

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических заданий по дисциплине
«Энергетический аудит промышленных объектов»
для студентов направления подготовки
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
Направленность/профиль «Интеллектуальные системы электроснабжения»

Практическое занятие № 1.

«Расчет потребления энергоресурсов предприятием и затрат на них»

Цель работы: изучить методику определения объема текущего потребления предприятием всех энергоресурсов и затрат на них.

Теоретическая часть

1. Методика определения объема текущего потребления предприятием всех энергоресурсов и затрат на них

Информация о потреблении энергетических ресурсов представляется как в виде таблиц (таблица 1), так и в виде графиков, по оси абсцисс которых откладываются периоды времени (в рассматриваемом случае – номер месяца, года), а по оси ординат откладываются значения потребляемых энергоресурсов.

В столбцах таблицы 1 показываются значения различных видов энергоресурсов $X_i, Y_i \dots K_i$, потребляемых по месяцам в течение года. По результатам суммирования месячных значений каждого столбца получают данные о годовом потреблении энергоресурсов $X, Y \dots K$.

После этого следует построить временные (по месяцам) графики потребления каждого энергоресурса. По графикам проследить и дать оценку, как изменяется потребление энергоресурсов в течение года, а именно: равномерно ли рассматриваемое потребление в течение года; есть ли временные отрезки, где потребление меньше, больше, т.е. есть ли сезонность в энергопотреблении. Например: в осенне-зимний период увеличивается расход топлива, за счет увеличения потребления на обогрев; в осветительных установках в осенне-зимний период увеличивается потребление электроэнергии в соответствии с увеличением темного времени суток и т.п.

Таблица 1 – Потребление энергоресурсов на предприятии

№ п/п	Месяц, год	Энергоресурсы				
		Электроэнергия, МВт·час	Мазут, тонн	Диз. топливо, тонн	...	Энергоресурс К
1	2	3	4	5		m
1	Январь	X_1	Y_1	Z_1	...	K_1
2	Февраль	X_2	Y_2	Z_2	...	K_2
3	Март	X_3	Y_3	Z_3	...	K_3
	...	...	...	...	...	
12	Декабрь	X_{12}	Y_{12}	Z_{12}	...	K_{12}
	Всего:	$X = \sum_{i=1}^{12} X_i$	$Y = \sum_{i=1}^{12} Y_i$	$Z = \sum_{i=1}^{12} Z_i$		$K = \sum_{i=1}^{12} K_i$

Анализ рассматриваемых графиков должен дать динамику энергопотребления в течение года, которую необходимо иметь в виду при проведении последующих этапов энергоаудита.

На основе полученной информации следует провести первичный анализ потребления энергоресурсов предприятия и затрат на них. Здесь нужно определить соотношение потребления различных видов энергоресурсов, выраженных в едином энергосодержащем показателе, а именно тоннах условного топлива (т.у.т.)¹. Также следует определить потребление каждого энергоресурса в процентах от общего потребления энергетических ресурсов на предприятии. Вместе с этим производится оценка стоимости каждого энергетического ресурса, а также доля их стоимости в общих затратах на энергопотребление.

Для анализа энергопотребления и затрат на энергоресурсы данные представляют в виде таблицы (таблица 2).

Во втором столбце таблицы 2 представлены виды потребленных энергоресурсов, в третьем – единицы измерений соответствующего энергоресурса, в четвертом – потребление соответствующего вида энергоресурса, взятое из таблицы 1. Для того, чтобы привести потребление энергетических ресурсов к единому энергосодержащему эквиваленту, за

¹ за условное топливо принимают топливо, которое имеет теплотворную способность, равную 7000 ккал/кг.

который принимается т.у.т., устанавливается энергосодержание единицы каждого энергоресурса к энергосодержащему эквиваленту – a , b , c и т.д. (столбец 5). Умножая абсолютное потребление энергоресурса на его энергосодержание, получаем энергетический эквивалент каждого потребленного энергоресурса в т.у.т. – X' , Y' , Z' (столбец 6). Суммарное потребление энергетических ресурсов в т.у.т. определяется по формуле:

$$\sum_1 = X' + Y' + \dots + R' \quad , \quad (1)$$

где X' , Y' , R' ... – энергетические эквиваленты каждого из потребляемых энергетических ресурсов.

В столбец 7 заносят вычисленные доли потребления каждого из видов энергоресурсов, выраженные в процентах – X'' , Y'' , Z'' , ... Q'' и т.д.

В столбце 8 показывается цена каждого вида энергоресурса α_1 , α_2 , α_3 ... α_8 и т.д. Следует отметить, что цена любого из энергоресурсов может меняться в течение обследуемого периода. В столбце 8 необходимо учитывать указанные изменения цены, определяя средневзвешенную за год по формуле

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i \cdot \alpha_i}{\sum_{i=1}^{12} X_i} \quad , \quad (2)$$

где X_i – потребление энергоресурса, например электроэнергии, в i – тый месяц;

α_i – цена единицы энергоресурса в i – тый месяц;

i – число месяцев в году ($i=1, 2, \dots, 12$)

В столбце 9 определяется стоимость каждого из потребляемых энергоресурсов.

Суммарная стоимость энергоресурсов определяется по выражению

$$\sum_2 = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_8 \quad , \quad (3)$$

Таблица 2 – Оценка структуры энергопотребления, приведенного к единому энергосодержащему показателю, и стоимости потребленных энергоресурсов

№ п/п	Энергоресурс	Единица измерения	Потребление за год	Энергосодержание, тыс. т.у.т./ед. изм.	Энергетический эквивалент энергоресурса, тыс. т.у.т.	Доля энергоресурса в общем энергопотреблении, %	Цена ед. изм. энерг. рес., тыс.руб/ед.изм.	Стоимость энергоресурса, тыс. руб.	Доля стоимости энергоресурса, %	Стоимость единицы энергетического эквивалента, тыс. руб./т.у.т.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Электроэнергия	МВт/ч	$X = \sum_{i=1}^n X_i$	$a = 1,23 \cdot 10^{-4}$	$X' = X \cdot a$	$X'' = \frac{X' \cdot 100}{\sum_1}$	α_1	$\gamma_1 = \alpha_1 \cdot X$	$\gamma_1' = \frac{\gamma_1 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_1}{X'}$
2	Мазут	тонн	$Y = \sum_{i=1}^n Y_i$	$b = 14,2 \cdot 10^{-4}$	$Y' = Y \cdot b$	$Y'' = \frac{Y' \cdot 100}{\sum_1}$	α_2	$\gamma_2 = \alpha_2 \cdot Y$	$\gamma_2' = \frac{\gamma_2 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_2}{X'}$
3	Диз. топливо	тонн	$Z = \sum_{i=1}^n Z_i$	$c = 15,7 \cdot 10^{-4}$	$Z' = Z \cdot c$	$Z'' = \frac{Z' \cdot 100}{\sum_1}$	α_3	$\gamma_3 = \alpha_3 \cdot Z$	$\gamma_3' = \frac{\gamma_3 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_3}{X'}$
4	Бензин	тонн	$L = \sum_{i=1}^n L_i$	$d = 17,3 \cdot 10^{-4}$	$L' = Y \cdot d$	$L'' = \frac{L' \cdot 100}{\sum_1}$	α_4	$\gamma_4 = \alpha_4 \cdot L$	$\gamma_4' = \frac{\gamma_4 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_4}{X'}$
5	Керосин	тонн	$M = \sum_{i=1}^n M_i$	$e = 17,3 \cdot 10^{-4}$	$M' = M \cdot e$	$M'' = \frac{M' \cdot 100}{\sum_1}$	α_5	$\gamma_5 = \alpha_5 \cdot M$	$\gamma_5' = \frac{\gamma_5 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_5}{X'}$
6	Прир. газ	тыс.м3	$N = \sum_{i=1}^n N_i$	$f = 1,37 \cdot 10^{-4}$	$N' = N \cdot f$	$N'' = \frac{N' \cdot 100}{\sum_1}$	α_6	$\gamma_6 = \alpha_6 \cdot N$	$\gamma_6' = \frac{\gamma_6 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_6}{X'}$
7	Нефть	тонн	$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$	$j = 13,7 \cdot 10^{-4}$	$Q' = Q \cdot j$	$Q'' = \frac{Q' \cdot 100}{\sum_1}$	α_7	$\gamma_7 = \alpha_7 \cdot Q$	$\gamma_7' = \frac{\gamma_7 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_7}{X'}$
8	Смазочные материалы	тонн	$R = \sum_{i=1}^n R_i$	$k = 13,7 \cdot 10^{-4}$	$R' = R \cdot k$	$R'' = \frac{R' \cdot 100}{\sum_1}$	α_8	$\gamma_8 = \alpha_8 \cdot R$	$\gamma_8' = \frac{\gamma_8 \cdot 100}{\sum_2}$	$\frac{\gamma_8}{X'}$
					$\sum_1 = X' + Y' + \dots R'$	100		$\sum_2 = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots \gamma_8$	100	

В столбец 10 заносят долю стоимости каждого из энергоресурсов, определяемую в процентах. В столбце 11 показывают стоимость единицы энергетического эквивалента каждого вида энергоресурса.

Анализ полученной таблицы позволяет установить:

- затраты предприятия на каждый потребляемый энергоресурс (данные столбца 9), а также их сумму;
- долю затрат на каждый энергетический ресурс в общих затратах предприятия на энергоресурсы (данные столбца 10);
- выявить энергетические ресурсы, на которые предприятие несет наибольшие затраты (столбцы 9 и 10);
- выявить наиболее дорогие энергетические ресурсы (данные столбца 11).

Оборудование и материалы

Для выполнения практического занятия необходим калькулятор.

Указания по технике безопасности

Техника безопасности при выполнении практического занятия совпадает с общепринятыми: не касаться электрических розеток металлическими предметами; рабочее место студента должно содержаться в чистоте.

Защита работы

Перед выполнением практического занятия каждый студент получает индивидуальное задание. Защита практического занятия происходит только после его выполнения (индивидуального задания). При защите практического занятия студент отвечает на контрольные вопросы,

приведенные в конце, и поясняет выполненное индивидуальное задание. Ход защиты практического занятия контролируется преподавателем.

Задание

Провести расчет энергопотребления и затрат, а также выполнить приведение к единому энергосодержащему показателю энергопотребление предприятия.

Выполнить анализ полученных данных, осветив следующие вопросы:

1. Какой энергоресурс наиболее потребляемый?
2. На потребление какого энергоресурса предприятию несет наибольшие затраты?
3. Какие из потребляемых энергоресурсов наиболее дорогие?

Исходными данными для расчета являются: потребление энергетических ресурсов – электроэнергии, топливе, теплоэнергии, газе, мазуте и др. за предыдущий период (последние 12 месяцев), стоимость энергетических ресурсов, приведенные в таблице 5.

Пример расчета.

В таблице 3 представлены данные по потреблению энергоресурсов предприятия в течение года. Требуется выполнить расчеты энергопотребления и затрат, провести анализ энергопотребления.

Таблица 3 – Потребление энергоресурсов предприятия

Месяц, год	Энергоресурсы				
	Электроэнергия	Мазут	Диз. топливо	Бензин	Керосин
	кВт·час	тонн	тонн	тонн	тонн
Январь	70156	69	1964	76	2,4
Февраль	69587	68,5	1950	79	2,5
Март	64264	68,7	1948	81	2,7

Апрель	63489	67	1870	89	2,9
Май	59648	65	1861	93	2,8
Июнь	50496	64,5	1857	95	2,8
Июль	51642	64	1824	95	2,6
Август	50689	64,7	1836	92	2,7
Сентябрь	54436	66,4	1901	89	2,7
Октябрь	59513	67,9	1932	81	2,8
Ноябрь	65123	68	1948	78	2,6
Декабрь	69843	65	1957	72	2,8
Всего:	728886	798,7	22848	1020	32,3
Стоимость за единицу	руб/ кВт·ч	руб/ тонна	руб/тонна	руб/тонна	руб/тонна
	1000	5239	14445	17613,7	214354,7

Решение:

По методике, изложенной выше, сводим расчетные данные для анализа потребления энергоресурсов в таблице 4.

По данным таблицы 3. строим график потребления электроэнергии (рисунок 1) и график потребления мазута, дизельного топлива, бензина, керосина (рисунок 2). График 1 отображает сезонность в электропотреблении, т.е. потребление электроэнергии в осеннее-зимний месяцы заметно выше чем в летний период. Это связано с увеличением потребления на обогрев, на освещение.

Анализ графика 2. позволяет сделать вывод о наличии сезонности, т.е. увеличении в потреблении бензина в определенный сезон года, что связано с повышением объема перевозок автотранспортом в летние месяцы. Потребление мазута, дизельного топлива и керосина в течение года практически остается неизменным.

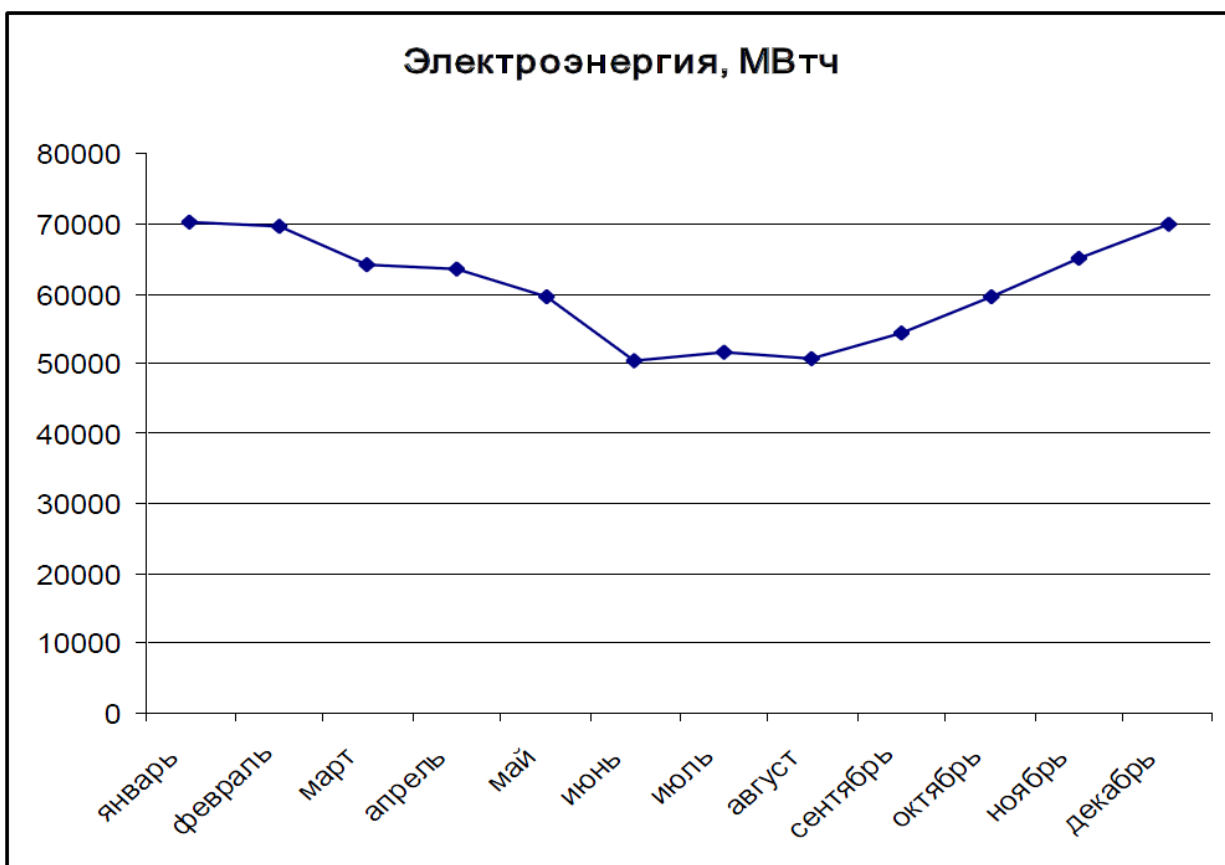


Рисунок 1 – График потребления электроэнергии

Таблица 4 – Потребление энергоресурсов и их стоимость

№ п/п	Энергоре- сурс	Единица изме- рения	Потребле- ние за год	Энерго- содержание, т ыс. т.у.т. /ед. изм.	Энергети- ческий эквив алент энерго ре- сурса, тыс. т. у.т.	Доля энергоресур са в общем энерг опотреблени и, %	Цена ед.изм. энерг. рес., руб.	Стоимость э нергоре- сурса, тыс. руб.	Доля стоимости энергоресур са, %	Стоимость едини цы энергетичес- кого эквивалента, тыс . руб./т.у.т.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Электроэнер гия	КВт час	728886	$1,23 \cdot 10^{-4}$	89,48	69,70	1000	728886,00	67,39	8,15
2	Мазут	тонн	798,7	$14,2 \cdot 10^{-4}$	1,09	0,85	5239	4184,39	0,39	3,82
3	ДТ	тонн	22848	$15,7 \cdot 10^{-4}$	35,89	28,00	14445	330039,00	30,52	9,19
4	Бензин	тонн	1020	$17,3 \cdot 10^{-4}$	1,76	1,38	17615	17967,30	1,66	10,18
5	Керосин	тонн	32,3	$17,3 \cdot 10^{-4}$	0,06	0,04	14354	463,63	0,04	8,30
6	ИТОГО				128,29	100		1081540,32	100	

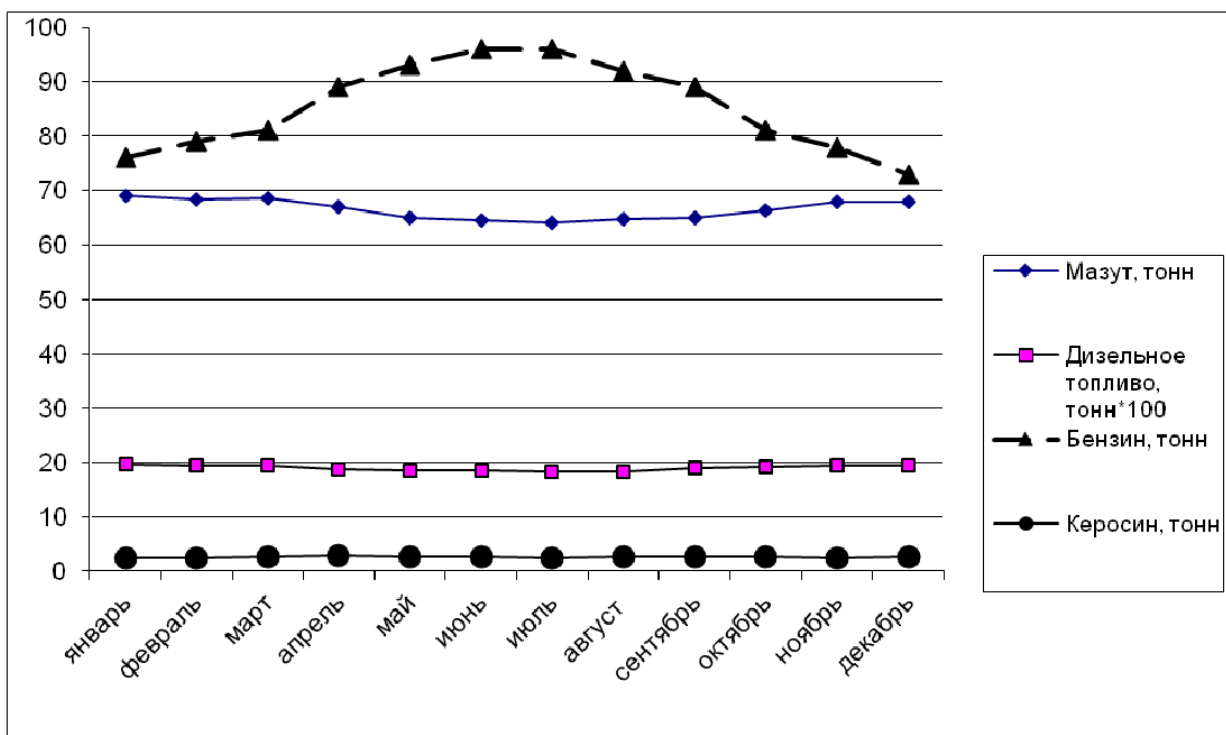


Рисунок 2 – График потребления мазута, дизельного топлива, бензина, керосина.

Анализ данных таблицы 4. показывает, основная доля энергопотребления приходится на электроэнергию – 69,7 %. Доля остальных энергоносителей составляет 30,3 %. Отсюда можно предположить, что основные резервы экономии находятся в области потребления электроэнергии.

В стоимостном выражении затраты на электроэнергию также наибольшие (67,39 %), далее идут дизельное топливо (8,51 %), затем бензин (1,66 %),

Стоимость одной т.у.т используемых энергетических ресурсов наименьшая для мазута и наибольшая у бензина и дизельного топлива.

В связи с тем, что электроэнергия является самым потребляемым энергетическим ресурсом и затраты на нее наибольшие, то при дальнейшем проведении энергоаудита необходимо направить наибольшие усилия на анализ потребления электроэнергии и разработке мероприятий по повышению эффективности ее использования.

Таблица 5 – Исходные данные

Месяц, год	Энергоресурсы				
	Электроэнергия	Мазут	Диз. топливо	Бензин	Керосин
	кВт·час	тонн	тонн	тонн	тонн
Январь	70156	69	1964	76	2,4
Февраль	69587	68,5	1950	79	2,5
Март	64264	68,7	1948	81	2,7
Апрель	63489	67	1870	89	2,9
Май	59648	65	1861	93	2,8
Июнь	50496	64,5	1857	95	2,8
Июль	51642	64	1824	95	2,6
Август	50689	64,7	1836	92	2,7
Сентябрь	54436	66,4	1901	89	2,7
Октябрь	59513	67,9	1932	81	2,8
Ноябрь	65123	68	1948	78	2,6
Декабрь	69843	65	1957	72	2,8
Всего:	728886	798,7	22848	1020	32,3
Стоимость за единицу	руб/ кВт·ч	руб/ тонна	руб/тонна	руб/тонна	руб/тонна
	1000	5239	14445	17613,7	214354,7

В соответствии с номером варианта для четных – прибавить, а для не четных – отнять, значение в таблице 5

Электроэнергия – № варианта * 100;

Мазут – № варианта * 10;

Дизельное топливо – № варианта * 100;

Бензин – № варианта * 10;

Керосин – № варианта (взять модуль).

Практическое занятие 2

Расчет экономии электроэнергии в осветительных сетях

1. Выбор эффективных источников света

Главным направлением экономии энергетических ресурсов, расходуемых на освещение, является применение эффективных источников света, т.е. источников света с высокой световой отдачей (металлогалогенные, натриевые и др.). При этом необходимо учитывать конкретные требования технологического производства.

Так, замена ламп накаливания на люминесцентные лампы в 6 раз снижает электропотребление. Для систем освещения, устанавливаемых на высоте более 5 м от уровня освещаемой поверхности, рекомендуется применять металлогалогенные лампы вместо люминесцентных.

Значительной экономии электроэнергии можно достичь максимально использованием естественного освещения в сочетании с автоматическим управления искусственным освещением. Учет изменения интенсивности естественного света, особенно важен для помещений с недостаточным естественным освещением.

Во всех промышленных осветительных установках целесообразнее применять люминесцентные, ртутные, металлогалогенные, натриевые и другие лампы. Возможная экономия электроэнергии за счет перехода на более эффективные источники света приведена в таблице 3.8.

Окончательный выбор светильника производят на основании светотехнических и технико-экономических расчетов.

Экономия электроэнергии, получаемая за счет правильного выбора источника света, определяется следующими факторами:

- а) световой отдачей источника света h ;
- б) потерями в пуско-регулирующей аппаратуре (ПРА) для газоразрядных ламп, учитываемыми коэффициентом α ;
- в) нормативными требованиями к осветительной установке, зависящими от нормируемой освещенности E_n и коэффициента запаса k_3 .

Мощность, потребляемая осветительной установкой, равна

$$P_{o.y} = k\alpha E_n k_3 / h,$$

где h – коэффициент пропорциональности.

Годовое энергопотребление n светильниками, кВт·ч/год:

$$W_{\Gamma} = P_{o.y} \cdot n \cdot T_z \cdot k_{\text{исп}},$$

где T_z – число часов работы предприятия в год; $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования осветительной нагрузки (справочная величина).

Значительную экономию электроэнергии (до 12–13 %) можно получить при питании осветительных установок напряжением 380 В вместо 220 В.

2. Системы управления освещением

Для экономного расхода электроэнергии в осветительных установках должна предусматриваться рациональная система управления освещением, т.е. включение и отключение освещения в зависимости от уровня естественной освещенности помещения.

Для автоматизации управления включением и отключением осветительных установок применяются фотоавтоматы, фотореле, программные реле времени и т.п.

Регулирование освещенности включением групп источников света имеет следующие недостатки:

- усложняются осветительные сети;
- сокращается срок службы некоторых ламп.

Так, например, срок службы ламп накаливания при числе включения около 2500 практически не снижается. Срок службы люминесцентных ламп уменьшается за год на 17% при трехсменной работе, если считать, что каждое включение сокращает срок службы примерно на 2 ч.

Экономия электроэнергии при применении систем автоматического управления достигается значительным сокращением времени использования установок искусственного освещения. Для регулирования освещения в производственных помещениях могут использоваться устройства дискретного и непрерывного регулирования и графики управления освещением. Управление освещением на основе внедрения графиков весьма эффективно при организации так называемого *зонного управления*. Для этого все рабочее искусственное освещение в производственном корпусе делится по технологическим принципам на участки, в пределах которых светильники питаются от щитков освещения, управляемых с диспетчерского пункта.

Экономический эффект и экономия электроэнергии при зонном управлении освещением определяются по сокращению времени горения ламп в различных зонах помещения по сравнению с временем работы освещения в зоне с минимальной естественной освещенностью. Так, для помещения с двумя зонами суточная экономия времени (ч/сут.) составляет

$$\Delta t = (2/b)(E_{n1}/e_1 - E_{n2}/e_2) ,$$

где b – усредненное значение прироста наружной освещенности за единицу времени, клк/ч; E_{n1}, E_{n2} – нормируемый уровень освещенности первой и второй зон; e_1, e_2 – необходимый уровень освещенности первой и второй зон в зависимости от уровня естественного освещения этих зон.

Экономия электроэнергии за год

$$W = nP_1 \Delta t ,$$

где P_1 – мощность источников света отключаемой зоны; n – число суток работы цеха за год; Δt – суточная экономия времени.

Регулирование уровней освещенности осветительных установок осуществляется двумя способами:

- отключением части светильников,
- снижением напряжения в периоды, когда уровень освещенности может быть без ущерба снижен.

Регулирование освещения применяется:

- для установок совмещенного освещения цехов;
- в цехах, где работа производится посменно с часовым обеденным перерывом, во время которого останавливается основное технологическое оборудование;
- для уличного освещения, где уровень освещенности может быть снижен в часы утренних и вечерних сумерек и ночные часы.

Регулирование освещенности включением групп источников света требует усложнения сетей, прокладки дополнительных осветительных линий, применения программных управляющих устройств с выделением очередности отключения и включения отдельных групп источников света.

Экономия электроэнергии от отключения определяется по выражению

$$W_{\text{отк}} = P_{\text{отк}} t_{\text{отк}} ,$$

где $P_{\text{отк}}$ – отключаемая мощность; $t_{\text{отк}}$ – время отключения в течение года.

Другой способ регулирования освещения – снижение питающего напряжения. Регулирование освещенности может быть осуществлено снижением питающего напряжения, однако технически этот способ экономии электроэнергии более сложен, чем указанные выше.

Достоинством этого способа является возможность плавного изменения светового потока в осветительных установках с лампами накаливания и люминесцентными лампами можно снижать напряжения до 0,8 от $U_{\text{ном}}$, а с лампами ДРЛ – до 0,85 от $U_{\text{ном}}$.

Критерием оценки эффективности энергосбережения в области освещения в общем случае является соотношение затрат на модернизацию осветительных установок и отделку помещений и стоимость сэкономленной электрической энергии.

Оценим предельную стоимость электронных балластных сопротивлений для питания люминесцентных ламп, исходя из того, что срок службы светильника составляет 20 000 часов, повышение световой отдачи светильника с электронным балластом равно 30 %, а 1 кВт час электроэнергии стоит \$ 0,05.

Экономически обоснованной будет модернизация при себестоимости электронной пуско–регулирующей аппаратуры (ЭПРА), равной 0,3 USD/Вт.

Таким образом, без учета эффекта от повышения срока службы ламп, экономически обоснованным является использование ЭПРА, стоимость которых не более чем на 0,3 USD/Вт превышает стоимость комплекта в составе стандартного электрического дросселя и сменного стартера с узлом крепления.

3. Расчет экономии электроэнергии в осветительных установках

1. Расчет экономии электроэнергии на освещение, получаемая при замене старых источников света (индекс 2) на новые, высокоэкономичные (индекс 1) [1]:

$$\Delta \mathcal{E} = T_{\text{ос}} (\alpha_1 P_1 n_1 N_1 - \alpha_2 P_2 n_2 N_2),$$

где $T_{\text{ос}}$ – число часов использования максимума осветительной нагрузки в год; α – коэффициент, учитывающий потери мощности в сетях и ПРА (для ламп: накаливания – 1,03; люминесцентных – 1,23; газоразрядных высокого

давления (ртутных, натриевых и д.р.) – 1,13); P – мощность одной лампы, Вт; n – число ламп в одном светильнике, шт.; N – число светильников, шт.

2. Рассмотрим методику расчета экономии электроэнергии за счет ряда мероприятий в осветительной сети. Для этого предлагается произвести реконструкцию системы освещения с заменой менее эффективных источников света на более эффективные. Кроме того, получить экономический эффект возможно за счет чистки светильников, повышения коэффициента отражения поверхностей помещения (покраски или побелки), внедрения систем автоматического включения и отключения освещения, установки ЭПРА с более низким $K_{пра}$ и более высоким КПД.

2.1. Экономия за счет перехода на лампы пониженной мощности с $\eta = 75$ лм/Вт, кВт·ч/год:

$$\Delta W^1 = W_{\Gamma 1} (1 - k_{ис})$$

2.2. Экономия за счет чистки светильников:

$$k_{q_i} = 1 - (\gamma_c + \beta_c e^{-(t/tc)})$$

$$\Delta W^2 = W_{\Gamma} k_{q_i}$$

2.3. Экономия энергии при повышении коэффициента отражения поверхностей помещения до $\rho = 0,5$ (покраска, побелка) составит 10 % или ΔW^3 .

2.4. Экономия энергии в результате внедрения системы автоматического включения и отключения освещения:

$$\Delta W^4 = W_{\Gamma} (k_{за} - 1)$$

2.5. Экономия энергии вследствие установки электронных ПРА с $K_{пра}^N = 1,1$

$$\Delta W^5 = W_{\Gamma} (1 - K_{пра}^N / K_{пра})$$

2.6. Экономия за счет установки новых светильников с более высоким КПД = 75%, но с аналогичным светораспределением:

$$\Delta W^6 = W_{\Gamma} (1 - k_{св})$$

Общий резерв экономии энергии составит:

$$\Delta W = \sum_{n=1}^k \Delta W_n^k$$

2.7. Экономия электроэнергии от применения регулирования снижения напряжения определяется:

для ЛН

$$W_p = P_{уст} (1 - \kappa_{u, 58}) t_{снж} ;$$

для ДРЛ

$$W_p = P_{уст} (2,43 - 2,43 \kappa_u) t_{снж} ;$$

для ЛЛ с ПРА

$$W_p = P_{уст} (1,26 - 1,26 \kappa_u) t_{снж} ;$$

для ламп типа

ДКсТ

$$W_p = P_{уст} (3,5 - 3,5 \kappa_u) t_{снж} ,$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность светильников, для которых снижается напряжения; $t_{снж}$ – время снижения напряжения; $\kappa_u = U_{\phi} / U_{ном}$ (U_{ϕ} – фактическое снижение напряжения).

