

Легендарный "QUAD 405"

Д. Костов

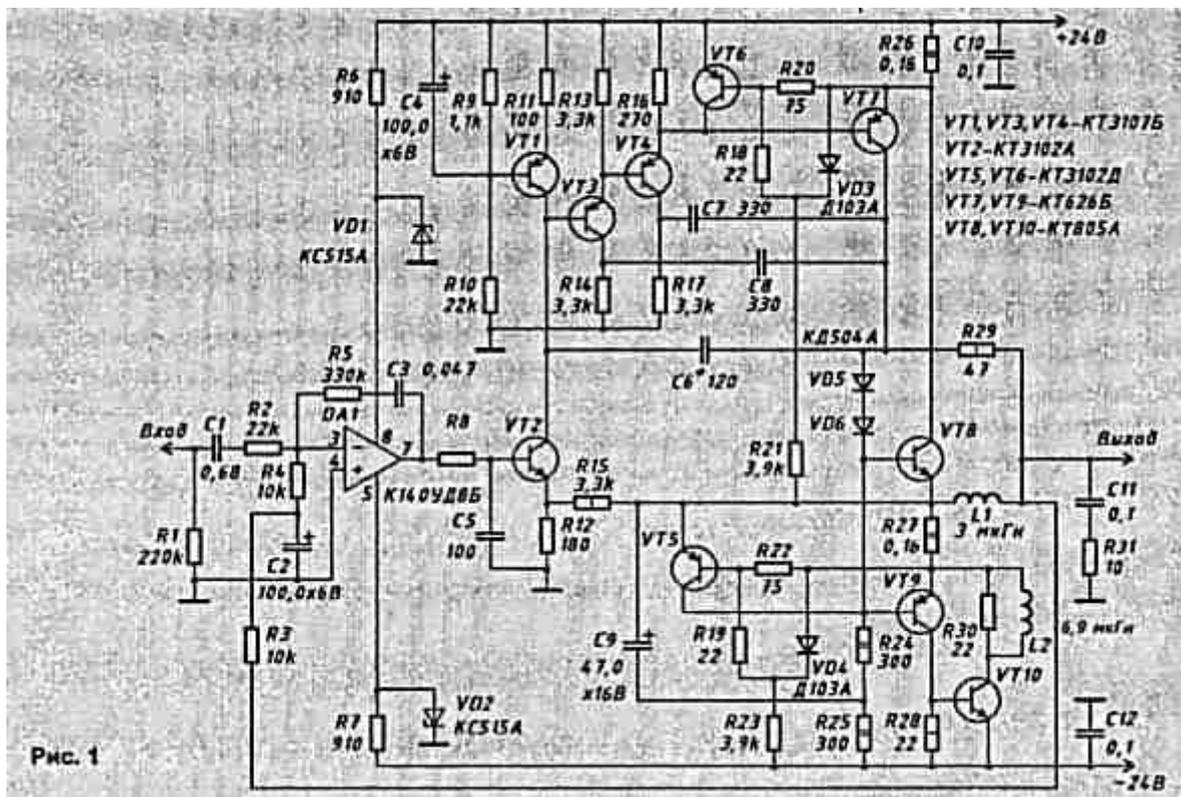
Среди профессионалов и любителей давно известна схема мощного HI-FI усилителя "Quad 405". По своему звучанию он приближается к ламповым усилителям, но отличается несколько большим коэффициентом гармонических искажений.

Часто коэффициент гармонических искажений неправильно называют коэффициентом нелинейных искажений, что не совсем верно, так как нелинейные искажения это сумма двух компонентов - гармонических и динамических нелинейных искажений.

Известно, что современные мощные усилители, собранные на транзисторах и интегральных схемах, обладают малым уровнем гармонических нелинейных искажений, которые уменьшаются путем введения глубокой общей отрицательной обратной связи. Оказывается, такое построение схем, как и в ламповых усилителях, "губительно" в отношении "гармонических нелинейных искажений", но позволяет при использовании транзисторов и микросхем минимизировать также коэффициент динамических нелинейных искажений. Поскольку методы уменьшения гармонических и динамических нелинейных искажений взаимно противоположны, обычно в современных усилителях находят компромиссный вариант, результатом которого является элементарное заключение профессиональных музыкантов и "слушачей", что усилитель похож на ламповый и имеет очень хорошее звучание.

