

Введение в технику физического эксперимента

Лектор – проф. Пальчиков Евгений Иванович

ВТФЭ-2016

Борьба с шумами, электромагнитными помехами

Первичная обработка ЭМ сигналов

Пальчиков Евгений Иванович
д.т.н., проф. НГУ, в.н.с. ИГиЛ

*Новосибирский Государственный университет
Сибирское Отделение Российской академии Наук*

Лекция № 15 – 14.12.2016, НГУ, БФА

© Пальчиков Е.И., 2016

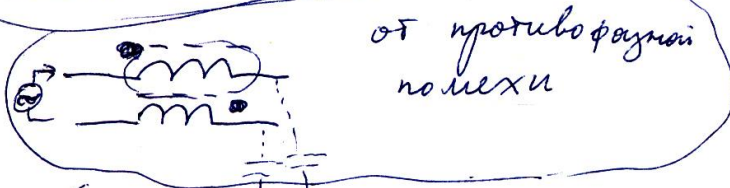
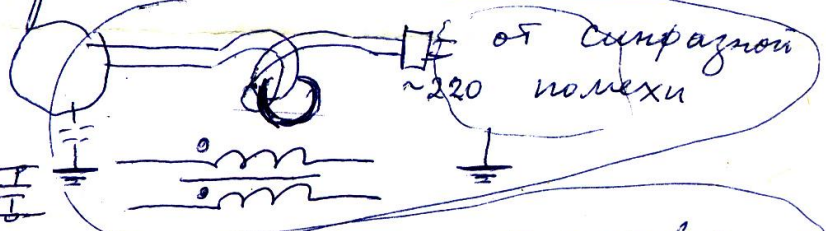
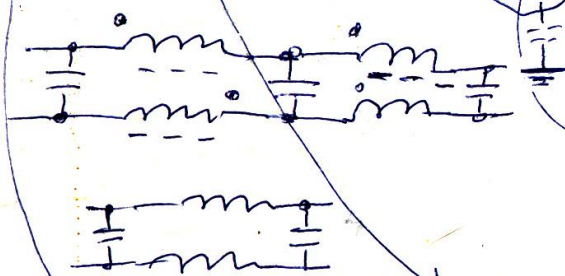
© Новосибирский государственный университет, 2016

3 Шумы — демонстрация белого шума.

4 Наводки — показать 50 мкВ на микрофоне.
(может быть будет ВЭПП-наводка).

Экранирование → роль щелей, скин-эф.
Заземление → н.г. магнитной экр.
Фильтры — пробки → кольцо

Возмущение



Волны (кишная)

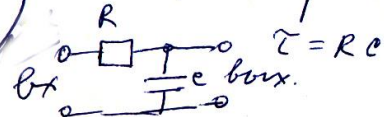
→ Найнвиста $\overline{V^2} = 4kTR \cdot \Delta f$

→ Дробовой $\overline{I^2} = 2eI \cdot \Delta f$

→ Полоса — усиление $K_{ус} \cdot \Delta f = const.$

→ Фликер-шумы — на катод

Синхронизатор



— накопление — АЦП-процессор
 $\frac{\Delta X}{X} \sim \sqrt{N}$ — недифференциальная задержка.

В аналоге фильтрация на емкости
 $V = \sqrt{\frac{kT}{C}}; Q = CV$
 $Q = \sqrt{kTC}$

Шумы в электронных цепях

$$\overline{U^2}_u = 4kT \int_{f1}^{f2} r(f) df = 4kTR\Delta f$$

Тепловые шумы Найквиста на сопротивлении

$$I^2_u = 2I_0 e \Delta f$$

Дробовой шум.
Средний квадрат флуктуационного тока в некотором интервале Δf . Формула Шоттки

