ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

# Лекция 6. Трёхфазные электрические цепи

## 6.1. Принцип трёхфазной системы

Трёхфазная система — это три синусоидальных ЭДС одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутых друг относительно друга на 120°. Получается от трёхфазного генератора с тремя обмотками на статоре.

$$e_A = E_m \sin(\omega t)$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120°)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240°)$$

Преимущества: экономия проводникового материала, возможность получить вращающееся магнитное поле (основа работы двигателей), два напряжения в одной системе (линейное и фазное).

## 6.2. Соединение звездой

При соединении звездой концы трёх обмоток (фаз) соединяются в общую точку — нейтраль (ноль). Начала обмоток (A, B, C) подключаются к линейным проводам.

| **Параметр** | **Соотношение** |
|---|---|
| Фазное напряжение U_ф | напряжение между началом фазы и нейтралью |
| Линейное напряжение U_л | напряжение между двумя линейными проводами |
| Связь | U_л = √3 × U_ф ≈ 1,73 × U_ф |
| Токи (симметричная нагрузка) | I_л = I_ф |
| Ток в нейтральном проводе | I_N = 0 (при симметричной нагрузке) |

*⚠ Стандартные напряжения: U_ф = 220 В, U_л = 380 В. Или U_ф = 230 В, U_л = 400 В (по новому стандарту).*

## 6.3. Соединение треугольником

При соединении треугольником конец каждой обмотки соединяется с началом следующей, образуя замкнутый контур. Линейные провода подключаются к вершинам треугольника.

| **Параметр** | **Соотношение** |
|---|---|
| Напряжения | U_л = U_ф (одинаковы) |
| Токи (симметричная нагрузка) | I_л = √3 × I_ф ≈ 1,73 × I_ф |
| Нейтраль | отсутствует |

## 6.4. Нейтральный (нулевой) провод

При несимметричной нагрузке в соединении звездой токи в фазах различны. Без нейтрального провода появляется «перекос фаз» — напряжения на фазах становятся неравными, что опасно для потребителей.

- С нейтральным проводом: напряжения на каждой фазе остаются равными фазному, ток нейтрали равен сумме фазных токов (векторно).
- Без нейтрального провода: при несимметрии напряжения перекашиваются. Применяется только для симметричной нагрузки (двигатели).

*⚠ В бытовых сетях нейтральный провод обязателен. Его обрыв — серьёзная авария: на одной фазе напряжение может возрасти до линейного (380 В) и сжечь технику.*

## 6.5. Мощность трёхфазной цепи

Активная мощность при симметричной нагрузке:

$$P = \sqrt{3} \times U_л \times I_л \times \cos\varphi \quad [Вт]$$

Реактивная мощность:

$$Q = \sqrt{3} \times U_л \times I_л \times \sin\varphi \quad [вар]$$

Полная мощность:

$$S = \sqrt{3} \times U_л \times I_л \quad [ВА]$$

При несимметричной нагрузке мощность каждой фазы считается отдельно: P = P_A + P_B + P_C.

## 6.6. Вращающееся магнитное поле

Три обмотки, сдвинутые в пространстве на 120° и питаемые трёхфазным током, создают вращающееся магнитное поле. Это фундамент работы трёхфазных асинхронных двигателей. Частота вращения поля (синхронная):

$$n_1 = 60 \times f / p, \text{ где } p \text{ — число пар полюсов, } f = 50 \text{ Гц}$$

| **p (пар полюсов)** | **$n_1$ (об/мин)** |
|---|---|
| 1 | 3000 |
| 2 | 1500 |
| 3 | 1000 |
| 4 | 750 |

## 6.7. Практика электромонтёра

- Бытовая сеть 380/220 В — это звезда с нейтралью. Между фазой и нулём — 220 В, между двумя фазами — 380 В.
- Обрыв нулевого провода в трёхфазной сети с несимметричной нагрузкой — причина сгорания бытовой техники.

- Двигатели соединяют звездой при высоком напряжении (660 В) или треугольником при низком (380 В). Переключение звезда/треугольник — способ пуска с понижением пускового тока.
- Проверка чередования фаз — важна для правильного направления вращения двигателя и работы трёхфазных счётчиков.