Такой эффект реализован в схеме, разработанной британской фирмой Acoustical Manufacturing Company еще в середине 70-х годов прошлого века.

Принцип реализации схемы подробно описан в [1]. Первая информация в радиолюбительских HI-FI кругах о "Quad 405" появилась через некоторое время в [2]. Статья написана О. Решетниковым и озаглавлена "Снижение искажений в усилителях мощности". Схема (рис. 1) структурно повторяет базовый "Quad 405", но имеет меньшую выходную мощность и низкую чувствительность по входу.



Технические характеристики усилителя О. Решетникова следующие:

- номинальная полоса частоты пропускания при неравномерности ± 1 дБ, 20...20000 Гц;
- номинальная выходная мощность на нагрузке 8 Ом и коэффициенте гармонических искажений 0,02%, Вт 30;
- максимальная выходная мощность на нагрузке 4 Ом, 45 Вт;
- чувствительность при номинальной выходной мощности, 200 мВ;
- уровень собственных шумов, 75 дБ.

Транзисторы VT9, VT12, VT15, VT16 устанавливаются на радиаторе площадью 900 см² и изолируются слюдяными прокладками. Интересно, что "Quad 405" и его модификации работают в режиме класса В.

В начале 1983 г. в журнале "Радио" была опубликована схема О. Решетникова с подробным описанием [3].

В венгерском радиоловительском журнале "Radiotechnika" [4] была опубликована версия "Quad 405" с использованием распространенных микросхем μ A709C и LM101/201/301, обычно не применяемых в традиционной HI-FI аппаратуре.

По своим техническим характеристикам эта версия наиболее близка к английскому прототипу:

- выходная мощность на нагрузке 8 Ом, 100 Вт;
- коэффициент гармонических искажений K_f 0,007%;
- чувствительность по входу для $P_{\text{вых}} = 50$ Вт, 50 мВ.

