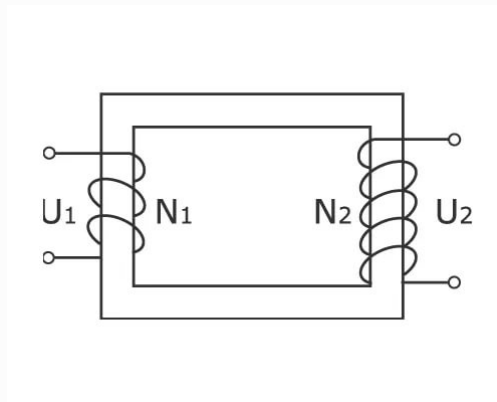


БИЛЕТ №30

ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Трансформаторы

Трансформатор — это устройство, которое позволяет "конвертировать" одно переменное напряжение в другое. Как правило, состоит из двух катушек, которые либо "вложены" друг в друга, либо расположены рядом, так чтобы магнитное поле для них было практически общим.

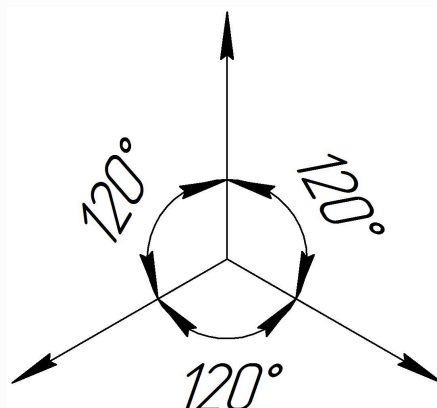


Для идеального трансформатора магнитное поле — общее, что является хорошим приближением, так как хороший сердечник увеличивает в тысячу раз магнитное поле, то есть, если в первой — N_1 витков, а во второй — N_2 , то поток:

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= N_1 BS \\ \Phi_2 &= N_2 BS \\ U_1 &= \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{N_1}{N_2} \frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{N_1}{N_2} U_2\end{aligned}\tag{1}$$

Для постоянных токов трансформаторы применять нельзя.

Трёхфазное напряжение



Для питания больших нагрузок выгодно подавать не два провода, а три (чем больше проводов, тем меньше ток, и следовательно, потери на проводах). Если мы подадим на каждый из проводов сигнал, каждый из которых будет смещен на 120° относительно других, то в сумме они на примерно одинаковых нагрузках будут всегда давать ноль. Пусть у нас напряжение одной фазы — U_0 . Можно ввести "напряжение между фазами", разница будет (из высоты) $\sqrt{3}U_0$, для розетки с реальным напряжением действующая разность — ~ 380 В.

Действующее напряжение

$$U_0 = \sqrt{2} \cdot 220 \text{ В} \approx 310 \text{ В} \quad (2)$$

$$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$I(t) = \frac{U(t)}{R} = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) / R$$

$$P(t) = I^2 \cdot R = \frac{U_0^2}{R} \cdot \cos^2(\omega \cdot t)$$

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_0^2}{R} = \frac{U_d^2}{R}, U_d = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

U_d вводят для удобства вычисления мощности плиты и утюга американскими домохозяйками, которые не знают, чему равно среднее значение квадрата косинуса (смотреть анекдот КМС-а «плюс константа»). Для розетки — $220\sqrt{2} \approx 310$ В.

True RMS vs. Non-True RMS

Существует несколько режимов вольтметра:

Первый называется «Переменное напряжение» и реализует концепцию «True RMS», то есть если на вход подаётся переменное напряжение, он показывает действующее напряжение, то есть 220 вольт в случае розетки. Почему такое название (Root Mean Square)? Утверждается, что действующее напряжение — это среднее квадратичное приходящего сигнала (доказательство предоставляется читателю, на этот раз без подвоха, всё очевидно)

Второй режим называется «Постоянное напряжение» и реализует концепцию «Non-True RMS», он находит среднее арифметическое напряжение сигнала и показывает 0 в случае розетки. (Но это не значит, что розетка безопасна!)

Синусоида удобна для генерации на электростанциях, так как движущиеся детали в них движутся по окружности и естественным образом вылезает синусоида.

Передача электроэнергии на расстоянии

При передаче электроэнергии на большое расстояние напряжение повышается с помощью трансформатора во избежание чрезмерных потерь энергии и напряжения. Потом оно возвращается "на место", то есть, например, до 220 вольт для жителей домов, но в несколько шагов. Почему выгодно повышать напряжение при передаче? Дело в том, что потери энергии обратно пропорциональны напряжению в квадрате, так как

1) При том же токе относительные потери напряжения обратно пропорциональны самому

напряжению, так как по закону Ома потери зависят только от тока и сопротивления, а потом это всё делится на полное напряжение

2) Даже сам ток при той же мощности обратно пропорционален рассматриваемому напряжению (по Закону Джоуля—Л-а)

Так как выгодно передавать через большое напряжение, оно на разных ЛЭП может достигать до нескольких МегаВольт

Повышение $\cos\varphi$.

Важная задача народного хозяйства. © НА

Возьмем устройство, у которое можно представить как катушку и сопротивление. Тогда фаза тока будет расходиться с фазой напряжения на этом приборе, и в итоге на проводах будет выделяться лишняя нагрузка. Тогда, чтобы не было лишних потерь на проводах, нужно минимизировать разницу в фазе тока и напряжения. Можно записать мощность, потребляемую прибором, как

$$P = U \cdot \cos(wt + \varphi) I \cdot \cos wt = \frac{1}{2} IU \cdot (\cos(2wt + \frac{\varphi}{2}) + \cos\varphi) \quad (3)$$
$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} I_a U_a \cdot \cos\varphi$$

Которую и нужно повышать, откуда и берется так называемый " $\cos\varphi$ ". Для этого можно подключить параллельно к прибору конденсатор. Пусть индуктивность L , сопротивление — R , емкость конденсатора — C . Чтобы сдвиг был нулевым, надо, чтобы сопротивление схемы было без сдвига по фазе, т.е. без мнимой части:

$$\begin{aligned} 1/R_{\Sigma} &= \frac{1}{iwL + R} + iwC = \frac{R - iwL}{R^2 - w^2L^2} + iwC = \frac{R - iwL + iwC(R^2 - w^2L^2)}{R^2 - w^2L^2} = \\ &= \frac{R + iwC(R^2 - w^2L^2 - \frac{L}{C})}{R^2 - w^2L^2}; \\ \frac{L}{C} &= R^2 - w^2L^2; C = \frac{R^2 - w^2L^2}{L} = \frac{R^2}{L} - w^2L \end{aligned} \quad (4)$$

P.S. Не удивлюсь, если здесь ошибка.