Практическое занятие № 3

Расчет технико-экономических показателей мероприятия по повышению уровня теплозащиты и снижения тепловых потерь в тепловых сетях

2 Расчет технико-экономических показателей мероприятий по повышению уровня теплозащиты, снижению тепловых потерь в сетях.

Утечки тепла через неизолированную арматуру, а также на неизолированных участках тепловых сетей, которые составляют от общей длины теплопроводов

$$Q = \frac{L}{L_T} \cdot 100\%$$

где L – суммарная длина участков трубопроводов с отсутствием теплоизоляции, метров;

L_T – общая протяженность трубопроводов, метров.

При изоляции арматуры и участков тепловых сетей горячего водоснабжения, экономия тепловой энергии может составить

$$Q_{\text{э}} = \frac{Q \cdot (Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}})}{100} \quad \text{Гкал/год,}$$

где Q – потребление тепловой энергии за год, Гкал/год; $Q_{\text{н}}$ – нормируемые потери тепловой энергии.

Основные технические решения.

Для реализации данного проекта предлагается провести теплоизоляционные работы на неизолированной запорной арматуре и неизолированных участках тепловых сетей с целью снижения уровня теплового потока с поверхности арматуры и труб до нормативных потерь. В таблице 2. представлены характеристики использования различных теплоизолирующих материалов при среднем диаметре тепловых сетей 118 мм.

Таблица 2. Характеристики применения теплоизолирующих материалов для теплоизоляции тепловых сетей (долл. в расчете на 1 погонный метр)

Характеристики	Вид изоляции		
	2	3	4
1			
Капитальные вложения у.е.	140,0	183,0	155,0
Снижение затрат на ликвидацию аварий	7,6	7,5	9,4
Снижение потерь теплоты	3,1	4,5	7,5
Снижение текущих издержек	7,5	7,5	8,4
Снижение недоотпуска теплоты	1,0	1,0	1,0
Продление срока службы	0	0	4,2

Наиболее существенные показатели имеет теплоизоляция из пенополиуретана, однако ее использование имеет смысл при полной модернизации всей тепловой сети, так как поставка этой изоляции производится совместно с трубами. Аналогично обстоят дела и с армопенобетоном.

В качестве теплоизоляционного материала предлагается использовать теплоизоляционные маты из минеральной ваты.

Капитальные затраты на участке теплотрассы длиной L метров, в соответствии с данными таблицы 2, составляют

$$K = L \cdot C \quad \text{у.е.}$$

где C – капитальные вложения при применении теплоизолирующих материалов для теплоизоляции тепловых сетей (у.е. в расчете на 1 погонный метр)

Снижение эксплуатационных затрат по теплоэнергии в год

$$\mathcal{E}_T = C_T \cdot Q_{\mathcal{E}} \quad \text{у.е. в год.}$$

где C_T – стоимость 1 Гкал теплоэнергии, у.е.

Срок окупаемости энергосберегающего проекта по изоляции арматуры и участков тепловых сетей горячего водоснабжения

$$T_{OK} = \frac{K}{\mathcal{E}} \quad \text{лет.}$$

Пример расчета.

Пример. Оценить целесообразность энергосберегающего проекта по повышению уровня теплозащиты, снижению теплопотерь в сетях. При проведении обследования тепловой сети было выявлено отсутствие тепловой изоляции арматуры трубопроводов горячего водоснабжения и на отдельных участках общей протяженностью $L = 209$ метров при общей длине этих трубопроводов $L_T = 1859$ метров. Потребление тепловой энергии предприятием за год составляет $Q = 31657$ Гкал/год. Нормируемые потери тепловой энергии составляют $Q_{\mathcal{E}} = 3\%$. Стоимость 1 Гкал теплоэнергии составляет $C_T = 14,4$ у.е.

Решение:

Утечки тепла через неизолированную арматуру, а также на неизолированных участках тепловых сетей, которые составляют от общей длины теплопроводов предприятия

$$Q = \frac{L}{L_T} \cdot 100 = \frac{209}{1859} \cdot 100 = 11,21859\%$$

При изоляции арматуры и участков тепловых сетей горячего водоснабжения предприятия, экономия тепловой энергии может составить

$$Q_{\text{э}} = \frac{Q \cdot (Q_{\text{у}} - Q_{\text{н}})}{100} = \frac{31657 \cdot (11,2 - 3)}{100} = 2595,87 \text{ Гкал/год,}$$

Основные технические решения.

Для реализации данного проекта предлагается провести теплоизоляционные работы на незащищенной запорной арматуре и незащищенных участках тепловых сетей с целью снижения уровня теплового потока с поверхности арматуры и труб до нормативных потерь.

Капитальные затраты на участке теплотрассы длиной 209 метров, в соответствии с данными таблицей 2, составляют

$$K = L \cdot C = 209 \cdot 140 = 29260 \text{ у.е.}$$

Снижение эксплуатационных затрат по теплоэнергии в год

$$\text{Э}_T = C_T \cdot Q_{\text{э}} = 11,4 \cdot 2595,87 = 37494,7 \text{ у.е. в год.}$$

Срок окупаемости энергосберегающего проекта по изоляции арматуры и участков тепловых сетей горячего водоснабжения обогатительной фабрики

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\text{Э}} = \frac{29260}{37494,7} = 0,78 \text{ года.}$$

Таблица 3 – Исходные данные по вариантам

2-я цифра варианта	L , м	L_T , м	Q , Гкал/год	$Q_{\text{э}}$, %	ζ_T , у.е.
1	210	1860	31660	3,1	14,5
2	215	1910	31710	3,2	14,6
3	220	1960	31760	3,3	14,7
4	225	2010	31810	3,4	14,8
5	230	2060	31860	3,5	14,9
6	235	2110	31910	3,6	15
7	240	2160	31960	3,7	15,1
8	245	2210	32010	3,8	15,2
9	250	2260	32060	3,9	15,3
10	210	1860	31660	3,1	14,5
11	205	1810	31610	3	14,4
12	200	1760	31560	2,9	14,3
13	195	1710	31510	2,8	14,2
14	190	1660	31460	2,7	14,1
15	185	1610	31410	2,6	14
16	180	1560	31360	2,5	13,9
17	175	1510	31310	2,4	13,8
18	170	1460	31260	2,3	13,7
19	165	1410	31210	2,2	13,6
20	160	1360	31160	2,1	13,5

Практическое занятие № 4

«Установка термостатических клапанов на отопительные приборы»

1. Описание проекта

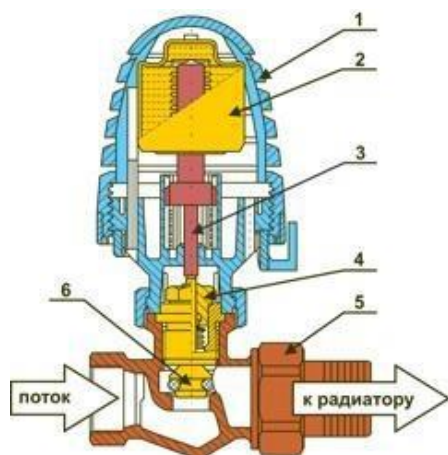
В рамках реализации данного проекта предлагается установить на отопительные приборы в административных помещениях объекта термостатические клапаны, регулирующие расход теплоносителя через отопительный прибор в зависимости от температуры воздуха внутри помещения.

Радиаторные регуляторы температуры – термостаты – выполняют две важные функции: обеспечивают комфортную температуру в помещении и следят за экономией тепловой энергии. Установка термостатов возможна как на одном отдельно взятом радиаторе, так и на ветке подающей теплоноситель к нескольким отопительным приборам. Комфортные условия достигаются поддержанием заданной температуры воздуха в помещении, а также возможностью задавать дневной и ночной режимы. Теплоноситель начинает циркулировать в радиаторе только при снижении температуры в помещении ниже заданной, что приводит к экономии тепловой энергии до 15%.

Автоматические терморегуляторы дают возможность поддерживать температуру воздуха в диапазоне от + 6 до + 26 °С, на желаемом уровне. Принцип работы терморегулятора основан на свойстве газа или жидкости изменять свой объём в зависимости от температуры.

Радиаторный термостат состоит из двух частей: термостатического элемента (термоголовки) и клапана. Термостатический элемент имеет тонкостенный герметический цилиндр с гофрированными стенками - сильфон, заполненный газообразным или жидким рабочим веществом, реагирует на изменение температуры в районе термоголовки. При

повышении температуры сильфон растягивается и перемещает связанный с ним стержень, который давит на соответствующий шток в клапане и клапан ограничивает поток теплоносителя в радиатор. При понижении температуры



Радиаторный термостат в разрезе

процесс идёт в обратном порядке. Таким образом, термоголовка является управляющим механизмом, а клапан исполнительным.

Устройство простейшего радиаторного термостата - это два элемента - термостатическая головка (1) и термостатический клапан (5). Принцип работы его следующий: при увеличении температуры в помещении чувствительный элемент (2) в

термостатической головке расширяется и передает давление через стержень (3) на шток (6) буксы (4) клапана (5), тем самым отверстие в термостатическом клапане перекрывается и поток теплоносителя уменьшается. Тепло не поступает в радиатор и следовательно температура в помещении не растет.

1. Простой клапан для двухтрубных систем. Простейший из термостатических клапанов - клапан без предварительной настройки; при смонтированной термостатической головке пропускная способность клапана варьируется в пределах от 0 до 1 м³/час. Для того чтобы гидравлически увязать радиаторы на одной ветке, в паре с таким клапаном на подаче следует применять запорно-регулирующий вентиль на обратном трубопроводе.



Термостатический клапан в разрезе

2. Клапан со скрытой и открытой предварительной гидравлической настройкой. Данные клапаны имеют возможность предварительной гидравлической настройки: посредством муфты, внутри которой ходит шток

клапана, можно задать максимальное значение пропускной способности, тем самым, ограничив расход теплоносителя через радиатор. Скрытая преднастройка осуществляется при помощи специального ключа, что защищает систему от несанкционированного вмешательства и, как следствие, от



Термостатический клапан с открытой предварительной гидравлической настройкой в разрезе



Термостатический клапан со скрытой предварительной гидравлической настройкой в разрезе

разрегуливки системы. Использовать данные клапаны рекомендуется в жилищном и социальном строительстве, где высок риск вмешательства жильцов в гидравлическую увязку на стояках.

3. Клапан с увеличенным проходом для однетрубных и гравитационных систем. Для термостатирования в однетрубных системах отопления служит клапан с увеличенным проходом. Диапазон пропускной способности у клапана составляет от 0 до 5,1 м³/час, что позволяет использовать его в безнапорных системах. Совместно с клапаном рекомендуется использовать термоголовку, которая предусматривает увеличенный ход штока клапана при термостатировании, что приводит к увеличению процента затекания теплоносителя в прибор отопления.

Линейка термостатических клапанов затрагивает не только новое строительство, но также и модернизацию существующих систем отопления. Например, для регулирования температуры помещения в системах с



Термостатический клапан с увеличенным проходом для однетрубных и гравитационных систем в разрезе

однотрубной стояковой разводкой с использованием байпаса могут применяться трехходовые клапаны.

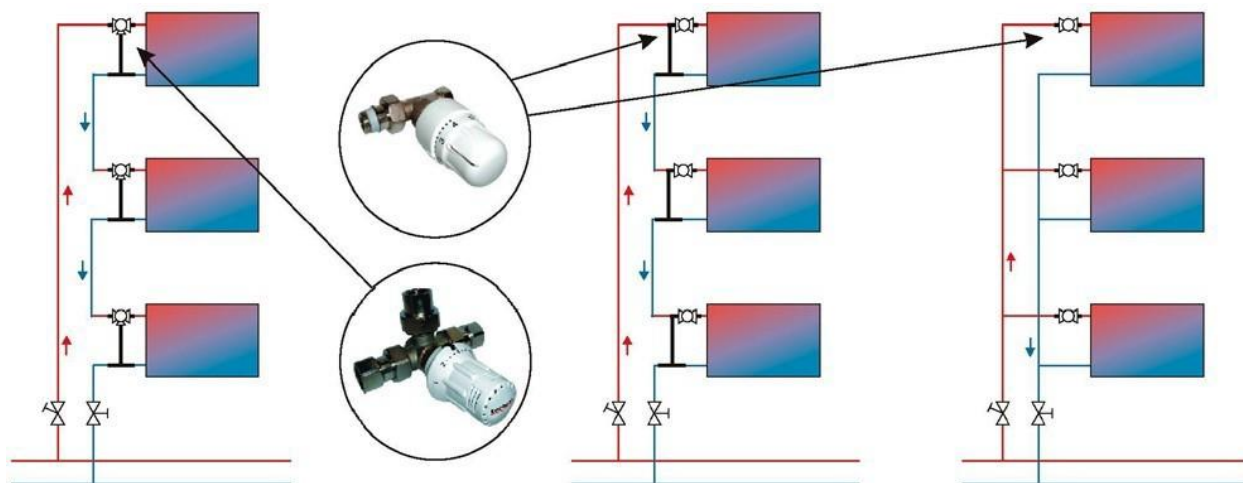
Термостатический клапан 3х ходовой для систем с байпасом. Клапан осуществляет регулирование и распределение теплоносителя в узле «прибор- байпас» следующим образом: если температура в помещении достигла заданного уровня (выставляется на термоголовке), то поток теплоносителя направляется в байпас, как только температура упала – байпас перекрывается (но не полностью) и основной поток устремляется в прибор отопления. Установка клапанов



Термостатический клапан 3х ходовой для систем с байпасом в разрезе

существующую систему отопления позволяет добиться значительной экономии тепла в отдельно взятом здании.

Схема перераспределения теплоносителя двухходовым распределительным клапаном в однотрубной и двухтрубной системах отопления



Для предотвращения вмешательства посторонних лиц в работу системы отопления, стабилизации температурных режимов в помещениях рекомендуется приобрести и установить ограничительные штифты на клапаны и произвести их настройку. Схема установки ограничительных штифтов приведена на рисунке.



Рисунок – Схема установки ограничительных штифтов на термостатическую головку

2. Оценка текущей ситуации и обоснование применения термостатических регуляторов на радиаторах отопления

По результатам инструментального обследования здания объекта фактические температуры воздуха в административных помещениях здания выше комфортных и превышают параметры установленные требованиями санитарных правил и норм СанПин 2.2.4.548-96 для данного типа зданий и помещений. Вследствие чего ухудшаются показатели микроклимата в помещениях, что в свою очередь сказывается на здоровье и производительности труда людей

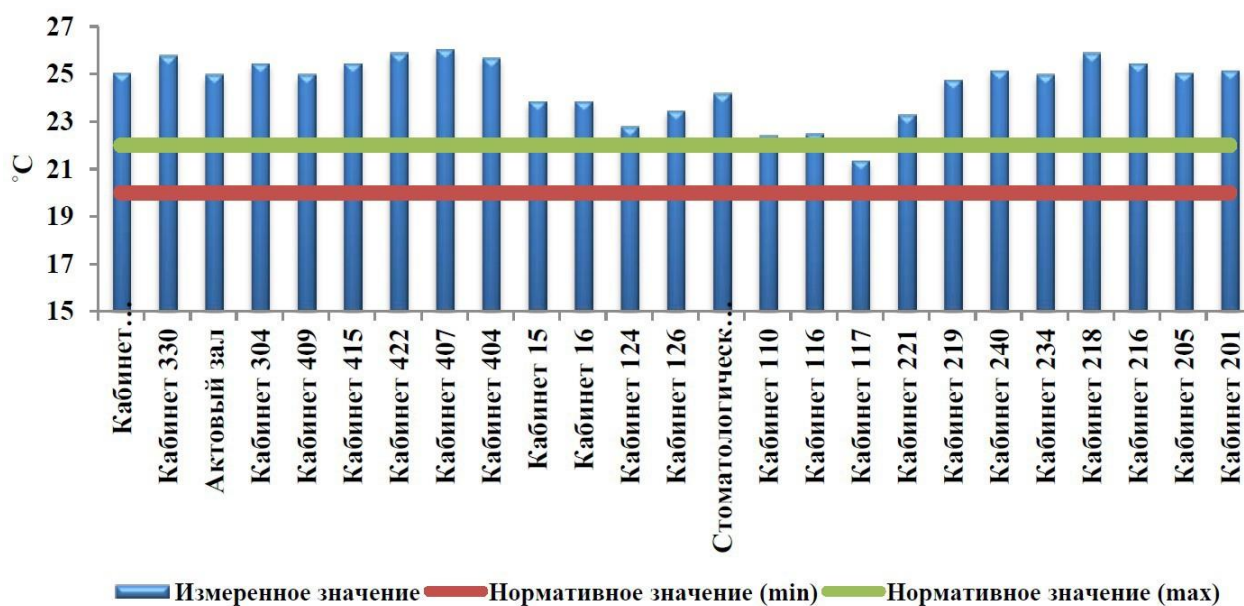


Рисунок – Температурный режим помещений здания объекта

В результате проведенного обследования установлено, что фактическая температура помещений превышает нормативную в среднем на 4,6 °C. Это вызвано тем, что система отопления имеет большую инерционность, и нет возможности произвести точное регулирования температурных режимов.

Для исключения перерасхода тепловой энергии на нужды отопления здания и поддержания оптимальных параметров микроклимата в помещениях, предлагается установить термостатические регуляторы на приборы отопления.

С регуляторами температуры необходимо установить перемычку (байпас), согласно рисунка, для обеспечения постоянного расхода теплоносителя (воды) и постоянного гидравлического сопротивления системы.

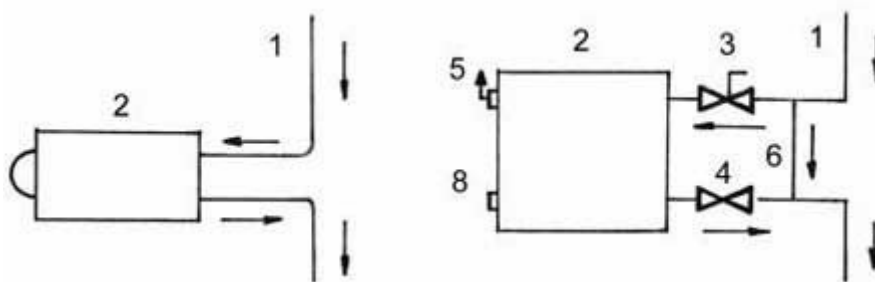


Рисунок – Схема установки регулятора температуры с перемычкой

3. Исходные данные необходимые для реализации мероприятия

Средняя стоимость 1 Гкал потребляемой тепловой энергии составляет 1593,7 руб. по данным 2013г.

Данные по стоимости оборудования и материалов взяты как средние цены по прайс-листам компаний занимающихся продажей терморегуляторов и составляет:

Стоимость одного регулятора температуры (на примере «Danfoss RA-N/RA 2994») составляет 1762,04 руб.

Стоимость одного метра трубы диаметром 20 мм составляет 87,6 руб.

Количество радиаторов, на которых рекомендуется установить термостатические регуляторы, составляет 143 шт.

Расход тепловой энергии на отопление помещений, в которых предусматривается установка термостатов, равен 595,4 Гкал.

Данные по количеству оборудования и материалов (регуляторов температуры для радиаторов отопления, трубы для перемычки диаметром 20мм) приведены в таблице.

Таблица – Данные по количеству оборудования и материалов

№	Наименование	Ед. изм.	Всего по объекту
1	Регуляторы температуры для радиаторов	шт.	143
2	Труба диаметром 20	м	143

4. Расчет затрат необходимых для реализации мероприятия

Инвестиционные затраты по установке термостатических регуляторов на радиаторы отопления складываются из следующих составляющих:

$$IC = C_{\text{рег.о}} \times \text{прег.о.} + C_{\text{т.}} \times l_{\text{т.}}, \text{ руб.},$$

где $C_{\text{рег.о}}$ – стоимость регулятора отопления, руб./шт.;

прег.о. – количество регуляторов отопления, шт.;

$C_{\text{т.}}$ – стоимость 1 метра трубы перемычки руб./м;

$l_{\text{т.}}$ – длина трубы, м;

Инвестиционные затраты по установке термостатических регуляторов на радиаторы отопления:

$$IC = 1762,04 \times 143 + 87,6 \times 143 = 264498,52 \text{ руб.}$$

Также необходимо учесть затраты на проектные и монтажно-наладочные работы.

Таблица – Затраты на модернизацию системы отопления с установкой термостатических регуляторов на отопительные приборы

Наименование затрат	Стоимость единицы, руб.	Количество	Суммарные затраты, тыс. руб.
Термостатические регуляторы	1762,04	143шт.	251,97
Труба металлопластиковая диам.20мм	87,6	143 м.	12,53
Проектные работы	1	комплекс	110,0
Монтажно-наладочные работы	1	комплекс	192,0
Итого			566,5

5. Оценка эффекта от реализации мероприятия

По проведенным инструментальным замерам параметров микроклимата в помещениях здания объекта было выявлено, что фактическая температура внутреннего воздуха превышает нормативную в среднем на 4,6 °С. При высоких температурах внутри помещений во время отопительного периода, можно говорить о «перетопе». «Перетоп» приводит к перерасходу тепла на отопление здания. Необходимо провести расчет увеличения количества тепловой энергии для отопления здания при «перетопе» на 4,6 °С:

$$q(\%) = \frac{q'}{q} \cdot 100\% = \frac{q_0 \cdot V \cdot (t'_B - (t_{HO}))}{q_0 \cdot V \cdot (t_B - (t_{HO}))} \cdot 100\%$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·0С);

V – объем отапливаемого здания, м³;

t_{HO} – средняя температура отопительного периода, 0С.

Средняя наружная температура отопительного периода (СНиП-23-01-99 (2003)) составляет $-4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. При нормируемой температуре в помещении $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя фактическая составила $+24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, перерасход тепловой энергии на отопление здания составляет:

$$q(\%) = \frac{(24,6 - (-4,1))}{(20 - (-4,1))} \cdot 100\% = 119\%$$

Из расчета видно, что при «перетопе» на $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество тепла необходимого для отопления здания увеличивается на 19 %.

На основании собранных данных для мероприятия по установке термостатических регуляторов на радиаторы отопления произведены следующие расчеты:

Срок окупаемости внедрения термостатических регуляторов рассчитывается следующим способом:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{IC}{\Delta C_{\text{э.}}}, \text{ лет.}$$

где $\Delta C_{\text{э.}}$ – экономия денежных средств за счет уменьшения теплопотребления, тыс. руб.;

IC – инвестиционные затраты на установку термостатических регуляторов, тыс. руб.

Экономия денежных средств рассчитывается по формуле:

$$\Delta C_{\text{э.}} = Q_{\text{от.}} \times 0,19 \times C_{\text{т.}} \quad \text{руб.},$$

где $Q_{\text{от.}}$ – тепловая энергия за отопительный период, Гкал;

0,19 – 19 % экономического эффекта от принятия мероприятия;

$C_{\text{т.}}$ – тариф тепловой энергии, руб.

Расчет экономии денежных средств при установке термостатических регуляторов на радиаторы отопления в здании объекта и расчет срока окупаемости:

$$\Delta C_3 = 595,4 * 0,19 * 1593,7 = 180,3 \text{ тыс. руб.},$$

$$T_{\text{ок.}} = \frac{566,5}{180,3} = 3,14 \text{ лет.}$$

Таблица – Сводная таблица расчета экономического эффекта при установке термостатических регуляторов на отопительные приборы

Предлагаемые мероприятия	Затраты на реализацию, тыс. руб.	Экономический эффект в натуральном выражении, Гкал/год	Экономический эффект в денежном выражении, тыс.руб/год,	Период окупаемости, лет
Установка термостатических регуляторов на отопительные приборы	566,5	113,13	180,3	3,14
ИТОГО:	566,5	113,13	180,3	

Ориентировочная стоимость терморегуляторов «Danfoss» и металлопластиковых труб диаметром 20 мм составляет 264,5 тыс. руб. Ориентировочная стоимость проектных, монтажных и пусконаладочных работ составляет 302,0 тыс. руб.

Срок окупаемости проекта составит 3,14 года.

Приведенные расчеты являются оценочными. Более точные результаты можно получить только на стадии ТЭО (техико-экономического обоснования) или на стадии разработки рабочего проекта и сметы.

Исходные данные:

Придумать!

Практическое занятие № 5.

«Расчёт технико-экономических показателей мероприятия по установке теплоотражающих экранов за радиаторы отопления»

Цель работы: изучить методику расчёта технико-экономических показателей мероприятия по установке теплоотражающих экранов за радиаторы отопления и затрат на них.

Теоретическая часть

В подавляющем большинстве случаев отопительные приборы устанавливаются у наружных стен. При нагреве внутреннего воздуха помещения, нагревается также и область стены за радиатором отопления, создавая тем самым локальную зону повышенных тепловых потерь. Происходит это из-за того, что температура внутренней поверхности стены за прибором отопления значительно выше температуры прочих менее нагретых внутренних поверхностей стены.

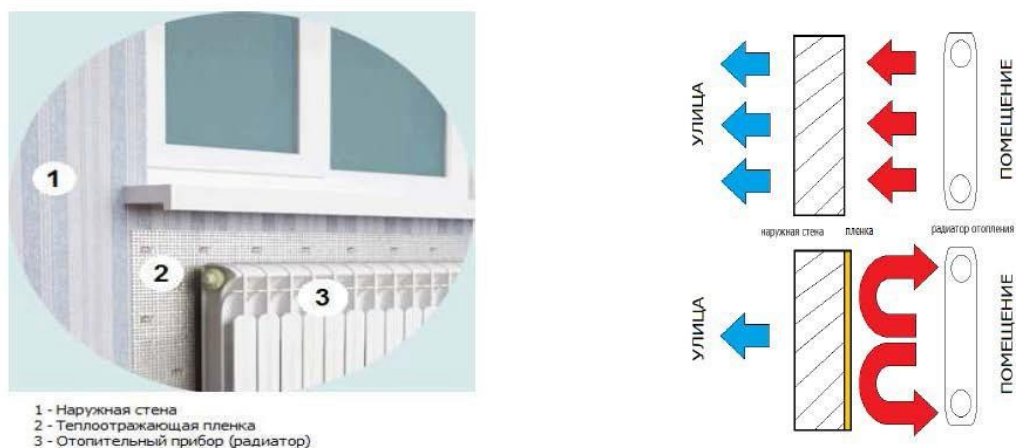


Рисунок 5.1 – Теплоотражающий экран за отопительным прибором

Снизить поток тепла через стены позволит установка за радиаторами теплоотражающих панелей из алюминиевой фольги. Теплоотражающая пленка выполняет 2 основные функции:

- увеличение термического сопротивления теплопередаче для области стены за радиатором отопления за счет низкого коэффициента теплопроводности материала пленки (около $0,02 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$),

- отражение теплового излучения от радиатора отопления обратно в помещение.

Панель легко монтируется за радиатором на липкую ленту, панели может быть придана любая форма.

Наилучший эффект имеет место в случае, если расстояние между радиатором и стеной составляет 20-50 мм.

Теплоотражающая панель представляет собой мягкий рулонный материал, состоящий из теплоизолирующего слоя из газонаполненного пенополиэтилена толщиной 4 мм, покрытого с одной стороны алюминиевой фольгой.

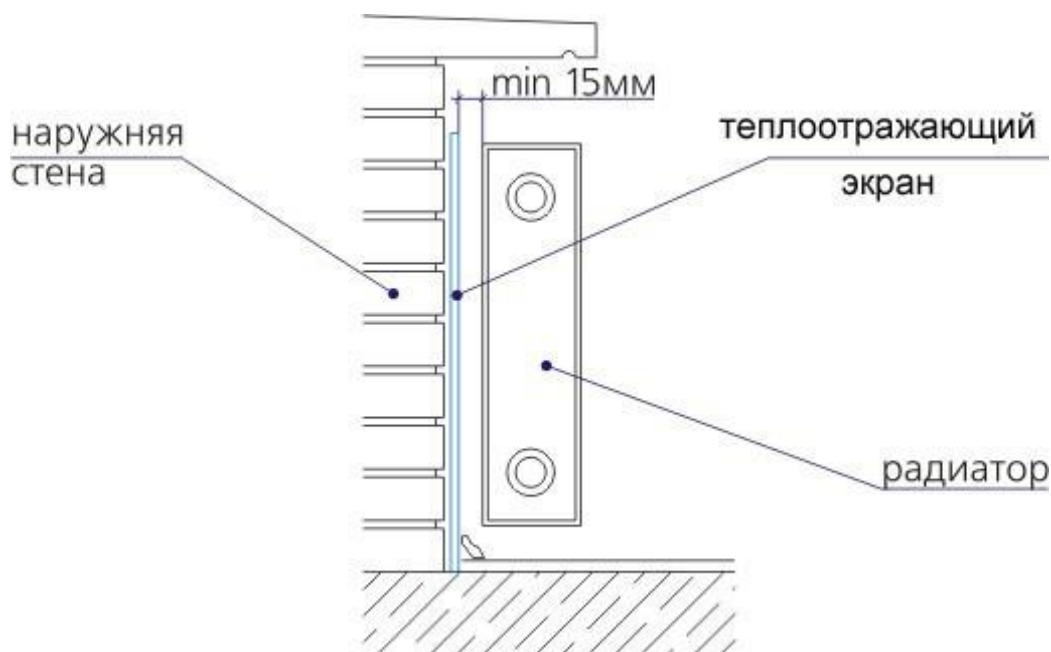


Рисунок 5.2 – Схема монтажа теплоотражающего экрана

Оборудование и материалы

Для выполнения практического занятия необходим калькулятор.

Указания по технике безопасности

Техника безопасности при выполнении практического занятия совпадает с общепринятыми: не касаться электрических розеток металлическими предметами; рабочее место студента должно содержаться в чистоте.

Защита работы

Перед выполнением практического занятия каждый студент получает индивидуальное задание. Защита практического занятия происходит только после его выполнения (индивидуального задания). При защите практического занятия студент отвечает на контрольные вопросы, приведенные в конце, и поясняет выполненное индивидуальное задание. Ход защиты практического занятия контролируется преподавателем.

Задание

Выбрать, согласно номеру варианта, исходные данные из таблицы 5.1. Произвести расчёт затрат необходимых для реализации мероприятия и оценить эффект от его реализации.

Выполнить анализ полученных данных, осветив на следующие вопросы:

1.Какой энергоресурс наиболее потребляемый?

2.На потребление какого энергоресурса предприятию несет наибольшие затраты?

3.Какие из потребляемых энергоресурсов наиболее дорогие?

