

Новосибирский государственный аграрный университет

# Приборы измерения мощности

Выполнила: Тимофеева Я.  
В.

Группа 3307



# План:

- Электрическая мощность
- Виды мощностей
- Измерение мощности

# Введение

Электрическая мощность — физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии.

## Мгновенная электрическая мощность

Мгновенной мощностью называется произведение мгновенных значений напряжения и силы тока на каком-либо участке электрической цепи.

# Мощность постоянного тока

Так как значения силы тока и напряжения постоянны и равны мгновенным значениям в любой момент времени, то мощность можно вычислить по формуле:

$$P = I * U$$

Для пассивной линейной цепи, в которой соблюдается закон Ома, можно записать:

$$P = I^2 * R = U^2 / R$$

где  $R$  — электрическое сопротивление.

Если цепь содержит источник ЭДС, то отдаваемая им или поглощаемая на нём электрическая мощность равна:

$$P = I * \varepsilon$$

где  $\varepsilon$  — ЭДС.

Если ток внутри ЭДС противоположен градиенту потенциала (течёт внутри ЭДС от плюса к минусу), то мощность поглощается источником ЭДС из сети (например, при работе электродвигателя или заряде аккумулятора), если сонаправлен (течёт внутри ЭДС от минуса к плюсу), то отдаётся источником в сеть (скажем, при работе гальванической батареи или генератора). При учёте внутреннего сопротивления источника ЭДС выделяемая на нём мощность  $p = I^2 * r$  прибавляется к поглощаемой или вычитается из отдаваемой.

# Мощность переменного тока

В переменном электрическом поле формула для мощности постоянного тока оказывается неприменимой. На практике наибольшее значение имеет расчёт мощности в цепях переменного синусоидального напряжения и тока.

# Активная мощность

Единица измерения — ватт (W, Вт).

Среднее за период  $T$  значение мгновенной мощности называется активной

мощностью:  $P = 1/T \int_0^T p(t) dt$ . В цепях однофазного синусоидального тока

$P = U * I * \cos\phi$ , где  $U$  и  $I$  — среднеквадратичные значения напряжения и тока,  $\phi$  — угол сдвига фаз между ними. Для цепей несинусоидального тока электрическая

мощность равна сумме соответствующих средних мощностей отдельных гармоник.

Активная мощность характеризует скорость необратимого превращения электрической энергии в другие виды энергии (тепловую и электромагнитную).

Активная мощность может быть также выражена через силу тока, напряжение и активную составляющую сопротивления цепи  $r$  или её проводимость  $g$  по формуле

$P = I^2 * r = U^2 * g$ . В любой электрической цепи как синусоидального, так и

несинусоидального тока активная мощность всей цепи равна сумме активных

мощностей отдельных частей цепи, для трёхфазных цепей электрическая мощность определяется как сумма мощностей отдельных фаз. С полной мощностью  $S$  активная

связана соотношением  $P = S * \cos\phi$ .

## Реактивная мощность

Единица измерения — вольт-ампер реактивный (VA<sub>r</sub>, ВА<sub>r</sub>, вар)

Реактивная мощность — величина, характеризующая нагрузки, создаваемые в электротехнических устройствах колебаниями энергии электромагнитного поля в цепи синусоидального переменного тока, равна произведению среднеквадратичных значений напряжения  $U$  и тока  $I$ , умноженному на синус угла сдвига фаз  $\phi$  между ними:  $Q = U \cdot I \cdot \sin \phi$  (если ток отстаёт от напряжения, сдвиг фаз считается положительным, если опережает — отрицательным). Реактивная мощность связана с полной мощностью  $S$  и активной мощностью  $P$  соотношением:  $|Q| = \sqrt{S^2 - P^2}$ .

Физический смысл реактивной мощности — это энергия, перекачиваемая от источника на реактивные элементы приёмника (индуктивности, конденсаторы, обмотки двигателей), а затем возвращаемая этими элементами обратно в источник в течение одного периода колебаний, отнесённая к этому периоду.

В соответствии с формулой  $Q = U I \sin \phi$ , реактивная мощность может быть как положительной величиной (если нагрузка имеет активно-индуктивный характер), так и отрицательной (если нагрузка имеет активно-ёмкостный характер). Данное обстоятельство подчёркивает тот факт, что реактивная мощность не участвует в работе электрического тока. Когда устройство имеет положительную реактивную мощность, то принято говорить, что оно её потребляет, а когда отрицательную — то производит, но это чистая условность, связанная с тем, что большинство электропотребляющих устройств (например, асинхронные двигатели), а также чисто активная нагрузка, подключаемая через трансформатор, являются активно-индуктивными.

