**4** **СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ**

**Сглаживаюшими** считают фильтры, пропускающие с малым ослаблением постоянную составляющую и с большим ослаблением переменную составляющую.

Качество сглаживающего фильтра (СФ) характеризуется следующими величинами:

 (4.1)

 (4.2)

Коэффициент сглаживания:

 (4.3)

Коэффициент сглаживания учитывает подавление пульсаций и передачу постоянной составляющей U.

Для устройств, беспрепятственно передающих постоянную составляющую, коэффициент сглаживания – это деление пульсаций между нагрузкой и фильтром (при этом считается, что ).

 - коэффициент деления (4.4)

При расчёте коэффициентата сглаживания применяются различные определения коэффициента пульсаций. Интенсивность пульсации оценивают различными способами – вычисляют:

- действующее значение U;

- амплитуду ;

- значение ;

 (4.5)

По частотному составу различают:

- низкочастотную пульсацию (<300Гц)

- высокочастотную пульсацию (>300Гц).

Применяются разнообразные фильтры:

1. по принципу действия:

а) пассивные

б) активные

1. по степени сложности:

а) простые (однозвенные)

б) сложные (многозвенные или резонансные);

1. по виду элементов:

а) LC-фильтры

б) RC-фильтры.

При проектировании фильтров как и при проектировании других электронных систем и устройств используются общесистемные критерии оптимальности:

- минимальная стоимость;

- минимальная масса;

- минимальные габариты;

Минимизация сводится к минимизации суммарной ёмкости и индуктивности.

**4.1 Пассивные сглаживающие фильтры.**

Строится на индуктивностях, емкостях, сочетаниях активных сопротивлений и емкостей.

4.1.1 L-фильтры

Простейший пассивный фильтр: L-фильтр.

Для него справедливы следующие соотношения:

 (4.6)

 (4.7)

 (4.8)

 (4.9)

