

Энергоресурсосберегающее устройство на основе регулирования напряжения.

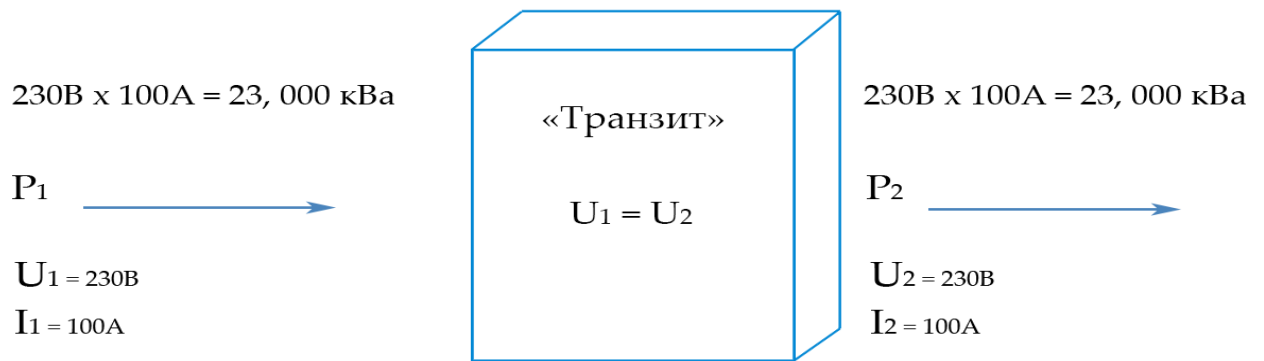
Напряжение на нагрузке – основной параметр, определяющий ток и мощность любой нагрузки, ток в питающей электросети, потери энергии в элементах сети.

$$P = U^2/R = I^2R = UI \cos \phi, \text{ где}$$

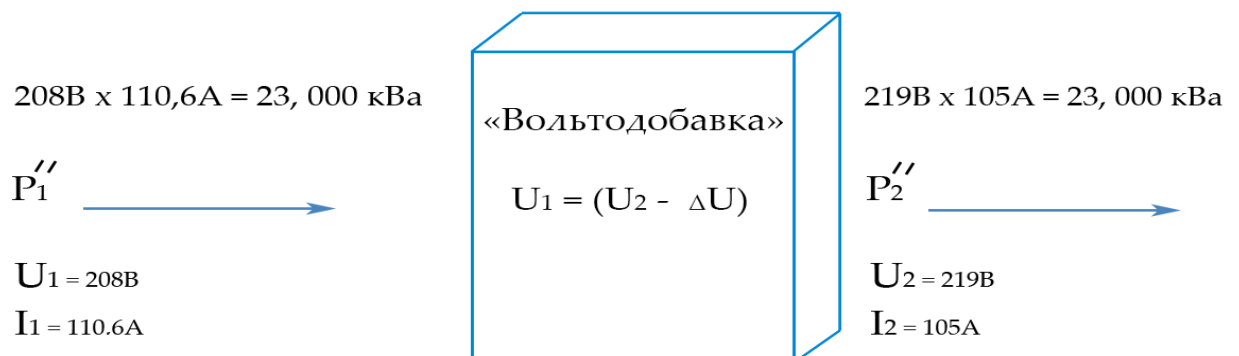
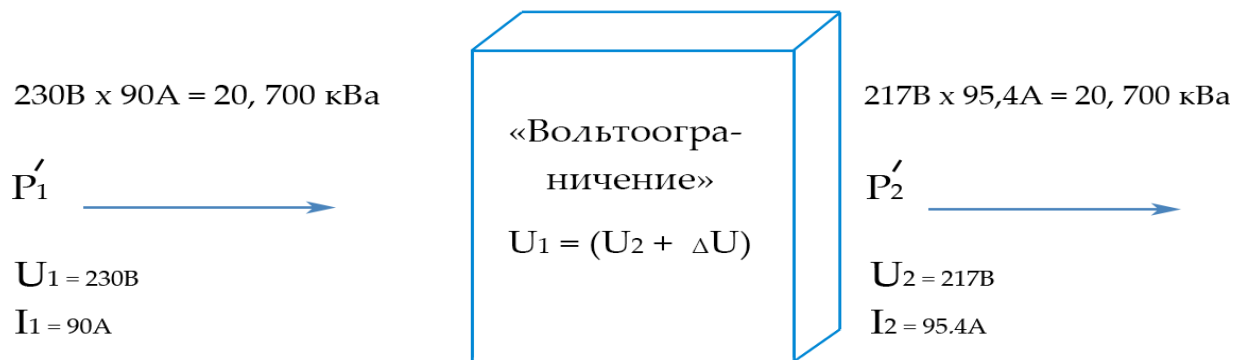
- P – активная мощность нагрузки;
- U – напряжение на нагрузке;
- I – ток в нагрузке;
- $\cos \phi$ – коэффициент мощности при токе в цепи I и напряжении в сети U.