Исходными данными для расчета являются: сопротивление теплопередачи наружной стены, толщина теплоотражающей пленки, теплопроводность теплоотражающей пленки, температура наружного воздуха средняя за отопительный период, температура внутри помещения, количество отопительных приборов, площадь поверхности стен за каждым

отопительным прибором, суммарная поверхность теплоотражающих экранов, расход тепловой энергии на топление и вентиляцию.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета мероприятия

№ варианта		Наименование объекта											
		Сопротивление теплопередачи наружной стены, (м²·°C/Вт)											
		Толщина теплоотражающей пленки, м											
		Теплопроводность теплоотражающей пленки, (Вт/м·°C)											
		Температура наружного воздуха средняя за отопительный период, °C											
		Температура внутри помещения, °C											
		Количество отопительных приборов, шт.											
		Площадь поверхности стен за каждым отопительным прибором, м²											
		Суммарная поверхность теплоотражающих экранов, м²											
		Расход тепловой энергии на топление и вентиляцию, Гкал											
		Тариф на потребляемую тепловую энергию, руб./Гкал											
		Стоимость теплоотражающей пленки с учетом установки, руб./кв.м											
		Отопительный период, календ. дней											
1	Административное здание	R _{ст}	δ _{пл}	λ _{пл}	t _н	t _в	n	S _{ст}	S _{общ}	Q			
2		1,64	0,00	0,01	-5	21	159	0,45	66,6	570	1287,16	200	209
3		1,44	0,00	0,01	-5,5	20,5	164	0,5	71,6	550	1337,16	250	204
4		1,24	0,00	0,01	-6	20	169	0,55	76,6	530	1387,16	300	199
5		1,04	0,00	0,01	-6,5	19,5	174	0,6	81,6	510	1437,16	350	194
6		0,84	0,00	0,01	-7	19	179	0,65	86,6	490	1487,16	400	189
7		1,86	0,01	0,02	-4	22	149	0,35	56,6	610	1187,16	100	219

7		1,88	0,01 2	0,02 2	-3,5	22,5	144	0,4	51,6	630	1137,16	150	224
8		1,9	0,01 3	0,02 3	-3	23	139	0,45	46,6	650	1087,16	200	204
9		1,92	0,01 4	0,02 4	-2,5	18	134	0,5	41,6	670	1037,16	250	194
10		1,94	0,01 5	0,02 5	-2	19,5	129	0,55	76,6	690	1237,16	300	184
11		1,96	0,01 6	0,02 6	-1,5	22,5	124	0,6	86,6	710	1487,16	350	174
12		1,98	0,01 7	0,02 7	-1	21	119	0,65	56,6	590	1087,16	150	164
13		2	0,01 8	0,02 8	-4,5	19	154	0,4	46,6	630	1337,16	200	168
14		2,02	0,01 9	0,02 9	-3	20	164	0,5	61,6	540	1137,16	250	214
15		2,04	0,02	0,03	-1	21,5	144	0,6	51,6	670	1237,16	300	189

Пример расчёта.

Исходные данные необходимые для реализации мероприятия приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для расчета мероприятия

Наименование объекта	Сопротивление теплопередачи	Толщина теплоотражающей	Теплопроводность теплоотражающей пленки,	Температура наружного воздуха средняя за	Температура внутри	Количество отопительных	Площадь поверхности стен за каждым отопительным	Суммарная поверхность	Расход тепловой энергии на
	$R_{ст}$	$\delta_{пл}$	$\lambda_{пл}$	t_n	t_v	n	$S_{ст}$	$S_{общ}$	Q
Административное здание	1,84	0,01	0,02	-4,5	21,5	154	0,4	61,6	590

Тариф на потребляемую тепловую энергию на 2016 год составляет 1237,16 руб./Гкал.

Стоимость теплоотражающей пленки с учетом установки составляет 150 руб./м², продается в рулонах размерами 1 м (ширина) x 10-50 м (длина).

Произведем расчёт затрат необходимых для реализации мероприятия.

Инвестиционные затраты по установке теплоотражающих экранов за радиаторы отопления складываются из следующих составляющих:

$$IC = C_{пл} \times F_{общ}, \text{ руб.},$$

где $C_{пл}$ – стоимость теплоотражающей пленки с учетом установки составляет, руб./м²;

$F_{общ}$ – суммарная площадь теплоотражающих экранов, м².

$$IC = 150 \times 61,6 = 9240 \text{ руб.}$$

Оценим эффект от реализации мероприятия.

Средняя плотность потока тепловых потерь через стену помещения в окружающую среду составят:

- для радиатора при установке теплоотражающего экрана

$$q_1 = \frac{t_{в} - t_{н}}{R_{ст} + \frac{\delta_{пл}}{\lambda_{пл}}}, \frac{Вт}{м^2}$$

где $t_{в}$ – температура внутренней поверхности стены, °С. При установке теплоотражающих экранов $t_{в}$ принимаем равной температуре внутреннего воздуха помещения, $t_{в} = 21,5$ °С;

$t_{н}$ – температура наружного воздуха средняя за отопительный период, °С;

$R_{ст}$ – сопротивление теплопередаче наружной стены, м²·°С/Вт;

$\delta_{пл}$ – толщина теплоотражающей пленки, м;

$\lambda_{пл}$ – теплопроводность теплоотражающей пленки, Вт/м·°С.

$$q_1 = \frac{21,5 - (-4,5)}{1,84 + \frac{0,01}{0,02}} = 10,94 \frac{Вт}{м^2}$$

При наличии 154 отопительных радиаторов и площади поверхности стен за каждым $0,4 \text{ м}^2$, суммарная тепловая потеря в окружающую среду составит:

$$Q_1 = 0,4 \cdot 154 \cdot 10,94 = 0,67 \text{ кВт}$$

- для радиатора без теплоотражающего экрана

$$q_1 = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{ст}}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутренней поверхности стены, °С. При отсутствии теплоотражающих экранов $t_{\text{в}} = 40 \text{ °С}$.

$$q_1 = \frac{40 - (-4,5)}{1,84} = 23,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

При наличии 154 отопительных радиаторов и площади поверхности стен за каждым $0,4 \text{ м}^2$, суммарная тепловая потеря в окружающую среду составит:

$$Q_2 = 0,4 \cdot 154 \cdot 23,98 = 1,48 \text{ кВт}$$

Таким образом, экономия тепловых потерь при установке теплоотражающих экранов за отопительными приборами составит:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 1,48 - 0,67 = 0,81 \text{ кВт}$$

Учитывая, что отопительный период для г. Саров составляет 214 календарных дней, суммарная годовая экономия тепловой энергии составит:

$$0,81 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 214 = 14,98 \text{ ГДж} = 3,58 \text{ Гкал.}$$

Практическое занятие №6

Расчёт годовой экономии от внедрения мероприятий, направленных на сбережение воды

Описание мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»

Установка автоматических сенсорных смесителей позволяет сэкономить до 50% горячей и холодной воды и является очень эффективным энергосберегающим мероприятием. Экономический эффект достигается благодаря значительному сокращению времени протекания воды.

Автоматические сенсорные смесители (рисунок 6.1) служат для автоматического включения и отключения подачи воды к мойкам и раковинам и для термостатического регулирования ее температуры. Таким образом сенсорные смесители отличаются от обычных смесителей отсутствием вентилей для регулировки воды.

Их применение экономически оправдано в общественных зданиях, в том числе в учебных заведениях.

Функция термостатического регулирования защищает детей младшего возраста от ожогов.

Функция автоматического отключения перекрывает поток воды сразу после прекращения использования. Отсутствие ручного регулирования исключает возможность поломки приложением чрезмерного усилия.

В бюджетных учреждениях и организациях, в общественных и



Рисунок 6.1 – Автоматический
сенсорный смеситель с
термостатическим клапаном

публичных местах, в офисных и торговых центрах умывальники и раковины, как правило, ставятся группами по 2–4 прибора, что позволяет подключать к одному термостатическому клапану несколько приборов.

После монтажа автоматических сенсорных смесителей необходимо отрегулировать чувствительность сенсоров, а также температуру воды, подаваемой к приборам.

При этом необходимо учитывать, что зачастую заявляемый производителями коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей – до 50% - является несколько завышенным. Фактический коэффициент экономии составит при этом около 20%.

Область применения

Бюджетные учреждения и организации, общественные и административные здания и иные публичные места с большим количеством людей.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем определяется по формуле, м³:

$$\Delta V = k_{eff} \cdot V_n, \quad (1)$$

где k_{eff} – коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей;

V_n [м³] – объем воды, потребленной через существующие смесители за базовый период (считается отдельно для горячей и холодной воды),

Шаг 2. Общая годовая экономия в денежном выражении определяется по формуле, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_g \cdot T_{гор} + \Delta V_x \cdot T_{хол}, \quad (3)$$

где ΔV_g [м³] – годовая экономия горячей воды;

ΔV_x [м³] – годовая экономия холодной воды;

$T_{гор}$ [руб./м³] – тариф на горячую воду;

$T_{хол}$ [руб./м³] – тариф на холодную воду.

Шаг 3. Затраты на замену всех смесителей определяются по формуле:

$$C_{\Sigma} = N_{смес} \cdot C_1, \quad (4)$$

где $N_{смес}$ – количество установленных в здании смесителей,

C_1 [руб.] – затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ.

Пример расчёта

Тарифы:

- на горячую воду $T_{гор} = 80$ руб./м³

- на холодную воду $T_{хол} = 20$ руб./м³

Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год $V_{гор.смес.} = 1000$ м³

Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год $V_{хол.смес.} = 2500$ м³

В здании установлено 12 смесителей.

Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ 8000 руб.

Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей k_{eff} составляет 20%.

Расчет:

Годовая экономия горячей воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем, м³:

$$\Delta V_z = k_{eff} \cdot V_{гор.смес.} = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ м}^3.$$

Годовая экономия холодной воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем, м³:

$$\Delta V_x = k_{eff} \cdot V_{хол.смес.} = 0,2 \cdot 2500 = 500 \text{ м}^3.$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_z \cdot T_{гор} + \Delta V_x \cdot T_{хол} = 200 \cdot 80 + 500 \cdot 20 = 26000 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей» достигается экономия в размере 62 000 руб.

Затраты на замену всех смесителей составят:

$$\text{Затраты}_{\Sigma} = N_{смес} \cdot \text{Затраты}_1 = 12 \cdot 8000 = 96\,000 \text{ руб.},$$

что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу (1), находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{96\,000}{62\,000} = 1,54 \text{ года}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Применение автоматических сенсорных смесителей» окупится за два года.

Варианты исходных данных

Тариф на горячую воду,	Тариф на холодную воду,	Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год, м ³	Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год, м ³	Количество смесителей, шт.	Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ, руб.	Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей, %
$T_{гор}$	$T_{хол}$	$V_{гор.смес.}$	$V_{хол.смес.}$	$N_{смес}$	C_1	k_{eff}
160	40	800	2000	24	7000	20
140	30	900	2300	20	8000	20
100	25	1100	2600	48	6000	20
90	20	1000	2500	36	5000	20
40	10	4000	7000	150	6000	20

70	15	2000	4000	30	8000	20
----	----	------	------	----	------	----

Практическое занятие 7

Экономия электроэнергии при компенсации реактивной мощности

Активная энергия преобразуется в полезную – механическую, тепловую и др. энергии. Реактивная же энергия не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, индукционных печах, сварочных трансформаторах, дросселях и осветительных приборах. Таким образом, основными потребителями реактивной мощности на коммунальных промышленных предприятиях являются:

- асинхронные двигатели (45-65%);
- трансформаторы всех степеней трансформации (20-25%);
- электропечные установки (8%);
- на воздушные электрические сети и другие электроприемники (вентильные преобразователи, сварочное оборудование, люминесцентные лампы, реакторы и т.п.) (10%).

Пример расчета:

Рассчитайте экономию электроэнергии при использовании компенсирующих устройств (батарей конденсаторов). Для трансформаторной подстанции, рассмотренной в задании к части 1 (табл. 4), по $\cos \varphi$ определите активную и реактивную составляющие нагрузки. Затем, рассчитайте мощность подлежащую компенсации согласно требованиям табл. 3 и выберите по справочнику конденсаторные батареи. Далее, рассчитайте потери электроэнергии в сети с учетом конденсаторных батарей. Сравните их уровень с ранее посчитанными потерями электроэнергии без КРМ (расчет задания

части 1). Определите срок окупаемости выбранных конденсаторных установок.

1. Определяют номинальную мощность трансформаторов

$$S = \frac{S_p}{n \cdot K_z} = \frac{800}{1 \cdot 0,32} = 2500 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{ном.р.}} \leq S_{\text{ном.тр.}};$$

$$2500 \geq 2500$$

$S_{\text{ном}}$ - справочная величина стандартной мощности трансформатора.

2. Выбирают мощность трансформаторов и проверяют ее по коэффициентам загрузки в нормальном и аварийном режимах:

$$K_{з.н} = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{800}{1 \cdot 2500} = 0,32$$

$$K_{з.ав} = \frac{S_p}{S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{800}{2500} = 0,32 \leq 1,4.$$

3. Потери в трансформаторной подстанции определяются активными потерями, состоящими из потерь холостого хода $\Delta P_{x.x}$ и короткого замыкания $\Delta P_{к.з}$, и реактивными потерями, состоящими из реактивных потерь холостого хода $\Delta Q_{x.x}$ и короткого замыкания $\Delta Q_{к.з}$.

$$Q_p = P_p \cdot \tan \phi = 600 \cdot 0,88 = 528$$

$$P_p = S \cos \phi = 800 \cdot 0,75 = 600 \text{ Вт}$$

$$\phi = 0,88$$

4. Определяют расчетную мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{KV} = P_p (\tan \phi_H - \tan \phi_3) = P_p \left(\frac{Q_p}{P_p} - \tan \phi_3 \right) =$$

$$600 \cdot \left(\frac{528}{600} - 0,35 \right) = 318$$

где $\tan \phi_3$ - коэффициент реактивной мощности, определяемый

требованиями энергосистемы .

Согласно расчетной мощности компенсирующих устройств, мы выбираем

КРМ-0,4-375-37,5-УЗ,

Мощностью - 375 кВАр,

Количество ступеней 5,

Вес 140 кг,

Стоимость: 980000рублей.

По справочнику выбирают стандартное значение мощности компенсирующих устройств КУ и определяют не скомпенсированную мощность:

$$Q' = Q - Q_{ку} = 528 - 318 = 210$$

$Q_{ку}$ - стандартная (номинальная) мощность конденсаторной батареи

5. Определяют расчетную полную мощность питающуюся от данной трансформаторной подстанции:

$$S_{p'} = \sqrt{P^2 + Q_p'^2} = \sqrt{600^2 + 210^2} = 635,7$$

6. Находим новый коэффициент загрузки трансформаторной подстанции с учетом компенсации реактивной мощности:

$$K'_{з.н} = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном.тр}} = \frac{635,7}{1 \cdot 2500} = 0,26$$

7. Определяем активные и реактивные потери в трансформаторной подстанции с учетом компенсации реактивной мощности:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_{x.x} + \Delta P_{к.з} \cdot K_{з.н}'^2 = 4,6 + 250 \cdot 0,26^2 = 6,29_2 \\ \Delta Q &= \Delta Q_{x.x} + \Delta Q_{к.з} \cdot K_{з.н}' = 137,5 + 250 \cdot 0,26 = 140 \end{aligned}$$

где $K'_{з.н}$ - коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме с

учетом компенсации реактивной мощности;

8. Далее рассчитаем затраты на электроэнергию за рассматриваемый период

$$Z_1 = c \cdot S_p' \cdot T_0 = 2,15 \cdot 635,7 \cdot 1450 = 1981794,7 \text{ руб./мес.}$$

$$Z_2 = c_0 \cdot S_p \cdot T_0 = 2,15 \cdot 800 \cdot 1450 = 2494000 \text{ руб./мес.}$$

где
$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{600^2 + 528^2} = 800$$

Z_2 – затраты на электроэнергию без компенсации, руб./мес.;

Z_1 – затраты на электроэнергию при применении конденсаторных установок, руб./мес.

9. Срок окупаемости конденсаторных установок можно оценить следующим образом:

$$T = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1} = \frac{2494000 - 1981794,7}{1981794,7} = 2,58$$

где Z_2 – стоимость конденсаторной установки, руб.;

Вывод: Применение конденсаторных установок, оправдывается. С помощью этой установки мы экономим наши средства.

Практическое занятие 8

Расчет целесообразности и экономической эффективности замены малозагруженных двигателей

При нагрузке электродвигателя в пределах 45–70 % номинальной мощности целесообразность его замены двигателем меньшей мощности должна быть обоснована. С этой целью определяют суммарные потери активной мощности в системе электроснабжения и в электродвигателе до замены $\Delta P_{\Sigma 1}$ и после замены $\Delta P_{\Sigma 2}$ двигателя. Если окажется, что $\Delta P_{\Sigma 2} < \Delta P_{\Sigma 1}$, то такая замена целесообразна:

$$\Delta P_{\Sigma} = [Q_{xx}(1-k) + k_z Q_{\text{ном}}^2] k_{\text{ип}} + \Delta P_{xx} + k_z \Delta P_{\text{ан}},$$

где $Q_{xx} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{xx}$ – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе, кВАр; I_{xx} – ток холостого хода двигателя, А; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение двигателя, В; $k_z = P / P_{\text{ном}}$ – коэффициент загрузки двигателя; P – средняя нагрузка двигателя, кВт; $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность двигателя, кВт; $Q_{\text{ном}} = (P_{\text{ном}} / \eta_{\partial}) \operatorname{tg} \phi_{\text{ном}}$ – реактивная мощность двигателя при номинальной нагрузке, кВАр; η_{∂} – КПД двигателя при полной нагрузке; $\operatorname{tg} \phi_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент реактивной мощности двигателя (определяется по паспортной величине $\cos \phi$); $k_{\text{ип}}$ – коэффициент изменения потерь, кВт/кВАр.

Потери активной мощности при холостом ходе двигателя определяются, кВт:

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_{\text{ном}} ((1 - \eta_{\partial}) / \eta_{\partial}) (\gamma / (1 + \gamma))$$

Прирост активной мощности в двигателе при 100%-ной нагрузке определяются, кВт:

$$\Delta P_{\text{ан}} = \Delta P_{\text{ном}} ((1 - \eta_{\partial}) / \eta_{\partial}) (1 / (1 + \gamma))$$

где $\gamma = \Delta P_{xx} / \Delta P_{ан}$ – расчетный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя и определяемый из выражения:

$$\gamma = \Delta P_{xx100\%} / (1 - \eta_d \%) - \Delta P_{xx100\%},$$

где $\Delta P_{xx100\%}$ – потери холостого хода активной мощности, потребляемой двигателем при загрузке 100% (в процентах).

Потери электроэнергии за весь период работы составят:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P T_0,$$

где T_0 – время работы, часов в год.

Проблемы, связанные с заменой малозагруженных двигателей двигателями меньшей мощности, возникают в условиях эксплуатации на промышленных предприятиях при выборе рационального режима работы агрегатов и установок (например, насосов водоснабжения и канализации) и создании систем регулирования с целью экономии электроэнергии при резко изменяющемся графике нагрузки. В таких случаях появляется необходимость замены: например, вместо двух двигателей одинаковой большой мощности установить один двигатель большой, а второй – малой номинальной мощности и варьировать этими мощностями в зависимости от графика нагрузки. Целесообразность такой замены следует подтвердить технико-экономическими расчетами. Еще одним вариантом решения данной проблемы является использование частотно-регулируемого электропривода.

Стоимость сэкономленной электроэнергии равна за год:

$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} C_э,$$

где $C_э$ – цена 1 кВт · ч электроэнергии, руб.

Срок окупаемости можно определить, лет:

$$t_{ок} = K / \mathcal{E},$$

где K – капитальные затраты на приобретение оборудования, выполнение строительно-монтажных работ и наладок оборудования.

Ток холостого хода, % (от $I_{ном.}$),

Мощность электродвигателя,
кВт

при частоте вращения, об./мин.

0,12 - 0,55

0,75 - 1,5

1,5 - 5,5

5,5 - 11

15 - 22,5

22,5 - 55

55 - 110

3000	1500	1000	750	600
60	75	85	90	95
50	70	75	80	85
45	65	70	75	80
40	60	65	70	75
30	55	60	65	70
20	50	55	60	65
20	40	45	50	55

Номер вариант	Тип	Мощность, Частота вращения, кпд			Ток, cos A	Пуск/Ином Р, кВт			Число часов работы в году, ч
		при кВт	об/мин	100%					
а									
1	АИР160S 2	15	2940	89	30	7,5	7,5	0,91	2000
2	АИР160 М 2	18,5	2940	90	35	7,5	9,25	0,92	2000
3	A180S2	22	2940	90,5	42	7,5	11	0,92	2000
4	A180M2	30	2940	92	56	7,5	15	0,94	2000
5	A200M2	37	2950	92	70	7,5	18,5	0,94	2000
6	A200L2	45	2940	93	82	8	22,5	0,95	2000
7	A225M2	55	2955	93,5	100	7,5	27,5	0,95	2000
8	A250S2	75	2965	94	136	7,5	37,5	0,96	2000
9	A250M2	90	2960	94,5	159	7,5	45	0,95	2000
10	A280S2	110	2960	93,7	198	7,5	55	0,97	2000
11	АИР160S 4	15	1460	89	29	7	7,5	0,91	2000
12	АИР160 М 4	18,5	1460	90	35	7	9,25	0,92	2500
13	A180S4	22	1460	91	42	7	11	0,93	2500
14	A180M2	30	1460	91,5	56	7	15	0,93	2500
15	A200M4	37	1460	92,5	70	7,5	18,5	0,94	2500
16	A200L4	45	1460	92,5	86	7	22,5	0,945	2500

17	A225M4	55	1475	93	105	7,9	27,5	0,95	2500
18	A250S4	75	1470	92,5	137	7	37,5	0,94	2500
19	A250M4	90	1470	94	161	7	45	0,96	2500
20	АИР160S 6	11	970	87	23	6,5	5,5	0,89	2500
21	АИР160 М 6	15	970	89	31	7	10,00	0,91	2500
22	A180M6	18,5	970	89	37	6	12,33	0,91	3000
23	A200M6	22	975	90	44	7	14,67	0,92	3000
24	A200L6	30	975	90	60	6,5	20,00	0,92	3000
25	A225M6	37	980	92,2	70	6,5	24,67	0,94	3000
26	A250S6	45	986	93	85	7	30,00	0,95	3000
27	A250M6	55	986	93	103	7,5	36,67	0,95	3000
28	A280S6	75	985	93,2	140	7,5	50,00	0,95	3000
29	A280M6	90	985	93,8	163	7,5	60,00	0,95	3000
30	АИР160S 8	7,5	730	85	18	5,5	5,00	0,87	3000
31	АИР160 М 8	77	730	87	26	5,5	51,33	0,89	3000
32	A180M8	15	730	88	35	5,5	10,00	0,9	3000
33	A200M8	18,5	728	89	40	5,8	12,33	0,91	3000
34	A200L8	22	725	89,5	48	6	14,67	0,91	3000
35	A225M8	30	735	90	64	6	20,00	0,92	3000
36	A250S8	37	738	92	76	6	4,67	0,94	3000
37	A250M8	45	735	92	93	6	30,00	0,94	3000
38	A280S8	55	735	93	113	6,5	36,67	0,95	3000
39	A280M8	75	735	93	153	6,3	50,00	0,95	3000
40	A315S8	90	740	94,2	178	6	47,62	0,96	1500
41	A315M8	110	742	94	220	7	58,20	0,96	1500
42	A315SA1 0	55	590	92,6	115	5	29,10	0,94	1500
43	A315SB1 0	75	590	93,3	161	5	39,68	0,95	1500

Практическое занятие 9

Составление энергетических балансов

Энергетические балансы выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии в энергетическом хозяйстве. Энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени.

Энергетические балансы нередко являются составной частью энергетических обследований предприятий (энергоаудита). В отличие от энергоаудита энергетические балансы могут составляться как в процессе эксплуатации, так и на этапе разработки предприятия (объекта). В процессе эксплуатации энергетические балансы обычно составляются сотрудниками отдела главного энергетика предприятия с целью планирования и прогнозирования энергопотребления. Они могут составляться как для всего предприятия в целом, так и для отдельного участка или цеха (обычно энергоемкого).

Разработка и анализ энергетических балансов направлены на решение следующих *основных задач* [1]:

1. Оценка фактического состояния энергоиспользования на предприятии, выявление причин возникновения и определение значений потерь топливно–энергетических ресурсов.
2. Разработка плана мероприятий, направленных на снижение потерь топливно–энергетических ресурсов.
3. Выявление и оценка резервов экономии топлива и энергии.
4. Совершенствование нормирования и разработка научнообоснованных норм расхода топлива и энергии на производство продукции.
5. Определение рациональных размеров энергопотребления в производственных процессах и установках.
6. Определение требований к организации и совершенствованию учета и контроля расхода энергоносителей.
7. Получение исходной информации для решения вопросов создания нового оборудования и совершенствования технологических процессов с целью снижения энергетических затрат, оптимизации структуры энергетического баланса предприятия путем выбора оптимальных

направлений, способов и размеров использования подведенных и вторичных энергоресурсов, совершенствования внутрипроизводственного хозяйственного расчета и системы стимулирования экономии топливно–энергетических ресурсов.

Виды и области применения энергетических балансов

В зависимости от назначения энергетические балансы промышленного предприятия могут быть классифицированы по следующим признакам [5]: время разработки, объект энергопотребления, целевое назначение, совокупность видов анализируемых энергетических потоков, способ разработки, форма составления.

В зависимости от времени разработки энергобалансы разделяют на: проектный, составляемый во время разработки соответствующего проекта; плановый, составляемый на ближайший планируемый период с учетом заданий по снижению норм расхода энергии; отчетный (фактический), составляемый по отчетным (фактическим) данным за прошлый период; перспективный, составляемый на прогнозируемый период с учетом коренных изменений в технологии, организации производства продукции и энергетическом хозяйстве предприятия.

Энергетический баланс может составляться:

- а) по энергетическим объектам (электроприемники, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам и т.д.;
- б) по назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение, кондиционирование, средства связи управления и т.д.);
- в) по уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);
- г) территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

Исходя из совокупности видов анализируемых энергетических потоков составляют:

- частные энергобалансы по отдельным видам и параметрам потребляемых энергоносителей;
- сводный энергобаланс по суммарному потреблению топливно–энергетических ресурсов и направлению их использования.

По способу разработки энергобалансы разделяют на:

- опытный, составленный по фактическим замерам параметров и расходов энергетических потоков;
- расчетный, составленный на основании расчета энергопотребления рассматриваемого производства;

– опытно–расчетный, составленный с использованием как фактических замеров, так и расчетов.

Баланс электроэнергии подразделяется на балансы электроэнергии постоянного и переменного тока.

По форме составления энергобалансы разделяют на:

– синтетический, показывающий распределение подведенных и произведенных энергоносителей внутри предприятия или отдельных его элементов;

– аналитический, определяющий глубину и характер использования энергоносителей и составляемый с разделением общего расхода энергоносителя на полезный расход (полезная энергия) и потери энергии.

Первичная информация и методология расчета энергетических балансов

К первичной информации по разработке и анализу энергетических балансов промышленных предприятий относят:

1. Общие сведения о предприятии.
2. Проектные и отчетные (фактические) данные по энергоиспользованию.
3. Технические и энергетические характеристики технологических процессов и установок.
4. Техничко–экономические характеристики энергоносителей.

Основой расчета потребности электроэнергии являются балансы расхода и прихода. Отчетные балансы электроэнергии строятся на основе первичного учета по счетчикам. В приходной части должны быть даны все источники поступления энергии на предприятие, в расходной – все направления ее расходования.

Баланс потребления электроэнергии в 2007**г.**(ГОСТ Р 51379–99 ПРИЛОЖЕНИЕ
К)МВт·ч (графа 5 — в
процентах)

Статьи прихода/расхода	Суммарное потреблен ие	В том числе расчетно– нормативное потребление с учетом нормативных потерь		Примеч ание
		3	4	
1	2	3	4	5
I . Приход	2479,71	2480	—	
1. Сторонний источник (по счетчикам),				
2. Собственная ТЭС				
II. Расход*	2479,71	2480		
1. Технологическое оборудование, в т.ч.:				
– электропривод, электротермическое оборудование	1100,71	1100,71	—	
– сушилки	—	—	—	
– прочее	—	—	—	
2. Насосы	1000	1000	—	
3. Вентиляционное оборудование	100	100	—	
4. Подъемно–транспортное оборудование	50	50	—	
5. Компрессоры	100	100	—	
6. Сварочное оборудование	50	50	—	
7. Холодильное оборудование	0	0	—	
8. Освещение	79	79	—	
9. Прочие, в т. ч. бытовая техника	0	0	—	

Итого: производственный расход	2479,71	2480	—	
10. Субабоненты	—	—	—	
11. Потери эксплуатационно неизбежные:				
— в сетях, суммарные	—	—	—	
— в трансформаторах	2479,71	2480	—	
12. Нерациональные потери	—	—	—	
Итого: суммарный расход	2479,71	2479,71	—	

* При наличии внутризаводского учета электроэнергии в статье «Расход» заполняется и графа 2.

Таблица 2.3.

**Топливо–энергетический расход на одном
из промышленных предприятий РФ**

(ГОСТ Р 51379–99 ПРИЛОЖЕНИЕ
Б)

Наименование	Единица измерения	Базовый год 2007 г.	Текущий год (I полугодие 2008 г.)	Примечание
1	2	3	4	5
1 Объем производства продукции (услуг, работ)	тыс. руб.	20156	13128,6	
2 Производство продукции в натуральном выражении	тыс. м ³	–	–	
2.1 Основная продукция (по видам):				
– водоснабжение	тыс. м ³ /год	873	415,77	
– водоотведение		821,4	381,16	
2.2 Дополнительная продукция		–	–	
3 Потребление энергоресурсов	тыс. т у.т.	410,6	206,1	
	тыс. руб. ¹⁾	5842	3496	
4 Энергоемкость производства продукции ²⁾	тыс. т у.т.	0,02	0,016	
	тыс. руб.	0,29	0,27	
5 Доля платы за энергоресурсы в стоимости произведенной продукции ³⁾		27%	21,8%	
6 Среднесписочная численность	чел.	128	112	
6.1 в т.ч. промышленно–производственный персонал	чел.	68	65	

¹⁾ Стоимость ТЭР определяется по предъявленным счетам.

²⁾ Определяется по формуле $\frac{\text{Значение п. 3 (числитель)}}{\text{Значение п. 1}}$

Значение п. 1

³⁾ Определяется по формуле

Значение п. 3 (знаменатель)

Значение п. 1

Расходная часть энергобаланса показывает направление развития энергоснабжения предприятия в количественном и качественном отношениях. Пример энергетического баланса входящего в состав энергетического паспорта одного из предприятий водопроводно–канализационного хозяйства РТ, выполненного в соответствии с ГОСТ Р 51379–99, приведен в табл. 2.2. Согласно этому же ГОСТу для предприятия составляется баланс топливно–энергетического расхода за базовый и текущий годы (табл. 2.3).

Энергобалансы разрабатываются на основе производственной программы предприятия и удельных норм расхода электроэнергии на единицу продукции [16]:

$$G_p = G_{\Pi} ,$$

где G_p – потребность предприятия в энергоресурсах, усл. ед.; G_{Π} – объем покрытия потребности предприятия в энергоресурсах, усл. ед.

Потребность предприятия в электроэнергии устанавливается на основе норм расхода и соответствующих объемных показателей.

Производственная потребность предприятия в электроэнергии включает потребность в двигательной энергии, в энергии на технологические нужды, на хозяйственно–бытовые нужды.

Потребность электроэнергии для освещения рассчитываются исходя из освещаемой площади, нормы освещения и количества часов освещения.

Во многих случаях потребность в электроэнергии для освещения определяется по количеству установленных светильников, их мощности и планируемому количеству часов освещения [1].

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы по дисциплине

Энергетический аудит промышленных объектов

для студентов направления подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,

Направленность/профиль «Интеллектуальные системы
электрообеспечения»

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Основные мотивы самостоятельной работы студентов	3
2.	Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы	4
3.	Формы ведения записей	13
4.	Форма проведения и подготовки к лекциям	23
5.	Пояснительная записка	26
6.	План график выполнения СРС по дисциплине	27
7	Методические указания для подготовки к семинарским занятиям	28
8.	Методические указания к выполнению письменного обзора	29
9	Список тем индивидуальных заданий для письменного обзора	31
10	Вопросы для самопроверки	32
13	Рекомендуемая литература	36
14	Приложение 1	38

1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Среди внутренних факторов, способствующих активизации самостоятельной работы выделяют следующие:

1. *Полезность* выполняемой работ заключается в том, что результаты самостоятельной работы могут быть использованы на семинарских и практических занятиях, лабораторном практикуме, при подготовке публикации. Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин, которые затем войдут в его выпускную квалификационную работу.
2. *Творческая деятельность*. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на той или иной кафедре.
3. *Участие* в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсам научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.
4. *Участие* в научно – практических конференциях.
5. *Подготовка публикаций* для сборников тезисов и докладов научно-практических конференций, журналов, учебных пособий и т.д.
6. *Участие в грантовых конкурсах*.