4.2.1 С-фильтр

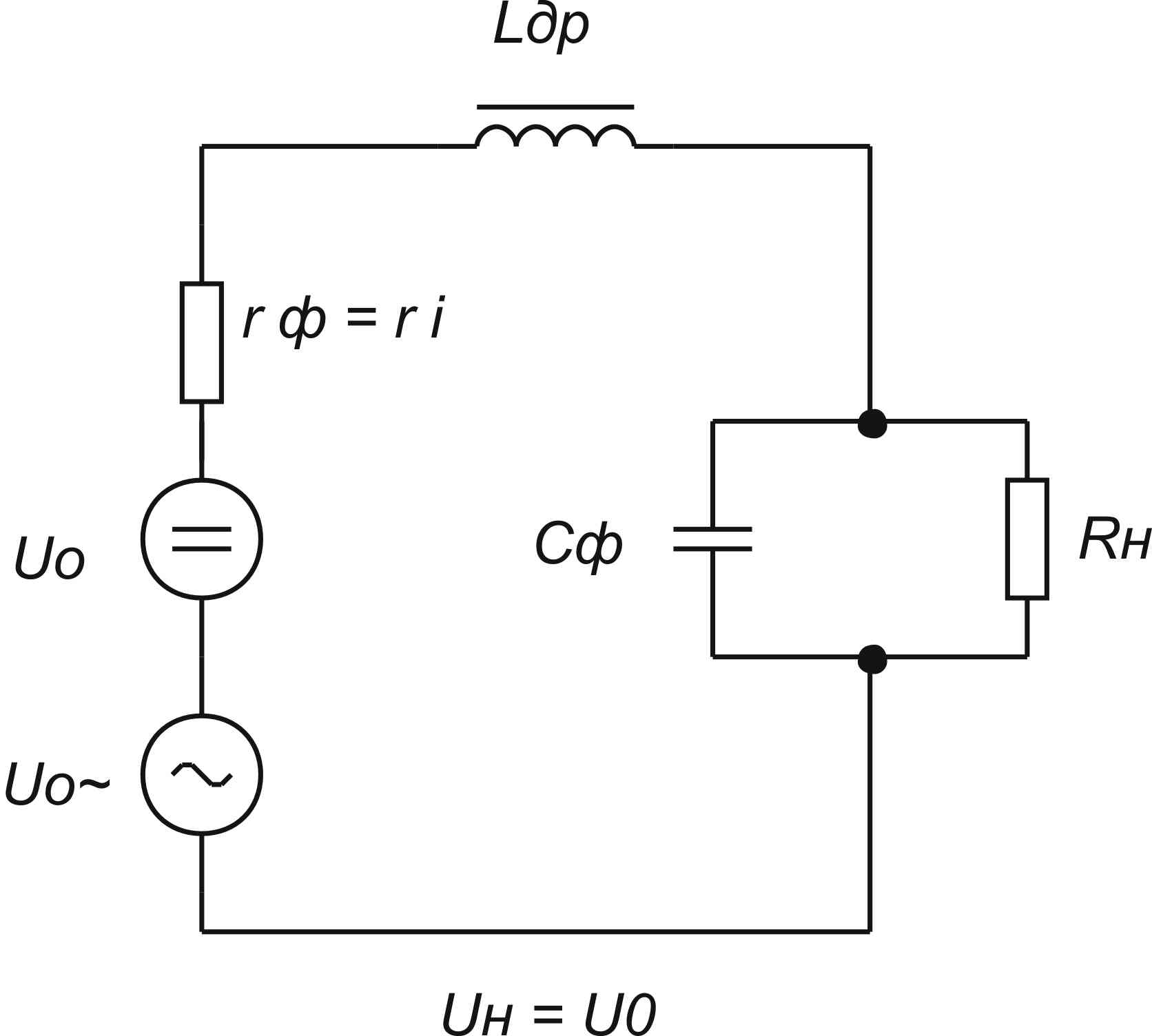


Рис. 4.1

Для него справедливы следующие соотношения:

 (4.10)

 (4.11)

 (4.12)

 (4.13)

Из формулы (4.13) следует, что С-фильтр эффективен в выпрямителях с малым количеством m импульсов за период выпрямленного напряжения и в устройствах с малым током нагрузки, т.о. область применения С-фильтра противоположна применению L-фильтра.

При необходимости достижения повышенного коэффициента сглаживания, применяют LC-фильтры.

4.1.3 LС-фильтры.

LC-фильтры могут быть:

- однозвенные;

- Г-образные;

- П-образные;

- многозвенные;

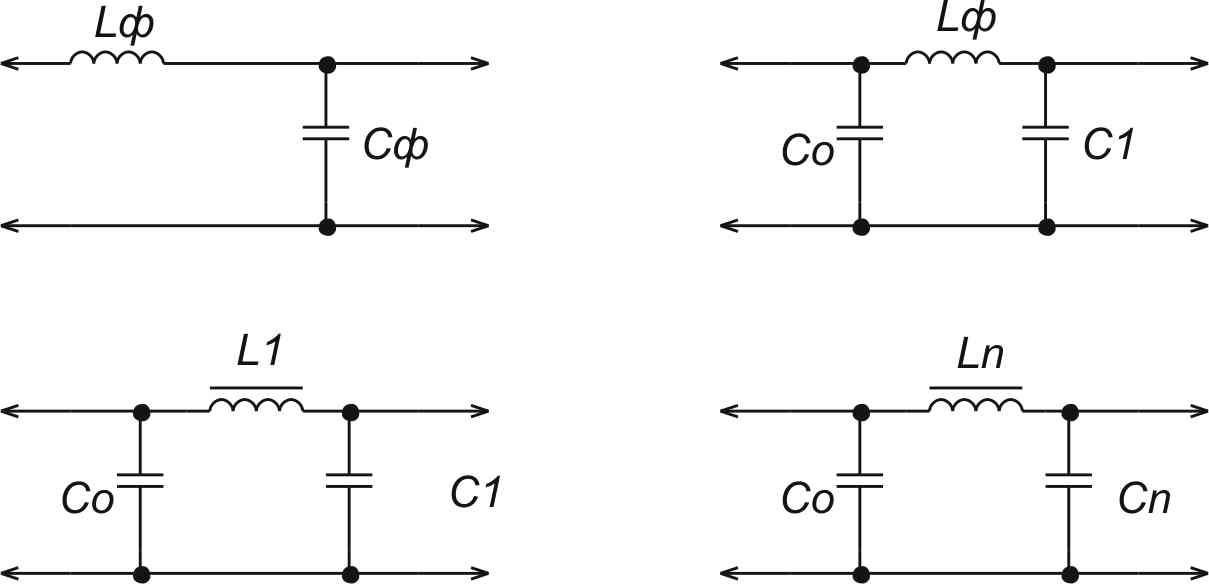


Рис. 4.2

Для Г-образных фильтров:

 (4.14)

В данном случае, в отличие от случая использования L- или C-фильтров по заданному коэффициенту сглаживания непосредственно рассчитать необходимые значения L и C, пользуясь формулой для  не удаётся, но может быть определено следующее:

 (4.15)

П-образные LC-фильтры можно рассматривать как последовательность включения простого С-фильтра и Г-образного LC-фильтра.

