

06.2;09

©1995

## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРА НА ЛАВИННО-ПРОЛЕТНОМ ДИОДЕ В ДВУХЧАСТОТНОМ РЕЖИМЕ

*А.Е.Осадчук*

Проблема многочастотного режима генератора на ЛПД является актуальной. Ряд факторов стимулирует эту работу: исследуется многорезонансная колебательная система при сохранении значительной отрицательной проводимости диода в окрестности лавинно-пролетной частоты  $f_{пр}$ , а также эффектов, связанных с принципиально нелинейным функционированием активного прибора в режиме генерации.

Для исследования устойчивости ГЛПД с двухчастотной колебательной системой, т. е. определения возможных стационарных режимов и статистики их возникновения при различных параметрах системы и начальных условиях, был проведен анализ генератора на фазовой плоскости  $(U_1, U_2)$  на основе укороченных амплитудных уравнений [1]

$$T_i \frac{dU_i}{dt} = I_i(U_1, U_2) R_{iH} - U_i, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

где  $U_1, U_2$  — амплитуды напряжения частот  $f_1$  и  $f_2$  на эквивалентных параллельных контурах, моделирующих резонансы в электродинамической системе,  $R_{iH}, T_i$  — резонансные сопротивления и постоянные времени контуров,

$T_i$  — амплитуды тока через диод на  $f_1$  и  $f_2$  (ЛПД считался безынерционным). Двухчастотные амплитудные характеристики диода (ДАХ)

$$C_i(U_1, U_2) = \frac{T_i(U_1, U_2)}{U_i} —$$

зависимости активной проводимости ЛПД на  $i$ -й частоте от амплитуд напряжения одновременно присутствующих на нем колебаний  $f_1$  и  $f_2$  снимались с помощью численной нелинейной модели [2] с последующей полиномиальной аппроксимацией;  $f_1$  — лавинно-пролетная,  $f_2 < f_1$  примерно на 10% ( $f_2$  — паразитная); ЛПД — двухпролетный миллиметрового диапазона с плоским симметричным профилем легирования.

В результате численного эксперимента обнаружено, что в зависимости от режима ЛПД по постоянному току  $I_0$  возможно существование на  $f_1$  и  $f_2$  зон генерации с различным или одинаковым типом ДАХ, что определяет тип фазового портрета генератора. При  $I_0 \approx 0.3$  А (обычный рабочий режим) на  $f_1$  наблюдается семейство “жестких” характеристик, на  $f_2$  — “мягких”. Соответственно на фазовом портрете присутствуют две стационарные точки: “боковая” с  $U_1 = 0$  и биений с  $U_1 \neq 0$  и  $U_2 \neq 0$  (предполагается, что резонансные проводимости  $C_{1H}$  и  $C_{2H}$  лежат в области максимумов отдаваемой ЛПД на  $f_1$  и  $f_2$  мощности); пример показан на рис. 1. С уменьшением  $I_0$  ( $\approx 0.17$  А) характеристики в обеих зонах становятся “жесткими” и фазовый портрет приобретает третью “боковую” точку —  $U_2 = 0$  (рис. 2), следовательно, как и  $C_{iH}$ ,  $I_0$  должен быть отнесен к бифуркационным параметрам в рассматриваемой системе.

Таким образом, в рабочем режиме ЛПД с наиболее распространенным профилем появление сколько-нибудь “хорошего” паразитного резонанса (т. е. с  $C_{2H} < C_2(U_1, 0)$ ) приводит к наиболее неблагоприятной из возможных ситуаций — отсутствию стационарного одночастотного режима на рабочей частоте. Этот факт может служить мотивом для проведения оптимизации ЛПД не только по энергетическим характеристикам, но и по наиболее удачному сочетанию типов ДАХ на  $f_{пр}$  и в ее окрестности.

Влияние вариаций добротностей контуров выразалось в изменениях формы фазовых траекторий, что связано с входждением  $Q_i$  в выражения  $T_i$ , определяющих декременты затухания, а значит, и скорости роста (уменьшения)  $U_i$ . Последнее оказывало заметное влияние на степень параметрического воздействия колебаний одной частоты на ДАХ другой, оказавшегося сходным с явлениями асинхронного

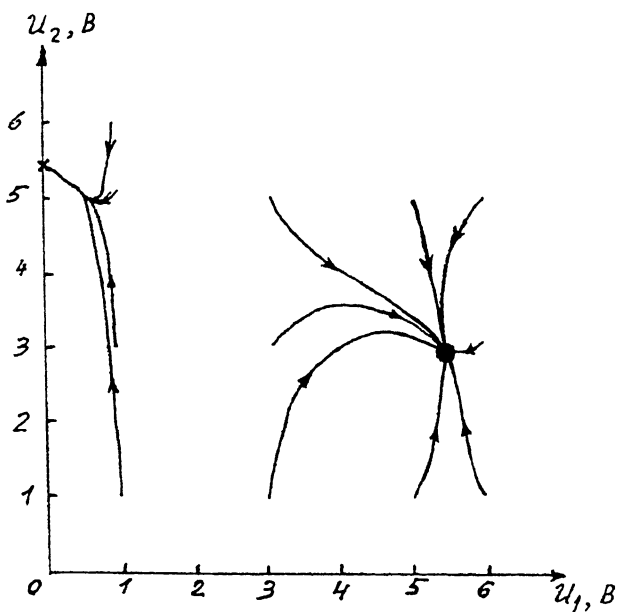


Рис. 1. Фазовый портрет двухчастотного ГЛПД при  $I_0 \approx 0.3$  А,  $C_{1H} = C_{2H} = 15$  мСм,  $Q_1 = 100$ ,  $Q_2 = 50$ .

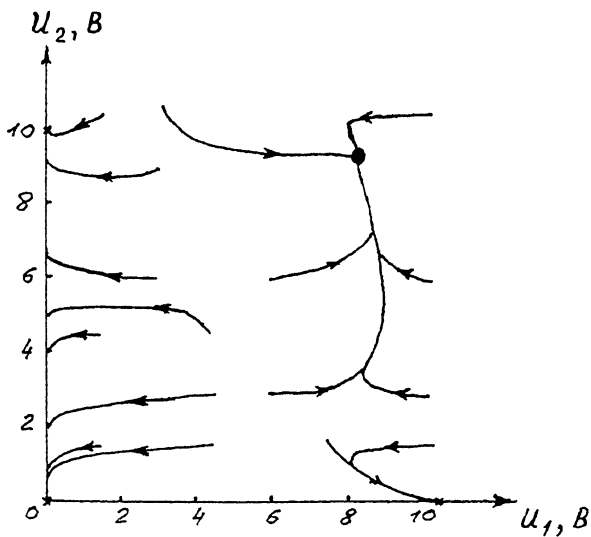


Рис. 2. Фазовый портрет двухчастотного ГЛПД при  $I_0 \approx 0.17$  А,  $C_{1H} = 8$  мСм,  $C_{2H} = 10$  мСм,  $Q_1 = 20$ ,  $Q_2 = 100$ .

возбуждения (гашения) колебаний. В результате при таких вариациях часто отмечалось изменение соотношения областей притяжения стационарных точек, приводившее иногда к практически полному исчезновению одной из таких областей.

#### Список литературы

- [1] Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука, 1984. 320 с.
- [2] Земляк А.М., Зинченко С.А. // Вестник КПИ. Радиотехника. 1989. Т. 26. В. 26. С. 10-14.

Симферопольский  
государственный  
университет

Поступило в Редакцию  
18 мая 1995 г.