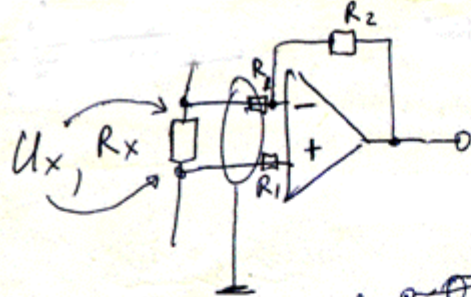
$$U = \sqrt{\frac{kT}{C}}$$

$$Q = \sqrt{kTC}$$

Среднеквадратичный коммутационный шум на ёмкости

$$K_{yc} \Delta f \approx \text{const}$$

Соотношение коэффициент усиление – полоса частот для электронного усилителя сигналов



$$K_y \sim \frac{R_2}{R_1}$$

Вычитание паразитных сигналов

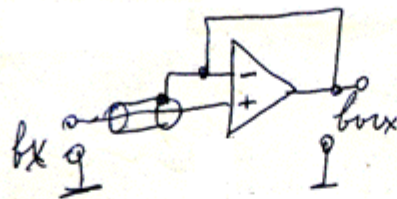
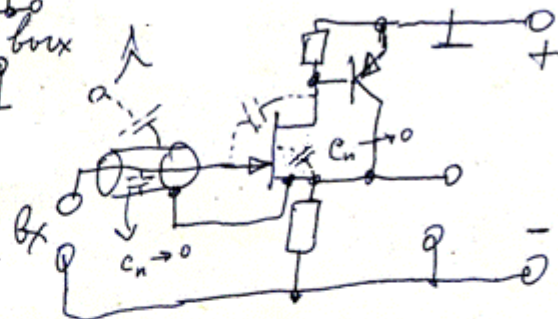
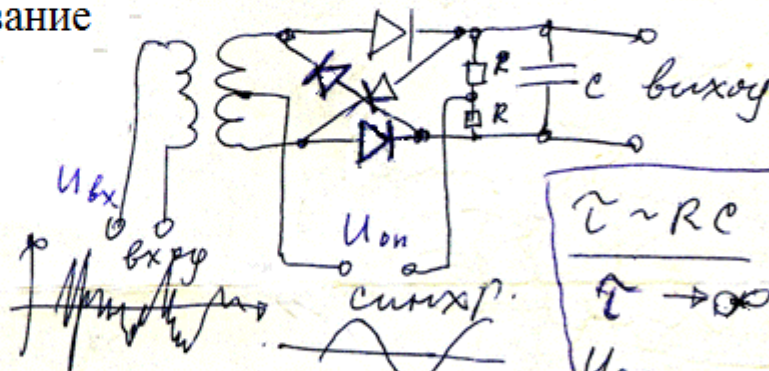


Схема с нулевой входной ёмкостью



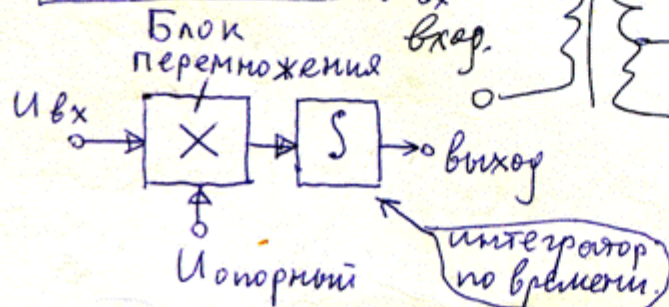
Синхронное детектирование

уменьшает фазу сигнала



перерисуем по другому:

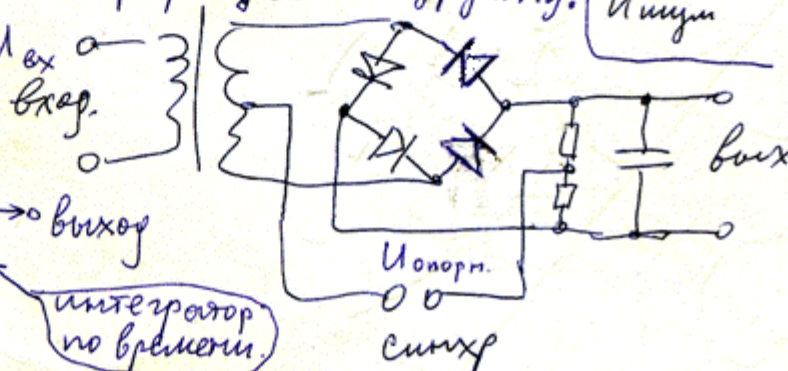
Ещё более общ. схема:



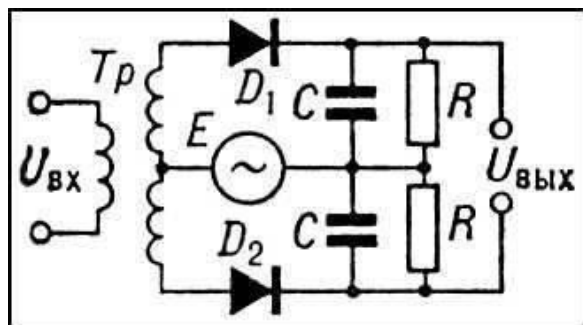
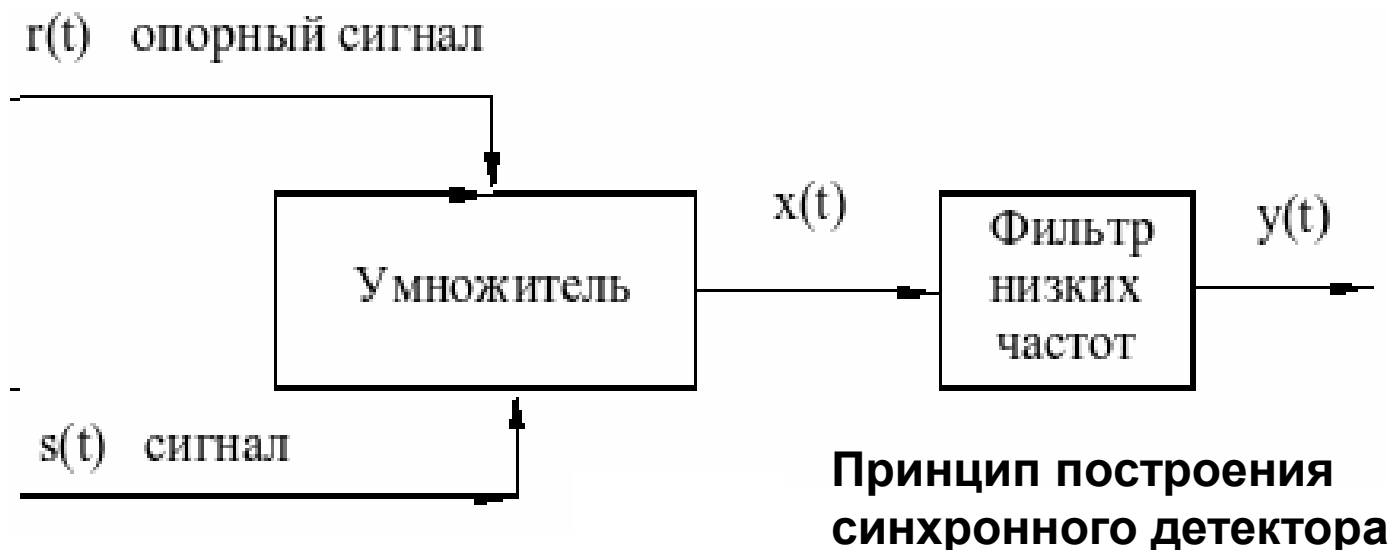
$$\tau \sim RC$$