$$P_1 = P_2 = I_1 U_1 = I_2 U_2$$

P_1 всегда равняется P_2



Но!



Известны и широко применяются регулировки напряжения:

1. В сетях 220/35 кВ на трансформаторах крупных подстанций под нагрузкой, переключение числа витков обмотки высокого напряжения трансформаторов. Это сложные и малонадежные высоковольтные устройства. Качество регулирования низкое, т.к. потребители находятся на разных расстояниях от районных подстанций и имеют разные параметры.

2. В сетях 10/6/3 кВ, трансформаторы имеют отпайки обмоток высокого напряжения, переключаемые вручную при отключении от сети трансформатора.

Недостатки: нет автоматического регулирования, необходимо полное отключение потребителя, И, САМОЕ ГЛАВНОЕ- нагрузки находятся на разных расстояниях от ТП имея разное падение уровня питающего напряжения .

Наиболее выгодно располагать регулирующее устройство как можно ближе к нагрузке, иметь автоматическое регулирование и возможно более высокий К.П.Д. регулятора. При этом должен быть обеспечен нормальный режим работы потребителя, т.е. заданные параметры его работы должны соответствовать нормативным документам (ГОСТ, правилам и т.д.). Это напряжение на нагрузке не обязательно должно быть номинальным. Пример: ГОСТ РФ 13109-97 допускает отклонение напряжения на нагрузке на $\pm 5\%$ от номинального, т.е. $220 \pm 5\% = 231 \div 209$ В (фазное напряжение).

Например, для выполнения норм освещенности в каком-либо конкретном помещении требуется 100 Вт при фазном напряжении в сети 220 В. Но реально это напряжение может быть по ГОСТ 209 В, что надо учитывать при расчете освещенности. Но тогда при номинальном напряжении 220 В потребляемая мощность составит $P = 100 \cdot (220/209)^2 = 100 \cdot 1,1 = 110$ Вт, т.е. 110% от требуемой.

Ток в сети питания увеличится на 5%, а потери энергии в сети возрастут на 10%. Будет иметь место излишняя освещенность.

Этот же принцип действует для любого вида активной нагрузки. Эффект будет в диапазоне от 9 до 25% в зависимости от вольт-амперной характеристики потребителя.

Оптимизатор питания асинхронного электродвигателя регулирует напряжение питания двигателя в зависимости от нагрузки на его валу добиваясь эффекта до 30% по расходу электроэнергии и 2х кратному увеличению ресурса его работоспособности.

Одновременно оптимизатор защищает мотор от обрыва одной из фаз питания ,позволяя ему сохранять работоспособность на оставшихся двух фазах сколь угодно долго.

Таким образом, снижение расхода электроэнергии может быть достигнуто за счет исключения потребления нагрузкой ненужной для нормального режима работы энергии, и за счет снижения величины тока и потерь энергии в питающей сети.

Кроме того, увеличится срок службы электроприборов, которые будут работать при оптимальном, а не повышенном или пониженном напряжении.

Во всем мире производится масса стабилизаторов напряжения, которые имеют общие недостатки:

- Широкий диапазон регулирования напряжения, как правило декларируется, $\pm 30\%$ и более от номинального. Регулирующее устройство должно по мощности соответствовать $\pm 70\%$ и более, а это габариты, масса, стоимость.

