

Электропитание систем связи

**Лекция 3**

Нетикова Л.И.

**УМНОЖИТЕЛИ  
НАПРЯЖЕНИЯ**



## Тема: Умножители напряжения

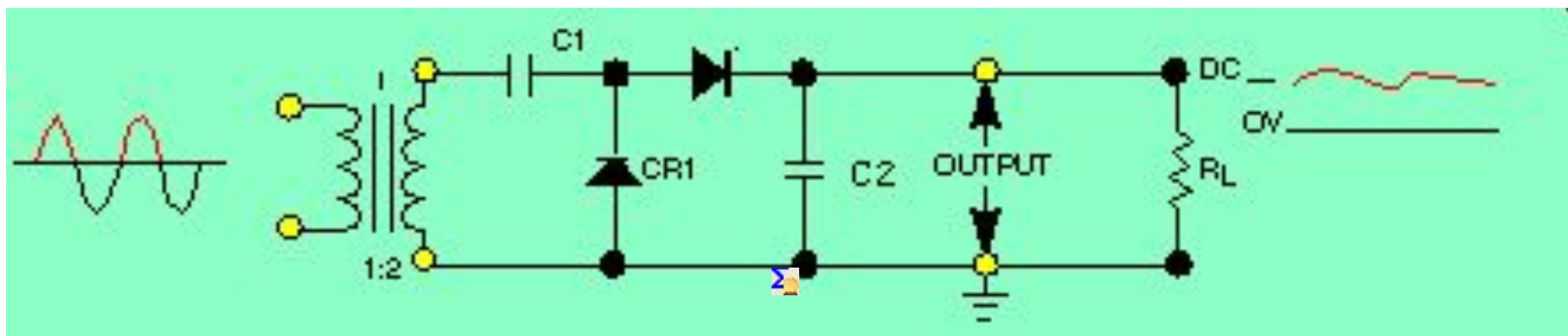
**Цель лекции** – изучить основные схемы умножителей, применяемые для источников электрического питания (ИЭП) устройств электросвязи

### **Содержание:**

- Классификация умножителей напряжения
- Симметричный умножитель - схема Латура
- Несимметричный умножитель 1-го рода (НУН-1)
- Несимметричный умножитель 2-го рода (НУН-2) схема 1
- Несимметричный умножитель 2-го рода (НУН-2) схема 2

**Умножителем напряжения** называется выпрямительное устройство, в котором с помощью диодно–емкостных ячеек формируется постоянное напряжение

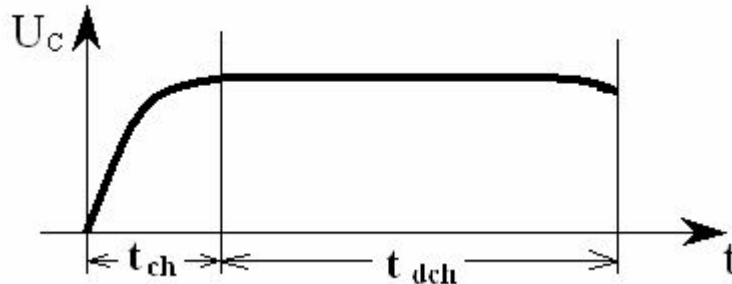
$$U_0 = n \cdot U_{2\max} \qquad U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$



### Умножители напряжения

- 1 Симметричные (Схема Латура)
- 2 Несимметричные:
  - несимметричные умножители 1-го рода (параллельные умножители НУН-1)
  - несимметричные умножители 2-го рода (последовательные умножители НУН-2)
- 3 Сверхвысоковольтные генераторы (генераторы Маркса)