2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы

При остром недостатке времени у студентов встает вопрос об оптимизации обучения, то есть такой организации учебного процесса, которая обеспечила бы условия для продуктивного самообучения и самовоспитания. Важнейшую роль здесь играет овладение способами самостоятельной работы. Речь идет о том, чтобы прежде всего научиться рациональному использованию времени при работе с книгой.

В этом особенно нуждаются первокурсники, которые еще недостаточно владеют навыками умственной деятельности, обеспечивающей успешное обучение.

Начинать самостоятельные занятия следует с первых же дней учебы в вузе. Первые дни семестра важны, чтобы включиться в работу, установить определенный равномерный ритм на весь семестр. Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься самостоятельно по 4-5 часов ежедневно, кроме выходных дней.

Под ритмом работы понимают ежедневные занятия в одни и те же часы, при чередовании их с перерывами для отдыха. Вначале для организации ритмичной работы требуется сознательное напряжение воли, затем принуждение снимается, возникает привычка и работа становится потребностью.

Ритмичная работа позволяет студенту заниматься много, не уставая, не снижая производительности и не перегружая себя. Для этого необходимо:

- Сменять один вид работы другим, что позволяет сохранять высокую работоспособность, поскольку при однообразных видах занятий человек утомляется больше, чем при работе разного характера.
- Заниматься несколькими предметами в один и тот же день не всегда целесообразно, поскольку при каждом переходе нужно вновь концентрировать внимание и затрачивать время.
- Умение сосредотачиваться – необходимое условие для умственного труда, иначе работа оказывается малопродуктивной и даже бесполезной.
- Начинать занятия немедленно, как только сел за стол. Следует начинать с уверенностью, что вскоре придет сосредоточенное состояние, но если внимание наступает не сразу или нарушается на время, нужно выяснить и устранить причины этого.
- Нужно научиться не прерывать внимания, пока читаемое не получит логического завершения, пока не будет пройден какой либо этап. Нередко внимание отвлекается посторонними мыслями, которые во время занятий следует решительно отгонять. Перерыв в занятиях следует приурочить к концу изучения параграфа, раздела или главы книги, так как в этом случае не будет потери времени при возобновлении работы. Умение сосредоточиться, углубиться в работу приобретается в результате практики, создающей определенные навыки.
- Повысить производительность умственного труда может порядок на рабочем месте и обстановка, благоприятствующая работе.

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Как работать с учебной и научной книгой

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании

дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

Доминанта – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.
- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.
- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при

повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Как известно, людей по способу восприятия и переработки информации делят на три типа: зрительный, слуховой и кинестетический. Люди зрительного типа при чтении используют код наглядных образов, тогда как люди слухового типа применяют менее производительный код речедвижений. Наблюдения за людьми, читающими быстро, показывают, что они, как правило, относятся к зрительному типу.

Направленным обучением можно практически любого здорового человека научить в процессе чтения использовать код наглядных зрительных образов при соответствующем сокращении артикуляции.

Приводим следующие рекомендации по работе с книгой.

- В тексте всегда есть элементы, нахождение и использование которых позволяет извлечь требуемую информацию наиболее

быстро. Например, при чтении учебника в первую очередь отыскивается наиболее важная информация данной главы, параграфа, а она часто следует после слов: в итоге, в результате, выводы и т.д.

- Попробуйте в процессе чтения мысленно заглянуть вперед, представить себе, о чем будет идти речь, к какому выводу придет автор, как далее будет строиться изложение и т.д. например, если описывается одна сторона явления, то, очевидно, далее будет описана и другая и т.д. Это позволяет предварительно подготовиться к последующей информации.
- Хорошим упражнением по развитию навыков «предвидения» является остановка чтения в момент, когда, по вашему мнению, заканчивается какая-то часть текста. Попробуйте предугадать содержание следующей части.
- До начала чтения текста важно собрать о нем как можно больше информации, чтобы точнее представить, что можно получить из данного текста и как лучше работать с ним. Это помогут сделать название, автор, издательство, аннотация, оглавление, предисловие и заключение. Предварительное ознакомление с книгой перед настоящим чтением позволяет сберечь время и труд.

Как правило, предисловие пишется крупным специалистом в данной области, и поэтому излагаемая проблема показывается как бы целиком, в общем плане, без подробностей. А это позволяет лучше сориентироваться, начинать чтение, зная основную цель автора.

- Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые

идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.

- Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.
- Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.
- Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.
- Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и

углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

- Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Большое значение при чтении учебной и научной литературы имеет умение запоминать прочитанный материал, а для этого необходимо тренировать память. Существуют приемы, позволяющие тренировать память, которыми необходимо овладеть, что позволит повысить эффективность работы с учебной и научной литературой.

Тренировка памяти. В учебной деятельности важно не только, и не столько быстро читать, но и усваивать материал, сохранять в памяти. Память прекрасно тренируема и управляема. Однако прежде чем ее развивать, подумайте, какая именно память вам нужна: на идеи, на логику изложения материала, на схемы и формулы. Это разные виды памяти и развивать их надо по-разному.

Наблюдая за собой, выясните, как вам легче запомнить информацию – если вы ее видите, слышите или записываете. В дальнейшем постарайтесь так организовать работу, чтобы максимально использовать ведущий тип своей памяти.

Если у вас хорошая **зрительная память**, то хорошо запоминаются рисунки, расположение информации на странице, цвет и т.д. помогите себе, выделяя цветными карандашами отдельные места конспекта, обводя рамками, делая значки, пометки на полях, представляя зрительно отдельные аспекты текста.

При хорошей **слуховой памяти** лучше запоминается звучащая речь. Используйте эту особенность, выделяя интонацией, тембром голоса отдельные места текста, слушая его в записи на магнитофоне, рассуждая в слух и т.д.

В случае **памяти на движение** помогает повторная сокращенная запись запоминаемого материала, например выводов, основных положений текста, рисование таблиц, графиков, схем, а при выполнении лабораторных работ лучше все потрогать и проделать самому.

Наряду с использованием ведущего типа памяти, специально позаботьтесь и о развитии отстающих, так как при многих видах профессиональной деятельности они также могут потребоваться.

Использование приемов логического, осмысленного запоминания в несколько раз повышает продуктивность деятельности. Например, при запоминании лекции, глав учебников особенно действенным является основные аспекты содержания, но и запомнить логику – целесообразную связь отдельных частей материала.

Постарайтесь с первого курса развивать память на то, что непосредственно касается вашей будущей профессии. Это и основной круг идей данной отрасли знаний, и методы, и наиболее интересные факты, и фамилии ведущих специалистов области и т.д. при этом лучше не ждать, что запомнится само, а специально стараться запомнить нужное.

Вообще установка на запоминание, особенно длительное, положительно сказывается на прочности и точности сохранения материала в памяти. Прикажите себе запомнить надолго, а не так как нерадивый студент, спешно «набивающий» себе голову информацией непосредственно перед экзаменом с единственной целью – удержать выученное на один – два дня.

Любая информация запоминается лучше, если в ней намечены какие-то спорные моменты – ориентиры. И как по камушкам переходят реку, так и по этим ориентирам потом легче воспроизвести содержание. При запоминании текста выделяйте «смысловые опорные пункты», которые легко запоминаются, но с которыми тесно связаны целые фрагменты материала. Это может быть крылатая фраза, яркая цитата, пример, идея и т.д.

Материал запоминается произвольно, то есть легко и без затраты специальных усилий, если он является целью какой-либо поисковой деятельности. Например, если вы задались вопросом и нашли ответ на то, что долго искали, или нашли подтверждение гипотезы, которую вы сами выдвинули, то это запоминается само собой. Отсюда вывод – организуйте свою деятельность так, чтобы предмет запоминался, являлся целью этой деятельности. Например, ищите, выделяйте в тексте наиболее важные его положения – и они запомнятся, делите текст на части, анализируйте связи между ними – и запомнится логика текста.

При повторении курса лекций, запоминая материал по отдельным темам или даже вопросам, не забывайте повторить связь между ними. Именно тогда в голове укладывается система знаний, которая гораздо эффективнее, чем разрозненные обрывки.

В процессе развития памяти старайтесь не использовать стихийно сложившиеся мнения, механическое зазубривание, а применяйте научно обоснованные методы сознательной и рациональной организации развития памяти и поиск новых приемов.

Предпосылкой хорошей памяти являются осознание человеком своей деятельности и разграничение информации на ту, которая решающим образом помогает скорейшему достижению своих целей, и на менее

существенную информацию. Начинайте любое дело с четкой и ясной формулировки его цели; определите, какая информация может оказать решающее воздействие на ее достижение, и сконцентрируйтесь на ней.

Прочному запоминанию способствует многообразие восприятия, то есть запоминаемый текст читается, проговаривается и прослушивается. Везде, где это возможно, постарайтесь использовать три приема (слух, зрение и чувства) обработки запоминаемой информации сразу несколько органов чувств.

Не очень осмысленную вами информацию, которую, тем не менее, надо запомнить, можно удержать с помощью ассоциативных приемов мнемотехники, суть которых в том, что новое связывается с известным не прямо, а через цепочку дополнительных промежуточных ассоциаций (помните цвета спектра – «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»). Везде, где трудно запомнить прямо, найдите дополнительный связующий мостик. Такими «связующими» мостиками являются буквальные «узелки» на память, завязываемые многими на носовом платке. В течение дня человек неизбежно пользуется носовым платком, а там – узелок, «напоминающий», что нужно не забыть сделать определенное дело.

Память будет работать прекрасно, если наряду с имеющимися приемами вы будете придумывать все новые, адекватные различным видам информации. Если такая работа привычна для вас, то с каждым годом память будет становиться все более мощной и продуктивной.

3. Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1. План - наиболее краткая формой записи.. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мест и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого вступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный

по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в

целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неременное правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора.

Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За

основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы.

Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;

2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

7. Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки,

записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;
2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

4. Форма проведения и подготовки к лекциям

Основы знаний закладываются на лекциях, им принадлежит ведущая роль в учебном процессе. На лекциях дается самое важное, основное в изучаемой дисциплине. Основные задачи, стоящие перед лектором: помочь студентам понять основы и усвоить материал на самой лекции, дать указания

на то, что требует наибольшего внимания, учить правильному мышлению и создавать ясное представление о методологии изучаемой науки.

Лекции являются эффективным видом занятий для формирования у студентов способности быстро воспринимать новые факты, идеи, обобщать их, а также самостоятельно мыслить.

Лектор излагает теоретический и практический материал, относящийся к основному курсу. Из большого числа монографий, учебников, сборников лектор выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений. Интонацией голоса и манерой изложения лектором подчеркивает наиболее существенное, выделяет главное и второстепенное.

Лектор может приводить наблюдения и факты из своего личного опыта, что придает материалу убедительность, повышает интерес к предмету лекции, способствует его усвоению.

Важно помнить, что лекция – это творческий процесс, в котором участвуют одновременно и лектор, и студенты, поэтому она требует атмосферы сотрудничества и уважительного отношения к труду лектора.

Студенту следует научиться понимать и основную идею лекции, а также, следуя за лектором, участвовать в усвоении новых мыслей. Но для этого надо быть подготовленным к восприятию очередной темы. Время, отведенное на лекцию, можно считать использованным полноценно, если студенты понимают роль лектора, задачи лекции, если работают вместе с лектором, а не бездумно ведут конспект.

Подготовленным можно считать такого студента, который, присутствуя на лекции, усвоил ее содержание, а перед лекцией припомнил материал раздела, излагаемого на ней или просмотрел свой конспект, или учебник.

Перед лекцией необходимо прочитывать конспект предыдущей лекции, а после окончания крупного раздела курса рекомендуется проработать его по конспектам и учебникам.

Для наиболее важных дисциплин, вызывающих наибольшие затруднения, рекомендуется перед каждой лекцией просматривать содержание предстоящей лекции по учебнику с тем, чтобы лучше воспринять материал лекции. В этом случае предмет усваивается настолько, что перед экзаменом остается сделать немного для закрепления знаний.

Важно помнить, что ни одна дисциплина не может быть изучена в необходимом объеме только по конспектам. Для хорошего усвоения курса нужна систематическая работа с учебной и научной литературой, а конспект может лишь облегчить понимание и усвоение материала.

Основная задача при слушании лекции – учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. Большую помощь при этом может оказать конспект. Передача мыслей лектора своими словами помогает сосредоточить внимание, не дает перейти на механическое конспектирование. Механическая запись лекции приносит мало пользы.

Ведение конспекта создает благоприятные условия для запоминания услышанного, т.к. в этом процессе принимают участие слух, зрение и рука. Конспектирование способствует запоминанию только в том случае, если студент понимает излагаемый материал. При механическом ведении конспекта, когда просто записываются слова лектора, присутствие на лекции превращается в бесполезную трату времени.

Некоторые студенты полагают, что при наличии учебных пособий, учебников нет необходимости вести конспект. Такие студенты нередко совершают ошибку, так как не используют конспект как средство,

позволяющее активизировать свою работу на лекции или полнее и глубже усвоить ее содержание.

Определенная часть студентов считает, что конспекты лекции могут заменить учебники, поэтому они стремятся к дословной записи лекции и нередко не задумываются над ее содержанием. В результате при разборе учебного материала по механической записи требуется больше труда и времени, чем при понимании и кратком конспектировании лекции.

Конспект ведется в тетради или на отдельных листах. Записи в тетради легче оформить, их удобно брать с собой на лекцию или практические занятия. Рекомендуется в тетради оставлять поля для дополнительных записей, замечаний и пунктов плана. Но конспектирование в тетради имеет и недостаток: в нем мало места для пополнения новыми материалами, выводами и обобщениями. В этом отношении более удобен конспект на отдельных листах (карточках). Из него нетрудно извлечь отдельную необходимую запись, конспект можно быстро пополнить листами, в которых содержатся новые выводы, обобщения, фактические данные. При подготовке выступлений, докладов легко подобрать листки из различных конспектов и свести их вместе. В результате такой работы конспект может стать тематическим.

Но вести конспект на отдельных листках или карточках более трудоемко, чем в тетради. Карточки легко рассыпать и перепутать, приходится обзаводиться ящичками для хранения карточек, возникает необходимость на каждой листке писать его порядковый номер.

Но затрата труда и времени окупается преимуществами конспектирования на карточках перед конспектом в тетради.

Рекомендуется делать такие карточки, которые помещаются в обычный почтовый конверт. Карточки удобно тасовать, менять при необходимости их последовательность, раскладывать на столе для обзора. Например, учителю истории карточки служили бы долго. Перед уроком можно взять соответствующий конверт и найти в нем материал по узловым вопросам темы, записанный еще в вузе.

При конспектировании допускается сокращение слов, но необходимо соблюдать меру. Каждый студент обычно вырабатывает свои правила сокращения. Но если они не введены в систему, то лучше их не применять, т.к. случайные сокращения ведут к тому, что спустя некоторое время конспект становится непонятным.

Следует знать, что не существует какого-либо единого, годного для всех метода конспектирования. Каждый ведет записи так, как ему представляется наиболее целесообразным и удобным. Собственный метод складывается по мере накопления опыта, но во всех случаях надо стремиться к тому, чтобы конспективные записи были краткими и наилучшим образом содействовали глубокому усвоению изучаемого материала. Известный отечественный педагог В.А. Сухомлинский, рекомендовал учиться думать над конспектом уже на лекции и работать над записями ежедневно хотя бы в течение 2 часов. Он советовал также делить конспект на две графы: в первой кратко записывать изложенные лекции, а во второй – то, над чем надо подумать; сюда же следовало заносить узловые, главные вопросы, над которыми надо подумать постоянно, связывая с этим повседневное чтение. Он подчеркивал, что узловые вопросы предмета будут программой, на основе которой припоминается весь материал.

5.Пояснительная записка:

В изучении дисциплины «Физические основы и свойства низкоразмерных структур» достаточно большой объем материала отводится на самостоятельную работу студента.

Изучение дисциплины начинается с ознакомления рабочей программой дисциплины «Физические основы и свойства низкоразмерных структур». Это необходимо для того, чтобы осмыслить содержание учебной дисциплины, круг вопросов, которые предстоит изучить.

Для проведения самостоятельной работы рекомендуется следующий порядок действий: а) овладение теоретическим материалом; б) самостоятельная работа с рекомендованной литературой.

При самостоятельном изучении дисциплины студенту необходимо самостоятельно работать с учебной и научной литературой. В рамках самостоятельной работы студент должен изучить ряд теоретических вопросов, используя учебники и учебные пособия, приведенные в библиографическом списке данных методических указаний. В общем самостоятельная работа по дисциплине «Физические основы и свойства низкоразмерных структур» включает подготовку к практическим и лабораторным занятиям, написание письменных обзоров и реферата с их защитой.

При подготовке к теоретическому вопросу следует внимательно прочитать соответствующий параграф в рекомендованном литературном источнике и сделать краткий письменный конспект, аналогично конспекту лекций.

6. План-график выполнения СРС по дисциплине.

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Виды самостоятельной работы	Срок сдачи (неделя)
1	2	3	4
1.	Актуальность повышения энергоэффективности. Понятие	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к семинарским занятиям	2
2.	Общая методология проведения энергоаудита	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к семинарским занятиям	4
3.	Документальное и инструментальное энергетическое обследование	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к семинарским занятиям.	7
4.	Приборное и методическое обеспечение энергоаудита	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к семинарским занятиям.	14
5	Разработка основных рекомендаций и	Защита письменного обзора	17

7.Методические указания для подготовки к семинарским занятиям

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение путей решения конкретных заданий по получению, контролю и диагностике тонких пленок. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения

конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель проведения семинара заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора, построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть как можно больше материала по интересующей теме. Обязательным условием подготовки к семинару является изучение нормативной базы.

В ходе самостоятельной работы студенту для необходимы отслеживать научные статьи в специализированных изданиях, а также изучать статистические материалы, соответствующей каждой теме. Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к семинарским занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю.

Краткие теоретические сведения и задания на семинарские занятия представлены в методических указаниях к выполнению практических занятий по дисциплине «Физические основы и свойства низкоразмерных структур».

8. Методические указания к выполнению задания письменного обзора

Целью выполнения письменного обзора является закрепление теоретических знаний по темам дисциплины.

Письменный обзор рекомендуется выполнять, состоящим из пяти указанных ниже разделов по теоретическим и практическим основам дисциплины «Физические основы и свойства низкоразмерных структур» указанных в *Плане-графике выполнения СРС по дисциплине*.

Все эти вопросы освещаются в письменном обзоре на основе обзора литературы по проблемам «Физические основы и свойства низкоразмерных структур». Рекомендованные разделы письменного обзора:

1. Введение.

2. Постановка цели обзора.

3. Постановка задач решаемых в обзоре.

4. Решение поставленных задач.

5. Индивидуальное задание: раширенное изложение одного из контрольных вопросов согласно приведенному перечню тем (название тем выделено жирным шрифтом п.9. перечень вопросов которые необходимо раскрыть при выполнении индивидуального задания указаны обычным шрифтом)

Заключение: обоснование данных.

Работа должна быть написана аккуратно, разборчиво, без сокращений слов. Проводится защита письменного обзора с оценкой его преподавателем. При оценке учитываются знание предмета, умение пользоваться дополнительной литературой по курсу дисциплины

«Физические основы и свойства низкоразмерных структур» и специальной литературой, знание и полнота использованного в обзоре материала, а также качество оформления.

Письменный обзор должна быть набран на компьютере и распечатан на принтере. Стилль оформления основного текста должен содержать следующие установки.

Шрифт – кегль 16, гарнитура «Таймс».

Межстрочный интервал – 1,5.

Выравнивание - по ширине.

Формат страницы – А4.

Поля: верхнее – 25 мм; нижнее – 25 мм; левое – 25 мм; правое – 25 мм.

В виде исключения письменный обзор может быть выполнен в рукописном варианте. В этом случае, работа должна быть написана аккуратно, разборчиво, без сокращений слов, с полями (4-5 см) для замечаний рецензента.

Текст обзора необходимо дополнить иллюстрациями, таблицами, схемами, графиками. Обязательно должен быть приведен список использованной литературы по правилам библиографического описания и содержать следующие элементы: фамилия и инициалы автора, наименование, место издания работы, издательство, год издания, количество страниц. Группировка литературы может быть алфавитная, систематическая, хронологическая, по видам источников.

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением 1. Обязательна нумерация страниц. Первой считается титульный лист, на котором номер страницы не ставится. Личная подпись и дата выполнения – обязательны.

Письменный обзор представляется преподавателю строго в срок, согласно календарному графику учебного процесса.

Система оценки письменного обзора пятибалльная. При получении неудовлетворительной оценки работы студент должен внести исправления по замечаниям преподавателя и сдать работу на повторную проверку.

9.Список тем индивидуальных заданий для письменного обзора

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)
----------	------------------------------------	---

		Основная	Дополни- тельная	Методи- ческая	Интернет- ресурсы
1	Способы снижения теплопотребления в коммунальном секторе	1	1-4		1-3
2	Способы снижения потерь в теплосетях	1	1-4		1-3
3	Основные пути снижения электропотребления в коммунально-бытовом секторе	2	1-4		1-3
4	Основные места тепловых потерь зданий и сооружений.	2	1-4		1-3
5	Методы выявления тепловых потерь зданий и сооружений.	1	1-4		1-3
6	Основные способы экономии электроэнергии в системах освещения	2	1-4		1-3
7	Последовательность проведения энергетического обследования	2	1-4		1-3
8	Влияние качества электроэнергии на потери электрической энергии	1	1-4		1-3
9	Способы снижения технических потерь в электрических сетях	1	1-4		1-3

Основная литература

1. Шахнин, В. А. Энергетическое обследование. Энергоаудит : учебное пособие / Шахнин В. А. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 144 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
2. Арутюнян, А. А. Основы энергосбережения : методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян. - Москва : Энергосервис, 2007. - 593 с. - Библиогр.: с. 567-587. - ISBN 978-5-900835-98-3

Дополнительная литература:

Митрофанов, С.В.; Методика проведения энергетического обследования
Электронный ресурс : практикум / О.И. Кильметьева / С.В. Митрофанов.
Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. -
с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-7410-

Приложение 1

Пример оформления титульного листа письменный обзор индивидуального задания

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем и
электроснабжения**

индивидуальное задание по курсу

«Планирование и проведение энергетических обследований»

Выполнил _

(Фамилия И.О.)

студент _ курса _ специальность _

(срок обучения)

группа _ № зачетной книжки _

Подпись: _

Преподаватель: _

(Фамилия.И.О.)

Должность: _

уч. степень, уч. звание

Оценка: _

Дата: _

Подпись: _

Ставрополь

20_

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Энергетический аудит промышленных объектов» для
студентов направления подготовки /специальности
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
Магистерская программа «Интеллектуальные системы электроснабжения "

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Содержание

Лабораторная работа №1. Определение коэффициента полезного действия асинхронного двигателя.....	3
Лабораторная работа №2. Исследование характеристик ламп накаливания	13
Лабораторная работа №3. Исследование характеристик галогенной лампы	21
Лабораторная работа №4. Исследование характеристик светодиодной лампы	29
Лабораторная работа №5. Исследование характеристик линейной люминесцентной лампы низкого давления с электронной пускорегулирующей аппаратурой	37
Лабораторная работа №6. Исследование характеристик компактной люминесцентной лампы низкого давления	45
Лабораторная работа №7. Обеспечение высоких коэффициента полезного действия и коэффициента мощности мало нагруженного асинхронного двигателя путем переключения его обмоток со схемы «треугольник» на схему «звезда»	53
Лабораторная работа №8. Уменьшение электрической мощности, потребляемой асинхронным двигателем насосной или вентиляционной системы, путем замены дроссельного способа регулирования расхода рабочей среды частотным	64
Лабораторная работа №9. Компенсация потребления реактивной мощности	77
Приложение 1.....	87
Приложение 2.....	94

Лабораторная работа №1. Определение коэффициента полезного действия асинхронного двигателя

1 Цель работы

Исследование параметров ламп накаливания, снятие и построение их характеристик.

2 Теоретическая часть

Преобразование электрической энергии в механическую в асинхронном двигателе, связано с потерями энергии, поэтому полезная мощность на выходе двигателя P_2 всегда меньше мощности на входе (потребляемой мощности) P_1 на величину потерь ΣP

$$P_2 = P_1 - \Sigma P \quad (1)$$

Потери в электрических машинах разделяются на основные и добавочные. Основные потери включают в себя магнитные, электрические и механические.

Магнитные потери P_M в асинхронном двигателе вызваны потерями на гистерезис и потерями на вихревые токи, происходящими в сердечнике ротора и статора при его перемагничивании. Величина магнитных потерь пропорциональна частоте перемагничивания

$$P_M = f^\beta, \quad (2)$$

где $\beta = 1,3 \div 1,5$.

Частота перемагничивания сердечника статора равна частоте тока в сети ($f = f_1$), а частота переменного перемагничивания сердечника ротора $f = f_2 = f_1 s$. При частоте тока в сети $f_1 = 50$ Гц и номинальном скольжении $s_{ном} = 1 \div 8\%$ частота перемагничивания ротора

$$f = f_2 = 2 \div 4 \text{ Гц}, \quad (3)$$

т.е. магнитные потери в сердечнике ротора малы, и их на практике не учитывают.

Электрические потери вызваны нагревом обмоток статора и ротора

проходящими по ним токами. Величина этих потерь пропорциональна квадрату тока в обмотке (Вт):

– электрические потери в обмотке статора определяются как

$$P_{\Sigma 1} = m_1 I_1^2 r_1; \quad (5)$$

– электрические потери в обмотке ротора

$$P_{\Sigma 2} = m_2 I_2^2 r_2 = m_1 I_2'^2 r_2'; \quad (6)$$

где r_1 и r_2 – активные сопротивления обмоток фаз статора и ротора.

В асинхронных двигателях с фазным ротором дополнительно имеются электрические потери в щеточном контакте.

Механические потери $P_{\text{Мех}}$ – это потери на трение в подшипниках и на вентиляцию. Величина этих потерь пропорциональна квадрату частоты вращения ротора

$$P_{\text{Мех}} \approx n_2^2. \quad (6)$$

В асинхронных двигателях с фазным ротором механические потери происходят еще и за счет трения между щетками и контактными кольцами ротора.

Добавочные потери включают в себя все виды трудноучитываемых потерь, вызванных пульсацией магнитной индукции в зубцах и другими причинами. В соответствии с ГОСТом добавочные потери асинхронных двигателей принимают равными 0,5% от подводимой к двигателю мощности P_1 .

На рисунке 1 представлена энергетическая диаграмма асинхронного двигателя, из которой видно, что часть подводимой к двигателю мощности затрачивается в статоре на магнитные $P_{\text{М}}$ и электрические потери $P_{\Sigma 1}$. Оставшаяся электромагнитная мощность $P_{\Sigma \text{М}}$ передается на ротор, где расходуется на электрические потери $P_{\Sigma 2}$ и преобразуется в полную механическую мощность. Часть этой мощности идет на покрытие механических и добавочных потерь, а оставшаяся мощность P_2 – полезная мощность двигателя.

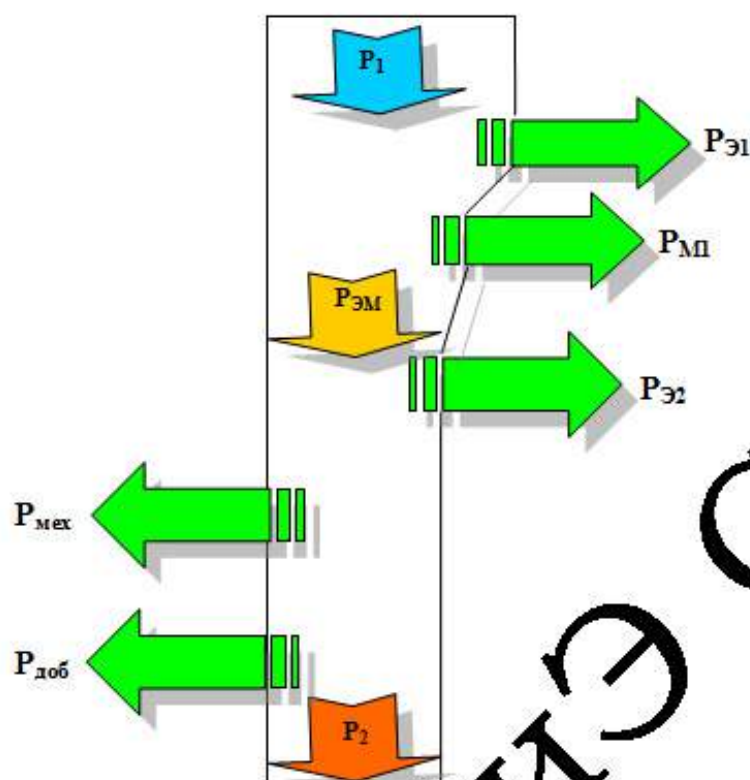


Рисунок 1 – Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя

Электрические потери в обмотках являются переменными потерями, так как их величина зависит от нагрузки двигателя, то есть от значений токов в обмотках статора и ротора. Переменными являются и добавочные потери. Магнитные и механические потери практически не зависят от нагрузки. Коэффициент полезного действия (КПД) асинхронного двигателя определяется

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%. \quad (7)$$

С изменением нагрузки КПД меняет свою величину:

- а) в режиме холостого хода КПД равен нулю;
- б) с ростом нагрузки КПД увеличивается, достигая максимума при нагрузке равной $(0,7 \div 0,8) P_{\text{ном}}$.

КПД трехфазных асинхронных двигателей общего назначения при номинальной нагрузке составляет (рисунок 2):

- а) для двигателей мощностью от 1 до 10 кВт $\eta = 75 \div 88 \%$;

б) для двигателей мощностью более 10 кВт $\eta = 90 \div 94 \%$.