$$\tau \rightarrow \infty$$

$$\frac{U_{сигн.}}{U_{шум}} \rightarrow \infty$$



Синхронное детектирование



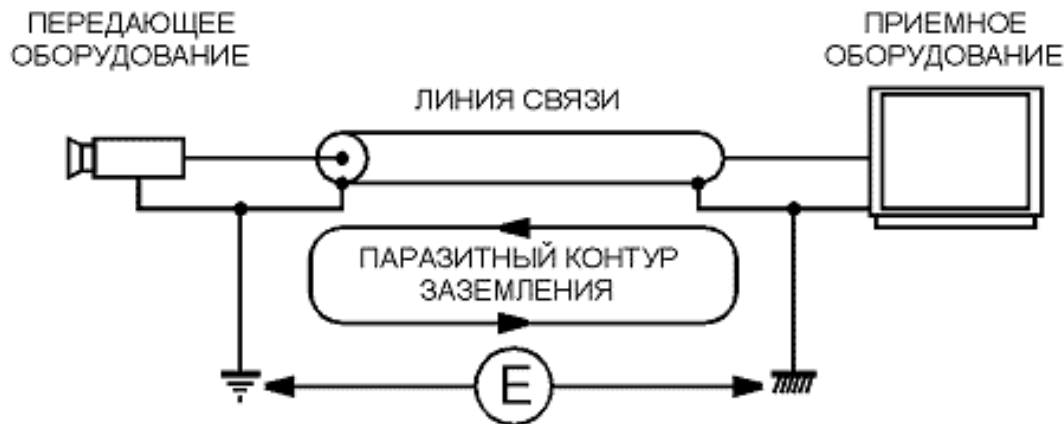
Простейшая схематическая реализация СД. E – опорный сигнал

Синхронное детектирование позволяет выделить сигнал из шумов, превышающих амплитуду полезного сигнала во много раз.

Осложнения:

- Полоса сигнала сужается
- Нужно знать частоту и фазу полезного сигнала (либо иметь репер)

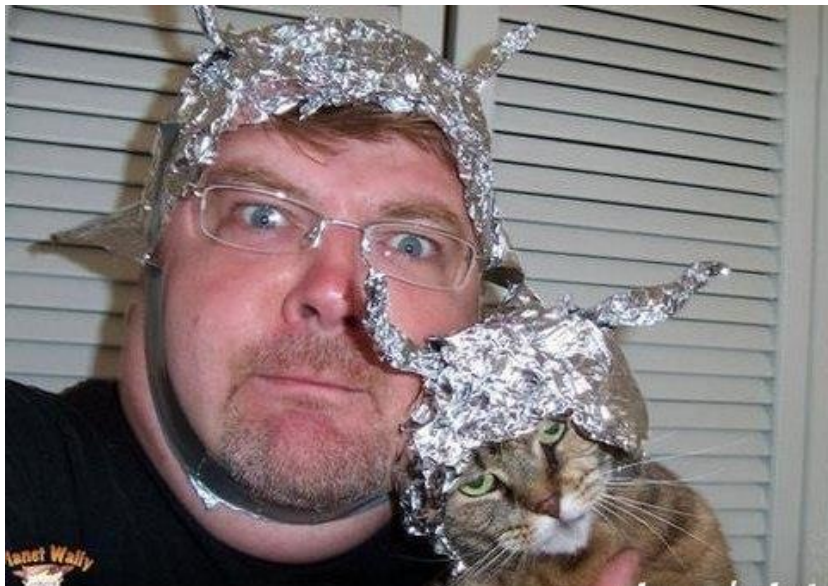
Паразитные контуры связи в дублирующих цепях



Паразитный контур может иметь большую площадь.

Если паразитный контур проводов имеет низкое сопротивление (к чему все обычно стремятся), то ЭДС индукции от внешнего электромагнитного поля может навести в контуре большой ток.

Этот ток создаст напряжение на оплетке кабеля, которое складывается с полезным сигналом

