

СПЕКТРЫ

Евгений Карпов

В статье приведены экспериментально полученные спектры выходного сигнала для различных типов ламп.

Почему в таком режиме?

Толчком для получения спектров стало желание выбрать наиболее подходящую лампу в выходной каскад телефонного усилителя. Для задуманной схемы требовался триод (или пентод в триодном включении) с вполне определенным спектром выходного сигнала. Назначение лампы и определило режим испытаний – ток анода (I_p) в пределах 20÷40 мА и сопротивление нагрузки 5кΩ.

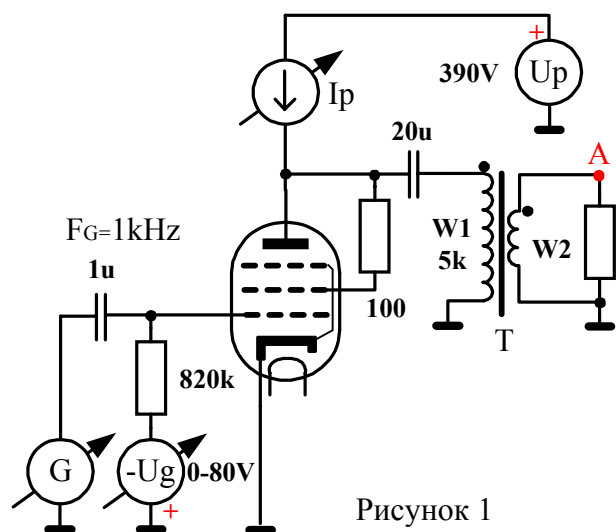


Рисунок 1

Наметив несколько типов ламп, я собрал схему, показанную на рисунке 1, и приступил к испытаниям. Спектроанализатор подключался в точке **A**, конечно, трансформатор вносит свой вклад в общую картину, но на частоте в 1kHz он настолько мал, что его можно не учитывать.

После исследования намеченных ламп меня разобрало любопытство и я начал снимать спектры всех более или менее подходящих (и совсем не подходящих) для моих целей ламп.

Пентоды испытывались в триодном включении, для удобства сравнения результатов все измерения проводились при одной выходной мощности, равной 1W (если лампа была способна отдать эту мощность). Ток анода лампы устанавливался максимально возможным, но не более 40 мА, и выбирался режим

лампы, обеспечивающий минимальный уровень гармоник.

Полученные результаты с определенной осторожностью можно экстраполировать на другие режимы работы ламп, особенно это относится к мощным лампам, которые при испытаниях были существенно не догружены.

Для большинства ламп можно руководствоваться следующими соображениями.

Уменьшение сопротивления нагрузки лампы при одновременном увеличении тока не существенно меняет характер распределения энергии гармоник в спектре. Уменьшение сопротивления нагрузки при неизменном токе покоя приводит к росту гармоник низких порядков и появлению гармоник более высоких порядков. Аналогичный эффект наблюдается при увеличении размаха выходного напряжения,, но в этом случае рост гармоник высших порядков происходит быстрее.

Для некоторых ламп регулировкой режима можно добиться подавления какой-либо гармоники. Например, для лампы 6П13С, регулируя положение рабочей точки, можно почти полностью подавить четвертую гармонику.

Ниже, на рисунках 2÷16, показаны спектры выходного напряжения различных ламп с указанием режима их работы, в приложении 1 показан сводный график спектров ламп, а в таблице 1 приведены численные, нормированные уровни гармоник для всех испытанных ламп.

