного колебания (*u*'(t), *u*''(t)) самовозбуждение автогенератора не наступает, так как из-за малой крутизны не выполняются условия самовозбуждения *К* > 1. При достаточно больших амплитудах входного напряжения (*u*'''(t)) возникают выходные колебания активного прибора *i*'''(t), которые быстро нарастают до значений установившегося (стационарного) режима.

Построим колебательные характеристики и характеристики средней крутизны для указанных режимов.

При мягком режиме самовозбуждения (рис. 7), когда крутизна вольт-амперной характеристики максимальна, имеем только одну точку пересечения характеристик с прямой обратной связи (исключая состояние покоя) и, следовательно, одно значение напряжения стационарных колебаний *Um*СТ.

Рис. 7. Характеристики мягкого режима

При жестком режиме самовозбуждения (рис. 8), когда крутизна вольт-амперной характеристики мала, имеем две точки пересечения характеристик с прямой обратной связи.

Рис. 8. Характеристики жесткого режима

При малых амплитудах *Um*БЭ первая гармоника выходного тока растет медленно из-за малой крутизны вольт-амперной характеристики. По мере выхода рабочей точки на линейную часть характеристики *i*K(*u*БЭ) скорость нарастания *Im*1 увеличивается (увеличивается *S*СР). Следующее снижение темпа роста *Im*1 обусловлено заходом в режим ограничения тока коллектора. Проводя прямую обратной связи убеждаемся, что могут существовать два значения *Um*СТ, удовлетворяющие условию стационарности. Однако стационарное состояние не может одновременно существовать в нескольких точках. Чтобы ответить на вопрос, в какой из этих точек будет происходить работа генератора, необходимо исследовать указанные состояния на устойчивость.

Стационарное состояние системы называется абсолютно устойчивым, если любое возмущение, вызванное в ней, со временем затухает.

Если в системе затухают лишь возмущения, интенсивность которых не превышает заданной величины, то говорят, что состояние системы устойчиво в малом.

Найдем устойчивое состояние работы генератора для мягкого и жесткого режимов самовозбуждения.

Для мягкого режима самовозбуждения (рис. 9) предположим, что на вход генератора подана небольшая амплитуда напряжения *Um*1.

Рис. 9. Определение устойчивости в мягком режиме самовозбуждения

Тогда этому значению будет соответствовать небольшое значение тока *Im*1, для которого находится соответствующее ему значение на прямой обратной связи. Но последнему значению соответствует новое, более высокое значение *Im*1 и новое значение на прямой обратной связи, и т. д. Таким образом, видно, что в процессе динамики колебания перейдут в точку М.

Теперь предположим, что на вход генератора подана большая амплитуда напряжения *Um*2. Рассуждая аналогично предыдущему случаю нетрудно определить, что колебания также перейдут в точку М. Таким образом точка М является устойчивой и только в ней возможен стационарный режим.

При жестком режиме самовозбуждения, когда рабочая точка находится на участке с малой крутизной, колебательная характеристика имеет вид, представленный на рисунке 10.

Рис. 10. Определение устойчивости в жестком режиме самовозбуждения

Прямая обратной связи пересекает колебательную характеристику в трех точках (включая точку покоя 0). При малых амплитудах воздействия (*Um*БЭ < *UmN*) генератор не возбудится, так как колебания стремятся перейти к точке 0. Если же амплитуда воздействия больше *UmN*, то генератор возбудится, и устойчивые колебания будут наблюдаться в точке М. Точка М является устойчивой как слева, так и справа. Точка *N* является неустойчивой как слева, так и справа, так как в первом случае колебания затухают, и генератор не возбуждается, а во втором случае колебания переходят в стационарное состояние (точка М).

В дальнейшем, чтобы не анализировать каждый раз на устойчивость, заметим, что состояние устойчиво, когда справа от точки пересечения колебательная характеристика (характеристика средней крутизны) проходит ниже прямой обратной связи, а слева от точки – выше.

Следует также подчеркнуть, что выполнение амплитудного условия самовозбуждения означает неустойчивость точки покоя (0). На рисунке 10 она неустойчива и генератор возбудится, а на рисунке 8 она неустойчива в малом, и генератор возбудится только при условии, если первоначальное возмущение *Um*БЭ будет не менее *Um*СТ1 = *UmN*..

**Литература**

1. Богданов Н. Г., Лисичкин В. Г. Основы радиотехники и электроники. Часть 8,2000г.
2. Никольский И. Н., Хопов В. Б., Варокосин Н. П., Григорьев В. А., Колесников А. А. Нелинейные радиотехнические устройства связи., 1972.