# Полная мощность

Единица полной электрической мощности — вольт-ампер (V·A, В·А)

Полная мощность — величина, равная произведению действующих значений периодического электрического тока  $I$  в цепи и напряжения  $U$  на её зажимах:  $S = U * I$ ; связана с активной и реактивной мощностями соотношением:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , где  $P$  — активная мощность,  $Q$  — реактивная мощность (при индуктивной нагрузке  $Q > 0$ , а при ёмкостной  $Q < 0$ ).

Векторная зависимость между полной, активной и реактивной мощностью выражается формулой:  $\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$

Полная мощность имеет практическое значение, как величина, описывающая нагрузки, фактически налагаемые потребителем на элементы подводящей электросети (провода, кабели, распределительные щиты, трансформаторы, линии электропередачи), так как эти нагрузки зависят от потребляемого тока, а не от фактически использованной потребителем энергии. Именно поэтому номинальная мощность трансформаторов и распределительных щитов измеряется в вольт-амперах, а не в ваттах.



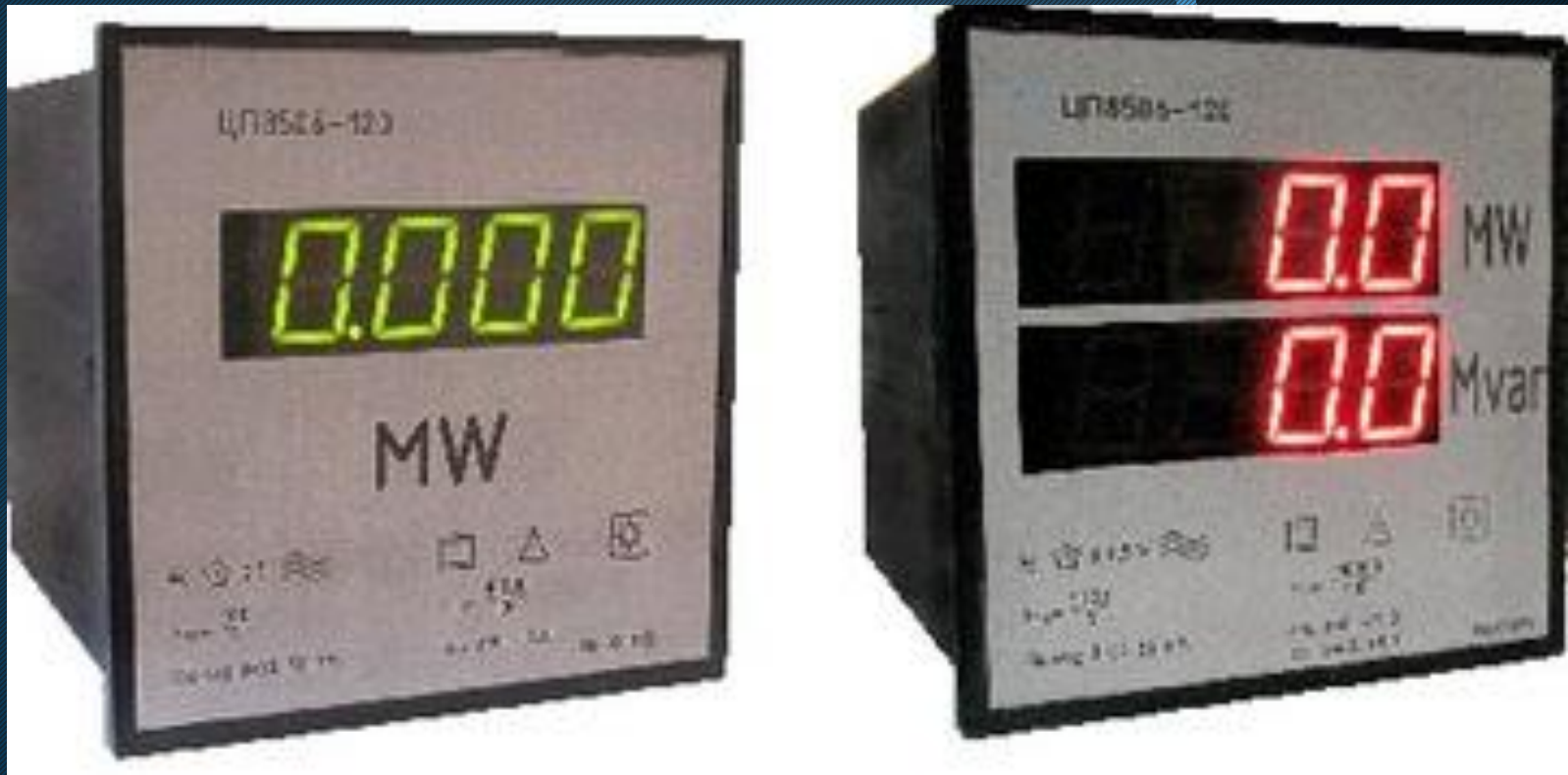
# Мощность некоторых электрических приборов