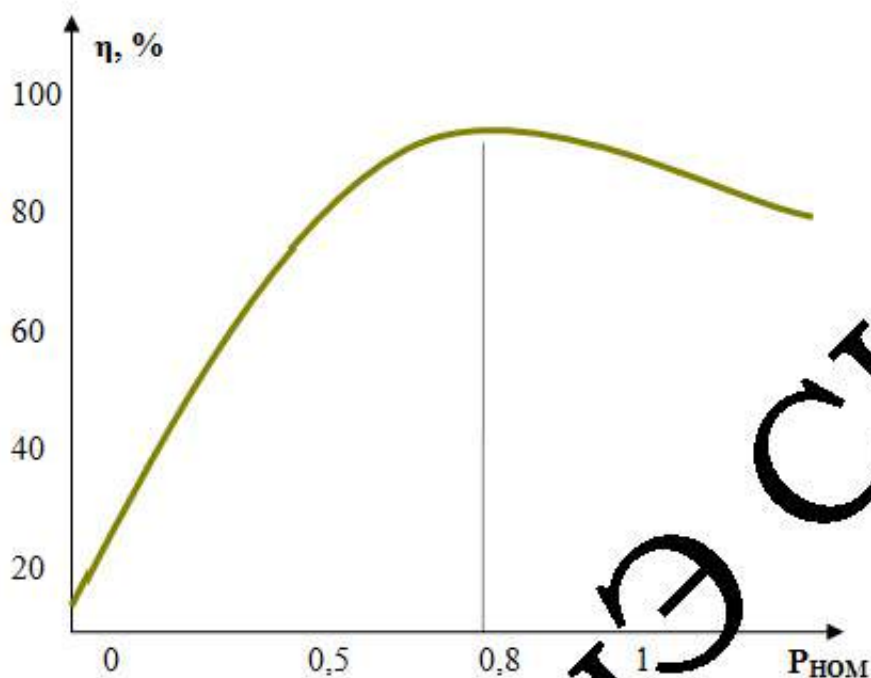


Рисунок 2 – Зависимость КПД асинхронных двигателей от нагрузки

Коэффициент полезного действия один из основных параметров асинхронного двигателя, который определяет его энергетические свойства – экономичность в процессе эксплуатации. Кроме того, КПД двигателя, а точнее величина потерь в нем, регламентирует температуру нагрева его основных частей и в первую очередь обмотки статора. По этой причине двигатели с низким КПД (при одинаковых условиях охлаждения) работают при более высокой температуре нагрева обмотки статора, что ведет к снижению их надежности и долговечности.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд ЭССЭСП1-С-Р – «Энергосбережение в системах электроснабжения и электропотребления» предоставлен на рисунке 3, технические характеристики – в таблице 1, перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы – в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики стенда ЭССЭСП1-С-Р

Наименование	Параметры
Потребляемая мощность, В·А, не более	200
Электропитание: - от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками - напряжением, В - частота, Гц	$220 \pm 2250 \pm 0,5$
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Габаритные размеры, мм, не более - длина (по фронту) - ширина (ортогонально фронту) - высота	$850 \times 920 \times 100$
Масса, кг, не более	100
Количество человек, которое одновременно и активно может работать на комплексе	2

Таблица 2 – Перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~ 220 В / 3 А
G2	Однофазный источник питания	218.1	~ 220 В / 3 А
G3	Преобразователь частоты	217	0...100 Гц 3x220 В; 3 А
G4	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2x110 В / 0,25 А (возбуждение)
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	106	120 Вт / ~ 220 В / 500 мин ⁻¹
A1	Автоматический однополюсный выключатель	359	~ 230 В / 0,5 А
A2	Активная нагрузка	306.4	~ 220 В / 0...30 Вт
A3	Выпрямитель	322.1	~ 400 В / 2 А
A14	Переключатель Y / Δ	2338	~ 380 В / 3 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В $\approx$ 0...10 А $\approx$ 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 60; 150; 300; 450 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1 А.
P3	Указатель частоты вращений	506.3	2000...0...2000 мин ⁻¹

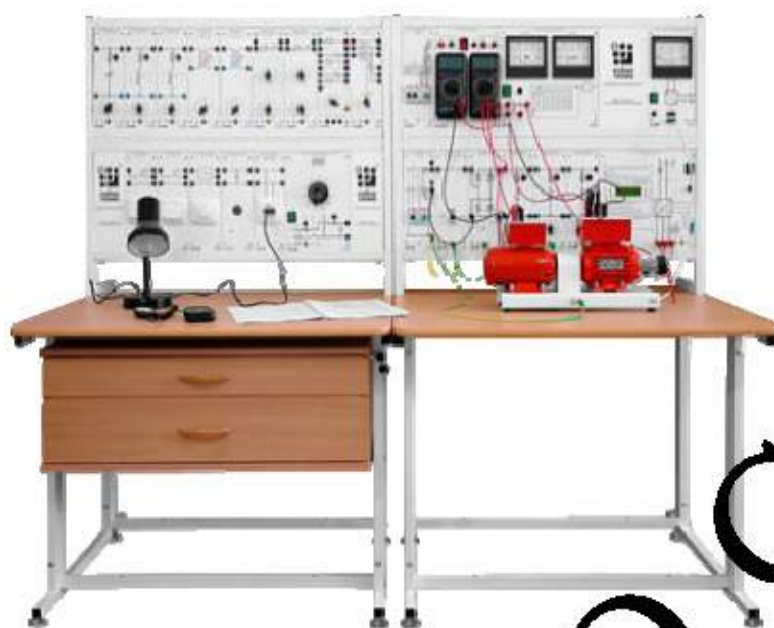


Рисунок 3 – Изображение лабораторного стенда ЭССЭСП1-С-Р

4 Указания по технике безопасности

1. Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со щита.

2. К работе на стендах допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения и ознакомившиеся с настоящими методическими указаниями. Прохождение инструктажа по технике безопасности фиксируется преподавателем в специальном журнале.

3. Лабораторная работа должна выполняться не менее чем двумя студентами.

4. Сборку схемы осуществлять исправными соединительными проводами, используя при этом приведенные в лабораторной работе принципиальные схемы экспериментов.

5. Собранный цепь проверяется преподавателем и может включаться только по его разрешению. О включении напряжения предупреждают всех членов бригады, выполняющих работу.

6. Изменения схемы производят только при выключенном напряжении на стенде, а вновь собранная схема перед подачей на нее напряжения проверяется преподавателем.

7. По окончании испытания или при перерыве в работе схему отключают от напряжения питания. Разборку схемы осуществляют по разрешению преподавателя.

8. При возникновении неисправностей, а также в случае появления запаха, свидетельствующего о возгорании электрических проводов или радиокомпонентов, следует незамедлительно прекратить работу с лабораторным стендом, выключив его из сети, и обратиться к преподавателю.

5 Задача

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления «Ⓢ» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, показанной на рисунке 4.

Отключите (если включен) выключатель A1.

Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4, A5 и A12, например, равными 50%.

Установите переключатель A14 в положение «Δ».

Включите источники G1 и G2.

Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

Активизируйте используемые мультиметры.

В преобразователе частоты G6 кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» выберите режим работы «Эксперимент №1: Исследование режимов работы асинхронного двигателя».

Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ», далее кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» и «ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА» выберите следующие значения параметров: U номинальное 220 В, тип характеристики – линейная, выход 1 – скорость, выход 2 – скорость, управление – ручное.

Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ».

Вращая регулировочную рукоятку, установите задание скорости вращения магнитного поля двигателя М1, например 157 рад/с (соответствует 1500 об/мин / 50 Гц). Нажмите кнопку «ВМЕР/Д» и убедитесь, что электродвигатель М1 пришел во вращение и на дисплее преобразователя 63 по завершении разгона двигателя М1 отображается скорость вращения его магнитного поля -157 рад/с.

Включите выключатель А1.

С помощью мультиметров, включенных как вольтметр и амперметр, блока Р1 измерьте напряжение U_a и ток I_a статорной обмотки генератора G4.

С помощью измерителя Р2 измерьте величины потребляемых одной фазой двигателя М1 активной мощности P_{11} .

По завершении эксперимента отключите выключатель А1, выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте, источники G1 и G2.

Используя полученные, вычислите значения полезной активной мощности P_{11} полной потребляемой из сети активной мощности P_1 , и затем полезного коэффициента полезного действия η асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором по формулам:

$$P_2 = U_a \times I_a + 65 \times I_a^2, \quad (8)$$

$$P_1 = 3 \times P_{11}, \quad (9)$$

$$\eta = (P_2 / P_1) \times 100, [\%]. \quad (10)$$

6 Содержание отчета

Отчет выполняется каждым студентом индивидуально и предоставляется преподавателю. Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Схема электрических соединений;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результаты расчетов, необходимые графики, характеризующие зависимости, полученные в ходе измерений, и поясняющие рисунки;
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждения выполнения законов.

Кафедра АЭСИЭ СКФУ

Лабораторная работа №2. Исследование характеристик ламп накаливания

1 Цель работы

Исследование параметров ламп накаливания, снятие и построение их характеристик

2 Теоретическая часть

2.1 Общие сведения о лампах накаливания

Лампы накаливания (ЛН) представляют собой колбу, запаянную и заполненную вакуумом или инертным газом.

В колбе ЛН располагается вольфрамовая спираль, которая под воздействием электрического тока раскаляется до высоких температур (от 2600 до 3000 К), в результате чего излучает свет и тепло. Тепловое излучение имеет сплошной спектр и, чем выше температура нагрева тела накала, тем большая часть излучения попадает в видимую область.

При высоких температурах вольфрам практически окисляется и разрушается. Чтобы не произошло разрушения, нить накала помещают в герметично запаянную стеклянную колбу, из которой полностью откачен воздух. Однако в вакууме вольфрам при высоких температурах интенсивно испаряется и оседает на стенках колбы лампы, вызывая ее потемнение. Поэтому вакуумными делают лампы только небольшой мощности – до 25 Вт, у которых нить накала работает при сравнительно низких температурах (не выше 2500 К).

Для уменьшения испарения вольфрама колбы более мощных ламп после тщательной откачки наполняют инертным газом. Лампы с колбой, наполненной инертным газом, называются газонаполненными.

В более чем 95 % всех газонаполненных ламп используется технический аргон (86 % аргона и 14 % азота), при давлении 600–650 мм ртутного столба. Менее 5 % ламп делается с криптоновым наполнением. В

некоторых лампах с криптоновым наполнением нить накала выполняют в виде двойной спирали или биспирали.

Сегодня ЛН являются устаревшим источником света, так как обладают крайне низкой эффективностью. Большая часть потребляемой электрической энергии ЛН уходит в результате процессов теплопроводности и конвекции. Лишь малая доля излучения 10–15 % лежит в области видимого света, основная доля приходится на инфракрасное излучение.

К тому же, такие лампы имеют небольшой срок службы (не более 1000 часов) и малую светоотдачу. В основном данный тип ламп используется в качестве аварийного освещения.

Конструктивное исполнение ЛН представлено на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Конструкция лампы накаливания:

- 1 – крючки держатели нити накала; 2 – колба лампы; 3 – цоколь лампы;
4 – изоляция между контактами; 5 – нить накала; 6 – электроды; 7 – штенгель;
9 – контакты цоколя лампы

У обычных ламп накаливания цоколь выполняется резьбовым с наружным диаметром 14, 27 мм (обозначаются соответственно E14, E27):

- лампы мощностью до 60 Вт имеют резьбовой цоколь E14;
- мощностью от 15 до 95 Вт – E27.

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 № 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности..." с 1 января 2011 г. к обороту на территории Российской Федерации не допускаются лампы накаливания мощностью 100 Вт и более.

Основные технические характеристики ЛН:

1. Диапазон мощностей от 25 до 95-97 Вт;
2. Температура накала вольфрамовой нити в пределах 3000 градусов;
3. Световая отдача от 9 до 19 Лм/1 Вт;
4. Номинальное напряжение 220-230 В и 127В;
5. Частота 50 Гц;
6. Размер цоколя -14 мм (E27), 27 мм (E27), 40 мм (E40);
7. Ресурс работы около 1000 часов;
8. Цоколь резьбовой, штифтовой одно- и двухкантный.

В маркировке ламп присутствуют одна или две буквы, обозначающие тип лампы (В – вакуумная, Б – с аргонным наполнением и биспиральной нитью накала, БК – с криптоновым наполнением и биспиральной нитью накала, МО – для местного освещения). После букв указывается диапазон рабочих напряжений в вольтах и через дефис – мощность в ваттах (например, БК 215-225-60).

На сегодняшний день существует широкий ассортимент ламп, которые разделяются по следующим признакам:

- 1) форма колбы (круглая или грушевидная; узкие модели в виде свечки);
- 2) покрытие колбы (прозрачное, зеркальное, матовое);
- 3) назначение (общее, местное, кварцевогалогенные);
- 4) наполнитель колбы (аргон, ксенон, криптон, галоген и т.д.).

Лампы с прозрачным покрытием наиболее распространенные (смотри рисунок 1.2). Такие изделия самые дешевые и наименее эффективные, т.к. световой поток рассеивается неравномерно.

Зеркальные колбы более эффективные, т.к. покрытие создает

направленный световой поток. Пользуются популярностью освещения витрин и торговых залов.

Матовые делают освещение более мягким и рассеянным, благодаря чему создают благоприятные условия для работы и отдыха при включении света. Лампы местного освещения работают при напряжении 12-24-38 В, что необходимо для создания безопасных условий труда. Применяются для освещения смотровой ямы при монтаже электропроводки в гараже.



Рисунок 2 – Покрытие колбы:

а) прозрачное; б) зеркальное; в) матовое.

Достоинствами ламп накаливания являются:

- 1) малая стоимость, простота схем включения (не требуется использование пускорегулирующей аппаратуры);
- 2) компактность;
- 3) мгновенное включение – номинальный световой поток ламп устанавливается сразу же после подачи на них напряжения;
- 4) практически независимость параметров от температуры окружающей среды;
- 5) сплошной спектр излучения, обеспечивающий хорошую цветопередачу.

Основные недостатки ламп накаливания:

- 1) низкая световая отдача; относительно небольшой срок службы;
- 2) сильная зависимость световых и эксплуатационных параметров от колебаний сетевого напряжения;
- 3) большая доля теплового излучения в спектре ламп;
- 4) большие броски тока в момент включения. Ток в момент включения в 12–15 раз превышает установившиеся значения. Длится такой бросок всего 0,1–0,2 секунды, но создает большие нагрузки на электрические сети.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд НТЦ–20.02 представлен на рисунке 1.3. Техническая характеристика стенда отображена в таблице 1.1.



Рисунок 1.3 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

Таблица 1.1 – Технические характеристики стенда НПС-20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Задание

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо изучить руководство по эксплуатации и по проведению измерений люксметра и ваттметра. Руководство по эксплуатации смотри в Приложении 1.

Установить в светильник *HE1* лампу накаливания. Подключить вилку кабеля светильника *HE1* в розетку *X1* (внутри светонепроницаемой встроенной камеры). Подготовить люксметр к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Установить ручку ЛАТРа *TV1* в положение «0В».

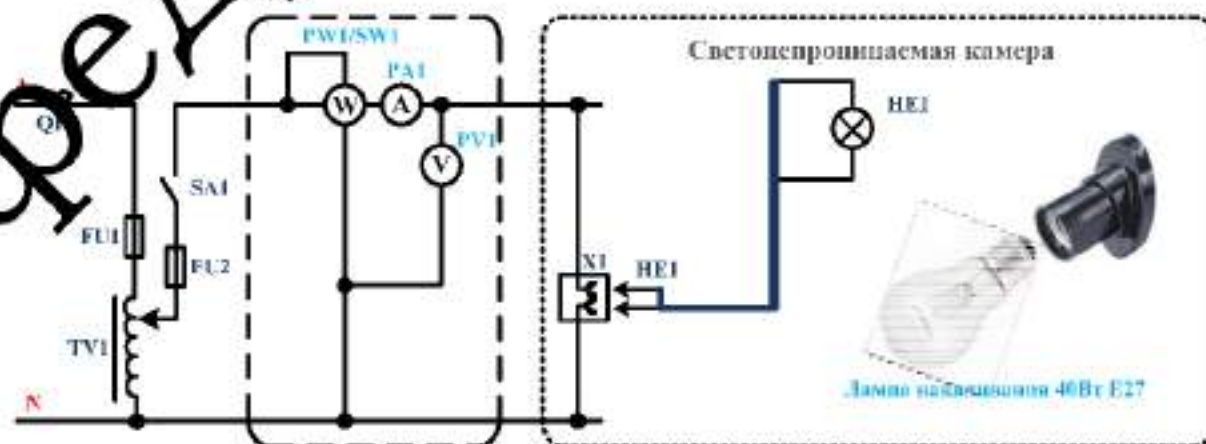


Рисунок 1.4 – Электрическая схема лабораторной №2

Включить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$. Включить ЛАТР $TV1$ тумблером $SA2$. Контролировать показания многофункционального ваттметра $PV1$, $PA1$, $PW1$, $\cos\varphi$, $SW1$ на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность. Плавное поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке увеличить напряжение до 20В. Зафиксировать ток I , напряжение U и мощность W . Повторить измерения поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке и последовательно увеличивая напряжение на 10÷20В. Отдельно зафиксировать измерения при которых нить лампы станет накаляться (приобретет темно-красный оттенок). Контролировать свечение лампы накаливания внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Когда свечение лампы станет достаточно интенсивным чтобы хотя бы слегка освещать камеру, необходимо закрыть дверцу камеры и фиксировать в дополнение к остальным измерениям еще и освещенность E . Продолжить измерения пошагово последовательно увеличивая напряжение на 20В до величины 220÷230В.

Выключить тумблер $SA2$. Плавное повернуть ручку ЛАТРа $TV1$ в положение «0В». Отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

По полученным данным построить зависимости $I = f(U)$, $E = f(U)$, $E = f(W)$ и сделать заключение.

Таблица 1.1. Результаты проведенных измерений

I, A	U, B	W, Bt	$E, Лк$

6 Содержание отчета

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;

2. Электрические схемы;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Принцип действия лампы накаливания.
2. Что используется в качестве тела накала лампы?
3. С какой целью колбу лампы накаливания наполняют газом?
4. Чем обусловлена нелинейность ВАХ лампы накаливания?
5. Как изменяются освещенность относительно напряжения и потребляемой мощности?

Лабораторная работа №3. Исследование характеристик галогенной лампы

1 Цель работы

Исследование рабочих параметров галогенных ламп, снятие и построение функциональных зависимостей приведенных параметров.

2 Теоретическая часть

Галогенная лампа – это лампа накаливания, выполненная в виде кварцевой колбы, наполненной инертным газом с добавкой галогенов или их соединений, обеспечивающих замедленное испарение тела накаливания.

Из всех современных источников света галогенные лампы обладают наиболее качественной цветопередачей. Кроме того, галогенные лампы отличаются большой яркостью и направленным излучением. Их, конечно, только условно можно назвать энергосберегающими, тем не менее, по сравнению с лампами накаливания они имеют в несколько раз большую световую отдачу и удвоенный срок службы.

Данные лампы применяют в прожекторах (освещение охраняемых участков – автостоянок, производственной или строительной территории), осветительных системах помещений: офисов, частного жилья, музеев, галерей, в оборудовании для видео и фотосъемки, автомобилестроении.

Конструктивное исполнение низковольтной капсульной (а), с отражателем для встраиваемых светильников (б) и под цокольный патрон с резьбой Эдисона ламп представлено на рисунке 2.1.

Принцип действия галогенных ламп накаливания заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений – галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама. Галогенная добавка в лампах накаливания с вольфрамовым телом накала вызывает замкнутый химический цикл.

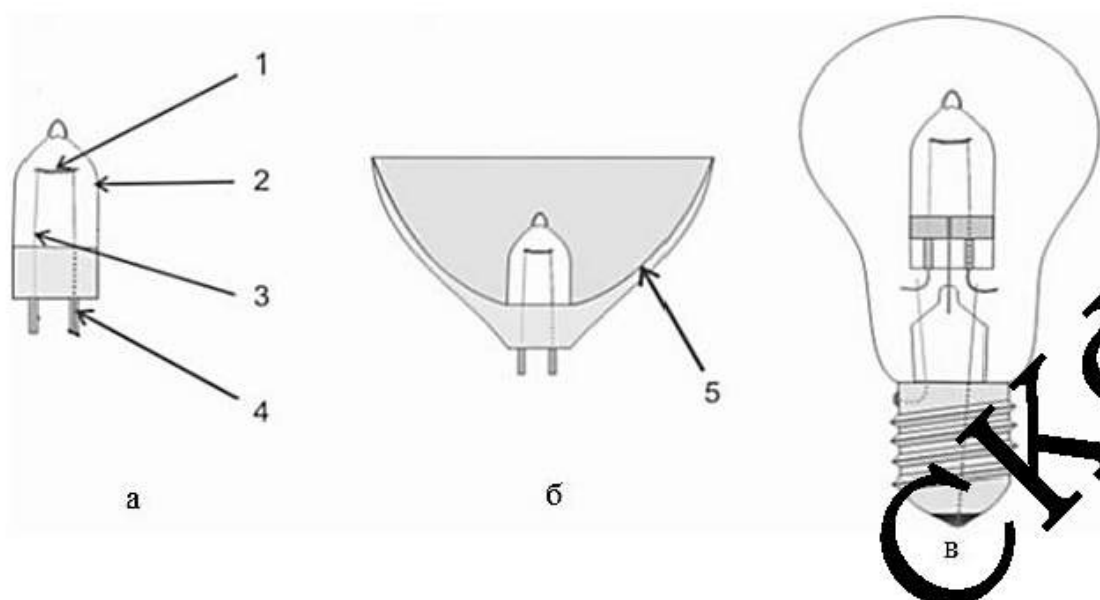


Рисунок 2.1 – Конструкция галогенной лампы:

- 1 – вольфрамовая нить; 2 – стеклянная колба; 3 – электроды;
4 – контактная группа; 5 – отражатель (рефлектор)

Йодно-вольфрамовый цикл способствует осаждению вольфрама на колбе, но не обеспечивает возвращение его частиц в дефектные участки тела накала. Поэтому механизм перегорания тела накала в йодных лампах остается таким же, как и в обычных лампах накаливания.

Основные технические характеристики ГЛ:

1. Диапазон мощности от 1Вт до 20 кВт;
2. Номинальное напряжение 6/12/24/110/230 В;
3. Световая отдача от 15-22 Лм/1 Вт;
4. Номинальное напряжение 220-230 В и 127В ;
5. Частота 50 Гц;
6. Размер цоколя 17 мм (E17 миньон) и 27 мм(E27 стандарт);
7. Срок службы, $T = 2000-4000$ часов.

В маркировке ламп присутствуют несколько букв, обозначающие тип лампы (К – кварцевая, М – малогабаритная, А – автомобильная, С – самолётная, Д – дифференциального излучения, И – с интерференционным отражателем, К – с концентрированным телом накала, МН – миниатюрная, Т– термоизлучатель, О – с отогнутыми концами, Э – с

эллипсоидным отражателем). Далее цифры, указывающие номинальное напряжение, и через дефис – мощность лампы.

Пример маркировки представлен на рисунке 2.2.

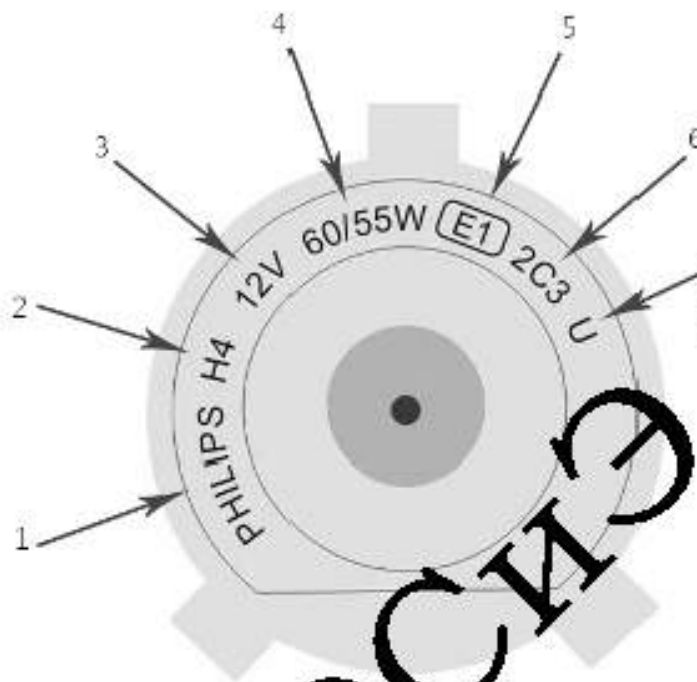


Рисунок 2.2 – Пример маркировки галогенной лампы

- 1 – производитель; 2 – тип лампы; 3 – напряжение; 4 – мощность лампы;
5 – страна утверждения (сертификация); 6 – номер утверждения;
7 – тип лампы (U-галогеновая)

На сегодняшний день существует следующие виды ламп:

- линейная галогенная лампа состоит из кварцевой трубки с выводами с обеих сторон. Нить накала поддерживается в лампе при помощи специальных кронштейнов из проволоки. Мощность линейных галогенных ламп составляет от 1 до 20 кВт. Применяются для прожекторного освещения;
- галогенная лампа с внешней колбой по сравнению лампами накаливания дает свет с более высокой цветовой температурой (2900 – 3000 К) и имеют более качественную цветопередачу;
- галогенные лампы с отражателями характеризуются различными

углами излучения, на 6, 12 или 24 В. Используют при организации точечного направленного освещения;

– капсульные (пальчиковые) галогенные лампы тип ламп имеют небольшие размеры, выпускаются с поперечными и продольными телами накала. Такие лампы используются в открытых светильниках без защитных стекол.

Вид галогенных ламп представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Виды галогенных ламп:

- 1 – линейные; 2 – с внешней колбой; 3 – с отражателем;
4 – капсульные (пальчиковые).

Достоинствами галогенных ламп:

- 1) малая стоимость;
- 2) компактность;
- 3) относительно долгий срок эксплуатации (в 2 раза выше, чем у ламп накаливания);
- 4) умеренный расход электроэнергии;
- 5) повышенную механическую прочность и термостойкость благодаря

кварцевому исполнению оболочки.

б) повышенная светоотдача.

Недостатки галогенных ламп:

1) выходят из строя при перепадах напряжения;

2) нагреваются до высоких температур;

3) категорически запрещается дотрагиваться к лампочке руками, т.

это может значительно сократить срок службы.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд НТЦ-20.02 представлен на рисунке 2.4.

Техническая характеристика стенда отображена в таблице 2.1.



Рисунок 2.4 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

Таблица 2.1 – Технические характеристики стенда НТЦ–20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с правилами техники безопасности, а также с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Задание

Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания. Подготовить флюксметр Приложение 1 к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Требуемая схема для проведения работы показана на рисунке 2.5.

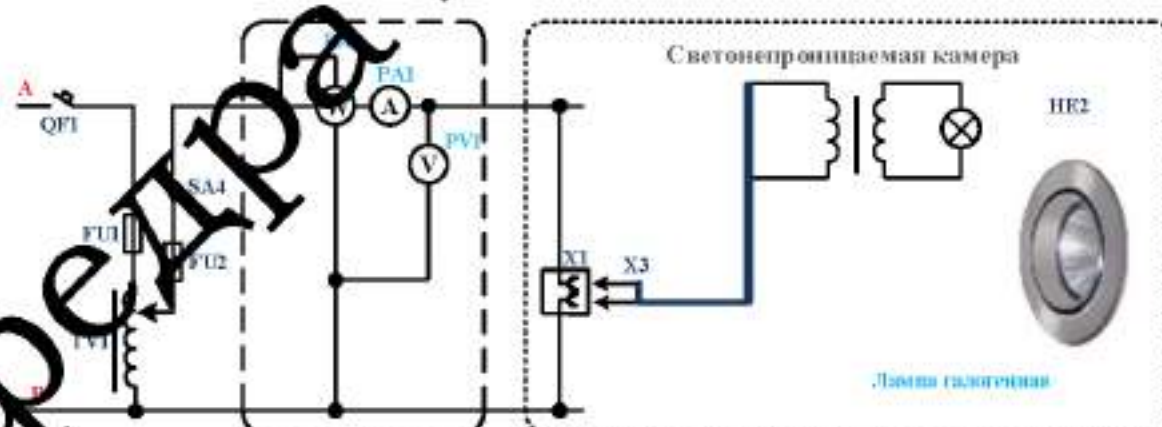


Рисунок 2.5 – Электрическая схема лабораторной № 3

Подключить вилку кабеля X3 галогенной лампы в розетку X1(внутри светонепроницаемой встроенной камеры). Установить тумблер SA4 в нижнее положение «откл.». Установить ручку ЛАТРa TV1 в положение «0В».

Включить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$. Включить ЛАТР $TV1$ тумблером $SA2$. Контролировать показания многофункционального ваттметра $PV1$, $PA1$, $PW1$, $\cos\varphi$, $SW1$ на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность.

Плавное поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке увеличивая напряжение до 20В. Зафиксировать ток, напряжение и мощность. Повторить измерения поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке и последовательно увеличивая напряжение на 10÷20В. Контролировать свечение галогенной лампы внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Отдельно зафиксировать измерения, при которых свечение галогенной лампы станет достаточно интенсивным - чтобы хотя бы слегка освещать камеру. При этом необходимо закрыть дверцу камеры и зафиксировать в дополнение к остальным измерениям еще и освещенность E . Продолжить измерения пошагово последовательно увеличивая напряжение на 20В до величины 220÷230В.

Выключить тумблер $SA2$. Плавное повернуть ручку ЛАТРа $TV1$ в положение «0В». Отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

Полученные результаты занести в таблицу 2.2, а также построить зависимости $I = f(U)$, $P = f(U)$, $E = f(W)$ и сделать заключение.

Таблица 2.2 Результаты проведенных измерений

I, A	U, B	W, Bt	$E, Лк$

6 Содержание отчета

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Электрические схемы;

3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Какие типы галогенных ламп вы знаете. Различие между ними.
2. Принцип работы галогенной лампы.
3. Рабочие параметры галогенной лампы. Каково влияние на лампу оказывает изменение параметров источника питания.
4. Достоинства и недостатки галогенных ламп. Область применения.
5. Влияние на окружающую среду и зрение человека.

Кафедра АЭСИЭ СКФУ

Лабораторная работа №4. Исследование характеристик светодиодной лампы

1 Цель и содержание

Исследование параметров светодиодной лампы, снятие и построение ее характеристик

2 Теоретическое обоснование

2.1 Основные сведения о светодиодных лампах

Светодиодная лампа – это полупроводниковое устройство, которое способно создавать оптическое излучение различной интенсивности при подключении через него электрического тока в прямом направлении.

Основу светодиода составляет полупроводниковый кристалл 1, который расположен на металлическом основании 2 (подложке). В качестве основания выступает катод 3. Также основание служит для отведения тепла, поддерживая тем самым стабильную работу светодиода. Кристалл соединяется посредством тонкой проволоки с анодным выводом 4, объединяя оба проводника с разными типами проводимости. Полупроводниковый материал окружен отражателем 5, который направляет свет в одну сторону.

Данная конструкция помещена в корпус 6, выполненного из прозрачного эпоксидного компаунда или поликарбоната. Корпус защищает кристалл от внешних воздействий. Верхняя часть корпуса, выполняется в виде купола с определенной кривизной и выполняет роль линзы, формирующей световой пучок. От формы линзы зависит угол рассеивания светового потока: «Чем более плоская линза, тем шире угол рассеивания и наоборот, чем выпуклей – более узкий световой поток. Устройство светодиода приведено на рисунке 3.1.

В изготовлении кристалла светодиода используются различные полупроводниковые материалы, которые приведены на рисунке 3.2. От материала, из которого изготовлен кристалл светодиода, зависит спектр его

свечения.

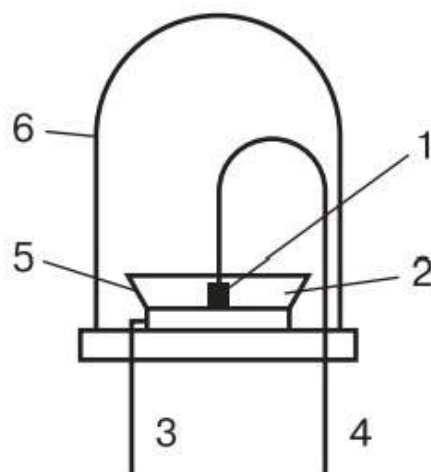


Рисунок 3.1 – Устройство светодиода

Цвет	Длина волны, нм	Напряжение, В	Материал проводника
Инфракрасный	$\lambda > 760$	$U < 1,9$	Арсенид галлия (GaAs) Алюминий-галлия арсенид (AlGaAs) Алюминий-галлия арсенид (AlGaAs) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминий-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP) Галлия фосфид-арсенид (GaAsP)
Красный	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < U < 2,03$	Алюминий-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP)
Оранжевый	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < U < 2,10$	Алюминий-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP)
Жёлтый	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < U < 2,18$	Алюминий-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP) Индия-галлия нитрид (InGaN) Галлия(III) нитрид (GaN) Галлия(III) фосфид (GaP)
Зелёный	$500 < \lambda < 570$	$1,9 < U < 4,0$	Алюминий-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Алюминий-галлия фосфид (AlGaP) Селенид цинка (ZnSe) Индия-галлия нитрид (InGaN)
Голубой	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < U < 3,7$	Карбид кремния (SiC) в качестве субстрата Кремний (Si) в качестве субстрата (в разработке) Индия-галлия нитрид (InGaN)
Фиолетовый	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < U < 4,0$	Индия-галлия нитрид (InGaN)
Пурпурный	Смесь нескольких спектров	$2,48 < U < 3,7$	Двойной: синий/красный диод, синий с красным люминофором, или белый с пурпурным пластиком
Ультрафиолетовый	$\lambda < 400$	$3,1 < U < 4,4$	Алмаз (235 nm) Нитрид бора (215 nm) Нитрид алюминия (AlN) (210 nm) Нитрид алюминия-галлия (AlGaInN) (менее 210 nm)
Белый	Широкий спектр	$U \approx 3,5$	Синий/ультрафиолетовый диод с люминофором

Рисунок 3.2 – Цвет и материал полупроводника

Принцип работы светодиода основывается на использовании электромагнитного излучения. Преобразование электрического тока в световой поток происходит в кристалле, который состоит из полупроводников с разным типом проводимости. Материал с *p*-проводимостью получают путем его легирования электронами, а материал с *n*-проводимостью – дырками.