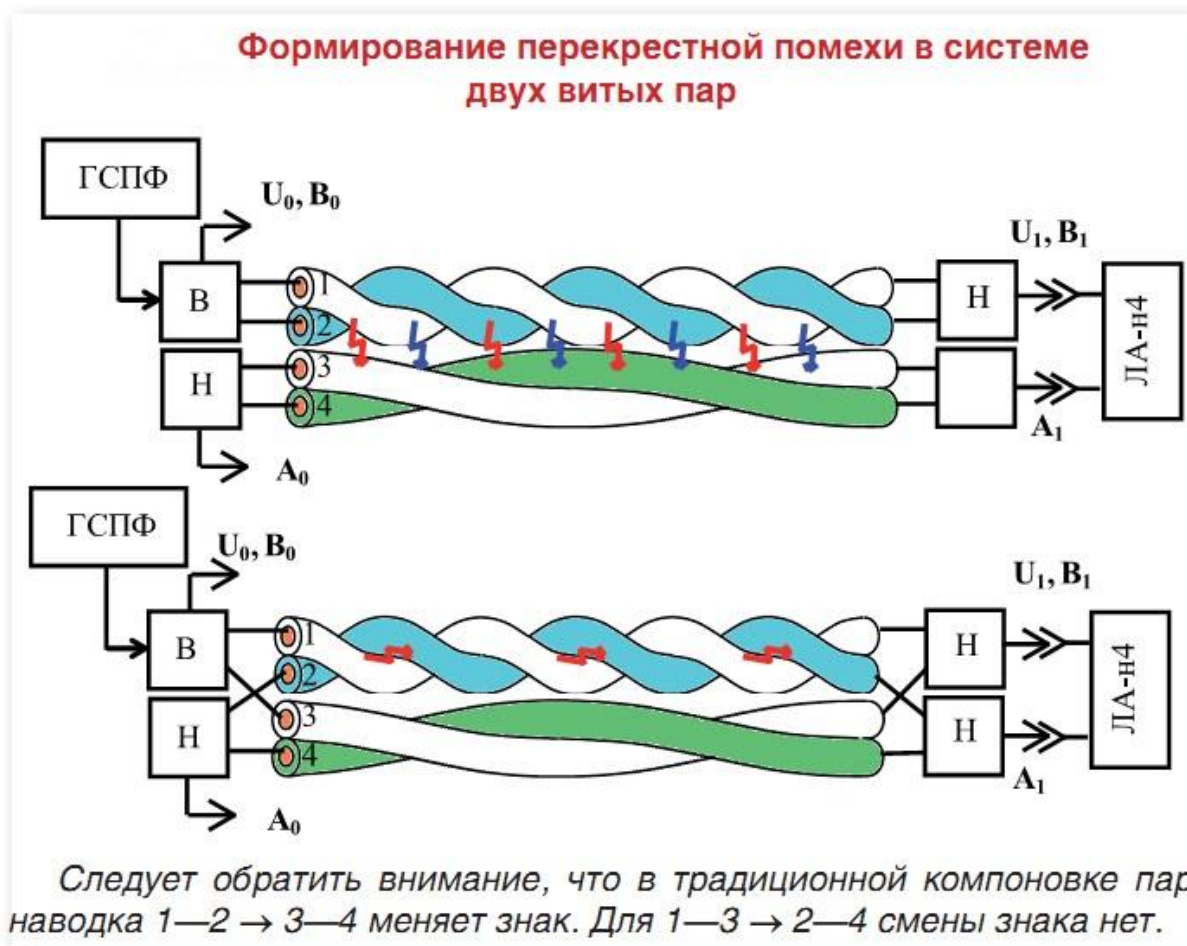


Экранирование не всегда спасает от помех

Перекрестные помехи в линиях передачи сигналов. Скрутка проводов

Каждые полвитка пары внешняя «наводка» меняет знак

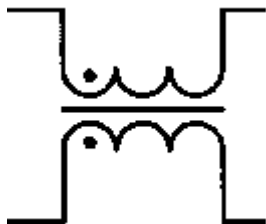
Основной сигнал помех A_0 и B_0 исходит от концов линии, где нет скрутки



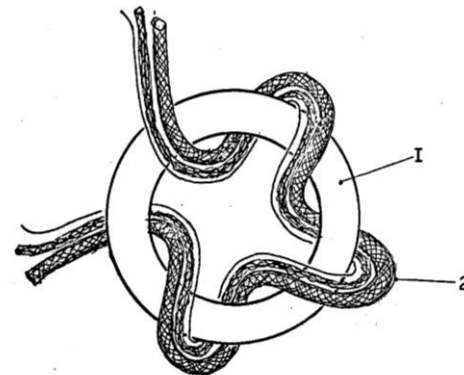
Фильтр от синфазных помех



Фильтр пропускает противофазные сигналы (несущие полезную информацию), отражает (не пропускает) синфазные сигналы и помехи. Пример такой помехи – высоковольтный электростатический разряд, сигнал с тактовой частотой процессора или блока питания, и т.д.