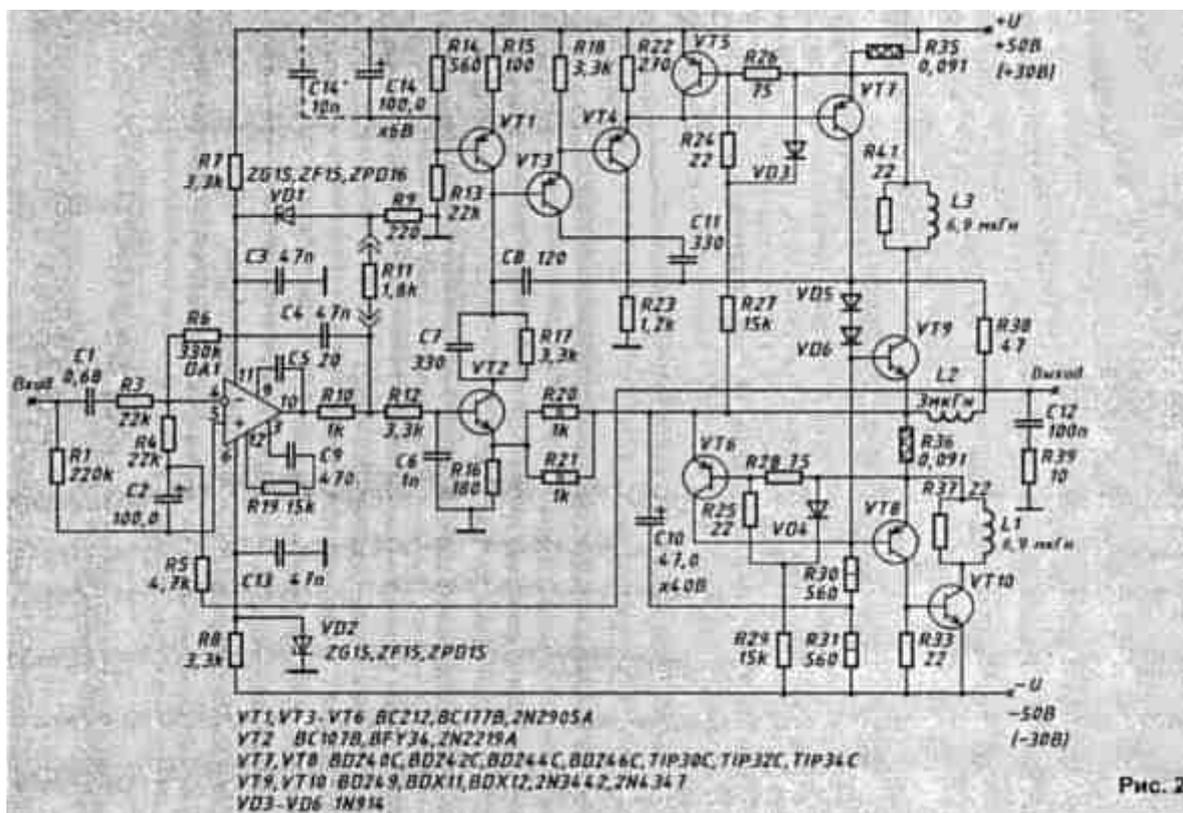


Рис. 2

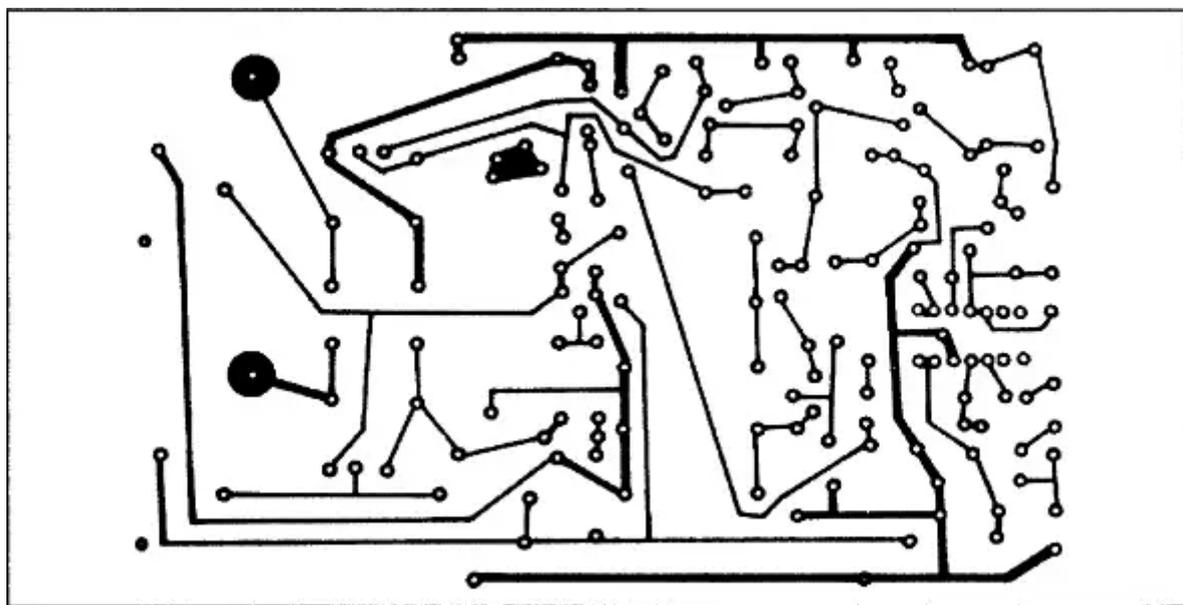


Рис. 3

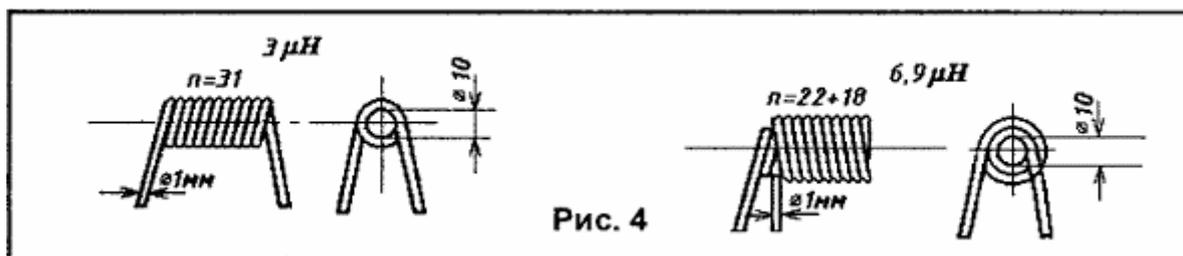


Рис. 4

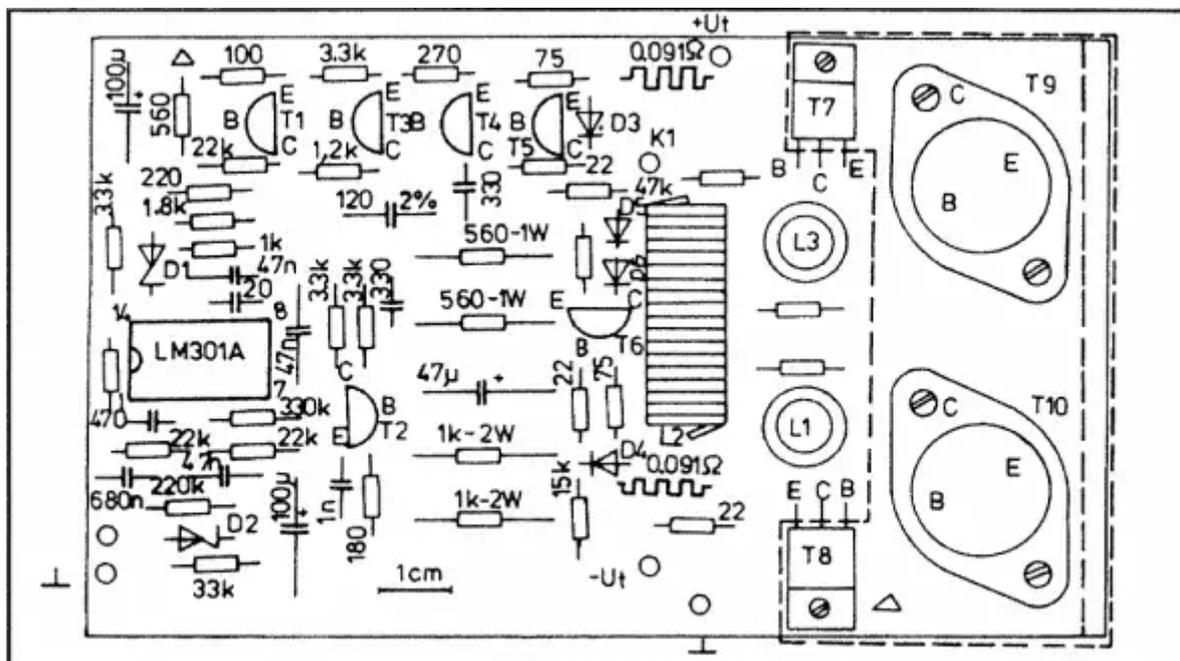


Рис. 5

Схема венгерской версии усилителя "Quad 405" приведена на рис. 2, печатная плата - на рис. 3, а расположение элементов - на рис. 5. На рис. 4 показана конструкция катушек L1...L3.

При использовании микросхемы типа $\mu A709C$ резистор R9 заменяется перемычкой, а резистор R11 из схемы исключается. При использовании микросхемы LM301 номинал R9 - 220 Ом, R10-1,8кОм, R11 - 1,8 кОм, а элементы R19, C9, C5 из схемы исключаются.

Следующая публикация на тему "Quad" появилась в журнале "Радио" - автор Ю.Солнцев [5].

Усилитель имеет чувствительность по входу 200 мВ, а выходную мощность - 70 Вт на нагрузке 4 Ом.

Новым в этой разработке явилось следующее:

- включение на выходе комплектарной пары мощных транзисторов по схеме Дарлингтона;
- применение устройства защиты акустических колонок.