Электрический прибор	Мощность,Вт
лампочка фонарика	1
сетевой роутер, хаб	10...20
системный блок ПК	100...500
системный блок сервера	200...1500
монитор для ПК ЭЛТ	15...200
монитор для ПК ЖК	2...40
лампа люминесцентная бытовая	5...30
лампа накаливания бытовая	25...150
Холодильник бытовой	15...700
Электропылесос	100... 3000
Электрический утюг	300...2 000
Стиральная машина	350...2 000
Электрическая плитка	1 000...2 000
Сварочный аппарат бытовой	1 000...5 500
Двигатель трамвая	45 000...50 000
Двигатель электровоза	650 000
Электродвигатели прокатного стана	6 000 000...9 000 000

# Измерения

- Для измерения электрической мощности применяются ваттметры и варметры, можно также использовать косвенный метод, с помощью вольтметра и амперметра.

- Для измерения коэффициента реактивной мощности применяют фазометры



**Ваттметр** (*ватт* + др.-греч. *μετρεω* - «измеряю») — измерительный прибор, предназначенный для определения мощности электрического тока или электромагнитного сигнала

## Основные нормируемые характеристики

Диапазон рабочих частот

Диапазон измерений

Допустимая погрешность измерения (для эл.-изм. — класс точности)

Допустимый КСВн — для ваттметров радиодиапазона



# Классификация

По назначению и диапазону частот ваттметры можно разделить на три категории — низкочастотные (и постоянного тока), радиочастотные и оптические. Ваттметры радиодиапазона по назначению делятся на два вида: проходящей мощности, включаемые в разрыв линии передачи, и поглощаемой мощности, подключаемые к концу линии в качестве согласованной нагрузки. В зависимости от способа функционального преобразования измерительной информации и её вывода оператору ваттметры бывают аналоговые (показывающие и самопишущие) и цифровые.

# Наименования и обозначения

Видовые наименования:

Измеритель мощности — другое название ваттметров радио- и оптического диапазонов

Киловаттметр — прибор для измерения мощности больших значений (единицы сотни киловатт)

Милливаттметр — прибор для измерения мощности малых значений (меньше 1 ватта)

Варметр — прибор для измерения реактивной мощности

Ваттварметр — прибор, позволяющий измерять активную и реактивную мощность



# Наименования и обозначения

Для обозначения типов электроизмерительных (низкочастотных) ваттметров традиционно используется отраслевая система обозначений, в которой приборы маркируются в зависимости от системы (основного принципа действия):

Дхх — приборы электродинамической системы

Цхх — приборы выпрямительной системы

Фхх, Щхх — приборы электронной системы

Нхх — самопишущие приборы

Ваттметры радио- и оптического диапазонов маркируются по ГОСТ 15094:

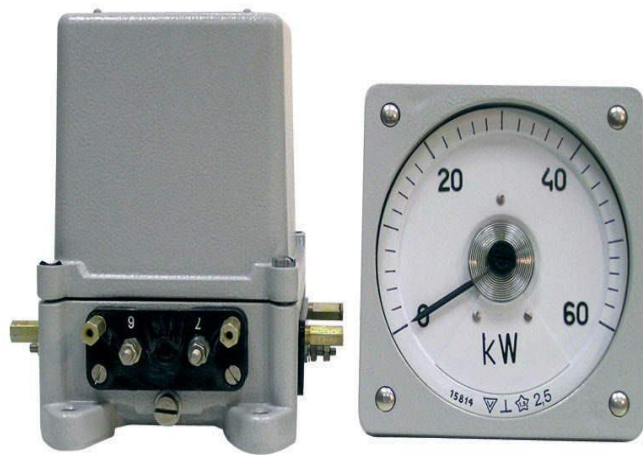
М1-хх — калибраторы, установки или приборы для поверки ваттметров (радиодиапазона)

М2-хх — ваттметры проходящей мощности (радиодиапазона)

М3-хх — ваттметры поглощаемой мощности (радиодиапазона)

М5-хх — преобразователи приемные (головки) ваттметров

ОМ3-хх — оптические ваттметры поглощаемой мощности



**Ваттметры Ц1428.1, Ц1628.1** предназначены для измерения активной мощности в 3-фазных сетях с равномерной и неравномерной нагрузкой фаз.  
**Варметры Ц1428.1, Ц1628.1** предназначены для измерения реактивной мощности только в 3-фазных сетях с равномерной нагрузкой фаз.