## Электролитический конденсатор

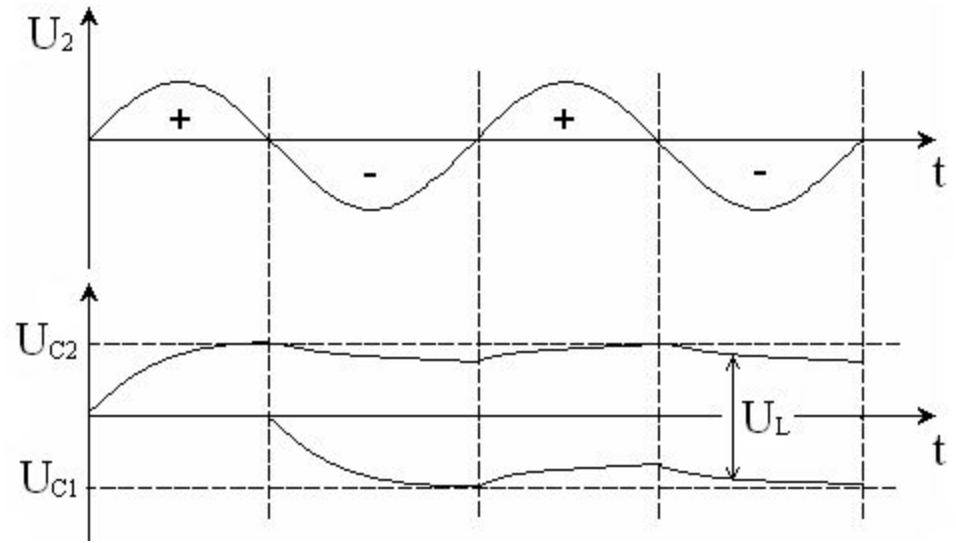
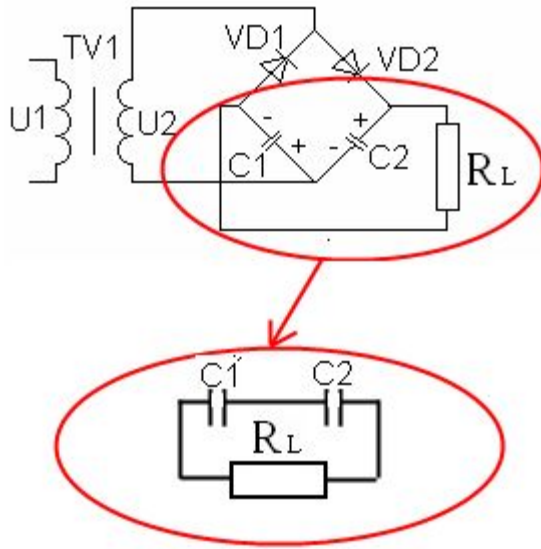


Конденсатор — двухполюсник с определённым значением ёмкости и малой омической проводимостью; **устройство для накопления энергии электрического поля**

Конденсатор в цепи постоянного тока может проводить ток в момент включения его в цепь (происходит заряд или перезаряд конденсатора), по окончании переходного процесса ток через конденсатор не течёт, так как его обкладки разделены диэлектриком. В цепи же переменного тока он проводит колебания переменного тока посредством циклической перезарядки конденсатора, замыкаясь так называемым током смещения.