 (4.16)

Для многозвенного LC-фильтра:

 (4.17)

В теории фильтров показано, что если зафиксировано дозволенное значение суммарной индуктивности и суммарной емкости фильтра, то максимальное значение коэффициента сглаживания в многозвенном фильтре достигается при одинаковых индуктивностях и емкостях в каждом звене.

Количество звеньев многозвенных фильтров выбирается исходя из критерия оптимальности. Фильтры с минимальной стоимостью содержат иное количество звеньев, чем фильтры с минимальными массой и габаритами.

Коэффициент сглаживания можно повысить, используя резонансное явление и основанный на нем LC-фильтр.

4.1.4 Резонансные LС-фильтры.

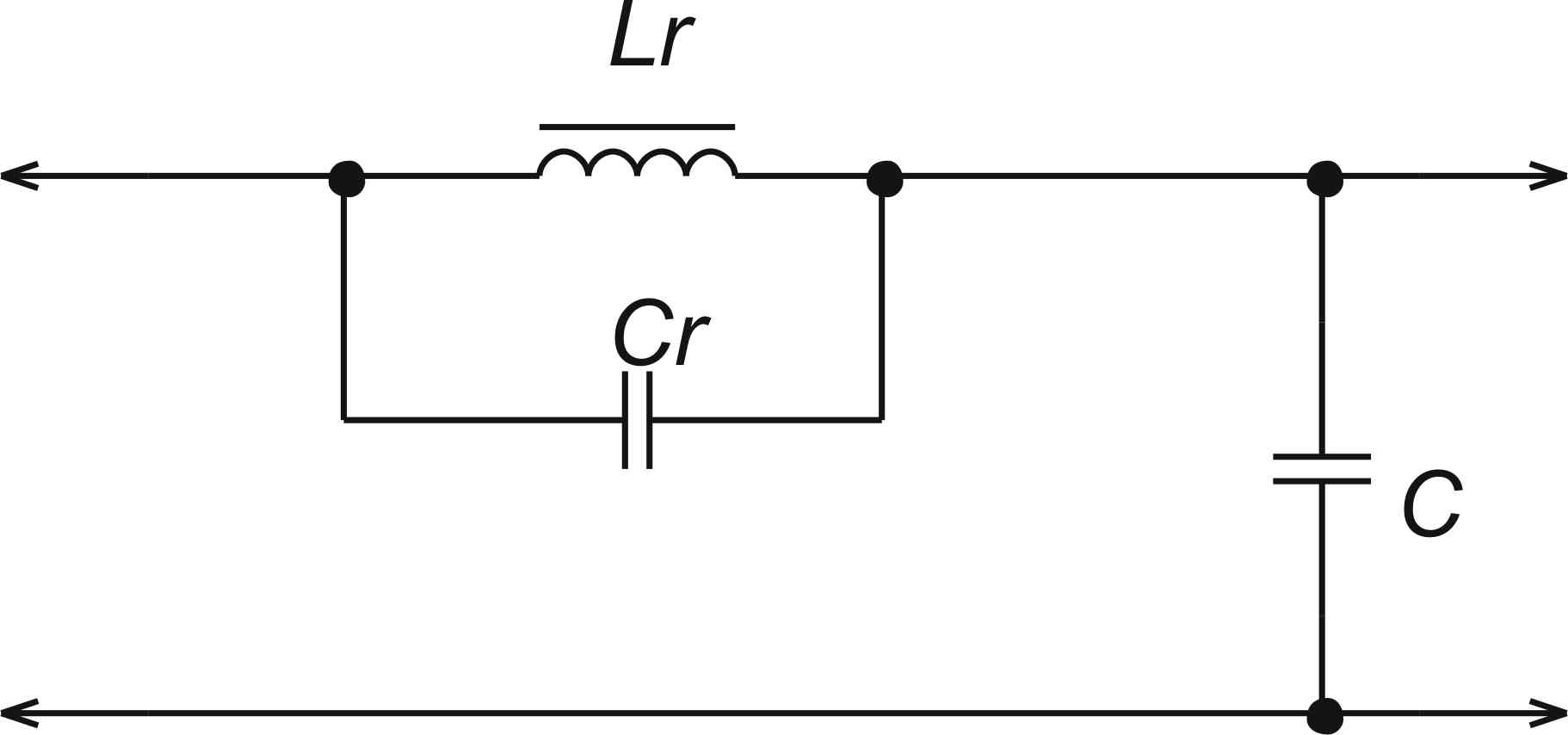


Рис. 4.3

 (4.18)

 (4.19)

 (4.20)

, (4.21)

где

Возможна схема с использованием последовательного резонанса (рис. 4.4).