В итоге, в смежных слоях образуются дополнительные носители заряда противоположной направленности. Во время подачи прямого напряжения на кристалл через выводы 3 и 4 (на рисунке 3.1) электроны и дырки приступают к движению в сторону *p-n*-перехода. Заряженные частицы, преодолевая барьер, рекомбинируют, в результате чего начинает течь электрический ток. Процесс рекомбинации дырок и электронов в зоне *p-n*-перехода сопровождается выделением энергии в виде фотонов. Чтобы поток фотонов излучал видимый свет, намерено подбирают материал так, что длина волны фотонов располагалась в пределах видимой области цветового спектра.

К основным характеристикам светодиода можно отнести параметры, которые отображены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные характеристики светодиодов

Характеристика	Единица измерения	Определение / дополнение
Сила света,	кд	Количественная величина потока излучения, приходящегося на единицу телесного угла в пределах его распространения.
Мощность излучения	Вт	Энергетическая характеристика потока излучения. Представляет собой интеграл мощности излучения по длинам волн спектра излучения.
Световой поток	лм	Мощность излучения источника света, воспринимаемая человеческим глазом.
Рабочая температура	°C	Температура, при которой предусмотрена работа данного устройства, для светодиодный чипов составляет обычно от -40 до +85 °C
Угол обзора	градус	В качестве нормирующей характеристики принят угол излучения половинной яркости, который определяет сектор диаграммы, в пределах которого интенсивность излучения составляет не менее половины максимального значения

Продолжение таблицы 3.1

Характеристика	Единица измерения	Определение / дополнение
Прямой рабочий ток, рабочий ток,	А	Рабочий ток, на котором работает светодиод
Пиковое значение тока,	А	Максимально возможное значение тока, протекающее через светодиодный чип/светодиод.
Обратное напряжение	В	Допустимое обратное напряжение, прикладываемое к светодиодному чипу, светодиоду для оценки величины обратного тока.
Обратный ток,	А	Ток, протекающий через светодиод при приложении к нему обратного напряжения
Прямое напряжение	В	Прямое падение напряжения на светодиоде при рабочем токе.
Срок службы	час	Обычно подразумевается время, в течение которого уровень светового потока от светодиодного источника излучения снизится до 80–70% от первоначального значения.

Вольтамперная характеристика светодиода в прямом направлении нелинейна. Светодиод начинает проводить ток с некоторого порогового напряжения. Как видно из рисунка 3.3, в рабочих режимах ток пропорционально зависит от напряжения. От тока зависит яркость светодиода. Если превысит допустимый предел тока, то светодиода перегреется, что приведет к его ускоренному старению.

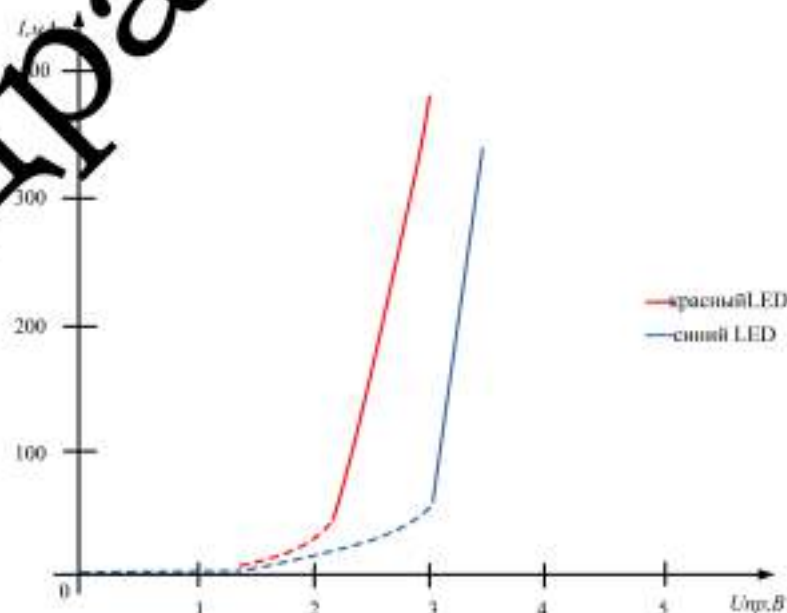


Рисунок 3.3 – Зависимость силы тока от напряжения питания светодиода

Преимущества светодиодов:

- высокий срок эксплуатации в 30 раз больше по сравнению с лампами накаливания;
- низкое энергопотребление по сравнению с традиционными лампами накаливания;
- безопасность использования;
- малые размеры;
- отсутствие ртутных паров (в сравнении с люминесцентными лампами);
- отсутствие ультрафиолетового излучения и малое инфракрасное излучение;
- при запуске они не требуются длительного прогрева;
- устойчивость к повреждениям и перепадам температур;
- незначительное тепловыделение.

Недостатки светодиодов:

- высокая цена;
- неприятный спектр излучения для глаз.

3. Аппаратура и материалы

Учебный лабораторный стенд НТЦ–20.02 предоставлен на рисунке 3.4. Техническая характеристика стенда отображена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Технические характеристики стенда НТЦ–20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60



Рисунок 3.4 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Методика и порядок выполнения работы

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо изучить руководство по эксплуатации и по проведению измерений люксметра и ваттметра. Руководство по эксплуатации смотри в Приложении 1.

Установить в светильник *HE1* светодиодной лампы. Подключить вилку кабеля светильника *HE1* в розетку *X1* (внутри светонепроницаемой встроенной камеры). Подготовить люксметр к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Установить ручку ЛАТРа *TV1* в положение «0В».

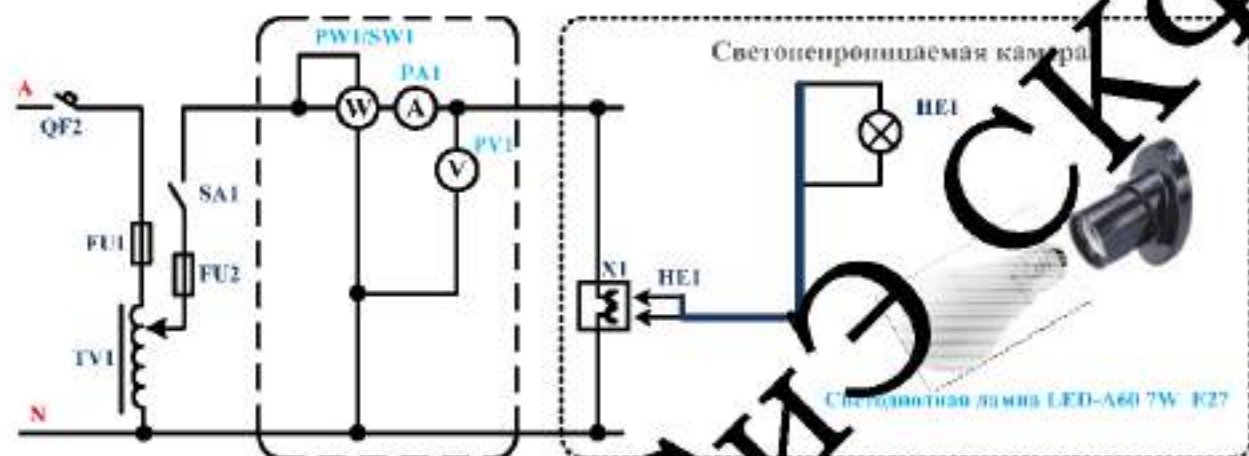


Рисунок 3.5 – Электрическая схема лабораторной №4

Включить автоматические выключатели *QF1* и *QF2*. Включить ЛАТР *TV1* тумблером *SA2*. Контролировать показания многофункционального ваттметра *PV1*, *PA1*, *PW1*, $\cos\phi$, *SW1* на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность. Плавное поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке увеличить напряжение до 50В. Зафиксировать ток *I*, напряжение *U* и мощность *W*. Повторить измерения поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке и последовательно увеличивая напряжение на 10÷20В. Контролировать свечение светодиодной лампы внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Отдельно зафиксировать измерения при которых возникнет свечение светодиодной лампы и при котором оно станет достаточно интенсивным - чтобы хотя бы слегка освещать камеру. При этом необходимо закрыть дверцу камеры и фиксировать в дополнение к остальным измерениям еще и освещенность *E*. Продолжить измерения пошагово последовательно увеличивая напряжение на 20В до величины 220÷230В.

Выключить тумблер $SA2$. Плавно повернуть ручку ЛАТРа $TV1$ в положение «0В». Отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

По полученным данным построить зависимости $I = f(U)$, $E = f(U)$, $E = f(W)$ и сделать заключение.

Таблица 3.2 – Результаты проведённых измерений

I, A	U, В	W, Вт	E, Дж

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Электрические схемы;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

Вопросы для защиты работы

1. Привести устройство и принцип действия светодиода.
2. Какие полупроводниковые материалы применяются при изготовлении светодиода?
3. От чего зависит цвет излучения светодиодных ламп?
4. Как изменяются сила тока от напряжения светодиода?
5. В чем преимущества светодиодных источников света?

Лабораторная работа №5. Исследование характеристик линейной люминесцентной лампы низкого давления с электронной пускорегулирующей аппаратурой

1 Цель работы

Построение характеристик линейной люминесцентной лампы низкого давления с электронной пускорегулирующей аппаратурой.

2 Теоретическая часть

Линейная люминесцентная лампа (ЛЛ) – газоразрядный источник света низкого давления прямой, кольцевой или U-образной формы в котором видимый свет излучается в основном люминофором, который, в свою очередь, светится под воздействием ультрафиолетового излучения разряда; сам разряд тоже излучает видимый свет, но в значительно меньшей степени. ЛЛ нашли широкое применение в освещении общественных зданий: школ, больниц, офисов, производственных помещений. Наиболее целесообразно применение для общего освещения, прежде всего помещений большой площади, что позволяет улучшить условия освещения и при этом снизить потребление энергии на 50–83%. ЛЛ так же применяются и в местном освещении рабочих мест, в световой рекламе, подсветке фасадов.

Конструктивное исполнение представлено на рисунке 4.1.

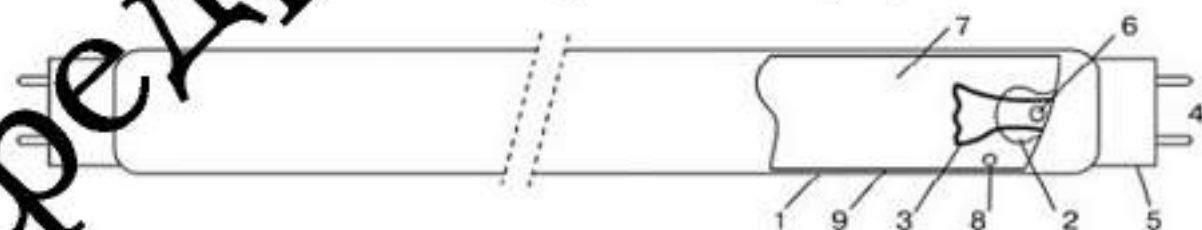


Рисунок 4.1 – Конструкция люминесцентной лампы:

1 – стеклянная цилиндрическая колба; 2 – стеклянная ножка; 3 – электроды; 4 – контактные штырьки; 5 – цоколь; 6 – штенгель (отверстие для откачивания воздуха из колбы); 7 – инертный газ; 8 – капля ртути; 9 – люминофор

Под действием электронного напряжения (поля), приложенного к

электродам, в лампе появляется газовый разряд. При всем этом проходящий через пары ртути ток вызывает ультрафиолетовое излучение.

Уф-излучение, воздействуя на люминофор, принуждает его сиять, т.е. люминофор конвертирует уф-излучение газового разряда в видимый свет.

Основные технические характеристики ЛЛ:

1. Диапазон мощности от 15 Вт до 80 Вт;
2. Номинальное напряжение 54/102 В;
3. Световая отдача от 5–7 лм/Вт, возрастает до 70–80 лм/Вт в современных люминесцентных лампах мощностью 40 Вт;
4. Частота 50 Гц;
5. Срок службы, $T = 6000\text{--}12000$ часов.

В маркировке ламп присутствуют несколько букв, обозначающие тип лампы (Л – люминесцентная, Д – дневного свечения, Б – белого свечения, Е – естественно-белого свечения, ТБ – тепло-белого свечения, ХБ – холодно-белого свечения, К (З, Ж, Г, С) – красного (зелёного, желтого, голубого, синего) цвета; УФ – ультрафиолетовый, Ц (ЦЦ) – цветопередача высокого качества, У (К, Р, Б) – U-образная (кольцевая, рефлекторная, быстрого пуска). Далее цифры, указывающие мощность лампы.

Пример маркировки представлен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Пример маркировки люминесцентной лампы

На сегодняшний день существует такие виды ламп как:

- миниатюрные люминесцентные лампы разработаны специально для применения в светильниках местного освещения, размеры ламп позволяют использовать все преимущества люминесцентных источников света в местах с ограниченным пространством (освещение витрин, аварийное освещение, внутренняя подсветка объемных букв в световой рекламе и т.д.);

- линейные люминесцентные лампы. По сравнению с выше описанными компактными люминесцентными лампами, стандартные люминесцентные лампы имеют больший размер и как следствие большую универсальность и распространение;

- кольцевые люминесцентные лампы. Основным преимуществом ламп является их невысокая цена. При этом качество остается неизменно высоким в отличие от линейных люминесцентных ламп, оснащена встроенным ЭПРА, что дает возможность использовать ее в качестве прямой замены ламп накаливания;

- компактные люминесцентные лампы. Основным преимуществом является их цена и компактность. При этом качество остается неизменно высоким.



Рисунок 4.3 – Виды люминесцентных ламп

Электронная пускорегулирующая аппаратура предназначена для преобразования параметров входящего сетевого напряжения, обеспечения запуска и поддержания рабочего режима люминесцентных ламп. Применяется для комплектации светильников с линейными люминесцентными лампами (тип Т8) или компактными люминесцентными лампами.

В зависимости от модели, ЭПРА может использовать один из двух вариантов запуска ламп:

1) холодный запуск – при этом лампа зажигается сразу после включения. Такую схему лучше использовать в случае, если лампа включается и выключается редко, так как режим холодного пуска более вреден для электродов лампы.

2) горячий запуск – с предварительным прогревом электродов. Лампа зажигается не сразу, а спустя 0,5...1 сек, зато срок службы увеличивается, особенно при частых включениях и выключениях.

Достоинствами ЛЛ:

- 1) высокая световая отдача (ЛЛ 20 Вт даёт освещенность как лампа накаливания на 100 Вт);
- 2) большой срок службы $T=15000-20000$ часов;
- 3) возможность выбирать источники света различного спектрального состава с хорошей цветопередачей;
- 4) разнообразие оттенков света;
- 5) рассеянный свет;
- 6) приближенный к естественному спектр излучения лампы.

Основные недостатки галогенных ламп:

1) относительная сложность схем включения (необходимость применения ПРА);

2) периодическое погасание газового разряда при каждом переходе переменного тока через ноль (100 раз в секунду при $f = 50$ Гц), которое не только вызывает пульсации светового потока и освещенности, но и

возможность возникновения стробоскопического эффекта;

3) зависимость характеристик от температуры внешней среды: для обычных ламп оптимальная температура окружающего воздуха $+18...25^{\circ}\text{C}$; при отклонении температуры от оптимальной световой поток и световая отдача снижаются, при $t < +5^{\circ}\text{C}$ зажигание ламп не гарантируется.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд НТЦ–20.02 предоставлен на рисунке 4.4. Техническая характеристика стенда отображена в таблице 1.



Рисунок 4.4 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

Таблица 4.1 – Технические характеристики стенда НТЦ–20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с правилами техники безопасности, а также с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания. Подключить люксметр Приложение 1 к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Требуемая схема для проведения работы показана на рисунке 4.5.

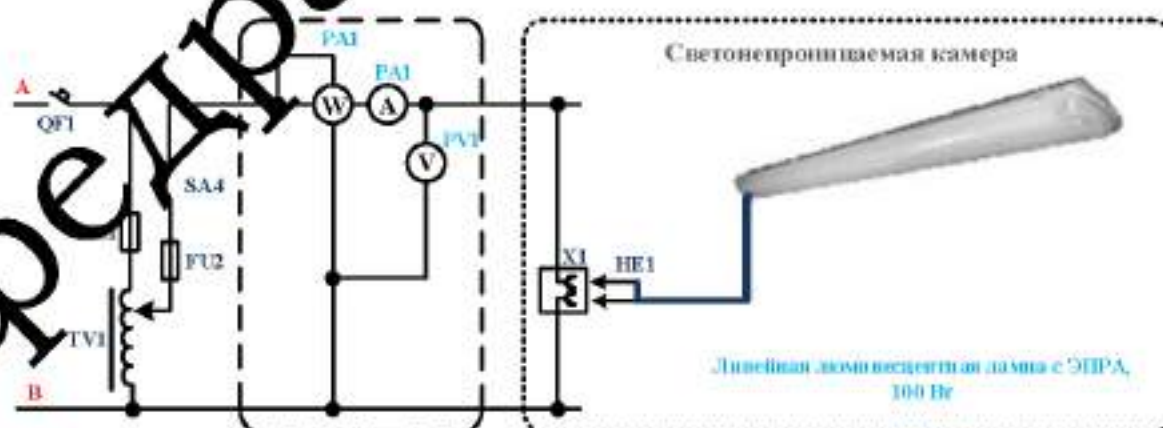


Рисунок 4.5 – электрическая схема лабораторной № 5

Подключить вилку кабеля от линейного люминесцентного светильника в розетку X1(внутри светонепроницаемой встроенной камеры). Подготовить

люксметр к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Установить ручку ЛАТРа TVI в положение «0В».

Включить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$. Включить ЛАТРа TVI тумблером $SA2$. Контролировать показания многофункционального ваттметра $PV1$, $PA1$, $PW1$, $\cos\phi$, $SW1$ на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность. Плавное поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке увеличить напряжение до 50В. Зафиксировать ток I , напряжение U и мощность W . Повторить измерения поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке и последовательно увеличивая напряжение на 10÷20В. Контролировать свечение линейной люминесцентной лампы внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Отдельно зафиксировать измерения при которых возникнет свечение линейной люминесцентной лампы и при котором оно станет достаточно интенсивным - чтобы хотя бы слегка освещать камеру. При этом необходимо закрыть дверцу камеры и фиксировать в дополнение к основным измерениям еще и освещенность E . Продолжить измерения поочередно последовательно увеличивая напряжение на 20В до величины 220÷230В.

Выключить тумблер $SA2$. Плавное повернуть ручку ЛАТРа TVI в положение «0В», отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

Полученные результаты занести в таблицу 4.2, а также построить зависимости $I = f(U)$, $E = f(U)$, $E = f(W)$ и сделать заключение.

Таблица 4.2 – Результаты проведенных измерений

I, A	U, B	$W, Bт$	$E, Лк$

6 Содержание отчета

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Электрические схемы;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Какие типы люминесцентных ламп вы знаете? Различия между ними.
2. Принцип работы люминесцентной лампы.
3. Рабочие параметры люминесцентной лампы. Каково влияние на лампу оказывает изменение параметров источника питания.
5. Достоинства и недостатки люминесцентных ламп. Область применения.
6. Влияние на окружающую среду и зрение человека.
7. Дайте характеристику построенным зависимостям?
8. Что такое ЭПРА и для чего она нужна?

Лабораторная работа №6. Исследование характеристик компактной люминесцентной лампы низкого давления

1 Цель работы

Исследование характеристик компактной люминесцентной лампы низкого давления.

2 Теоретическая часть

2.1 Общие сведения о компактных люминесцентных лампах низкого давления

Компактная люминесцентная лампа – люминесцентная лампа трубка (колба) которой изогнута, что позволяет значительно уменьшить размер лампы.

По принципу работы и внутреннему устройству компактная люминесцентная лампа не отличается от обычных линейных люминесцентных ламп.

Данные лампы характеризуются длительным сроком службы, высокой номинальной эффективностью и необходимостью в дополнительных электронных устройствах для их стабилизации при работе.

Люминесцентная лампа низкого давления представляет собой стеклянную трубку, из которой откачан воздух. Трубка заполнена аргоном с малым количеством ртути. Люминесцентные лампы имеют в несколько раз большую световую отдачу, чем лампы накаливания.

Давление внутри трубки составляет около 400–600 Па.

Конструктивное исполнение данного типа ламп представлено на рисунке 5.1.

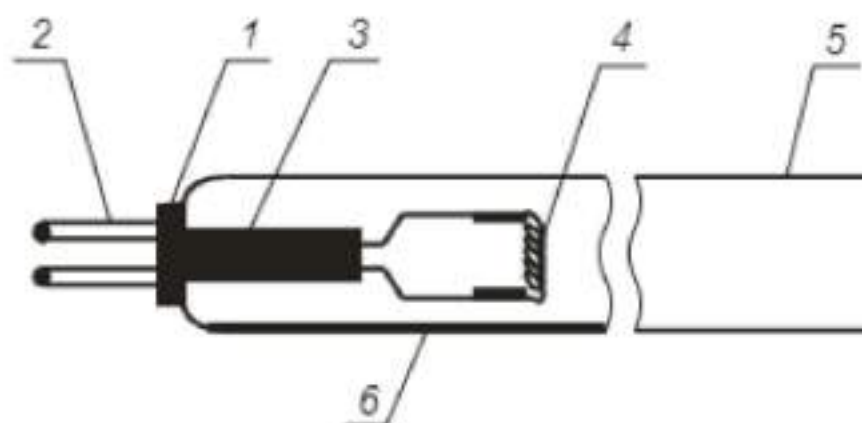


Рисунок 5.1 – Устройство компактной люминесцентной лампы.

1 – цоколь; 2 – полые штырьки; 3 – стеклянная ножка; 4 – вольфрамовая биспираль; 5 – стеклянная колба; 6 – слой люминофора

Внутри поверхность колбы покрыта люминофором – веществом, способным светиться под действием внешних факторов. Его применяют для преобразования различных видов энергии в световую.

Цвет излучения и светоток лампы зависят от химического состава люминофора.

В трубку с обоих торцов сварены стеклянные ножки, на которых расположены вольфрамовые электроды, в виде биспиралей. Концы электродов выведены из цоколя и соединены с контактными штырьками.

Электрическая энергия в люминесцентных лампах преобразуется в световую энергию, посредством прохождения электрического тока между электродами лампы, вызывая излучение в парах ртути.

Образовавшаяся энергия состоит в основном из коротковолнового ультра-фиолетового излучения и только около 2 % составляет видимое излучение.

После ультрафиолетовое излучение дугового разряда преобразуется в люминофоре в видимое (световое) излучение.

Условное обозначение ламп состоит из нескольких букв и чисел. Первая буква (Л) обозначает вид лампы, т.е. люминесцентная.

Следующая буква – особенности спектра излучения:

1. Д –дневного света;
2. Б – белого света;
3. ХБ – холодно-белого света;
4. ТБ– тепло-белого света;
5. Цветной свет узкого спектра.

Далее следуют буквы, обозначают конструктивные особенности лампы:

1. А – амальгамная;
2. Б – быстрого пуска;
3. К – кольцевая;
4. Р – рефлекторная(при запыленности);
5. U-образная;
6. Щ – щелевая.

Цифры характеризуют мощность лампы в ваттах. Помимо цифрового обозначения, идущего сразу за буквенным обозначением указывающего мощность лампы, очень часто через дефис дается порядковый номер разработки лампы.

В качестве примера расшифруем: ЛДЦ-40-2 – люминесцентная лампа дневного света с улучшенной цветопередачей, мощностью 40 Вт, первая разработка.

Данный тип ламп различаются формой трубок, представленных на рисунке 5.2. Линейная форма трубки рассмотрена выше, рисунок 5.1.

Для зажигания и горения ламп необходимо включение последовательно с ними пускорегулирующих аппаратов (ПРА).

ПРА – светотехническое устройство, с помощью которого осуществляется питание разрядной лампы от электрической сети и обеспечиваются необходимые режимы зажигания, разгорания и работы лампы.



Рисунок 5.2 – Устройство компактных люминесцентных ламп

В настоящее время для зажигания и работы люминесцентных ламп широко применяются электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), в которых частота питающего тока повышается до 20–40 кГц.

Применение ЭПРА исключает пульсацию излучения, тем самым устраняя стробоскопический эффект.

Достоинства:

- наличие разнообразного спектрального состава излучения;
- высокая светотдача (50-75 лм/Вт);
- большой срок службы (10000ч.);

Недостатки:

– сложная схема включения в сеть, требующая наличие специальной аппаратуры ПРА;

- зависимость от условий окружающей среды;
- пульсации светового потока;
- сравнительно малая единичная мощность ламп;
- экологически опасная лампа.

Из перечня видно, что наиболее серьезный недостаток ламп – это

использование ртути в их производстве. Компактные люминесцентные лампы содержат около 3–5 мг ртути. Ртуть – токсичное вещество, требующее специальной утилизации.

Согласно Минаматской конвенции по ртути, подписанной РФ 24.09.2014, люминесцентные лампы входят в перечень продуктов с добавлением ртути, производство, экспорт, импорт которых, должен быть запрещен до 2020 года и в дальнейшем обеспечен постепенный вывод их из обращения (п.1 ст.4; часть I приложения А Минаматской конвенции).

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд НТЦ–20.02 представлен на рисунке 5.3. Техническая характеристика стенда отображена в таблице 5.1.



Рисунок 5.3 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

Таблица 5.1 – Технические характеристики стенда НТЦ–20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Задание

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо изучить руководство по эксплуатации и по проведению измерений люксметра и ваттметра. Руководство по эксплуатации смотри в Приложении 1.

Подключить вилку кабеля от компактного люминесцентного светильника в розетку XI (внутри светонепроницаемой встроенной камеры). Подготовить люксметр к измерению освещенности, разместив его чувствительный элемент на столе внутри камеры. Установить ручку ЛАТРа TV1 в положение «В».

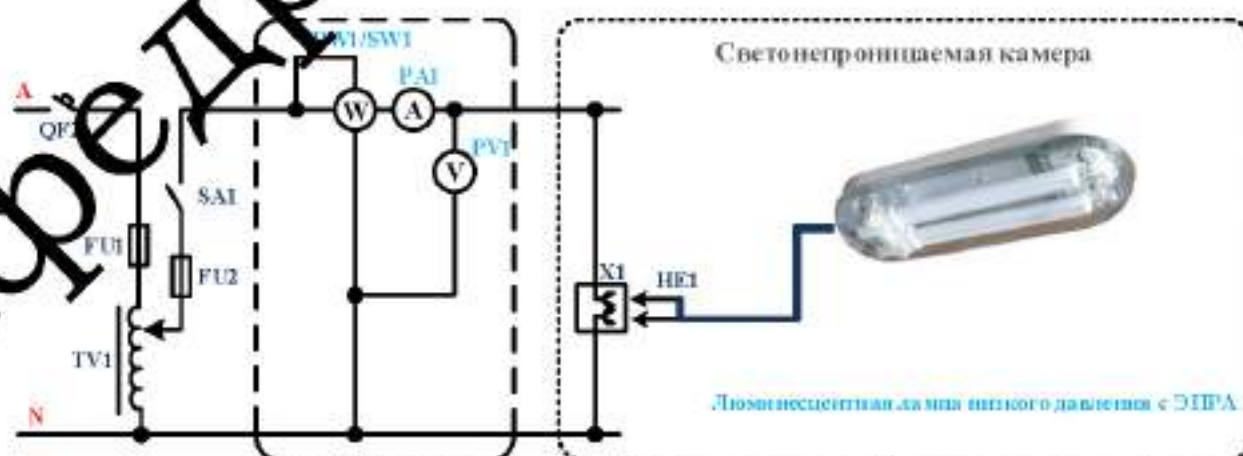


Рисунок 5.4 – Электрическая схема лабораторной №6

Включить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$. Включить ЛАТР $TV1$ тумблером $SA2$. Контролировать показания многофункционального ваттметра $PV1$, $PA1$, $PW1$, $\cos\phi$, $SW1$ на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность. Плавное поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке увеличить напряжение до 50В. Зафиксировать ток I , напряжение U , мощность W . Повторить измерения поворачивая ручку ЛАТРа по часовой стрелке и последовательно увеличивая напряжение на 10÷20В. Контролировать свечение линейной люминесцентной лампы внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Отдельно зафиксировать измерения при которых возникнет свечение компактной люминесцентной лампы и при котором оно станет достаточно интенсивным - чтобы хотя бы слегка освещать камеру. При этом необходимо закрыть дверцу камеры и фиксировать в дополнение к остальным измерениям еще и освещенность E . Продолжить измерения пошагово последовательно увеличивая напряжение на 20В до величины 220÷230В.

Выключить тумблер $SA2$. Плавное повернуть ручку ЛАТРа $TV1$ в положение «0В». Отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

По полученным данным построить зависимости $I = f(U)$, $E = f(U)$, $E = f(W)$ и сделать заключение.

Таблица 5.2 – Результаты проведенных измерений

I, A	U, B	W, Bt	$E, Лк$

6 Содержание отчета

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Электрические схемы;

3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия компактной люминесцентной лампы.
2. Почему нельзя подключать люминесцентную лампу напрямую в электрическую сеть?
3. В чем различия между линейной люминесцентной лампой и компактной люминесцентной лампой?
4. Как повысить коэффициент мощности установок с люминесцентными лампами?
5. Как изменяются основные электрические и светотехнические характеристики люминесцентных ламп при изменении напряжения?

Лабораторная работа №7. Обеспечение высоких коэффициента полезного действия и коэффициента мощности мало нагруженного асинхронного двигателя путем переключения его обмоток со схемы «треугольник» на схему «звезда»

1 Цель работы

Исследование коэффициента полезного действия и коэффициента мощности мало нагруженного асинхронного двигателя путем переключения его обмоток со схемы «треугольник» на схему «звезда».

2 Теоретическая часть

2.1 Пусковые свойства двигателей

Пуск асинхронного двигателя сопровождается переходным процессом, обусловленным переходом ротора, и механически связанных с ним частей исполнительного механизма, из состояния покоя в состояние равномерного вращения, когда вращающий момент двигателя уравнивается суммой противодействующих моментов, действующих на ротор двигателя.

Пусковые свойства двигателя определяются:

1. Значением пускового тока I_n или его кратностью $I_n/I_{ном}$.
2. Значением пускового момента M_n или его кратностью $M_n/M_{ном}$.

Двигатель, обладающий хорошими пусковыми свойствами, развивает значительный пусковой момент при сравнительно небольшом пусковом токе. Однако получение такого сочетания пусковых параметров в асинхронном двигателе сопряжено с определенными трудностями, а иногда оказывается невозможным.