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

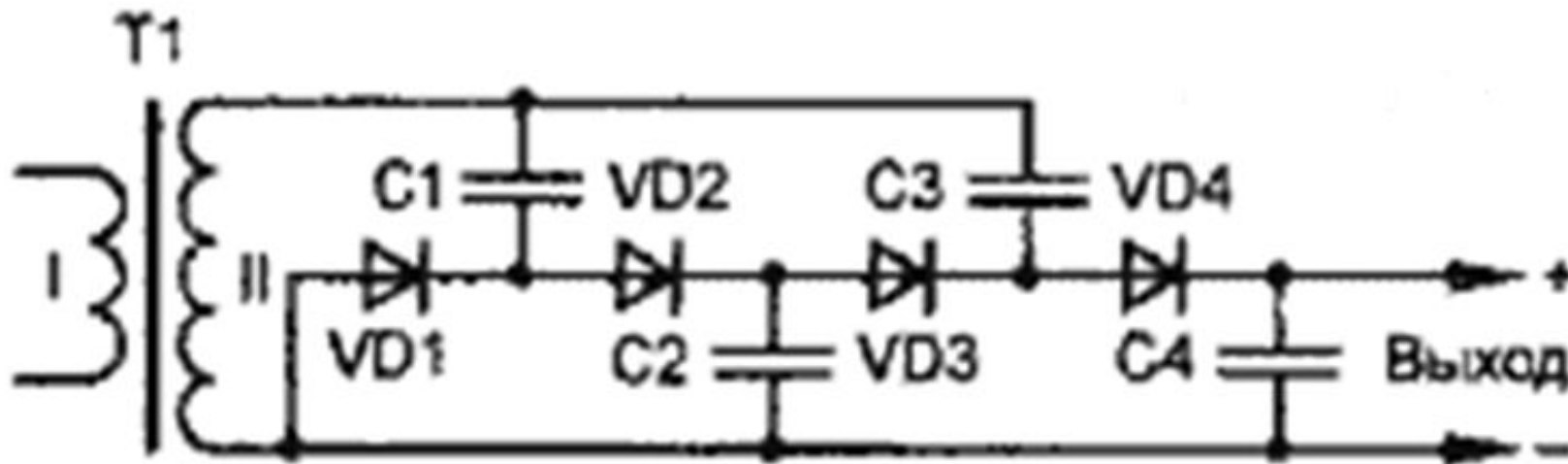
## Схема Латура



$VD_1 = VD_2$   
 $C_1 = C_2$   
 $C_1 = U_{2m}$

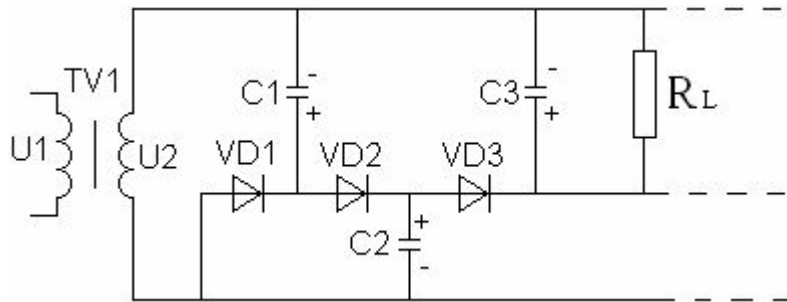
$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

$$f_n = 2f_c$$



**Параллельные умножители** напряжения, для которых требуется меньшая емкость конденсатора на ступень умножения.

Наиболее часто применяют последовательные умножители. Они более универсальны, напряжение на диодах и конденсаторах распределены равномерно, можно реализовать большее число ступеней умножения. Имеют свои достоинства и параллельные умножители. Однако такой их недостаток, как увеличение напряжения на конденсаторах с увеличением числа ступеней умножения, ограничивает их применение до выходного напряжения примерно 20 кВ.



Несимметричный умножитель 1-го рода (НУН-1)