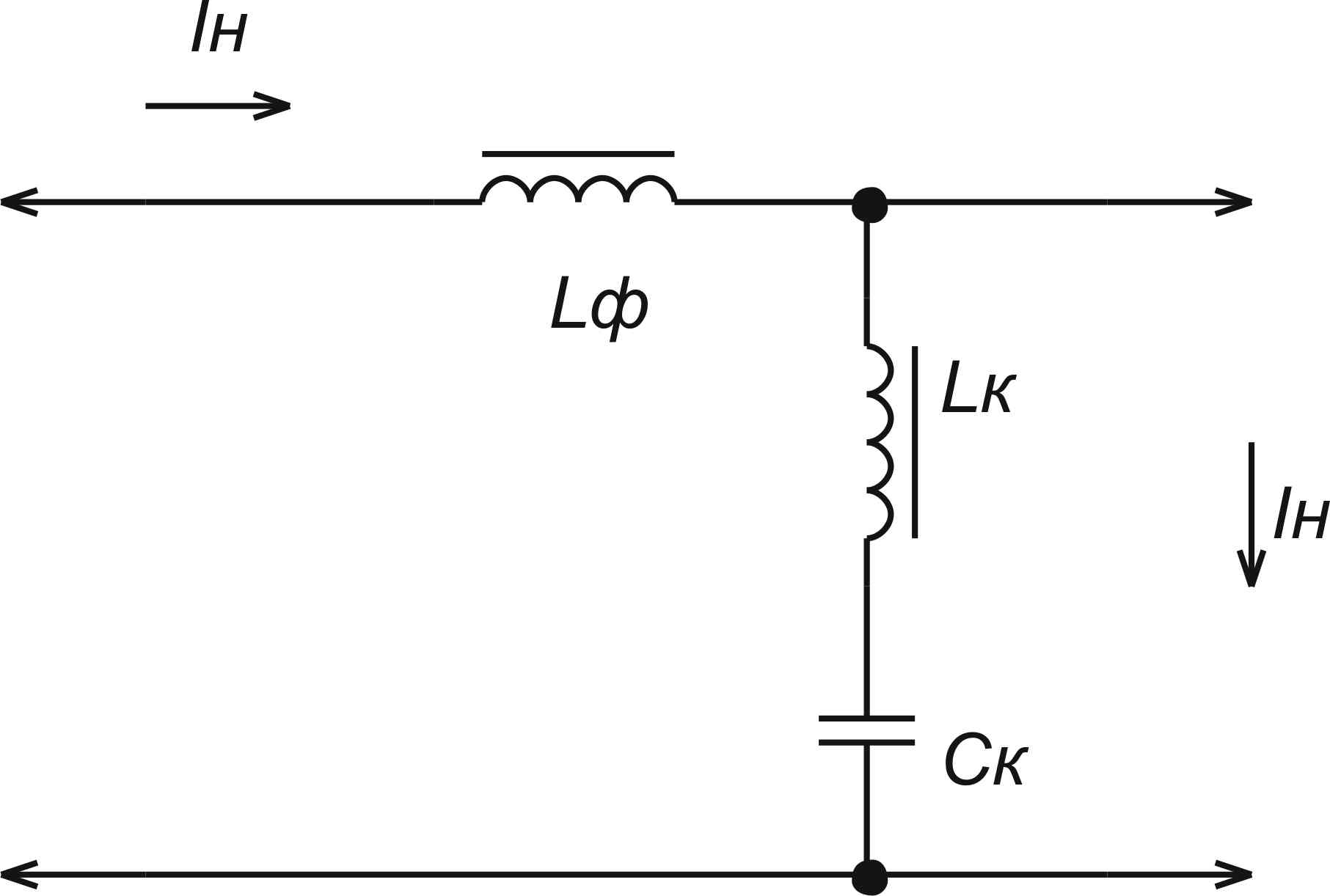


Рис. 4.4

 (4.22)