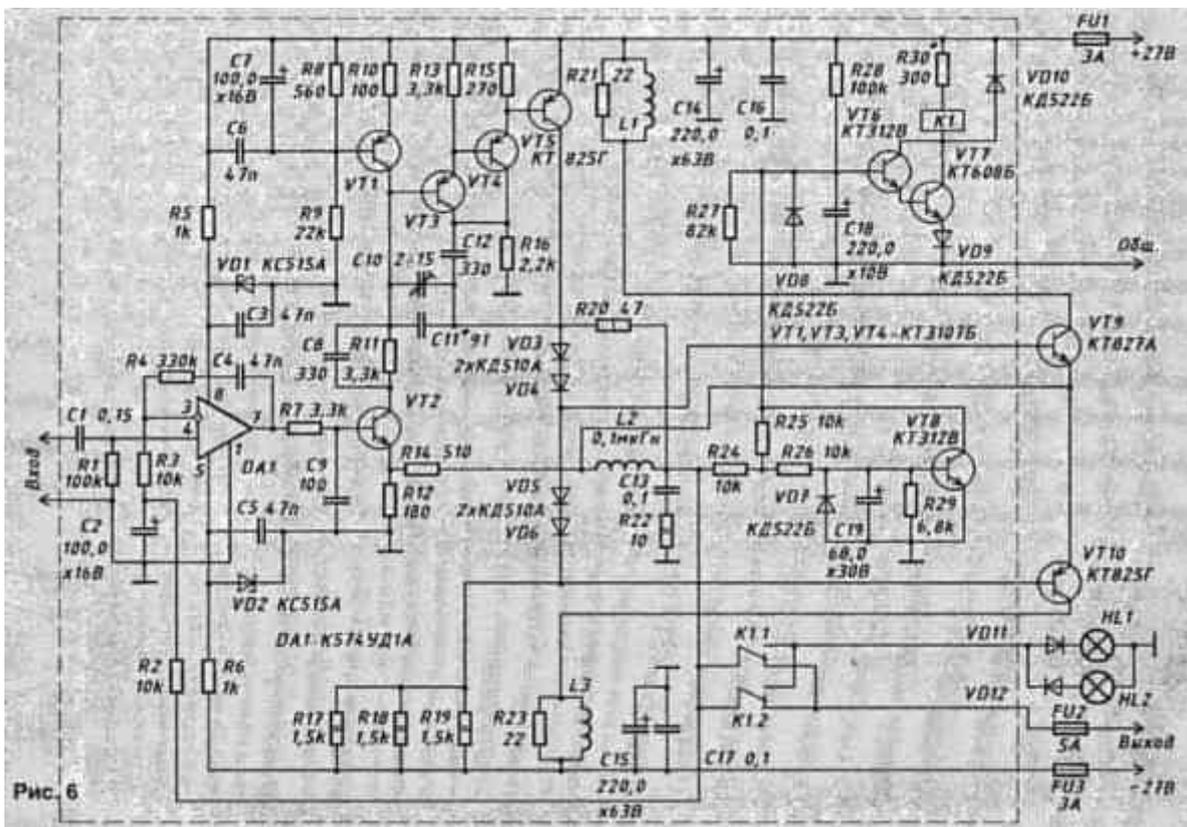
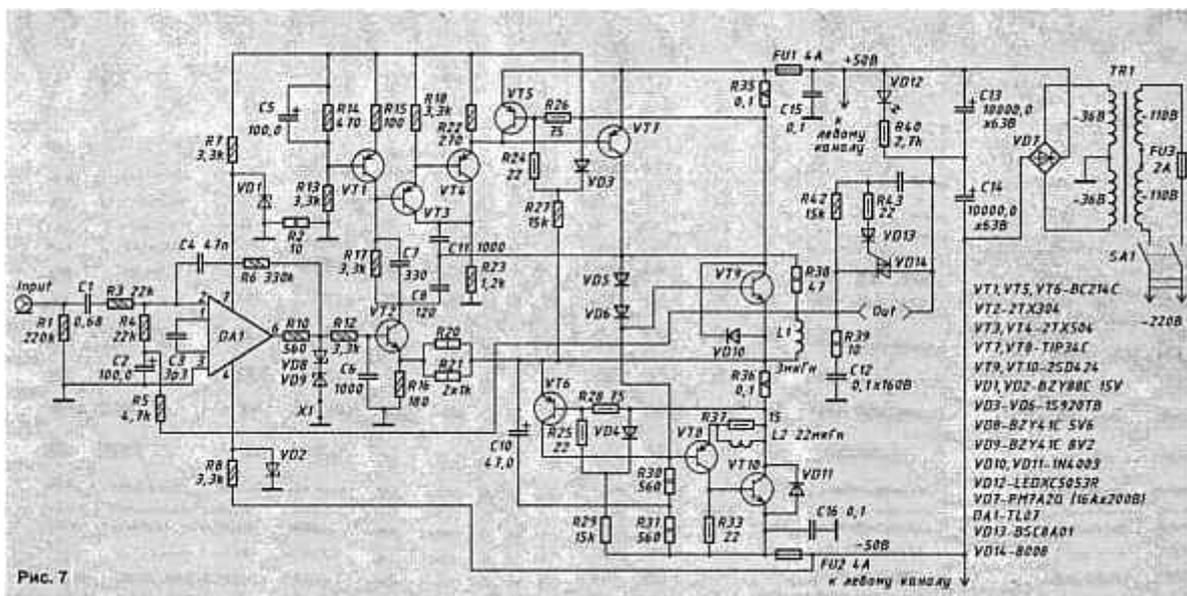


Схема представлена на рис. 6. С подробным описанием этой схемы можно ознакомиться в [5] и [6]. Вместо ОУ К574УД1А можно использовать TL071 или LF357.