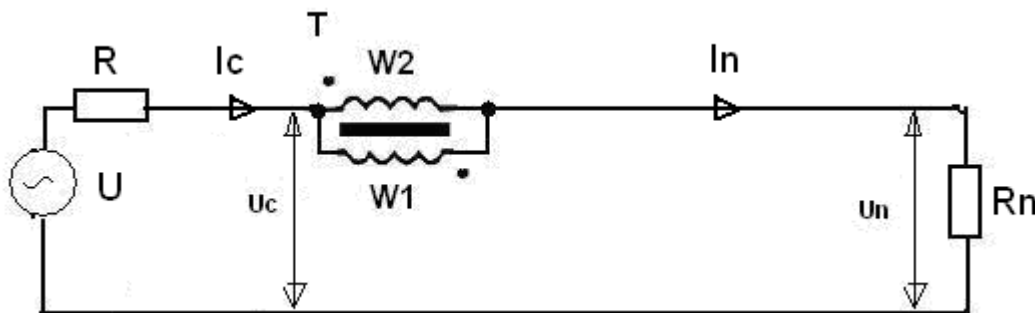
- Кроме того, при снижении напряжения и потреблении нагрузкой той же мощности, ток в сети увеличивается пропорционально уменьшению напряжения, что вызовет перегрев элементов сети до места установки стабилизатора, срабатывание автоматов, предохранителей и других элементов защиты, т.е. перебой в электроснабжении потребителей.

- Любой стабилизатор не является источником энергии, и его применение при значительном уменьшении напряжения в сети (дефиците мощности) не дает желаемого

результата. К.П.Д. таких стабилизаторов декларируется 95-97% (здесь надо понимать, что это К.П.Д. при загрузке близкой к номинальной т.е. от 75 до 85% от номинальной мощности стабилизатора, при других показателях К.П.Д. снижается до 85-90%), т.е. 7-12% энергии теряется в регулирующем устройстве, что ограничивает их применение в целях экономии энергии.

Предлагаемое устройство основано на применении в качестве регулирующего органа малоомощного стандартного со стандартным К.П.Д. трансформатора, работающего в режиме автотрансформатора с коэффициентом трансформации, близким к 1. Путем переключения обмотки высокого напряжения трансформатора под нагрузкой без разрыва цепи получают 3 режима работы устройства.

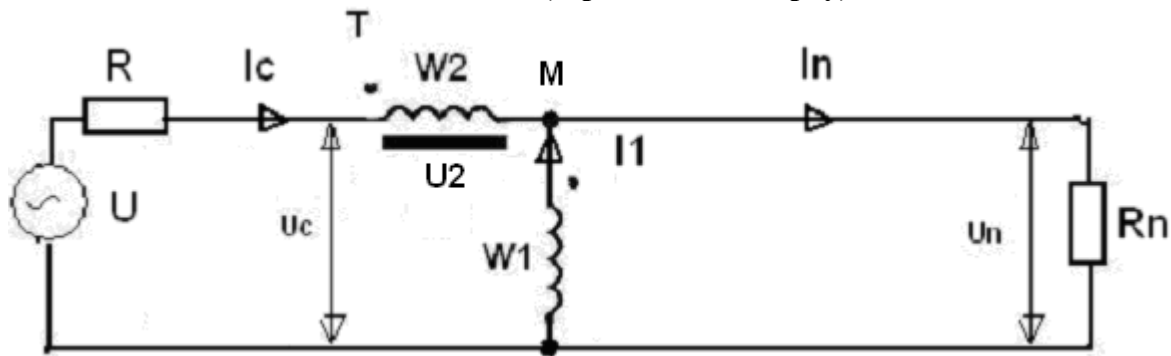
Режим 1 (норма)



- U – источник питания;
- Ic – ток в сети;
- In – ток в нагрузке;
- R – сопротивление элементов сети до стабилизатора;
- Rn – нагрузка;
- Uc – напряжение сети;
- Un – напряжение на нагрузке;
- W1 – обмотка высокого напряжения трансформатора;
- W2 – обмотка низкого напряжения трансформатора;
- I1 – ток в обмотке W1 трансформатора.