$$C1 = U_{2m}$$

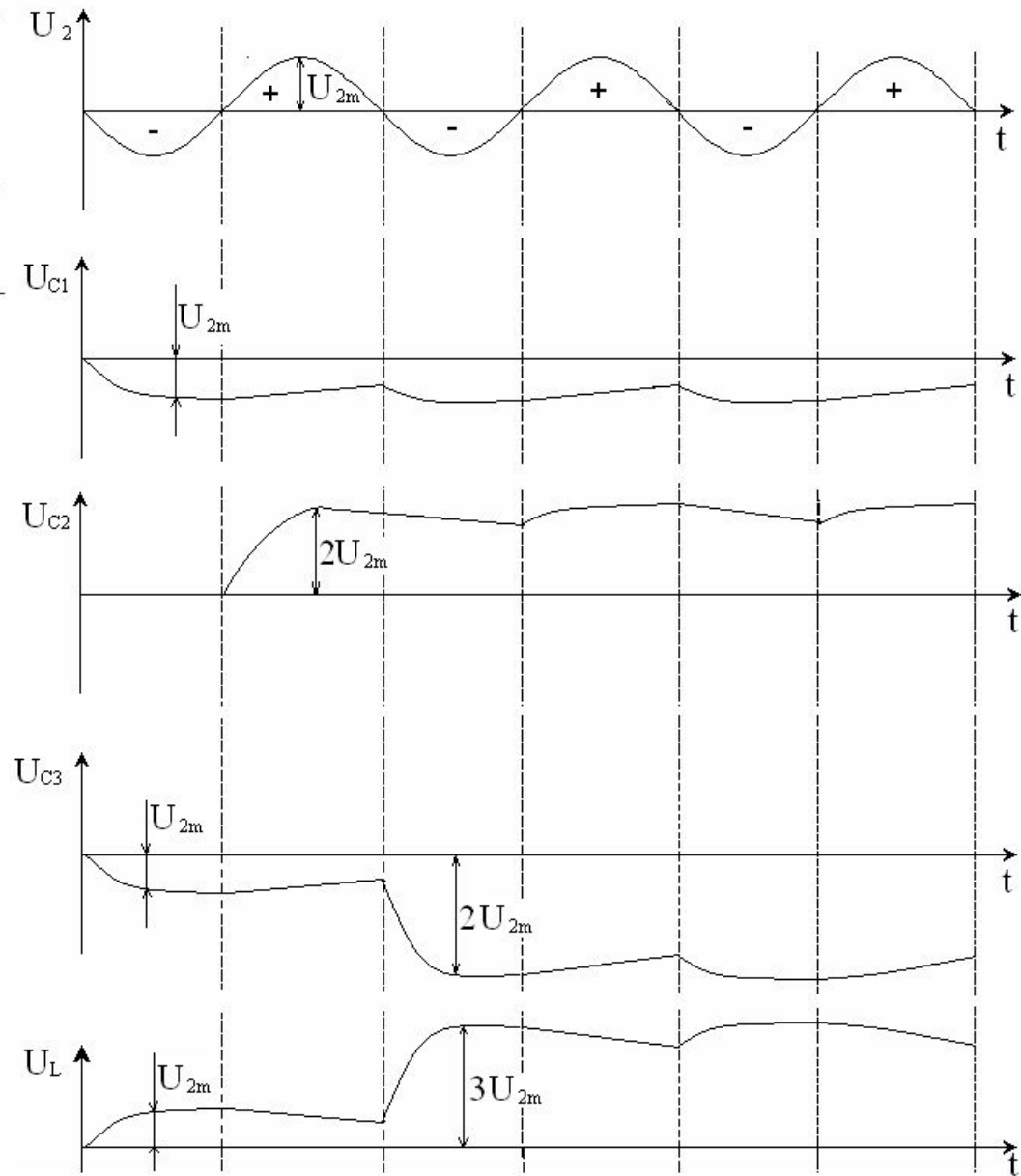
$$C2 = 2U_{2m}$$

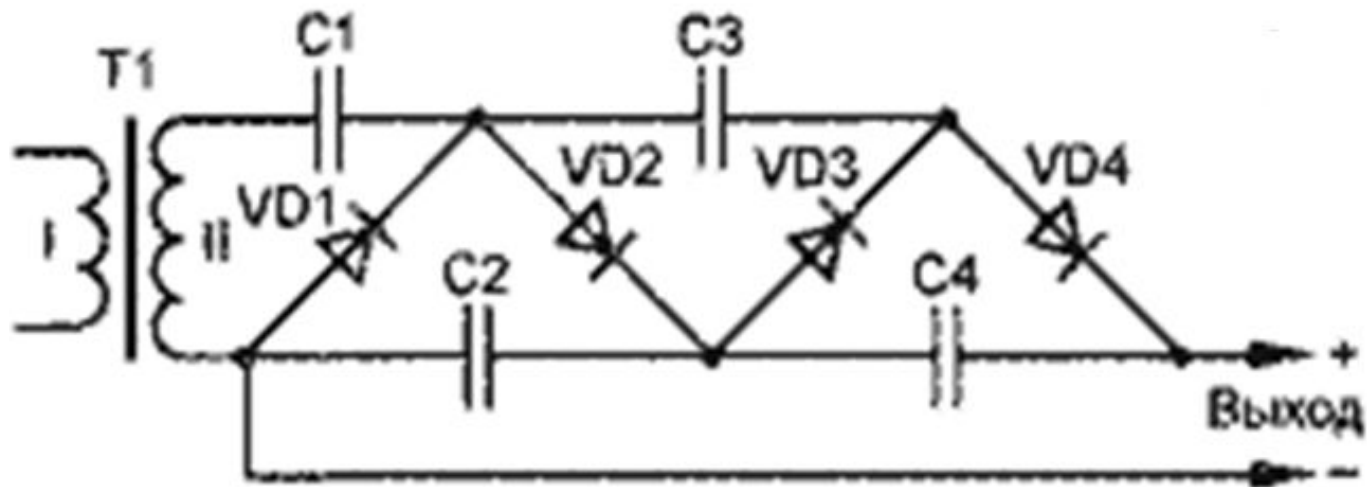
$$C3 = 3U_{2m}$$

$$C4 = 4U_{2m}$$

$$U_L \leq 10 \cdot U_{2\max}$$

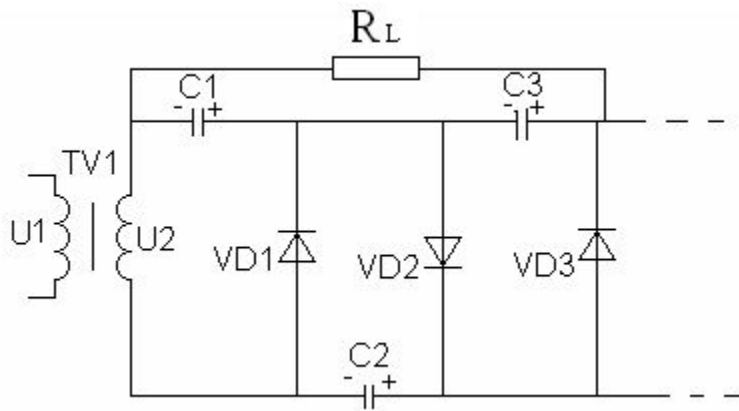
$$f_n = f_c$$





Во время действия отрицательного полупериода напряжения конденсатор  $C1$  заряжается через открытый диод  $VD1$  до амплитудного значения приложенного напряжения  $U_a$ . Когда к входу умножителя приложено напряжение положительного полупериода, конденсатор  $C2$  через открытый диод  $VD2$  заряжается до напряжения  $2U_a$ . Во время следующего этапа - отрицательного полупериода - через диод  $VD3$  до напряжения  $2U_a$  заряжается конденсатор  $C3$ . И, наконец, при очередном положительном полупериоде до напряжения  $2U_a$  заряжается конденсатор  $C4$ . Очевидно, что запуск умножителя происходит за несколько периодов переменного напряжения. Постоянное выходное напряжение складывается из напряжений на последовательно включенных и постоянно подзаряжаемых конденсаторах  $C2$  и  $C4$  и составляет  $4U_a$ . Изображенный на рисунке умножитель относится к **последовательным умножителям**.