Результаты

Таблица 1

Тип лампы	Номер гармоники									Единицы	Усиление каскада
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
6П14П	5,1	0,5	0,056	0,051	0	0	0	0	0	%	13,50
6П1П	4,96	0,36	0,08	0,018	0,016	0	0	0	0	%	7,10
6Н6П	5,4	0,26	0,058	0,03	0	0	0	0	0	%	13,13
6С19П	4,3	0,197	0,327	0,09	0,057	0,019	0,013	0,0074	0,0069	%	1,76
6П15П	3,87	0,353	0,026	0,016	0,011	0,0039	0,005	0	0	%	19,00
6П3С	10	0,183	0,3	0,136	0,069	0,009	0,007	0,0068	0	%	5,02
6П21С	6,4	0,389	0,137	0,021	0,0097	0	0,003	0	0	%	5,50
6Ф5П	4,3	0,57	0,28	0,096	0,016	0,011	0	0	0	%	6,09
EL36	1,9	0,28	0,074	0,048	0,0155	0	0,006	0,0075	0	%	4,37
6П13С	5,6	0,509	0,009	0,076	0,053	0,009	0,013	0	0	%	5,70
6П9	2,8	0,54	0,067	0,058	0,01	0,011	0	0	0	%	15,50
EL37	3,7	0,362	0,07	0,068	0,026	0,0099	0,0083	0	0	%	9,20
6Н13С	3,03	0,25	0,24	0,041	0,089	0	0,03	0,009	0	%	1,69
6П41С	2,31	0,25	0,1	0,04	0,013	0,0034	0,0069	0,0041	0	%	4,34
6П44С	3,55	0,33	0,0765	0,039	0,0165	0,0047	0,0044	0,0039	0	%	4,17

