

4.8 ТРАНСФОРМАТОР

4.8.001. Трансформатор –

(Ф.4.8.001)

Тогда на основании 23К напряжение u_1 на зажимах первичной обмотки равно:

(Ф.4.8.002)

4.8.003. Благодаря ферромагнитному сердечнику магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой, практически полностью сосредоточен внутри него. Поэтому *будем* считать, что **обе обмотки сцеплены одинаковым потоком сцепления Ψ , а их витки пронизываются одинаковым магнитным потоком Φ .**

В этом случае ЭДС индукции e_2 вторичной обмотки равна:

(Ф.4.8.003)

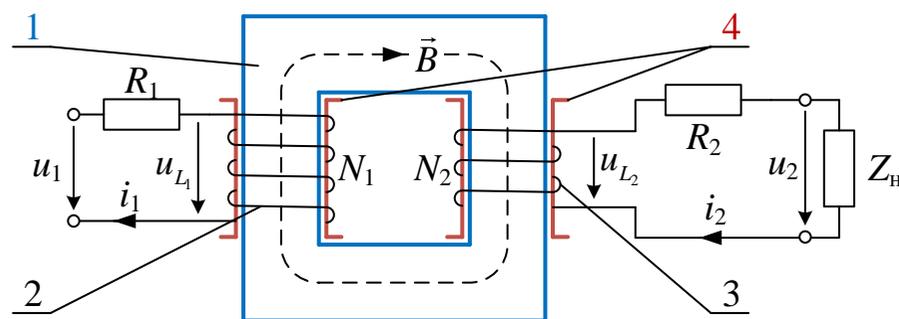
4.8.004. При подключении к зажимам вторичной обмотки нагрузки в цепи вторичной обмотки возникает ток i_2 . Поэтому на основании 23К напряжение u_2 на зажимах вторичной обмотки равно:

(Ф.4.8.004)

4.8.005. Ограничимся рассмотрением идеального (без потерь) трансформатора, работающего в режиме холостого хода, т. е.:

(Ф.4.8.005)

В этом случае (Ф.4.8.002), (Ф.4.8.004) примут вид:



Р.4.8.001

1 – ферромагнитный сердечник;

2 – обмотка, подключенная к источнику энергии, состоящая из N_1 витков **изолированного провода** с сопротивлением R_1 , – первичная обмотка;

3 – обмотка, подключенная к потребителю (Z_H), состоящая из N_2 витков **изолированного провода** с сопротивлением R_2 , – вторичная обмотка;

4 – диэлектрические каркасы.

4.8.002. При приложении к зажимам первичной обмотки **переменного** напряжения u_1 в цепи первичной обмотки возникает ток i_1 , который, протекая по виткам обмотки, приводит к возникновению в ней ЭДС индукции e_1 :

(Ф.4.8.006)

откуда

(Ф.4.8.007)

Очевидно, что

(Ф.4.8.008)

4.8.006. Так как у идеального трансформатора КПД $\eta=1$, то

(Ф.4.8.009)

где \dot{S}_1 – комплекс полной мощности, отбираемой первичной обмоткой от источника;

\dot{S}_2 – комплекс полной мощности, отдаваемой вторичной обмоткой нагрузке.

Тогда (Ф.4.8.010)

откуда

(Ф.4.8.011)

4.8.007. Если трансформатор нагружен (ко вторичной обмотке подключена нагрузка) и обмотки пронизываются различными потоками, то вместо (Ф.4.8.001)–(Ф.4.8.011) получаются более сложные соотношения.

Реальный трансформатор приближается по своим свойствам к идеальному, если коэффициент магнитной связи обмоток стремится к 1, а мощность потерь в трансформаторе и ток при холостом ходе стремятся к 0.

Для большинства реальных трансформаторов (особенно мощных), работающих при номинальных (т. е. рассчитанных производителем трансформатора) напряжениях и нагрузках, справедливы следующие соотношения:

(Ф.4.8.012)

При этом, если:

4.8.008. Трансформатор обладает рядом качеств, позволяющих применять его в линиях передачи электрической энергии на большие расстояния, а также в устройствах разделения электрических цепей:

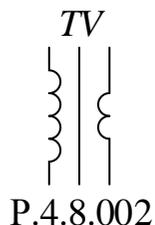
4.8.009. Гальваническая развязка –

4.8.010. Условное графическое обозначение трансформатора приведено на Р.4.8.002.

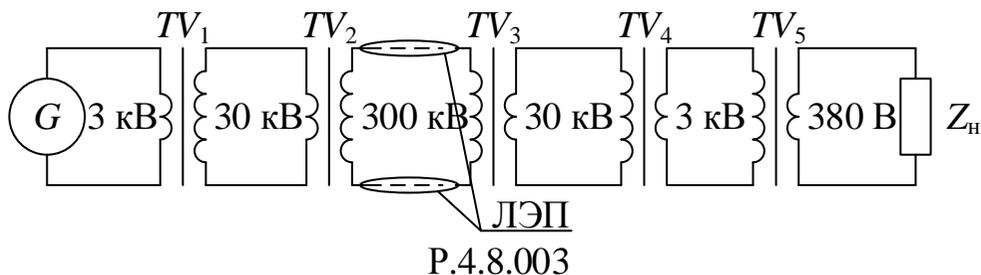
При этом:

- если источник подключается к обмотке «с бóльшим числом» витков, то трансформатор является понижающим;

- в противном случае – повышающим.



4.8.011. На Р.4.8.003 представлена принципиальная схема передачи электрической энергии по проводам на большие расстояния (схема и значения напряжений выбраны ориентировочными, удовлетворяющими принципам наглядности).



Выходное напряжение генератора (G) на электростанции составляет 3 кВ. Это напряжение с помощью повышающего трансформатора TV_1 повышается до 30 кВ.

Перед передачей электроэнергии по магистральной линии электропередачи (ЛЭП) между регионами или странами напряжение повышается с помощью повышающего трансформатора TV_2 . (см. 2.4.013, (Ф.2.4.016)).

Таким образом, считая оба повышающих трансформатора идеальными,:

(Ф.4.8.013)

где U_G, I_G – соответственно напряжение и ток в цепи генератора;

U_2, I_2 – соответственно напряжение и ток во вторичной обмотке трансформатора TV_2 .

Тогда количество теплоты, выделяющееся в магистральной ЛЭП

(Ф.4.8.014)

где Q_G, Q_2 – количество теплоты, выделяющееся в ЛЭП сопротивлением $R_{л}$ за время t при протекании по ней соответственно токов I_G, I_2 .

Т.о. применение трансформаторов снижает затраты на передачу энергии по проводам за счет:

В конце магистральной ЛЭП трансформатор TV_3 понижает напряжение до 30 кВ и передает энергию в региональную сеть (например, город, район, крупное энергоемкое предприятие, месторождение и т. д.).

В конце региональной ЛЭП трансформатор TV_4 понижает напряжение до 3 кВ и передает энергию в районную сеть (например, район населенного пункта, небольшие предприятия и т. д.).

В конце районной ЛЭП трансформатор TV_5 понижает напряжение до 380 В и передает энергию по внутренним сетям (например, в рамках района города, предприятия и т. д.) конечным потребителям.