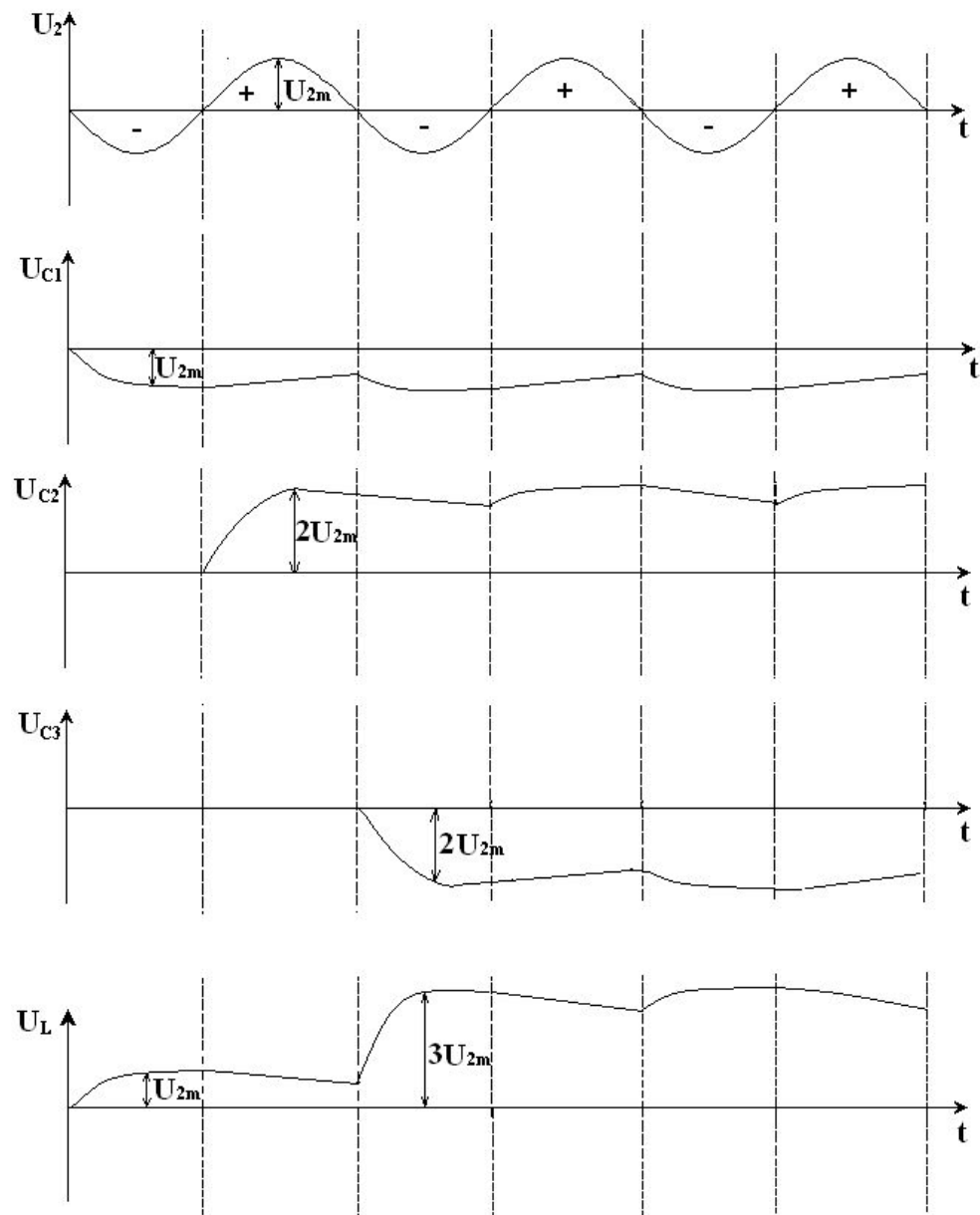


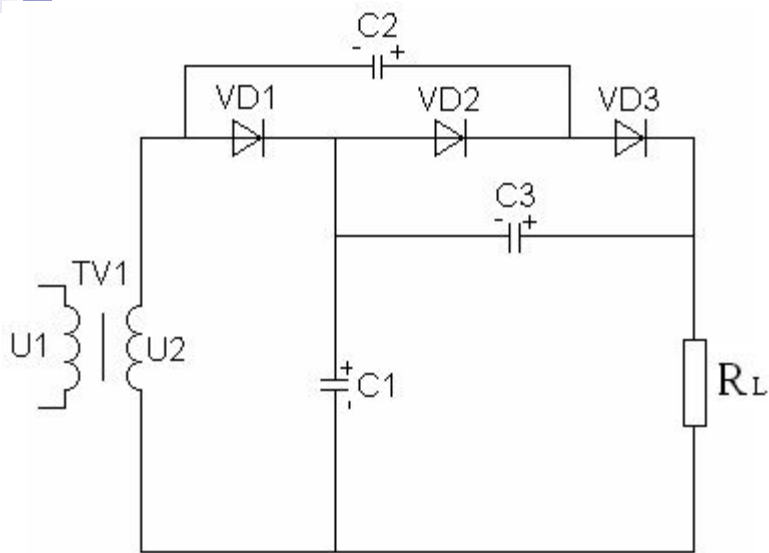
Несимметричный умножитель 2-го рода (НУН-2) схема 1