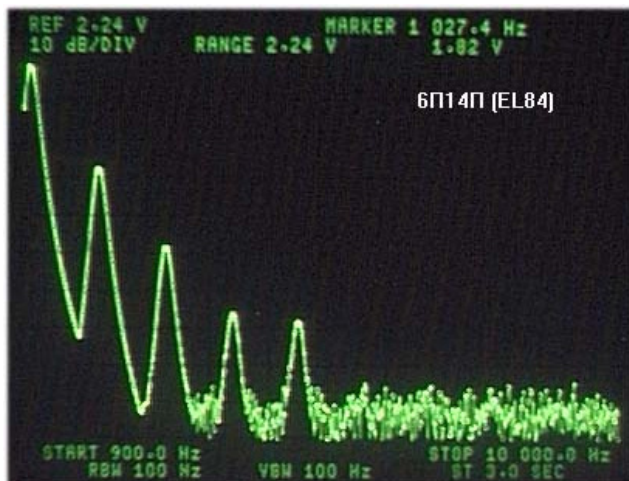


Рисунок 2
 $U_p=263V$, $I_p=34.2mA$, $U_g=-8.34V$

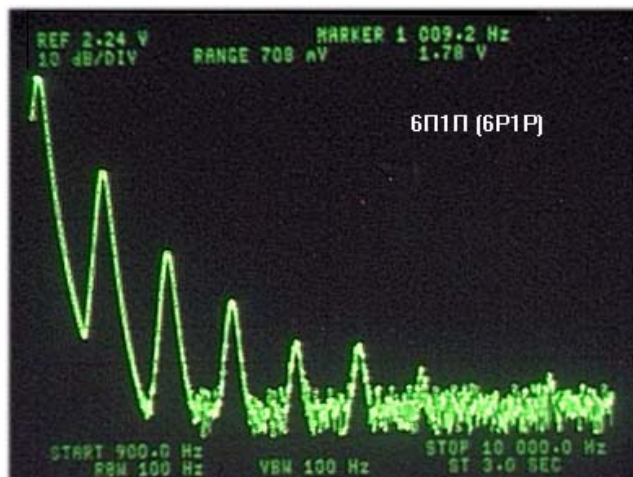


Рисунок 3
 $U_p=243V$, $I_p=31mA$, $U_g=-15.76V$

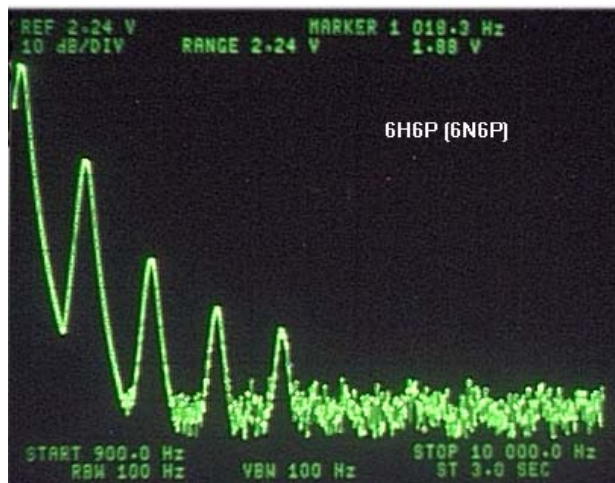


Рисунок 4
 $U_p=232V$, $I_p=30mA$, $U_g=-10.26V$

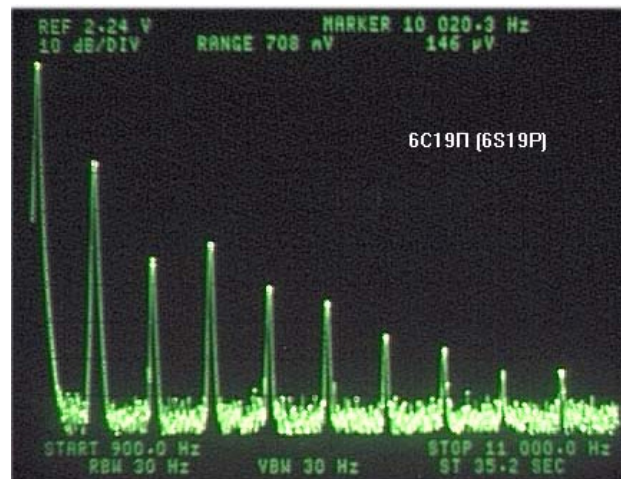


Рисунок 5
 $U_p=185V$, $I_p=40mA$, $U_g=-70.4V$

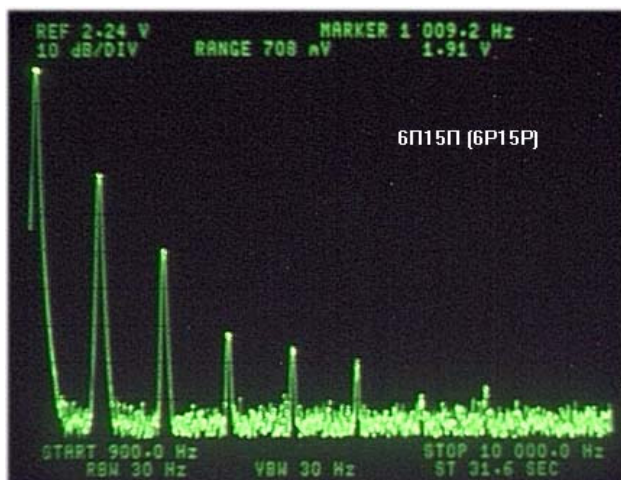


Рисунок 6
 $U_p=230V$, $I_p=35mA$, $U_g=-5.75V$

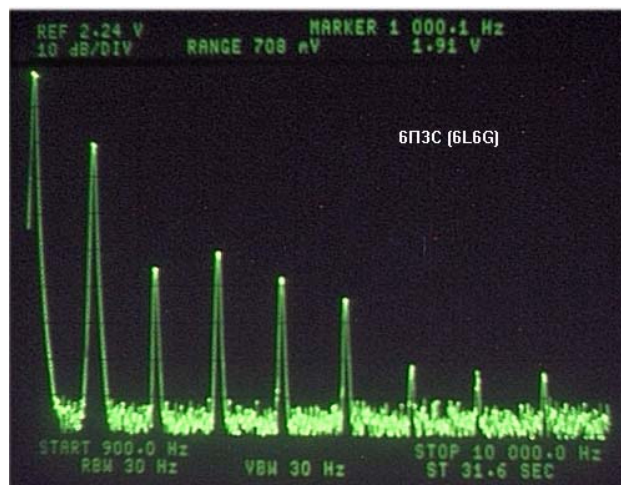


Рисунок 7
 $U_p=230V$, $I_p=30mA$, $U_g=-25V$

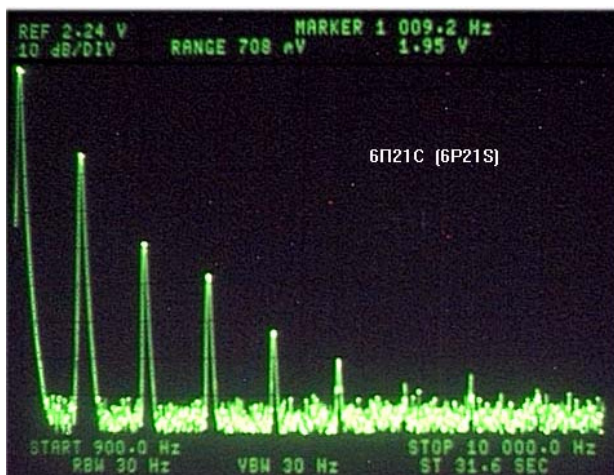


Рисунок 8
 $U_p=257V$, $I_p=30mA$, $U_g=-25.4V$

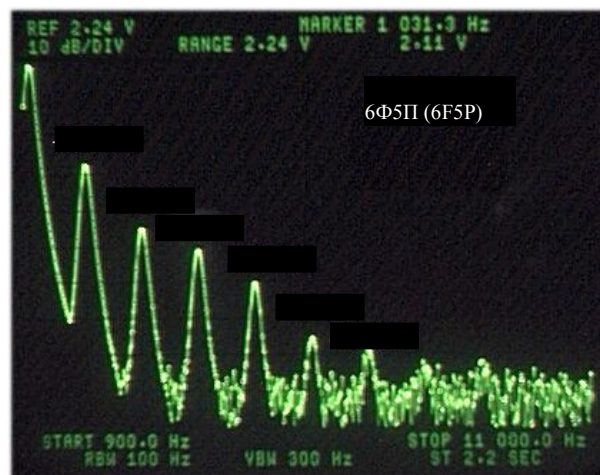


Рисунок 9