В начальный момент пуска скольжение $s=1$, поэтому, пренебрегая током х.х., пусковой ток можно определить:

$$I_n = U_1 / \sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}. \quad (1)$$

Пусковой момент при этом:

$$M_n = \frac{m_1 U_1^2 r_2' p}{2\pi f_1 [(r_1' + r_2')^2 + (x_1' + x_2')^2]} \quad (2)$$

Улучшить пусковые свойства двигателя можно увеличением активного сопротивления цепи ротора, так как в этом случае уменьшение пускового тока сопровождается увеличением пускового момента. Кроме пусковых значений тока I_n и момента M_n пусковые свойства двигателей оценивают еще и такими показателями:

- а) продолжительность и плавность пуска;
- б) сложность пусковой операции;
- в) экономичность (стоимость и надежность пусковой аппаратуры).

В соответствии с различием в конструкции пуск асинхронных двигателей подразделяется на пуск двигателей с фазным ротором и пуск двигателей с короткозамкнутым ротором.

2.2 Пуск двигателей с фазным ротором

Наличие контактных колец у двигателей с фазным ротором позволяет подключить к обмотке ротора пусковой реостат (ПР). При этом активное сопротивление цепи ротора увеличивается на величину активного добавочного сопротивления пускового реостата и пусковой момент возрастает, достигая значения $M_{n,max}$.

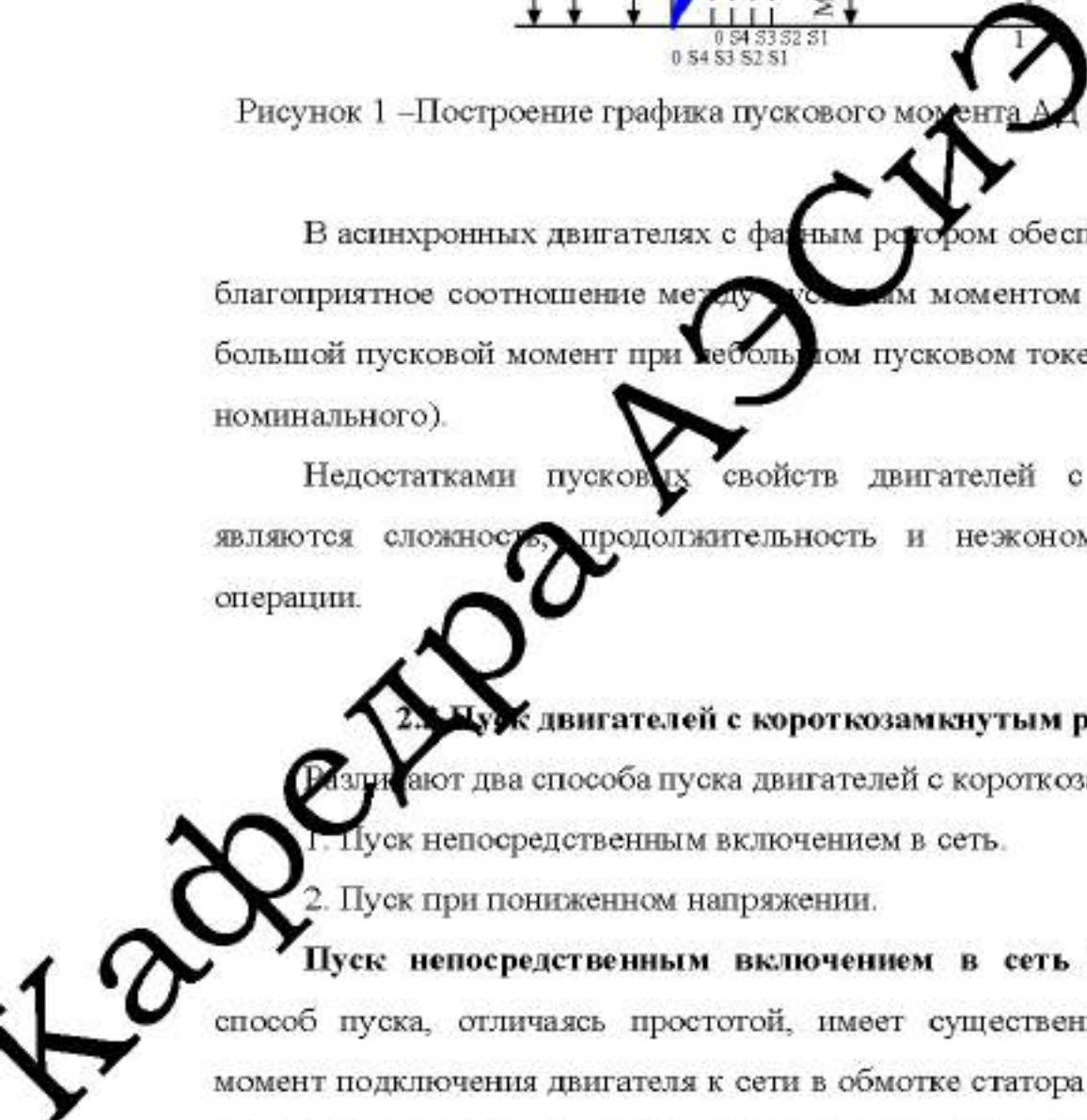
На рисунке 1 представлен график изменения пускового момента асинхронного двигателя при четырех ступенях пускового реостата.

В начальный момент пуска (первая ступень реостата) пусковой момент равен $M_{n,max}$. По мере разгона двигателя его момент уменьшается по кривой 1. Как только значение момента уменьшится до значения $M_{n,min}$ рычаг реостата переводят на вторую ступень и сопротивление реостата уменьшается.

Теперь зависимость $M = f(s)$ выражается кривой 2 и пусковой момент двигателя вновь достигает $M_{n,max}$. Затем ПР переключают на третью и на четвертую ступени (кривые 3 и 4). После того как электромагнитный момент

ет закончен.

СКФУ



В асинхронных двигателях с фазным ротором обеспечивается наиболее благоприятное соотношение между пусковым моментом и пусковым током: большой пусковой момент при небольшом пусковом токе (в 2–3 раза больше номинального).

2.2. Пуск двигателей с короткозамкнутым ротором

Г. Пуск непосредственным включением в сеть.

- Пуск непосредственным включением в сеть** (рисунок 2). Этот способ пуска, отличаясь простотой, имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя к сети в обмотке статора возникает большой пусковой ток, в 5-7 раз превышающий номинальный ток двигателя.

55

вращения двигателя быстро достигает установившегося значения и пусковой ток также быстро спадает, не вызывая перегрева обмотки статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать падение напряжения.

Этот способ пуска получил наибольшее применение для двигателей мощностью до 38–50 кВт. При необходимости уменьшения пускового тока двигателя применяют какой-либо из способов пуска короткозамкнутых двигателей при пониженном напряжении.

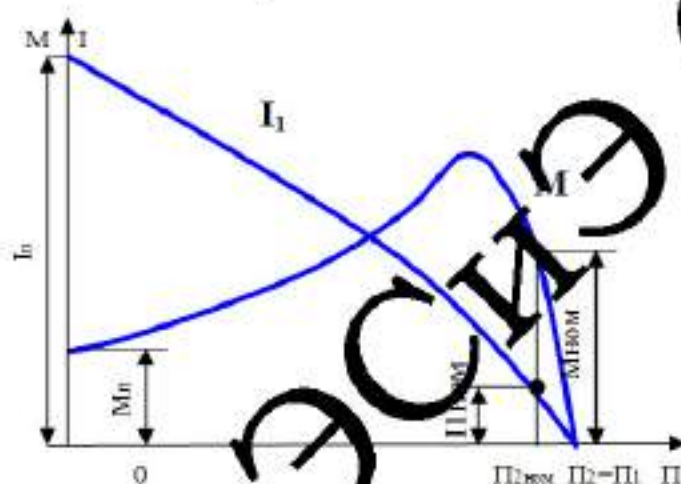


Рисунок 2 – Графики изменения тока и момента при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Пуск при пониженном напряжении. Существует несколько способов понижения подаваемого к двигателю напряжения. Для асинхронных двигателей, работающих при соединении обмоток статора треугольником, можно применить пуск **переключением обмотки статора со звезды на треугольник.**

В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотка статора оказывается соединенной в звезду. При этом фазное напряжение на статоре понижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя (рисунок 3).

После разгона ротора двигателя до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель переводят в положение «треугольник» и

фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным напряжением. Возникший при этом бросок тока до значения $I'_{\text{сд}}$ является незначительным.

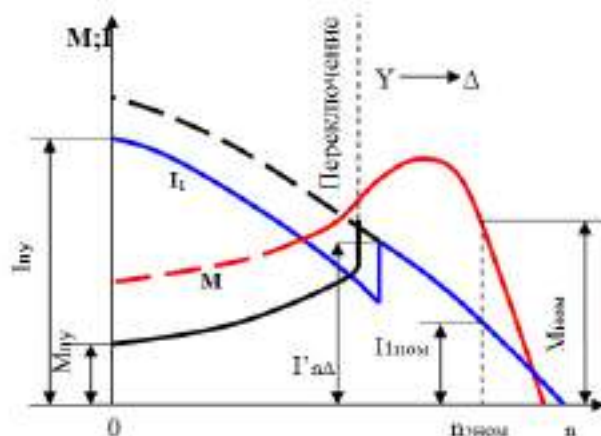


Рисунок 3 – Графики изменения момента и тока (фазного) при пуске АД с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со «звезды» в «треугольник»

Описанный способ понижения напряжения при пуске применим для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником.

Универсальным является способ пуска **понижением подводимого к двигателю напряжения посредством реакторов** (реактивных катушек – дросселей), а также **пуск двигателя через автотрансформатор**. В последнем случае пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается на коэффициент трансформации автотрансформатора (K_A). Ток в питающей двигатель сети, то есть на входе автотрансформатора уменьшается в K_A^2 раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд ЭССЭСП1-С-Р – «Энергосбережение в системах электроснабжения и электропотребления» предоставлен на рисунке 4, технические характеристики – в таблице 1, перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы – в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики стенда ЭССЭСП1-С-Р

Наименование	Параметры
Потребляемая мощность, В·А, не более	200
Электропитание: - от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками - напряжением, В - частота, Гц	$220 \pm 2250 \pm 0,5$
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Габаритные размеры, мм, не более - длина (по фронту) - ширина (ортогонально фронту) - высота	$850 \times 920 \times 1000$
Масса, кг, не более	100
Количество человек, которое одновременно и активно может работать на комплексе	2

Таблица 2 – Перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~ 220 В / 3 А
G2	Однофазный источник питания	218.1	~ 220 В / 3 А
G3	Преобразователь частоты	217	0...100 Гц 3x220 В; 3 А
G4	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2x110 В / 0,25 А (возбуждение)
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	106	120 Вт / ~ 220 В / 1500 мин ⁻¹
A1	Автоматический однополюсный выключатель	359	~ 230 В / 0,5 А
A4	Активная нагрузка	306.4	~ 220 В / 0...30 Вт
A3	Выпрямитель	322.1	~ 400 В / 2 А
A11	Переключатель Y / Δ	2338	~ 380 В / 3 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В ≈ 0...10 А ≈ 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 60; 150; 300; 450 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1 А.
P3	Указатель частоты вращений	506.3	2000...0...2000 мин ⁻¹

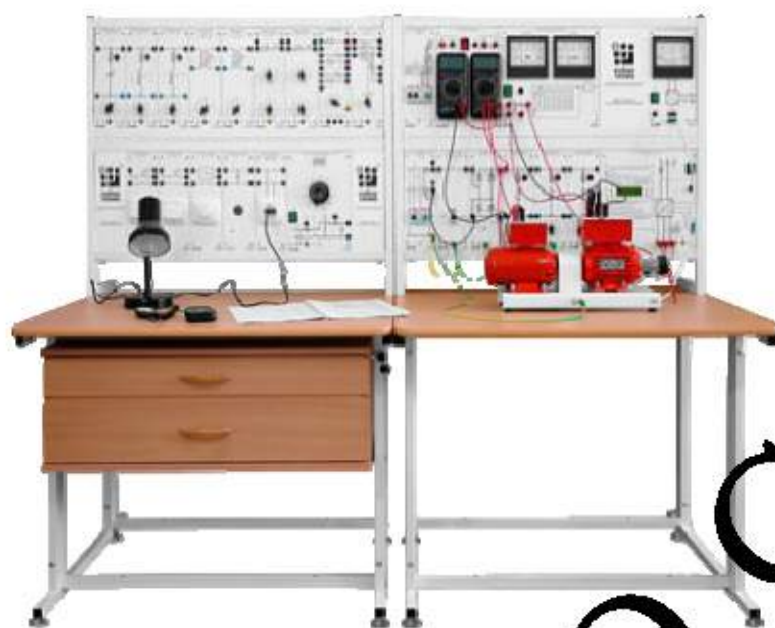


Рисунок 4 – Изображение лабораторного стенда ЭССЭСП1-С-Р

4 Указания по технике безопасности

1. Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

2. К работе на стендах допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения и ознакомившиеся с настоящими методическими указаниями. Прохождение инструктажа по технике безопасности фиксируется преподавателем в специальном журнале.

3. Лабораторная работа должна выполняться не менее чем двумя студентами.

4. Сборку схемы осуществлять исправными соединительными проводами, используя при этом приведенные в лабораторной работе принципиальные схемы экспериментов.

5. Собранный цепь проверяется преподавателем и может включаться только по его разрешению. О включении напряжения предупреждают всех членов бригады, выполняющих работу.

6. Изменения схемы производят только при выключенном напряжении на стенде, а вновь собранная схема перед подачей на нее напряжения проверяется преподавателем.

7. По окончании испытания или при перерыве в работе схему отключают от напряжения питания. Разборку схемы осуществляют по разрешению преподавателя.

8. При возникновении неисправностей, а также в случае появления запаха, свидетельствующего о возгорании электрических проводов или радиокомпонентов, следует незамедлительно прекратить работу с лабораторным стендом, выключив его из сети, и обратиться к преподавателю.

5 Задача

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления «Ⓢ» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, показанной на рисунке 5.

Отключите (если включен) выключатель A1.

Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4, A5 и A12, например, равными 50%.

Установите переключатель A14 в положение «Δ».

Включите источники G1 и G2.

Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

Активизируйте используемые мультиметры.

В преобразователе частоты G6 кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» выберите режим работы «Эксперимент №1: Исследование режимов работы асинхронного двигателя».

Кафедра АЭС ИЭС КФУ

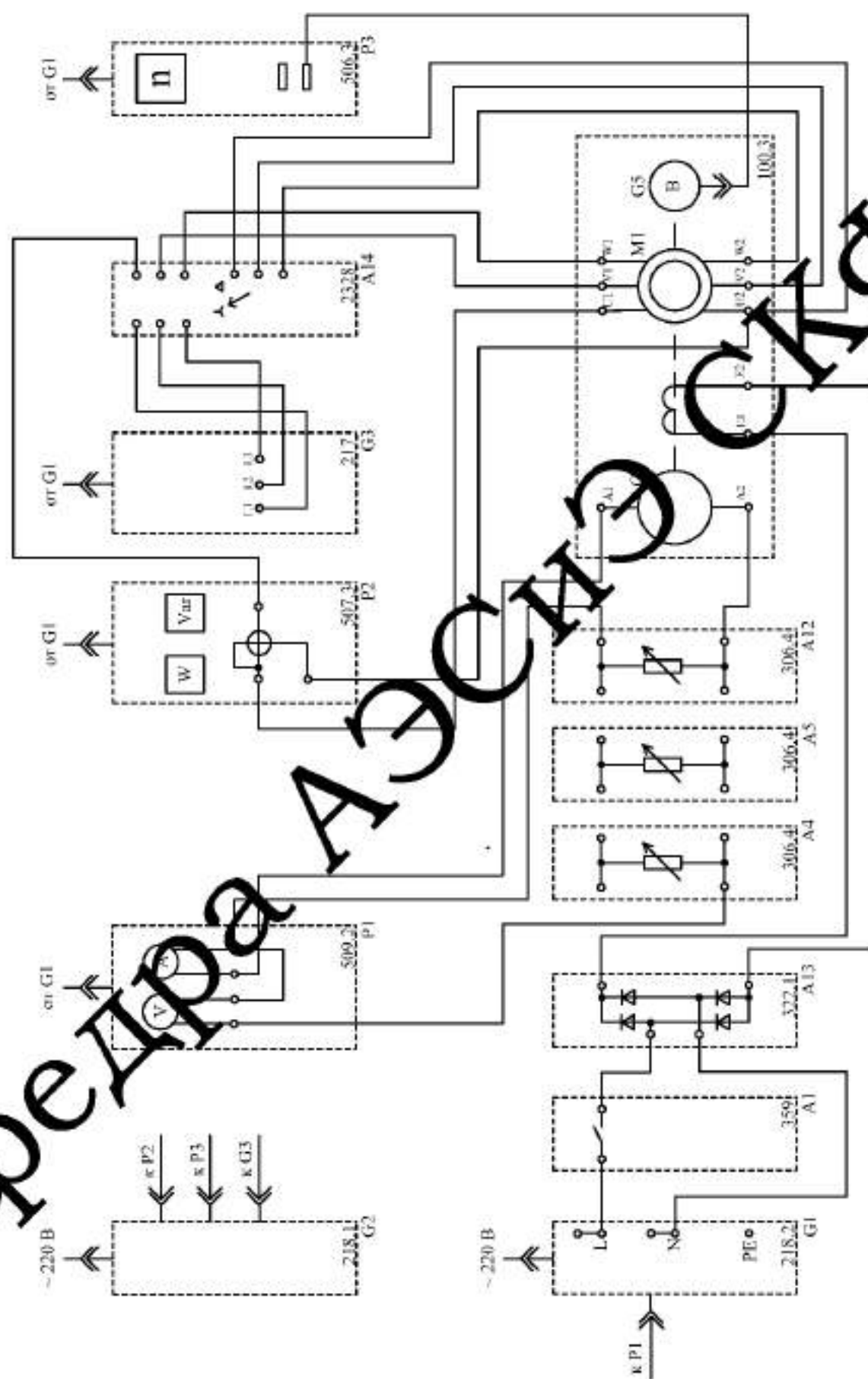


Рисунок 5 – Схема электрических соединений

Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ», далее кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» и «ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА» выберите следующие значения параметров: U номинальное 220 В, тип характеристики – линейная, выход 1 – скорость, выход 2 – скорость, управление – ручное.

Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ».

Вращая регулировочную рукоятку, установите задание скорости вращения магнитного поля двигателя М1, например 157 рад/с (соответствует 1500 об/мин / 50 Гц). Нажмите кнопку «ВМЕР/Д» и убедитесь, что электродвигатель М1 пришел во вращение и на дисплее преобразователя 63 по завершении разгона двигателя М1 отображается скорость вращения его магнитного поля -157 рад/с.

Включите выключатель А1.

С помощью мультиметров, включенных как вольтметр и амперметр, блока Р1 измерьте напряжение U_a и ток I_a статорной обмотки генератора G4.

С помощью измерителя Р2 измерьте величины потребляемых одной фазой двигателя М1 активной Р11 и реактивной Q11 мощностей.

Переведите переключатель А14 в положение «Y» и повторите ранее выполненные измерения.

Повторите ранее выполненные измерения.

По завершении эксперимента отключите выключатель А1, выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте, источники G1 и G2.

Для каждой серии измерений, используя полученные данные, вычислите значения, полезной активной мощности Р2, полных потребляемых из сети активной Р1, и реактивной Q1 мощностей и затем искомых коэффициента полезного действия η и коэффициента мощности $\cos\varphi$ асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором по формулам:

$$P_2 = U_a \times I_a + 65 \times I_a^2, \quad (1)$$

$$P_1 = 3 \times P_{11}, \quad (2)$$

$$Q_1 = 3 \times Q_{11}, \quad (3)$$

$$\eta = (P_2 / P_1) \times 100, [\%], \quad (4)$$

$$\cos \varphi = P_1 / (P_1^2 + Q_1^2)^{0.5}, \quad (5)$$

6 Содержание отчета

Отчет выполняется каждым студентом индивидуально и предоставляется преподавателю. Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Схема электрических соединений;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результаты расчетов, необходимые графики, характеризующие зависимости, полученные в ходе измерений, и поясняющие рисунки;
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждения выполнения законов.

Лабораторная работа №8. Уменьшение электрической мощности, потребляемой асинхронным двигателем насосной или вентиляционной системы, путем замены дроссельного способа регулирования расхода рабочей среды частотным

1 Цель работы

Исследование величины электрической мощности, потребляемой асинхронным двигателем насосной или вентиляционной системы, путем замены дроссельного способа регулирования расхода рабочей среды частотным.

2 Теоретическая часть

Частота вращения ротора асинхронного двигателя определяется формулой

$$n_2 = n_1(1-s) = (50 \cdot 60/p)(1-s) \quad (1)$$

Из этого выражения следует, что частоту вращения ротора асинхронного двигателя можно регулировать изменением одной из трех величин: скольжения s , частоты тока в обмотке статора f_1 или числа полюсов в обмотке статора $2p$.

Регулирование частоты вращения изменением скольжения s возможно тремя способами:

- а) изменением подводимого к обмотке статора напряжения;
- б) нарушением симметрии этого напряжения;
- в) изменением активного сопротивления обмотки ротора.

Регулировка частоты вращения изменением скольжения происходит только в нагруженном двигателе. В режиме холостого хода скольжение, а, следовательно, и частота вращения остаются практически неизменными.

2.1 Регулирование частоты вращения изменением подводимого напряжения

При неизменной нагрузке на валу двигателя увеличение подводимого к двигателю напряжения вызывает рост частоты вращения. Однако диапазон регулирования частоты вращения получается небольшим, что объясняется узкой зоной устойчивой работы двигателя. Объясняется это тем, что превышением номинального напряжения возникает опасность чрезмерного перегрева двигателя, вызванного резким увеличением электрических и магнитных потерь. В то же время с уменьшением напряжения U двигатель утрачивает перегрузочную способность, которая пропорциональна квадрату напряжения сети.

Подводимое к двигателю напряжение изменяют или регулировочным автотрансформатором или реакторами, включаемыми в разрыв линейных проводов.

Узкий диапазон регулирования и неэкономичность (необходимость в дополнительных устройствах) ограничивают область применения этого способа регулирования частоты вращения.

2.2 Регулирование частоты вращения нарушением симметрии подводимого напряжения

При нарушении симметрии подводимой к двигателю трехфазной системы напряжения вращающееся поле статора становится эллиптическим. При этом поле приобретает обратную составляющую (встречное поле), которая создает момент $M_{обр}$, направленный встречно вращающему моменту $M_{пр}$. В итоге результирующий электромагнитный момент двигателя уменьшается

$$(M = M_{пр} - M_{обр}) \quad (2)$$

Механические характеристики двигателя при этом способе регулирования располагаются в зоне между характеристикой при симметричном напряжении (рисунок 1 кривая 1) и характеристикой при

однофазном питании двигателя (кривая 2) – пределом несимметрии трехфазного напряжения. Этот способ регулирования частоты вращения применяют в двигателях малой мощности.

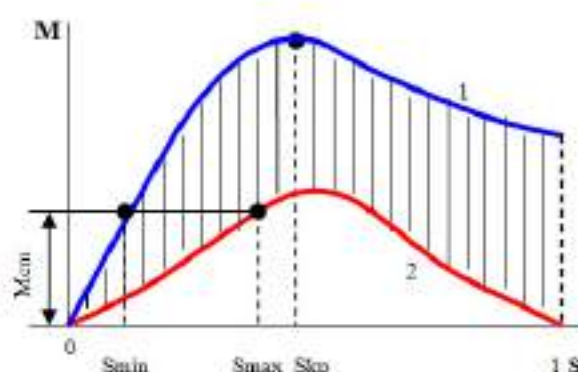


Рисунок 1 – Механические характеристики АД при регулировании частоты вращения изменением симметрии трехфазной системы

2.3 Регулирование частоты вращения изменением активного сопротивления в цепи ротора

Этот способ регулирования частоты вращения возможен лишь в двигателях с фазным ротором. Механические характеристики показывают, что с увеличением активного сопротивления ротора возрастает скольжение, соответствующее заданному нагрузочному моменту. Частота вращения двигателя при этом уменьшается. Зависимость скольжения (частоты вращения) от активного сопротивления цепи ротора выражается формулой:

$$s = m_1 I_2'^2 r_2' / (\omega_1 M) \quad (3)$$

Изменение активного сопротивления цепи ротора достигается включением в цепь ротора регулировочного реостата (РР), подобного пусковому реостату (ПР), но рассчитанного на длительный режим работы.

Недостаток этого способа регулирования заключается в том, что участок механической характеристики, соответствующей устойчивой работе двигателя, при введении в цепь ротора добавочного сопротивления становится более пологим и колебания нагрузочного момента на валу сопровождаются изменением частоты вращения ротора.

Из рисунка 2 видно, что если нагрузочный момент двигателя изменится на

$$\Delta M_{CT} = M'_{CT} - M''_{CT}, \quad (4)$$

то изменение частоты вращения при выведенном реостате составит Δn_{21} , а при введенном – Δn_{211} .

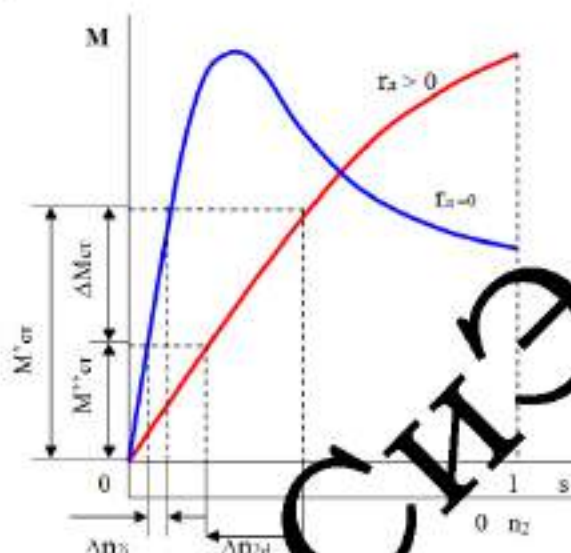


Рисунок 2 – Влияние сопротивления цепи ротора на колебания частоты вращения при изменении нагрузки

Рассмотренный способ регулирования частоты вращения применяется в асинхронных двигателях с фазным ротором. В зависимости от конструкции регулировочного реостата этот способ регулирования частоты вращения может быть плавным (при плавном изменении сопротивления РР) или ступенчатым (при ступенчатом изменении сопротивления РР).

Способ обеспечивает регулирование частоты вращения в широком диапазоне, но только вниз от синхронной частоты вращения.

2.4 Регулирование частоты вращения изменением частоты тока в статоре

Этот способ регулирования, называемый «частотное регулирование», основан на изменении синхронной частоты вращения

$$n_1 = f_1 60 / p \quad (5)$$

Для осуществления этого способа регулирования необходим источник питания двигателя переменным током с регулируемой частотой. В качестве таких источников могут применяться электромашинные или полупроводниковые преобразователи частоты (ПЧ).

Чтобы регулировать частоту вращения, достаточно изменить частоту тока f_1 . Но с изменением частоты $f_1 = \omega_1 p / (2\pi)$ будет изменяться максимальный момент. Поэтому для сохранения перегрузочной способности, коэффициента мощности и КПД двигателя на требуемом уровне одновременно с изменением частоты f_1 необходимо изменить и напряжение питания U_1 .

Если частота вращения двигателя регулируется при условии **постоянства момента** нагрузки ($M = M' = const$), то подводимое к двигателю напряжение необходимо изменять пропорционально изменению частоты тока:

$$U'_1 = U_1 f_1 / f_1 \quad (6)$$

При этом мощность двигателя увеличивается пропорционально нарастанию частоты вращения.

Если же регулирование производится при условии **постоянства мощности** двигателя ($P_{\text{м}} = M\omega_1 = const$), то подводимое напряжение следует изменять в соответствии с законом:

$$U'_1 = U_1 \sqrt{f'_1 / f_1} \quad (7)$$

Частотное регулирование двигателей позволяет плавно изменять частоту вращения в широком диапазоне. Однако источники питания с регулируемой частотой тока удорожают установку. Но благодаря развитию силовой полупроводниковой техники созданы устройства частотного регулирования асинхронными двигателями, технико-экономические показатели которых позволяют применять их для индивидуального регулирования асинхронными двигателями.

Использование асинхронных двигателей, укомплектованных такими

устройствами для частотного регулирования, целесообразно в пожаро- и взрывоопасных средах (химическая и нефтеперерабатывающая промышленность), где применение коллекторных двигателей недопустимо.

2.5 Регулирование частоты вращения изменением числа полюсов обмотки статора

Этот способ регулирования частоты вращения дает ступенчатую регулировку. Так, при $f_1 = 50 \text{ Гц}$ и $p = 1 \div 5$ пар полюсов можно получить следующие синхронные частоты вращения: 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин.

Изменять число полюсов в обмотке статора можно или укладкой на статоре двух обмоток с разным числом полюсов, или укладкой на статоре одной обмотки, конструкция которой позволяет путем переключения катушечных групп получать различное число полюсов. Последний способ получил наибольшее распространение.

Возможны два режима работы асинхронных двигателей с полюсно переключаемыми обмотками:

а) **режим постоянного момента** – при переключении двигателя с одной частоты вращения на другую вращающий момент на валу двигателя M_2 остается неизменным, а мощность P_2 изменяется пропорционально частоте вращения n_2 :

$$P_2 = 0,105 M_2 n_2; \quad (8)$$

б) **режим постоянной мощности** – при переключении двигателя с одной частоты вращения на другую мощность P_2 остается примерно одинаковой, а момент на валу M_2 изменяется соответственно изменению частоты вращения n_2 :

$$M_2 = 9,55 P_2 / n_2 \quad (9)$$

Регулирование частоты вращения изменением числа полюсов на статоре применяют исключительно в асинхронных двигателях с

короткозамкнутым ротором, т.к. число полюсов в обмотке этого ротора всегда равно числу полюсов статора и для изменения частоты вращения достаточно изменить число полюсов в обмотке статора.

3 Оборудование и материалы

Учебный лабораторный стенд ЭССЭСП1-С-Р – «Энергосбережение в системах электроснабжения и электропотребления» представлен на рисунке 3, технические характеристики – в таблице 1, перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы – в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики стенда ЭССЭСП1-С-Р

Наименование	Параметры
Потребляемая мощность, В·А, не более	200
Электропитание: - от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками - напряжением, В - частота, Гц	$220 \pm 2250 \pm 0,5$
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Габаритные размеры, мм, не более - длина (по фронту) - ширина (ортогонально фронту) - высота	2×920 850 1600
Масса, кг, не более	100
Количество человек, которое одновременно и активно может работать на комплекте	2

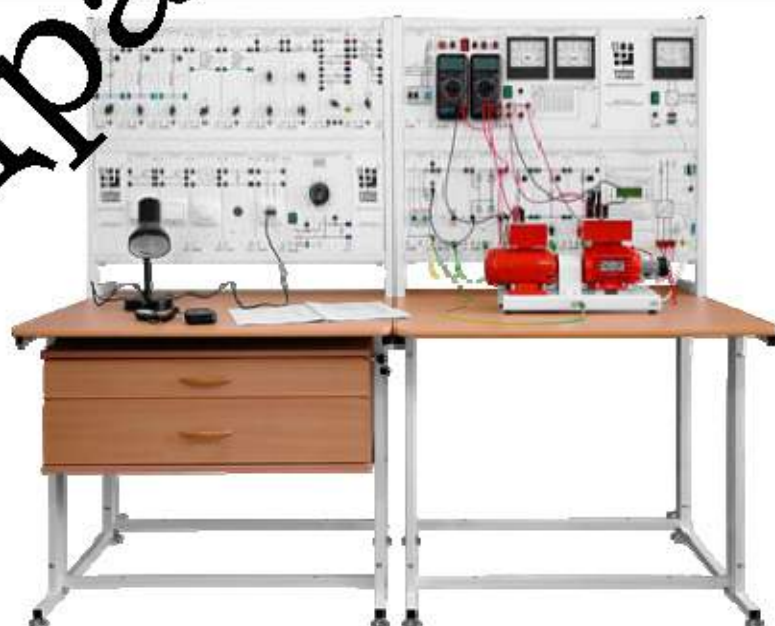


Рисунок 3 – Изображение лабораторного стенда ЭССЭСП1-С-Р

Таблица 2 – Перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В / 3 А
G2	Однофазный источник питания	218.1	~220 В / 3 А
G3	Преобразователь частоты	217	0...100 Гц 3х220 В; 3 А
G4	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В 0,56 А (якорь) 2х110 В / 0,2 А (обмотка)
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 выходов / 2500 импульсов за оборот
M1	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	106	120 Вт / ~220 В/ 1500 мин ⁻¹
A1	Автоматический однополюсный выключатель	35	~230 В / 0,5 А
A4	Активная нагрузка	300.4	~220 В / 0...30 Вт
A13	Выпрямитель	322.1	~400 В / 2 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В = 0...10 А = 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 60; 150; 300; 450 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1 А.
P3	Указатель частоты вращений	506.3	2000...0...2000 мин ⁻¹

Указания по технике безопасности

1. Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

2. К работе на стендах допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения и ознакомившиеся с настоящими методическими указаниями. Прохождение инструктажа по технике безопасности фиксируется преподавателем в специальном журнале.