Эта схема с кратким описанием была также опубликована и в [7].

В журнале "Радио, телевизия" [1] была опубликована схема с небольшими изменениями, по которой был собран стереофонический усилитель. Конструкция подтвердила технические параметры, приведенные в [1].

Базовая первоначальная модель усилителя "Quad 405/405-2" изготовлена по схеме, приведенной на рис. 7.



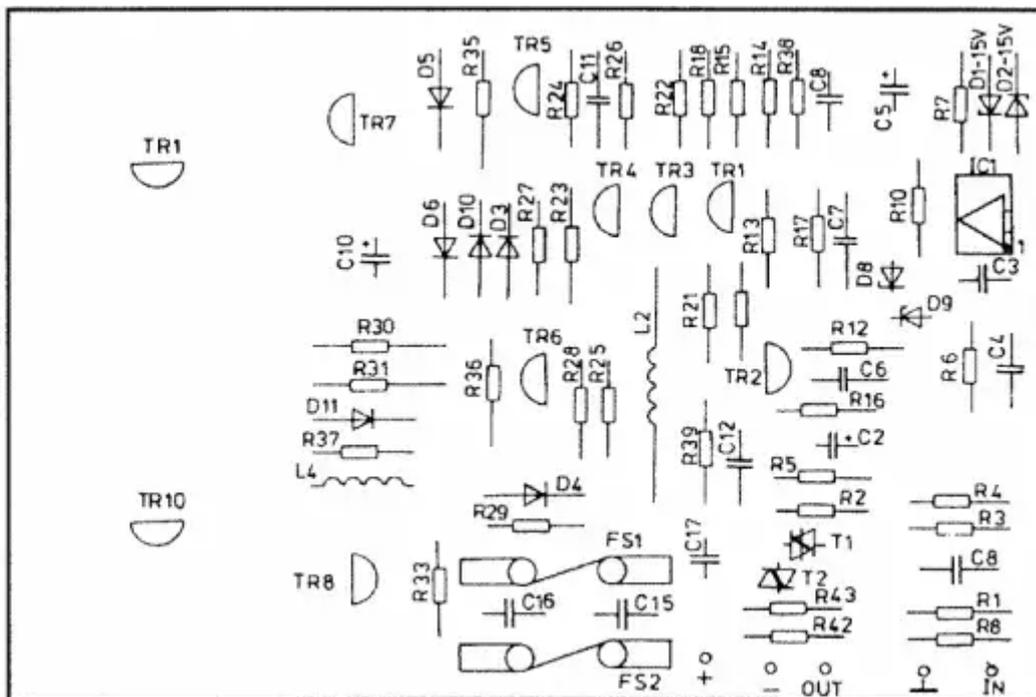


Рис. 8

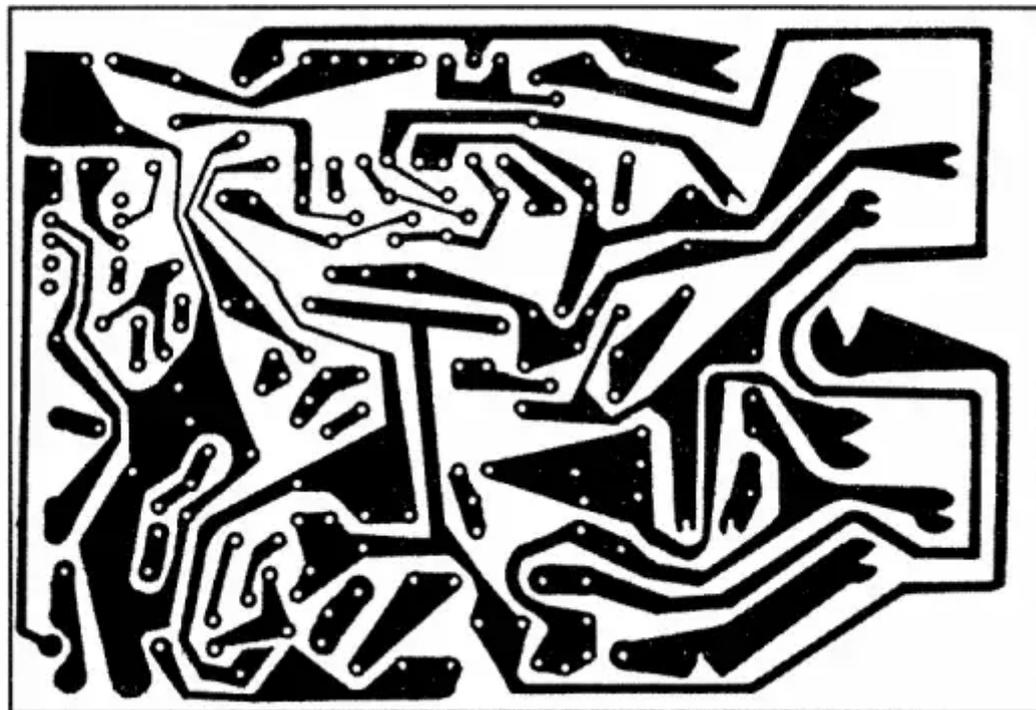


Рис. 9

В оригинале была приведена таблица заменяемости элементов и допустимые отклонения номиналов. R2 - сопротивлением 10 Ом, мощностью 5 Вт-5% разделяет сигнальную "землю" от силовой "массы". В оригинале катушки L1 и L2 намотаны на оправке диаметром 8 мм в два слоя проводом ПЭЛ 0 1...1.5 мм и имеют индуктивность L1 - 3...3.3 мкГ, L2-22...24мкГн. На рис. 8 приведен чертеж печатной платы, а на рис. 9 - монтажная схема усилителя.

Автор собрал и испытал венгерский (рис.2 [4]) и британский (рис.7 [8]) варианты с уменьшенным напряжением питания (± 30 В) и пониженной мощностью - 45 Вт. При измерении технических характеристик различие оказалось минимальным. В схеме на рис. 7 коэффициент нелинейных искажений был несколько ниже, чем в схеме рис. 2.

Автор продолжает работу над схемами моделей "Quad 520" (мощность 250 Вт, R_H - 8 Ом) и "Quad 606" ($P_{\text{вых}} = 350$ Вт, $R_H \sim 8$ Ом), используя в этих конструкциях мостовую схему построения выходного каскада.

Инженер К. Прибойски - проводил эксперимент с "Quad 520" с использованием ОУ типа LF357 и транзисторов KD503 в выходном каскаде. Эксперименты подтвердили высокие технические характеристики при выходной мощности до 250 Вт.