### Характеристики:

пределы измерений: 1 – 6000 кВт; 0,5 – 5 МВт;

класс точности 2,5;

номинальное напряжение 127, 220 или 380 В;

номинальная частота 50 или 400 Гц;

коэффициент мощности:

- номинальный коэффициент активной мощности ( $\cos\phi$ ) - 1,0;

- номинальный коэффициент реактивной мощности ( $\sin\phi$ ) - 1,0 ;

Потребляемая мощность: собственное потребление каждой

последовательной цепи ваттметров и варметров при номинальном токе и нормальной частоте не превышает 5 ВА;

собственное потребление каждой параллельной цепи ваттметров и варметров при номинальном напряжении и нормальной частоте не

## Ваттметр Д365, варметр Д365 (Д 365; Д-365)

Ваттметр Д365 и варметр Д365 - приборы, предназначенные для измерения активной и реактивной мощности в трёхфазных сетях переменного тока при равномерной и неравномерной нагрузке фаз.

Класс точности - 1,5

Диапазоны измерений:

- ваттметров - 0,2кВт - 800кВт; 1МВт - 800МВт; 1ГВт - 50ГВт;

- варметров - 0,2кВар - 800кВар; 1МВар - 800МВар; 1ГВар - 50ГВар.

Диапазон частот - 50Гц, 60Гц.

Номинальный коэффициент мощности:

- для ваттметров -  $\cos j = 1$ ;

- для варметров -  $\sin j = 1$

Габариты - 120×120×95мм.







Ваттметр Д365 и варметр Д365 состоит из индикатора магнитоэлектрической системы и электронного преобразователя мощности, размещенных в одном корпусе.

### Технические характеристики Д365

В Таблице 1 поданы номинальное значение напряжение, которое имеют ваттметры Д365 и варметры Д365, а также способ включения приборов.

Приборы Д365 используются при температуре окружающего воздуха от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 95% (при  $35^{\circ}\text{C}$ ).

Минимальная вероятность безотказной работы Д365 за 500 часов испытаний не менее 0,9 при доверительной вероятности 0,8.

Наименование и тип прибора	Номинальное напряжение	Способ включения
Ваттметр Д365, варметр Д365	127В; 220В; 380В	Непосредственно
	100В	Через измерительный трансформатор

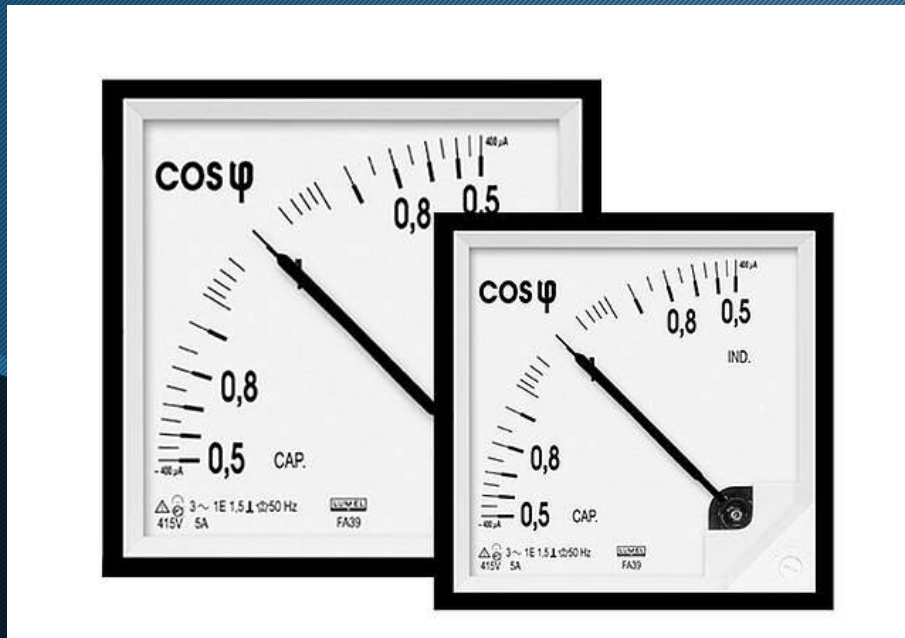
# Варметры

(от *вар* и ... *метр*) - прибор для измерений реактивной электрической мощности  $Q = UI \sin \phi$ , где  $\phi$  - угол сдвига фаз между векторами электрического напряжения  $U$  и тока  $I$ . Наиболее распространены ферродинамические Варметры. Шкала градуируется в вар; диапазон измерений от 75 вар и выше.



# Фазометры

**Фазометр** — электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения углов сдвига фаз между двумя изменяющимися периодически электрическими колебаниями, например в трёхфазной системе электроснабжения.



# Применение фазометров

Фазометры очень часто применяются в электроустановках для определения коэффициента реактивной мощности  $\cos \phi$  (отсюда идёт его жаргонное название «Косинусофиметр», в виду незнания персоналом, обслуживающим электроустановки, правильного названия прибора).

Фазометры находят применение при разработке, регулировке и эксплуатации электронных и электротехнических аппаратов и устройств.



Рис– 1. Трехфазный фазометр  
Ц-302/1