$$C1 = U_{2m}$$

$$C2 = C3 = \dots = Cn = 2 \cdot U_{2max}$$

$$f_n = f_c$$

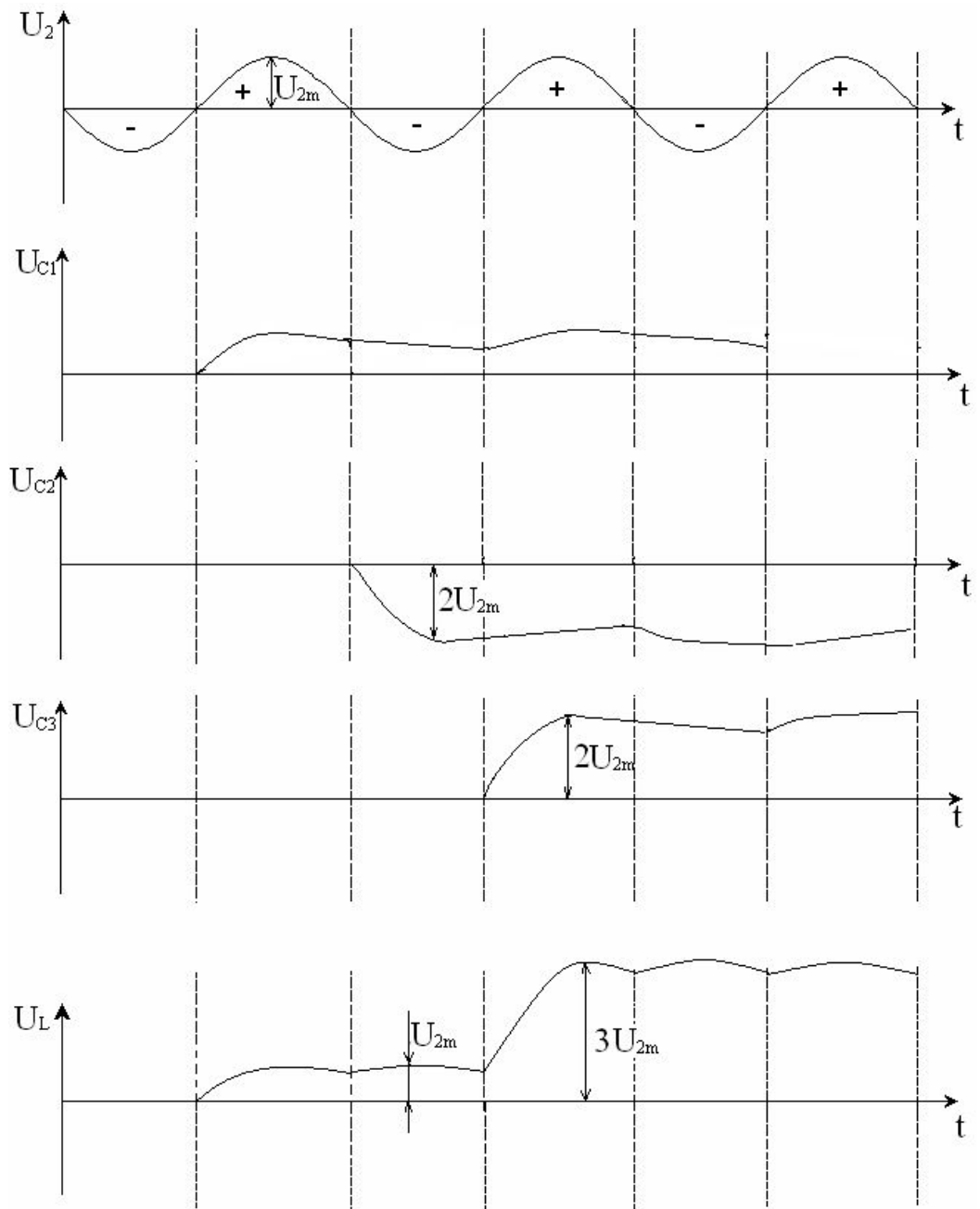





Несимметричный умножитель 2-го рода (НУН-2) схема 2

$$C1 = U_{2m} \quad C2, C3 = 2U_{2m}$$

$$f_n = f_c$$





При практической реализации умножителя следует уделить особое внимание выбору его элементов, их размещению и изоляционным материалам. Конструкция должна обеспечивать **надежную изоляцию** во избежание возникновения коронного разряда, который снижает надежность умножителя, приводит к выходу его из строя. Если требуется изменить полярность выходного напряжения, полярность включения диодов следует изменить на обратную.

## Выводы

- В умножителях напряжения с чётным числом диодно-емкостных ячеек отсутствует подмагничивание сердечника силового трансформатора, поэтому их можно включать в сеть без трансформатора.
- Во всех схемах умножителей напряжения обратное напряжение на вентилях диодно-емкостных ячеек равно двойному значению амплитуды входного переменного напряжения.
- С помощью диодно-емкостных ячеек возможно умножение напряжения путём передачи запасённой конденсатором энергии от ячейки к ячейке с наращиванием потенциала либо путём заряда последовательно включённых конденсаторов до двойного напряжения.

## Контрольные вопросы

1. Способы получения повышенного напряжения.
2. Классификация умножителей напряжения.
3. Схема Латура. Особенности работы схемы.
4. Причины, которые могут привести к появлению в схеме Латура пульсаций, равных частоте сети.
5. Схемы НУН-1, НУН-2. Особенности работы схем.
6. Чему равна частота пульсаций на нагрузке несимметричных схем умножения напряжения?
7. Чему равно обратное напряжение на вентилях в несимметричном умножителе напряжения первого рода?
8. Можно ли несимметричные умножители напряжения включать в сеть без силового трансформатора?