При указанном подключении обмоток трансформатора, он представляет собой дроссель с противозвучением обмоток, включенный последовательно с нагрузкой. Индуктивное сопротивление дросселя весьма мало, и $U_c \approx U_n$, $I_c \approx I_n$. Энергия передается из сети в нагрузку только за счет электрической связи.

Режим 2 (ограничение сверху)



Обмотки W1 и W2 трансформатора включены по схеме автотрансформатора на понижение напряжения на нагрузке.

$U_n = U_c - U_2$, где

U_2 – напряжение обмотки W2, индуктированное обмоткой W1.

По первому закону Кирхгофа для точки М имеем

$$I_n = I_c + I_1$$

Ток нагрузки имеет составляющую I_c , передаваемую за счет электрической связи, и $I_1 = I_c/k$, передаваемую за счет электромагнитной связи, где k – коэффициент трансформации трансформатора.

Мощность регулировочного трансформатора равна мощности, передаваемой за счет электромагнитной связи, и меньше мощности нагрузки в k раз. Это определяет малые габариты, массу и стоимость устройства и его весьма высокий К.П.Д. Синусоида напряжения при регулировке не искажается.



Этот режим используется при пониженном напряжении в сети для получения нормального режима работы потребителя. Рассуждения аналогичны режиму 2, только напряжение на нагрузке повышается, и равно

$$U_n = U_c + U_2$$

Вопрос К.П.Д. устройства рассмотрим на примере. Пусть имеем регулировочный трансформатор Т мощностью 1 кВА; 220/12 В. Тогда

$$K = 220/12 = 18.33, \text{ т.е. мощность нагрузки составит } 1 * 18 = 18 \text{ кВА} = 18\,000 \text{ ВА}$$

К.П.Д. самого трансформатора 95%, т.е. потери составят 50 ВА при полной нагрузке.

Но 50 ВА составляют

$$(50/18\,000) * 100\% \approx 0.3\% \text{ от мощности нагрузки.}$$

Тогда к.п.д. устройства будет $100\% - 0.3\% = 99.7\%$, т.е. в регулировочном устройстве теряется на порядок меньше энергии, чем в лучших не прямых аналогах.

Регулировочное устройство прямых аналогов не имеет и защищено патентом РФ на изобретение № 2237270.

Для численной оценки приведем таблицу с использованием стандартных российских трансформаторов с коэффициентом трансформации K_t в автотрансформаторном включении для режима 2 (ограничение сверху).

$K_t = U_1/U_2$ - коэффициент трансформации трансформатора

$K_{at} = U_1/(U_1 + U_2)$ – коэффициент трансформации автотрансформатора.

| K_T | $K_{ат}$ | $K^2_{ат}$ | $K^4_{ат}$ | $S_T/S_H, \%$ |
|---------------|----------|------------|------------|---------------|
| $220/6 = 37$ | 0.97 | 0.95 | 0.88 | 3 |
| $220/12 = 18$ | 0.95 | 0.90 | 0.80 | 5 |
| $220/14 = 16$ | 0.94 | 0.88 | 0.78 | 6 |
| $220/24 = 9$ | 0.90 | 0.81 | 0.66 | 10 |

$K^2_{ат}$ – характеризует уменьшение тока в сети по отношению к току в сети без регулировочного устройства.

$K^4_{ат}$ - характеризует уменьшение потерь в проводах сети до регулировочного устройства по отношению к потерям в сети без регулировочного устройства.

$S_T/S_H, \%$ - процент мощности регулировочного трансформатора Т по отношению к мощности нагрузки.

Устройства регулирования используются:

1. Для снижения расхода электроэнергии до 25% в жилых и общественных зданиях, магазинах, сети наружного освещения.
2. Для обеспечения нормального режима работы станков с ЧПУ, технологических линий, и т.д.
3. Для оптимизации режимов работы и защиты асинхронных двигателей.

По простоте схемы, окупаемости (около года), надежности работы аналогов не имеет. Уменьшит допускаемый во всем мире ненужный расход электроэнергии не менее чем на 9% и потери в сетях до 40%.

Автор и патентообладатель Фейгин Л.З.