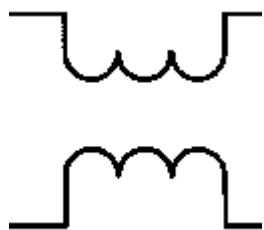
Точками на схеме помечены начала обмоток



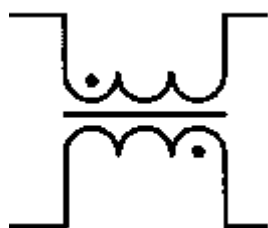
Устройство на ферритовом кольце для развязки приборов от импульсных синфазных помех по заземлению, измерительным и питающим проводам.

1 – ферритовое кольцо, 2 – измерительные, питающие и заземляющие провода, собранные в жгут

Фильтр от противофазных помех

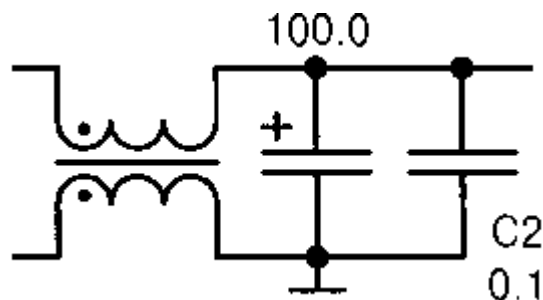


Вариант с
раздельными
индуктивностями

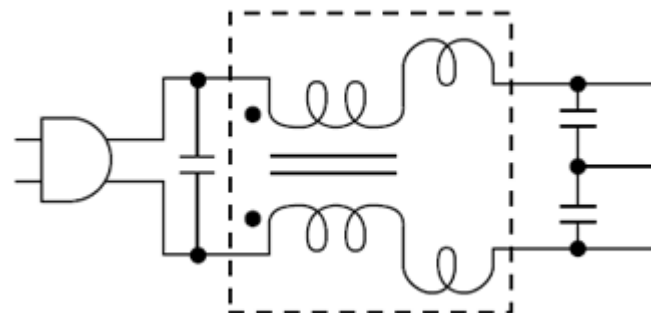


Более эффективный
фильтр на одном
сердечнике

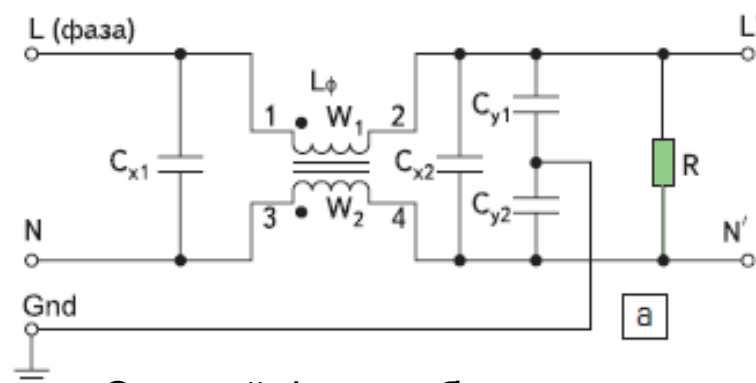
Точками на схеме
помечены начала
обмоток