 (4.23)

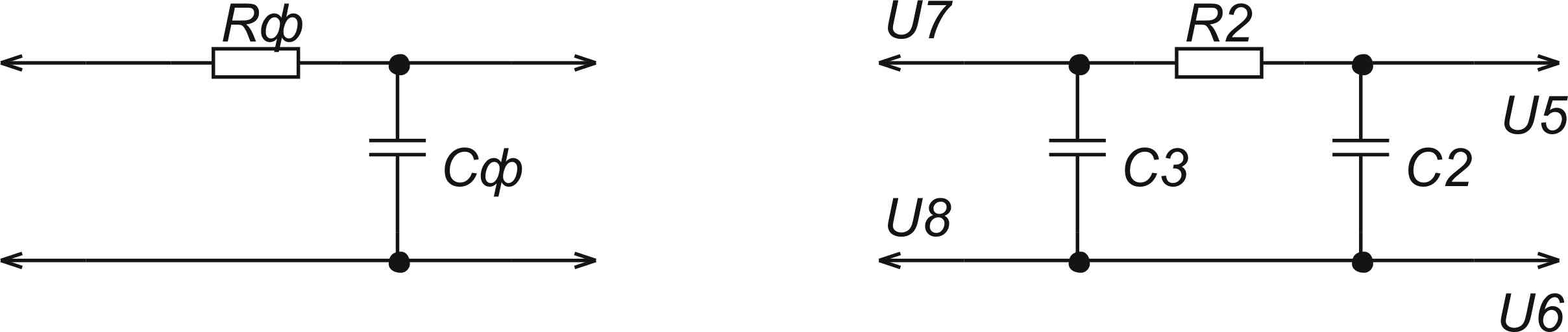
Использование резонансных LC-фильтров позволяет в 2-3 раза увеличить коэффициент сглаживания против LC-фильтров со сравнительными затратами.

Однако резонансные фильтры сложны в настройке и могут расстроится из-за старения элементов, за счет изменения тока I подмагничивания дросселя.

С использованием реактивностей могут быть построены и фильтры с компенсацией переменной составляющей.

Недостатки: значительные масса и габариты, обусловленные в основном конструктивными особенностями L (дросселя). Поэтому в маломощных выпрямителях со слабым током нагрузки  широко применяются RC-фильтры.

4.1.5 RC сглаживающие фильтры.



а) б)

Рис. 4.5

 (4.24)

RC-фильтры в своем схемном очертании и аналитическом описании во многом подобны соответствующим LC-фильтрам.

Достоинства:

-простота;

-малые габариты.

Недостаток: невозможность использования в цепях с большими токами из-за недопустимых падений напряжения на сопротивлении фильтра, действующих при больших токах нагрузки .

Общий недостаток LC- и RC-фильтров является трудность получения больших коэффициентов сглаживания.

Значительный коэффициент сглаживания обеспечивают активные сглаживающие фильтры.

**4.2 Активные сглаживающие фильтры.**

Активные фильтры строятся с использованием электронных ламп по 2 схемам:

- с последовательным включением регулировочного элемента (РЭ);

- с параллельным включением РЭ;

Рассмотрим полупроводниковые варианты таких фильтров.

4.2.1 Транзисторный активный сглаживающий фильтр с последовательным включением РЭ.

Работа фильтра основана на том, что промежуток коллектор-эмиттер имеет большое сопротивление для переменного тока, или сравнительно небольшое для постоянного, задаваемого рабочей точкой (током базы). Для уменьшения проникновения пульсации в управляющую сеть базы, фильтр R-базы С-фильтра можно усложнить (добавить  с ). Кроме этого, вместо VT можно использовать схему РЭ, чтобы уменьшить ток I по сопротивлению .

 (4.25)

Недостаток: необходимость пропускания мощного тока нагрузки  через VT.

Данный недостаток исключает VT-фильтр с параллельным включением РЭ.

4.2.2 Транзисторный активный сглаживающий фильтр с параллельным включением РЭ.