 $U_p=257V$, $I_p=27mA$, $U_g=-24.2V$

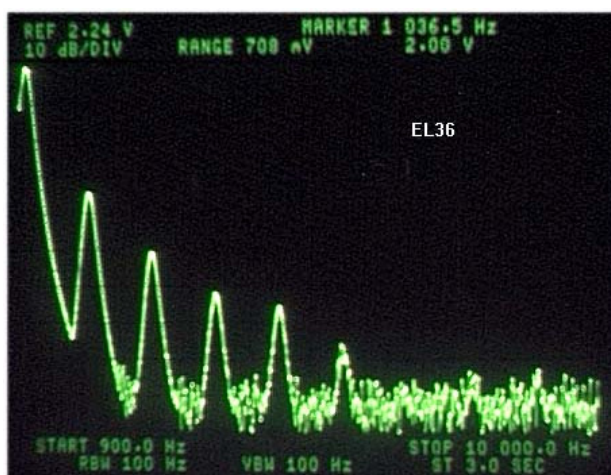


Рисунок 10
 $U_p=240V$, $I_p=40mA$, $U_g=-39.2V$

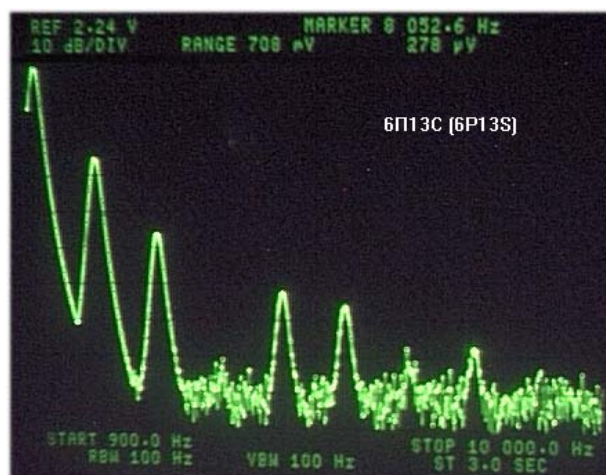


Рисунок 11
 $U_p=250V$, $I_p=35mA$, $U_g=-27.4V$

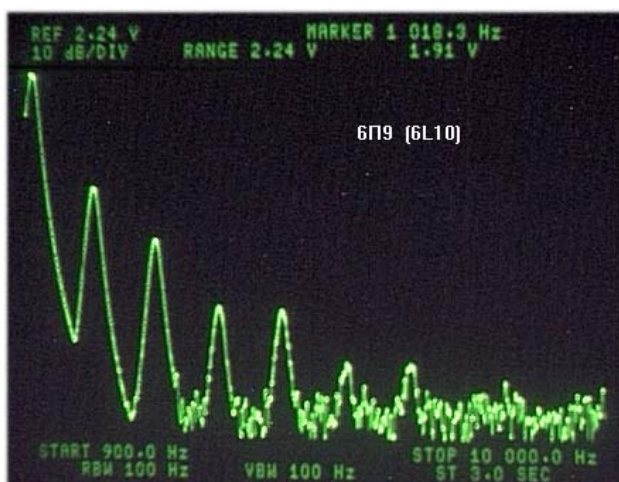


Рисунок 12
 $U_p=239V$, $I_p=30mA$, $U_g=-8V$

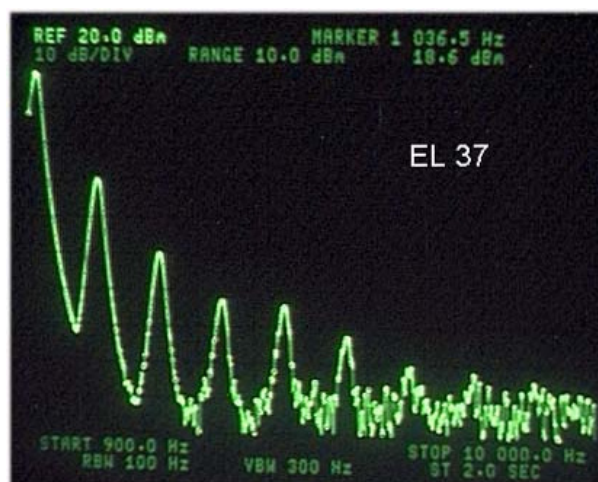


Рисунок 13
 $U_p=247V$, $I_p=40mA$, $U_g=-15.09V$

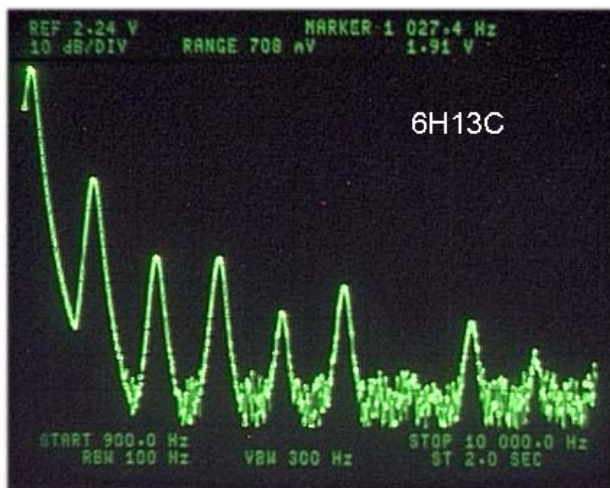


Рисунок 14
 $U_p=190V$, $I_p=40mA$, $U_g=-91.4V$

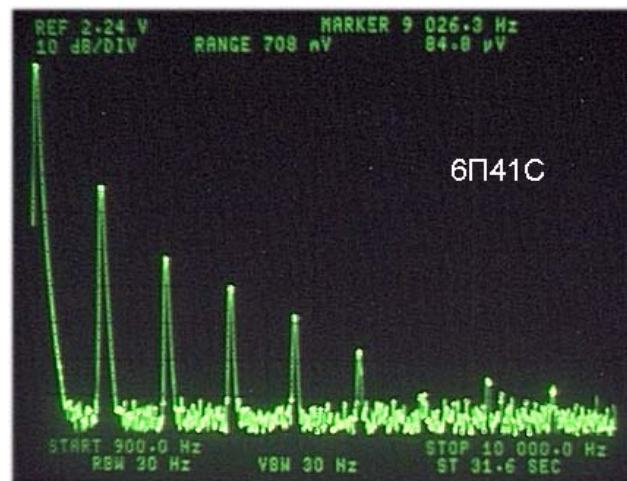


Рисунок 15
 $U_p=243V$, $I_p=40mA$, $U_g=-41V$

Опираясь на полученные результаты, можно сделать ряд выводов относительно наиболее перспективных или часто используемых ламп:

Для простых усилителей с выходной мощностью 1÷2W наилучшим выбором будут лампы 6П14П, 6П1П.

Для симметричных мощных драйверных каскадов хорошо подойдет 6П1П и 6Н6П. Возможность использование лампы 6С19П весьма спорная. У лампы маленький уровень третьей гармоники, но самый длинный гармониковый хвост. Лампа 6П9 нестабильно работает при больших мощностях рассеяния на аноде.

Для более мощных однотактных выходных каскадов хорошо подойдет EL36, пожалуй, она самая линейная из всех протестированных ламп. Использование лампы 6ПЗС в однотактных каскадах, на мой взгляд, совершенно не целесообразно несмотря на то, что у нее минимальный уровень третьей гармоники. У нее довольно длинный гармониковый хвост и огромный уровень второй гармоники, ее место - в двухтактных схемах. Весьма привлекательно для применения в однотактных каскадах выглядит лампа 6П41С. Лампа 6Н13С больше тяготеет к двухтактным схемам из за повышенного уровня четных гармоник.

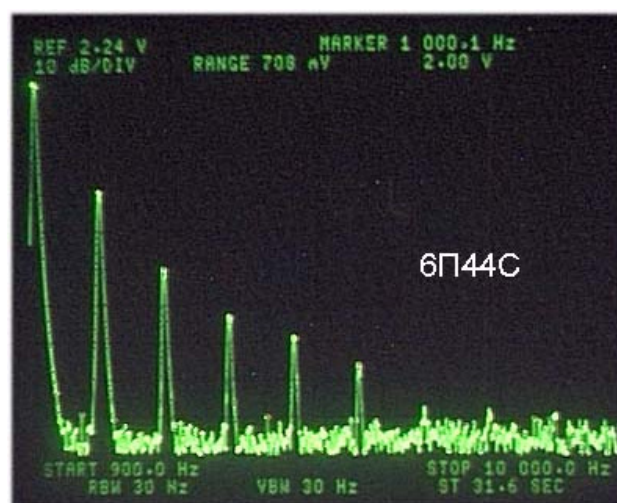


Рисунок 16
 $U_p=246V$, $I_p=40mA$, $U_g=-44.2V$

Заключение

В предыдущем разделе я кратко изложил свою точку зрения на возможности использования некоторых тестированных ламп, но основная цель написания этой статьи заключалась не в формулировании каких-либо рекомендаций, а предоставлении Вам исходных данных для размышлений. Я надеюсь, что представленные результаты помогут Вам при выборе выходной лампы и позволят сделать этот выбор более осознанно.