Емкостный фильтр
противофазной
помехи, включенный
после синфазного
фильтра

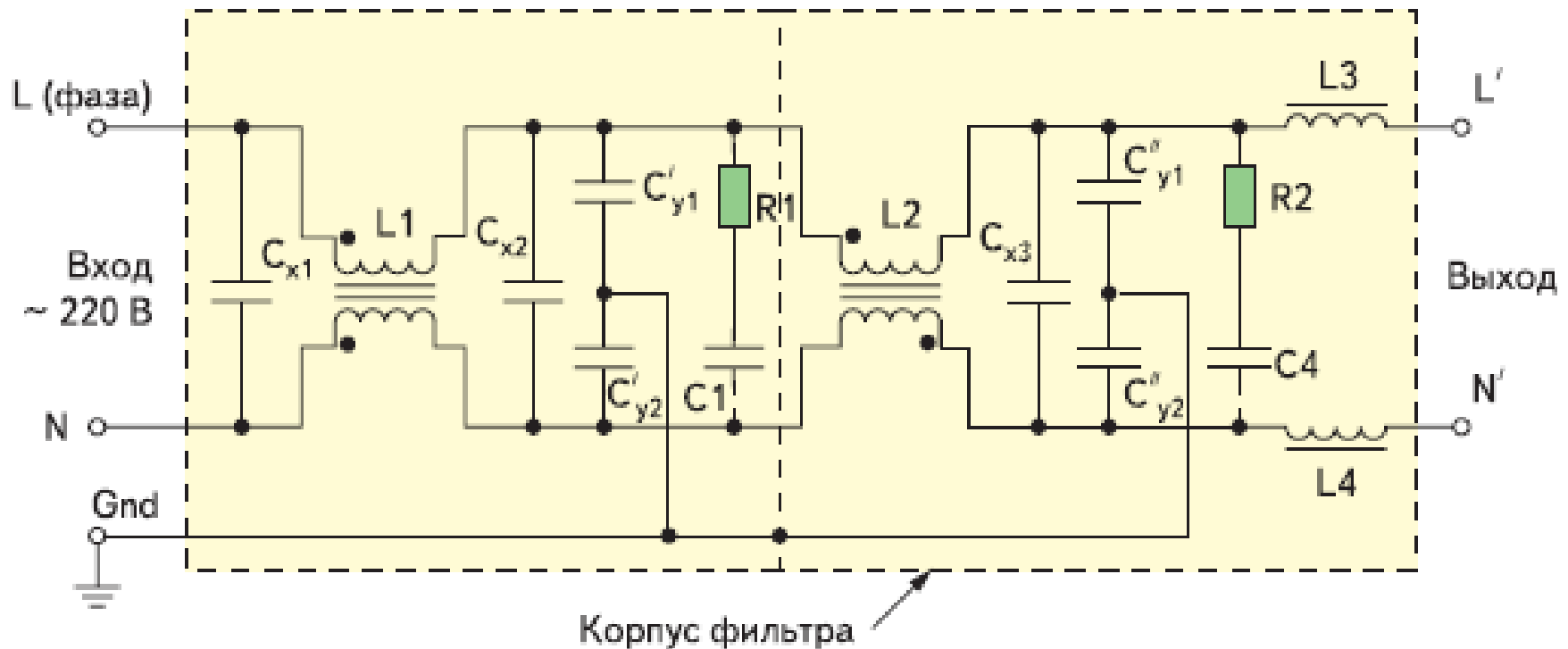


Первая катушка подавляет
синфазные помехи, вторая
– дифференциальные



Сетевой фильтр блока питания

Двухзвенный сетевой фильтр помех с улучшенными параметрами



$$L_1 = (3,5+3,5) \text{ мГн}; \quad L_2 (5+5) \text{ мГн}; \quad L_3 = L_4 = 5...10 \text{ мкГн}$$

$$C_{x1} = C_{x3} = C_{x3} = 0,33 \text{ мкФ}; \quad C_1 = C_2 = 0,22 \text{ мкФ} \quad (\text{все } \sim 250\text{В эфф})$$

$$C_{y(i)} = C'_{y1} = C''_{y1} = C'_{y2} = C''_{y2} = 4,7 \text{ нФ} (3 \text{ кВ})$$

Если прибор не заземлять, на его корпусе будет половина напряжения сети (110 В) !!

Спасибо за внимание!

Вопросы есть?