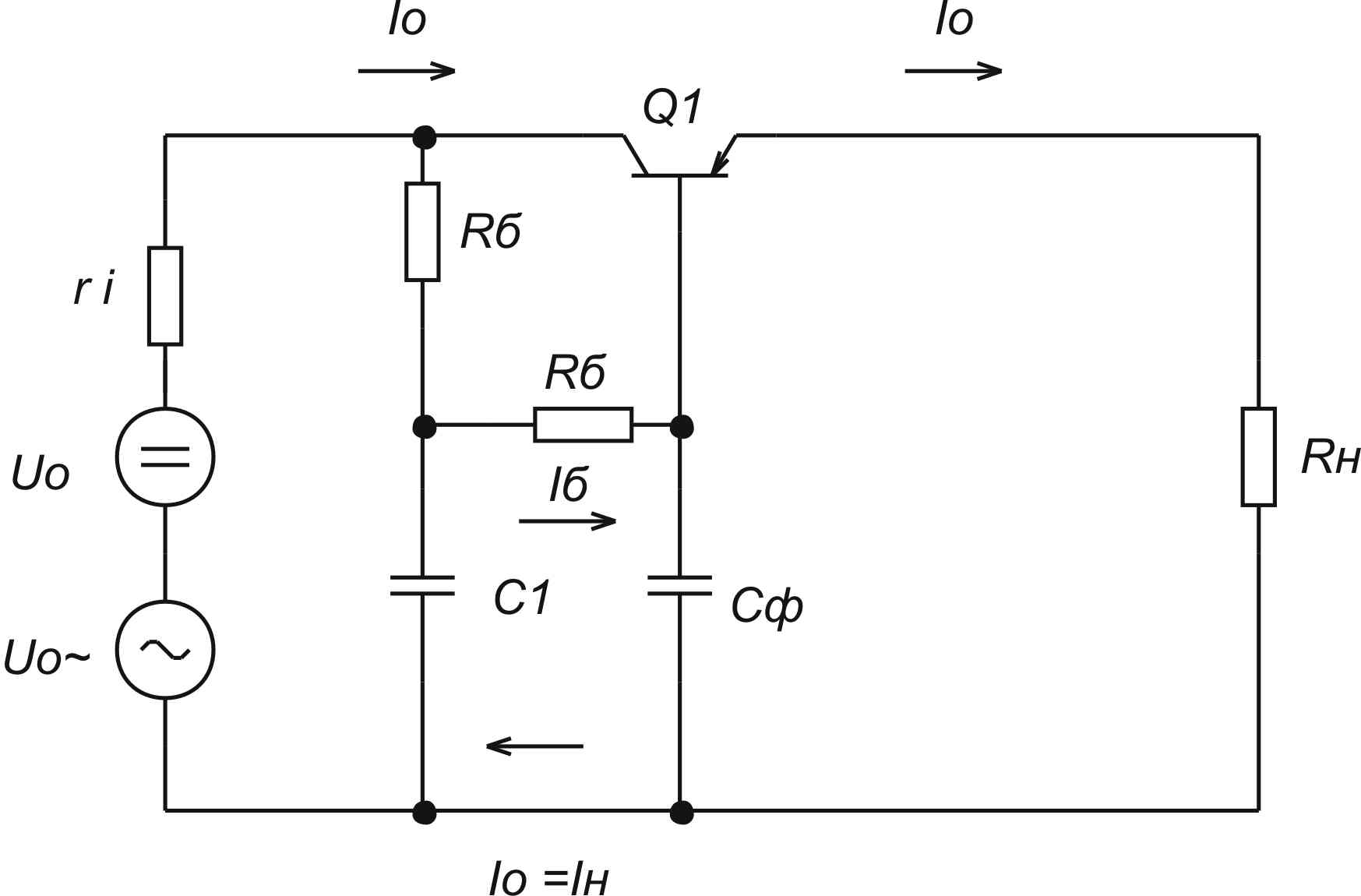


Рис. 4.6

Схема с последовательным включением (по отношению к нагрузке) VT предъявляет высокие требования к пропускной способности этого VT по току. Кроме того на VT рассеивается значительная мощность, что снижает КПД устройства.

В схеме с параллельным включением VT, этот VT может быть маломощным, но на добавочном сопротивлении при больших токах нагрузки  действует значительное падение напряжения и потери мощности.

Схема с параллельным включением VT предпочтительнее в маломощных устройствах и при импульсном потреблении энергии.

Недостаток: трудность обеспечения значительных мощностей.

В технической электронике во многих случаях требуется регулируемое выходное напряжение источника питания (или ток). Кроме того, из-за нестабильности (непостоянства) напряжения U первичного источника питания меняется и U ИВЭП, что может оказаться для потребителя неприемлемо. В этих случаях оказывается целесообразным регулировать и стабилизировать U и I ИВЭП.