В 1989 г. в России была выпущена книга "Функциональные узлы усилителей высококачественного звуковоспроизведения" [11] авторы Д. Атаев и В. Болотников, где приведена еще одна русская версия усилителя "Quad 405", которая максимально приближена к оригиналу [9].

Автора интересуют любые разработки "Quad 405", а также материалы, опубликованные в различной литературе.

Автор выражает благодарность ст.н.с. II ст. д-ру инж. М. Шаферски и ст.н.с. II ст. д-ру инж. Т. Страшимирову за неоценимую помощь в подготовке материала для данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лолов П. Висококачествен краен усилвател. - Радио, телевизия, електроника, 1998, №11, С.10...13.
2. Решетников О. Снижение искажений в усилителях мощности. - Радио, 1979, №12, С.40...42.
3. Радиоежегодник, 1983, С.93...101.
4. Radiotechnika, 1983, №9 (Венгрия).
5. Солнцев Ю. Высококачественный усилитель мощности. - Радио, 1984, №5.
6. Солнцев Ю. Высококачественный усилитель мощности. Возвращаясь к напечатанному. - Радио, 1984, №12, С.44...46
7. Млад конструктор, 1988, №9,10.
8. Приложение подготовлено А. Янакиевым
9. Walker, P. J. Current dumping audio amplifier, Wireless World, 1975, Dec. (Vol. 81, 1480).
10. VanderKooy, J., S. P. Lipshitz. Current dumping does it really work?, Wireless World, 1978, June (Vol. 84, 1510).
11. Black, H. US Pat 1, 689, 792, 9th Oct. 1929.
12. Атаев Д.И., Болотников В.А. Функциональные узлы усилителей высококачественного звуковоспроизведения.- М.: Радио и связь, 1989.
13. Quad 405. Current Dumping Amplifier. Instruction book.