9. Какие требования предъявляют к конденсаторам несимметричных умножителей напряжения?

## Подмагничивание сердечника силового трансформатора

Подмагничивание происходит ПОСТОЯННОЙ составляющей во вторичной обмотке, т.е к переменному току добавляют (а в случае с первичной обмоткой вычитают) постоянный ток.

Принцип трансформации основан на переменном магнитном поле, сцепленном с витками катушки. Сердечник трансформатора - металл ферромагнетик служит проводником магнитного потока. Все ферромагнетики имеют доменную структуру, домен - маленький "магнитик" в составе кристаллической решетки металла. Домен имеет южный и северный магнитные полюса и выстраивается в металле по внешнему магнитному полю.

В переменном магнитном потоке (симметричном, синусоидальном) домены вращаются с частотой тока в намагничивающей обмотке, грубо говоря сначала все разворачиваются "на юг" (при положительно полуволне в обмотке), а потом "на север" (при отрицательной полуволне).

При появлении постоянной составляющей, домены перестают до конца поворачиваться на север (или на юг в зависимости от знака тока). Получается, что амплитуда колебаний магнитного потока падает (домены вращаются не на 180 градусов, а на меньший угол), трансформатор входит в насыщение.

ЭДС генерируемая во вторичной обмотке:  $E = 4,44Fw\Phi$ ,  
где  $F$  - частота в Гц,  $w$  - число витков в катушке вторичной обмотки, а  $\Phi$  - магнитный поток в сердечнике.

Т.е. при снижении потока падает и ЭДС, а для обеспечения повышенного потока следует увеличить ток в намагничивающей обмотке.

В схемах выпрямления с чётным значением коэффициента фазности  $m_2$  отсутствует подмагничивание сердечника силового трансформатора, так как в фазных обмотках выпрямленные токи текут в противоположных направлениях.