3. Лабораторная работа должна выполняться не менее чем двумя

студентами.

4. Сборку схемы осуществлять исправными соединительными проводами, используя при этом приведенные в лабораторной работе принципиальные схемы экспериментов.

5. Собранная цепь проверяется преподавателем и может включаться только по его разрешению. О включении напряжения предупреждают все члены бригады, выполняющих работу.

6. Изменения схемы производят только при выключенном напряжении на стенде, а вновь собранная схема перед подачей на нее напряжения проверяется преподавателем.

7. По окончании испытания или при перерыве в работе схему отключают от напряжения питания. Разборку схемы осуществляют по разрешению преподавателя.

8. При возникновении неисправностей, а также в случае появления запаха, свидетельствующего о возгорании электрических проводов или радиокомпонентов, следует незамедлительно прекратить работу с лабораторным стендом, выключив его из сети, и обратиться к преподавателю.

5 Задание

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления «Ⓢ» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, показанной на рисунке 4.

Отключите (если включен) выключатель A1.

Установите переключателями параметры нагрузок A4, A5 и A12 равными 0%.

Включите источники G1 и G2.

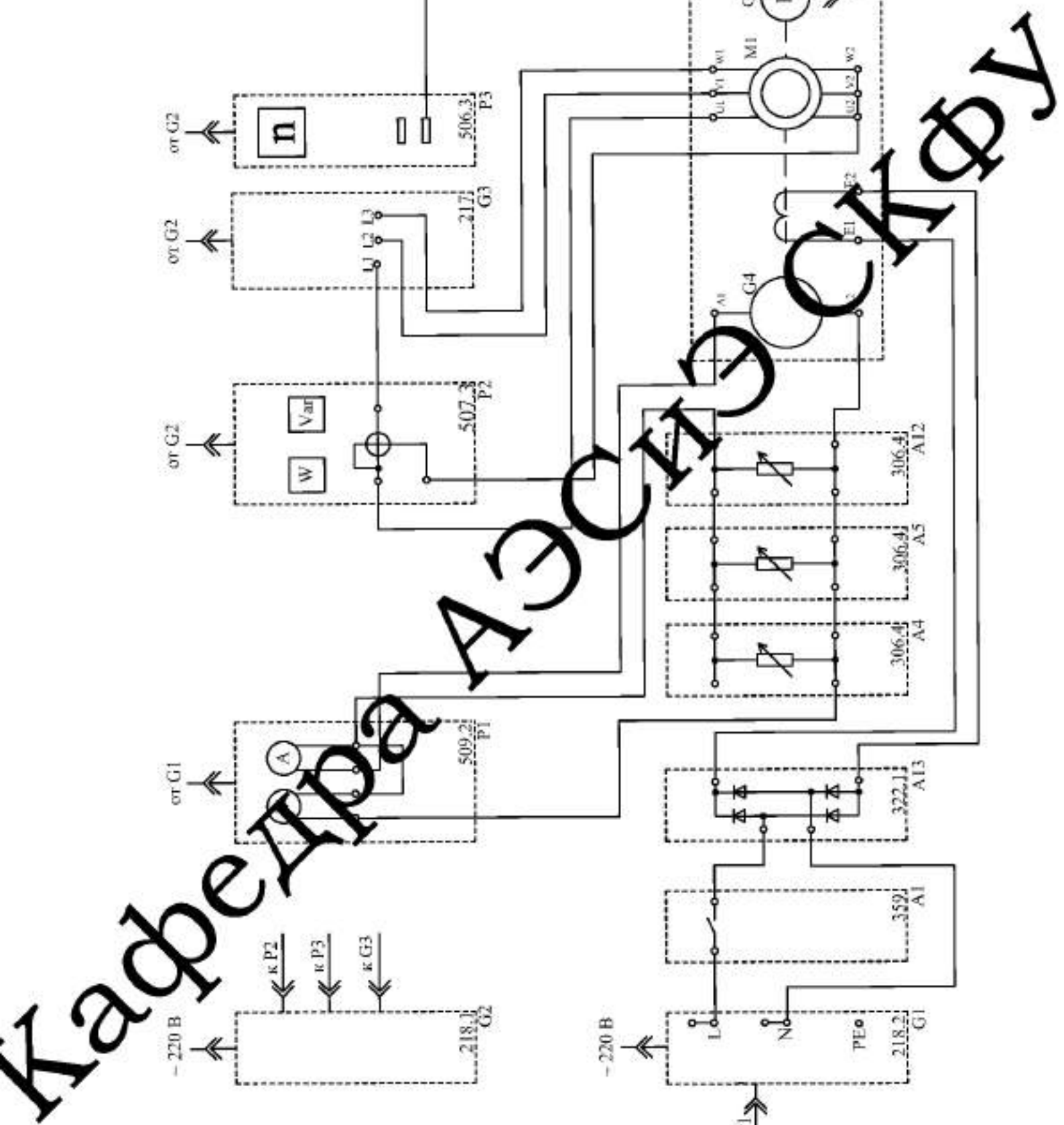


Рисунок 4 – Схема электрических соединений

Включите выключатели «СЕТЫ» блоков, задействованных в эксперименте.

Активизируйте используемые мультиметры.

В преобразователе частоты 66 кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» выберите режим работы «Эксперимент М1. Исследование режимов работы асинхронного двигателя».

кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ», далее кнопками «ВЫБОР СТРОКИ / СТРАНИЦЫ НА ДИСПЛЕЕ» и «ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА» выберите следующие значения параметров: U номинальное – 220 В, тип характеристики – линейная, выход 1 – скорость, выход 2 – скорость, управление – ручное.

Кнопкой «ВЫБОР ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ» выберите «МАССИВ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ».

Вращая регулировочную ручку, установите задание скорости вращения магнитного поля двигателя М1, например, 157 рад/с (соответствует 1500 об/мин / 50 Гц). Нажмите кнопку «ВПЕРЕД» и убедитесь, что электродвигатель М1 пришел во вращение и на дисплее преобразователя 63 по завершении разгона двигателя М1 отображается скорость вращения его магнитного поля – 157 рад/с.

Включите выключатель А1.

Регулируя нагрузки А4, А5 и А12 установите по амперметру блока Р1 желаемый ток I_a (имитирует расход рабочей среды), например, равный 0,12 А (соответствует 30 % расхода рабочей среды).

С помощью мультиметров, включенных как вольтметр и амперметр, блока Р1 измерьте напряжение U_a и ток статорной обмотки генератора G4.

С помощью измерителя Р2 измерьте величины потребляемых одной фазой двигателя М1 активной P_{11} и реактивной Q_{11} мощностей.

Регулируя нагрузки А4, А5 и А12 установите по амперметру блока Р1 ток I_a (имитирует расход рабочей среды), равный 0,24 А (соответствует 60 %

расхода рабочей среды).

Вращая регулировочную рукоятку преобразователя частоты G3 уменьшите частоту питающего напряжения двигателя M1 до значения, при котором ток (имитирует расход рабочей среды) станет равен 0,12 (соответствует 30 % расхода рабочей среды).

Повторите ранее выполненные измерения.

По завершении эксперимента отключите выключатель A1, выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте, источники G1, и G2.

Для каждой серии измерений, используя полученные данные, вычислите значения полных потребляемых из сети активной P_1 , и реактивной Q_1 мощностей по формулам

$$P_1 = 3 \times P_{11} \quad (10)$$

$$Q_1 = 3 \times Q_{11} \quad (11)$$

На основании сравнения полученных результатов сделайте вывод о влиянии способа регулирования расхода рабочей среды насосной или вентиляционной систем на электрическую мощность, потребляемую асинхронным двигателем этих систем.

6 Содержание отчета

Отчет выполняется каждым студентом индивидуально и предоставляется преподавателю. Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Схема электрических соединений;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результаты расчетов, необходимые графики, характеризующие зависимости, полученные в ходе измерений, и поясняющие рисунки;

4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждения выполнения законов.

Кафедра АЭСИЭ СКФУ

Лабораторная работа №9. Компенсация потребления реактивной мощности

1 Цель работы

Изучить метод компенсации реактивной мощности

2 Теоретическая часть

В зависимости от вида используемого оборудования нагрузка бывает активной и реактивной. На практике у потребителя чаще всего преобладает смешанная нагрузка, активно-индуктивного характера.

В электрической сети происходит потребление как активной, так и реактивной энергии. Активная энергия преобразуется в полезную – механическую, тепловую и прочие энергии. Реактивная энергия – расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, индукционных печах, сварочных трансформаторах, дросселях и осветительных приборах.

На долю асинхронных двигателей приходится 60–70 % потребления всей реактивной мощности, трехфазные трансформаторы – 15–25 %, люминесцентные лампы и другие приемники – 5–10 %.

Реактивный ток нагружает линии электропередачи, что приводит к увеличению сечений проводов и кабелей, потерям активной мощности и соответственно к увеличению капитальных затрат. Одним из эффективных способов снижения потребляемой из сети реактивной мощности является применение устройств компенсации реактивной мощности (конденсаторных установок).

Очевидно, что наиболее целесообразно ставить конденсаторные установки (КУ) в местах потребления реактивной мощности, так как в этом случае разгружается все элементы сети, участвующие в передаче электроэнергии. Для компенсации реактивной мощности используются также синхронные двигатели, синхронные и тиристорные компенсаторы.

Компенсация приводит к повышению эффективности системы электроснабжения за счет разгрузки ее элементов, способствующая увеличению качества электроэнергии.

Динамику изменения реактивной мощности отображает коэффициент реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P},$$

где Q – реактивная мощность, квар;

P – расчетная активная мощность, кВт;

φ – угол сдвига фаз между векторами тока и напряжения.

Максимальное значение $\operatorname{tg} \varphi$ указано в приказе Минэнерго России от 23.06.2015 № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».

Полную мощность составляет сумма активной и реактивной мощности, предоставлено на рисунке 1.

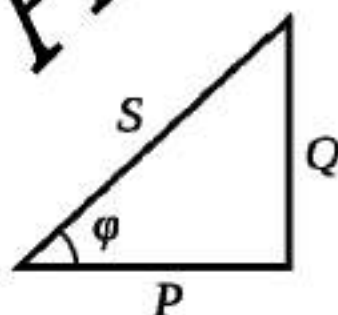


Рисунок 1 – Треугольник мощностей

На практике при определении динамики изменения реактивной мощности пользуются коэффициентом мощности. Коэффициент мощности представляет собой отношение активной мощности P к полной S :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}, \quad (2)$$

где P – активная мощность, квар;

S – полная мощность, кВА.

С целью повышения $\cos\varphi$ применяются различные меры, которые сводятся к уменьшению реактивной мощности либо ее компенсации. В первом случае стараются избегать работы оборудования на холостом ходу или с недогрузкой, не устанавливать оборудование со значительной реактивной мощностью. Во втором – применением специальных технических средств.

Компенсация реактивной мощности может быть:

- индивидуальной;
- групповой;
- централизованной.

При индивидуальной компенсации конденсаторы устанавливают непосредственно у отдельных двигателей или трансформаторов.

При групповой компенсации конденсаторы устанавливают на распределительных пунктах, к которым подключают несколько электроприемников.

Для централизованной компенсации конденсаторная установка подключается к шинам главной понизительной подстанции или распределительного пункта.

Необходимую реактивную мощность КУ можно определить, как:

$$Q_{к.р.} = \alpha \cdot P_m \cdot (tg\varphi_{расч} - tg\varphi_{сц}), \quad (3)$$

где $Q_{к.р.}$ – расчетная мощность КУ, квар,

α – коэффициент, учитывающий повышение $\cos\varphi$ естественным способом, принимается равным $\alpha=0,9$;

$tg\varphi_{расч}$, $tg\varphi_{сц}$ – коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации;

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения $\cos\varphi_k=0.92...0.95$.

Фактическое значение $tg\varphi_f$ определяется:

$$tg\varphi_f = tg\varphi - \frac{Q_{к.р.}}{\alpha \cdot P_m}, \quad (4)$$

где $Q_{кет.}$ – стандартное значение мощности выбранного КУ, квар;

Через $tg\varphi_\phi$ определяется $\cos\varphi_\phi$ по формуле:

$$\cos \varphi_\phi = \cos(\arctg \varphi_\phi), \quad (5)$$

3 Оборудование и материалы

Работа может выполняться на двух стендах.

Учебный лабораторный стенд НТЦ-20.02 предоставлен на рисунке 2.

Техническая характеристика стенда отображена в таблице 1.



Рисунок 2 – Изображение лабораторного стенда НТЦ-20.02

Таблица 1 – Технические характеристики стенда НТЦ-20.02

Наименование	Параметры
Питание	~50Гц 220В однофазная
Габаритные размеры:	
Ширина, мм	1260
Высота, мм	1470
Глубина, мм	610
Масса оборудования, кг., не более	60

Учебный лабораторный стенд ЭССЭО1-С-Р – «Энергосбережение в системах электрического освещения» предоставлен на рисунке 3, технические характеристики – в таблице 2, перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы – в таблице 3.

Таблица 2 – Технические характеристики стенда ЭССЭО1-С-Р

Наименование	Параметры
Потребляемая мощность, В·А, не более	300
Электропитание: - от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками - напряжением, В - частота, Гц	$220 \pm 2250 \pm 0,5$
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Габаритные размеры, мм, не более - длина (по фронту) - ширина (ортогонально фронту) - высота	920 850 1600
Масса, кг, не более	100
Количество человек, которое одновременно активно может работать на комплекте	2



Рисунок 3 – Изображение лабораторного стенда ЭССЭО1-С-Р

Таблица 3 – Перечень аппаратуры для выполнения лабораторной работы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В / 3 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.2	318.2
A2	Одноклавишный выключатель	2304	~220 В / 6 А
A6	Блок люминесцентной лампы	2314.2	1 лампа / ~220 В / 10 Вт стартерный и электронный ПНЛ
P1	Вольтметр	512	~0,500 В
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 30; 150; 300; 450 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1 А.

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Задание

5.1 При выполнении работы на стенде НТЦ–20.02:

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо изучить руководство по эксплуатации и по проведению измерений люксметра и ваттметра. Руководство по эксплуатации смотри в Приложении 1.

Подключить шилку кабеля X3 галогенной лампы в розетку X1 (внутри светонепроводящей встроенной камеры). Установить тумблер SA4 в нижнее положение «откл.». Установить ручку ЛАТРa TV1 в положение около «220В».

Включить автоматические выключатели QF1 и QF2. Включить ЛАТР TV1 тумблером SA2. Контролировать свечение галогенной лампы внутри камеры, открыв металлическую дверцу. Контролировать показания многофункционального ваттметра PV1, PA1, PW1, $\cos\phi$, SW1 на лицевой панели стенда путем последовательного переключения режима индикации. Зафиксировать ток, напряжение и мощность при работе без компенсации реактивной мощности, потребляемой понижающим трансформатором

ПИТАНИЯ ГАЛОГЕННОЙ ЛАМПЫ.

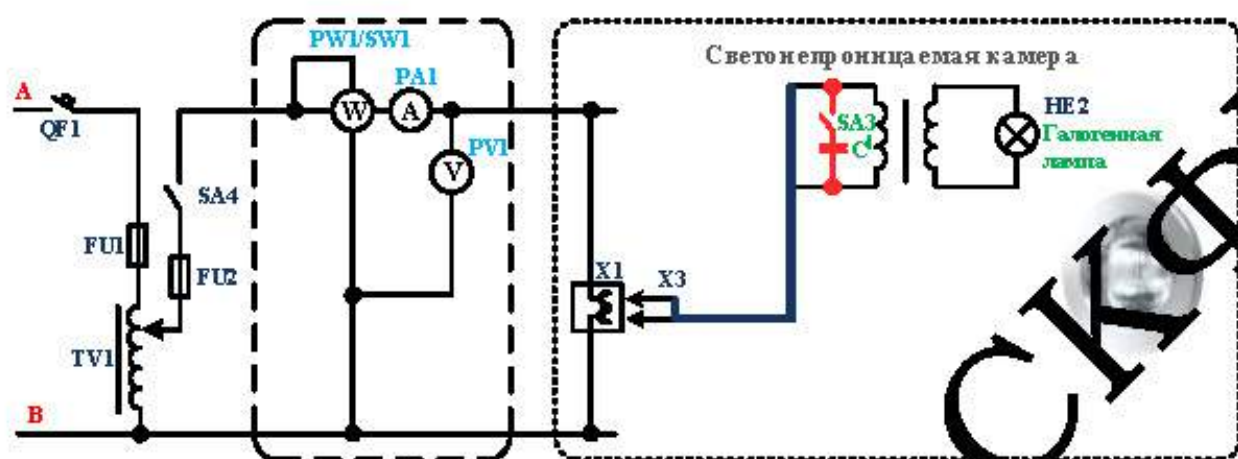


Рисунок 4 – Электрическая схема лабораторной №9

Тумблером $SA4$ подключить конденсатор C (верхнее положение «вкл. C^* ») к обмотке трансформатора питания галогенной лампы. Зафиксировать через некоторое время (вызванное запаздыванием измерительной системы прибора) уменьшение тока и снижение потребляемой мощности.

По результатам опыта произвести расчет экономии электроэнергии за 20 рабочих дней при условии работы галогенной лампы 8 часов в течение суток. Отключить автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$.

Сделать вывод о значении применения данного метода.

Таблица 4. Результаты проведенных измерений

Состояние	I, A	U, B	$W, Вт$
$SA4$ – «откл.»			
$SA4$ – «вкл. C^* »			

5.1 При выполнении работы на стенде ЭССЭ 01-С-Р:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления «⊕» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «PE» однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической

соединений, показанной на рисунке 5 (схема без конденсатора).

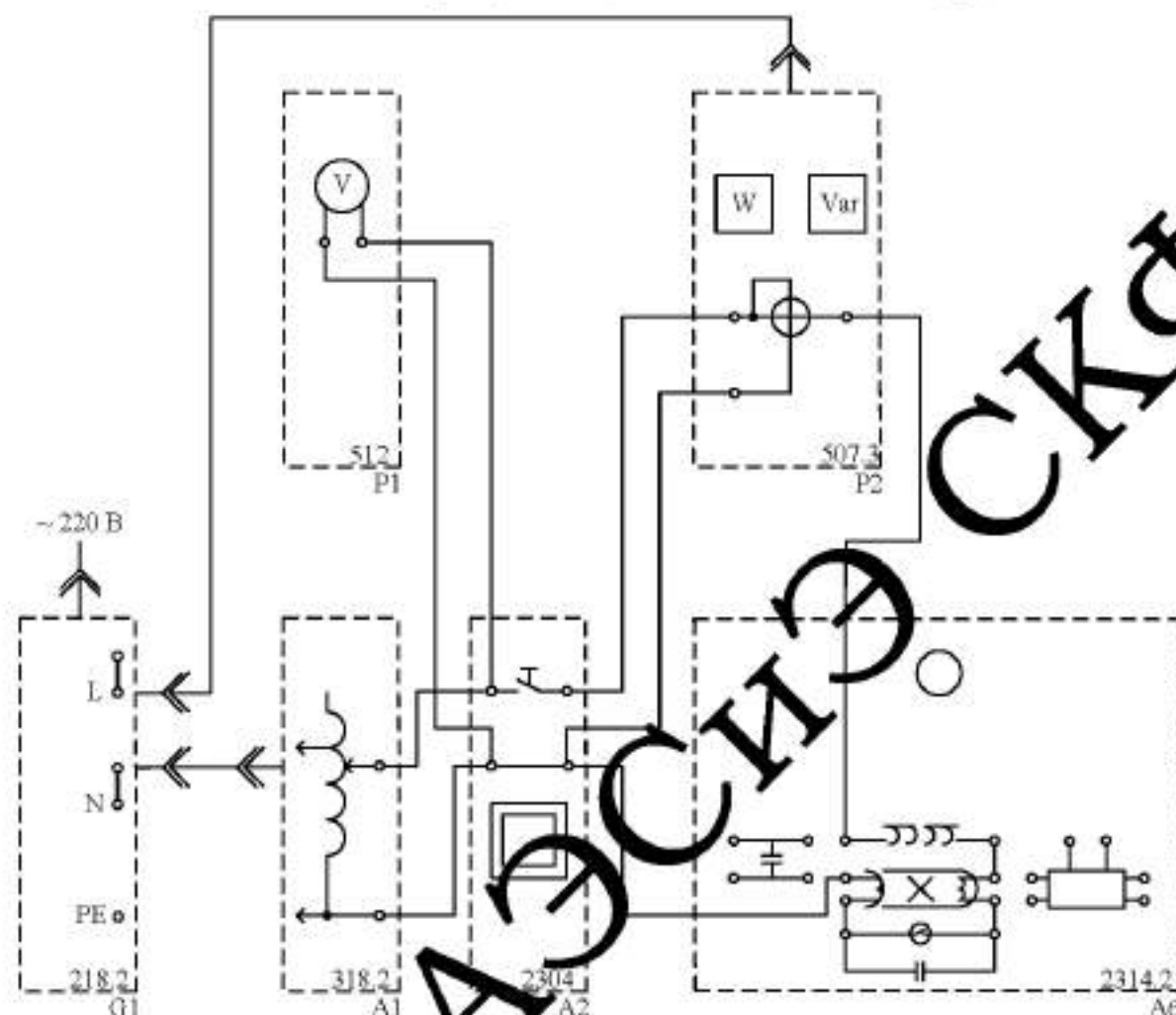


Рисунок 5 – Схема включения без конденсатора

Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора A1 против часовой стрелки до упора и отключите (если включен) выключатель «СЕТЬ».

Отключите (если включен) выключатель A2.

Включите источник G1. Должен загореться светодиод.

Включите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора A1 и измерителя мощностей P2.

Контролируя по вольтметру P1, установите на выходе автотрансформатора A1 желаемое напряжение, например, 230 В и поддерживайте его при проведении эксперимента неизменным.

Включите выключатель A2. В окне для фотодатчика блока A6 должен появиться свет. Через 5 минут измерьте варметром блока P2 потребляемую

схемой с люминесцентной лампой реактивную мощность Q_1 .

Отключите выключатель A2 и соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, приведенной на рисунке 6 (схема с конденсатором).

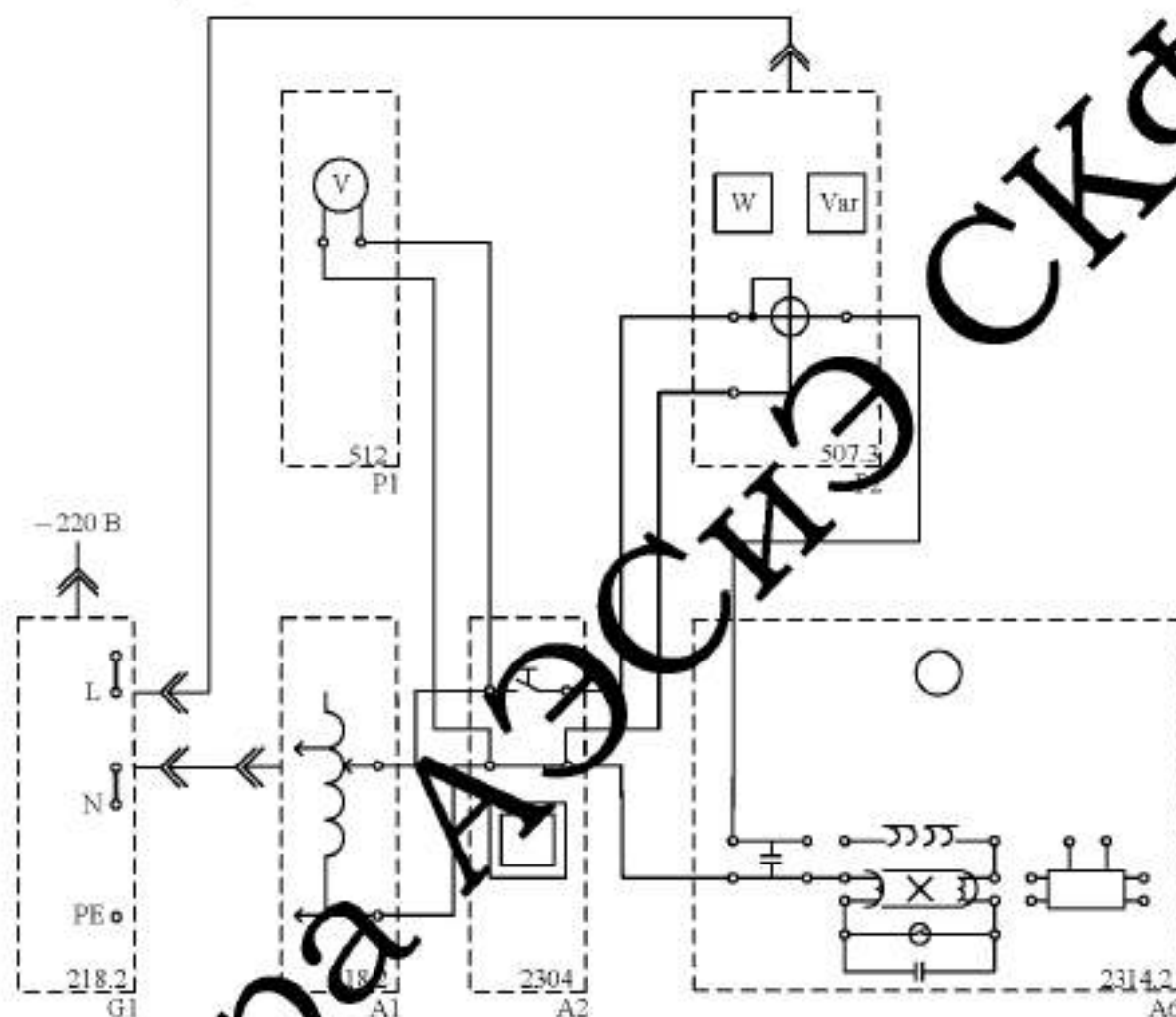


Рисунок 5 – Схема включения с конденсатором

Включите выключатель A2. В окне для фотодатчика блока A4 должен появиться свет. Через 5 минут измерьте варметром блока P2 потребляемую схемой с люминесцентной лампой реактивную мощность Q_2 .

Отключите выключатель A2.

По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и автотрансформатора A1.

Сравните реактивные мощности Q_2 и Q_1 , потребляемые схемой люминесцентной лампы с конденсатором и без конденсатора

6 Содержание отчета

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Электрические схемы;
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками;
4. Выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Для чего выполняется компенсация реактивной мощности?
2. Что такое коэффициент мощности и какие меры применяют для его повышения?
3. Какие средства компенсации реактивной мощности Вы знаете?
4. Как рассчитать требуемую мощность КУ?
5. Где рекомендуется устанавливать компенсирующие устройства?

Работа с люксметром MS-6610:

1. Включите питание прибора нажатием кнопки ON/OFF.
2. Установите движковый переключатель в соответствующее положение (X1, X10 или X100);
3. Поднесите фотодатчик к источнику света в горизонтальном положении;
4. Просмотрите осветительный номинал с дисплея;
5. Для удерживание данных на дисплее – нажмите кнопку HOLD. В данном режиме последующие измерения проводиться не будут. Для отказа от режима HOLD нажмите кнопку HOLD повторно.
6. После завершения измерений нажмите кнопку ON/OFF для выключения питания прибора

Примечания: Если на дисплее прибора отображаются несколько нулей, измените диапазон измерений с помощью движкового переключателя функций.

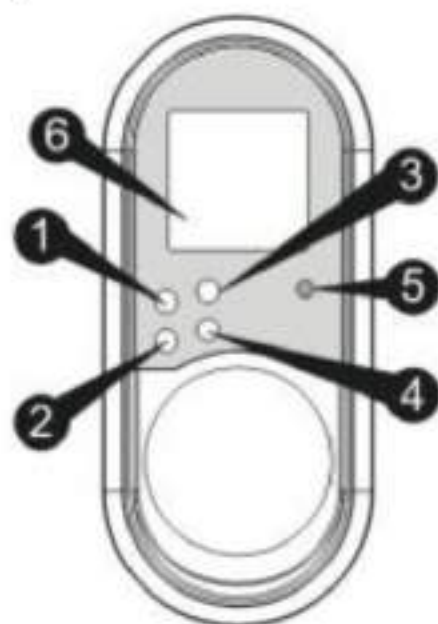
Лицевая панель прибора MS-6610 изображена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Лицевая панель прибора MS-6610:

- 1 – кнопка HOLD; 2 – выносной световой датчик; 3 – ЖК дисплей. 4 –
 движковый переключатель функций; 5 – кнопка ON/OFF

Ознакомимся с внешним видом и назначением основных кнопок ваттметра DuVolt PowerMeter 4. Лицевая панель прибора представлена на рисунке 1.2.



1. ВВЕРХ – кнопка переключения между режимами отображения времени. Кнопка используется также для увеличения значения.
2. ВНИЗ – кнопка переключения между отображением напряжения, силы тока, максимальной силы тока, мощностью, максимальной мощностью и режимом предупреждения о перегрузке. Кнопка используется также для уменьшения значения.
3. PRICE – кнопка переключения режимов отображения информации о потреблении электроэнергии. Позволяет переключаться между режимами отображения общего объема потребленной электроэнергии, общей стоимостью и цены электроэнергии.
4. SET/OVERLOAD – многофункциональная кнопка настройки. Позволяет настраивать часы, устанавливать режим «ПЕРЕГРУЗКИ», устанавливать стоимость электроэнергии.
5. Индикатор «ПЕРЕГРУЗКА».
6. Дисплей.

Рисунок 1.2 – Лицевая панель прибора DuVolt PowerMeter 4

На дисплее ваттметра отображены основные параметры измеряемых величин (см. рисунок 1.3).

Верхний
правый участок

Верхний
левый участок

Нижний
участок



Верхний правый участок используется для отображения напряжения, силы тока, максимальной силы тока, мощности, максимальной мощности, а также установки перегрузки по мощности или силе тока.

Верхний левый участок используется для отображения времени (ЧЧ:ММ:СС и ЧЧ:ММ День недели).

Нижний участок используется для отображения общей энергии, потребляемой измеряемым устройством в кВт, общей стоимости и цены за 1кВт электроэнергии.

Рисунок 1.3 – Дисплей прибора DuVolt PowerMeter 4

Для того, чтобы войти в режим установки часов, нажмите кнопку

ВВЕРХ, затем нажмите кнопку SET/OVERLOAD. Показатель часов начнёт мигать.



Рисунок 1.4 – Режим настройки часов

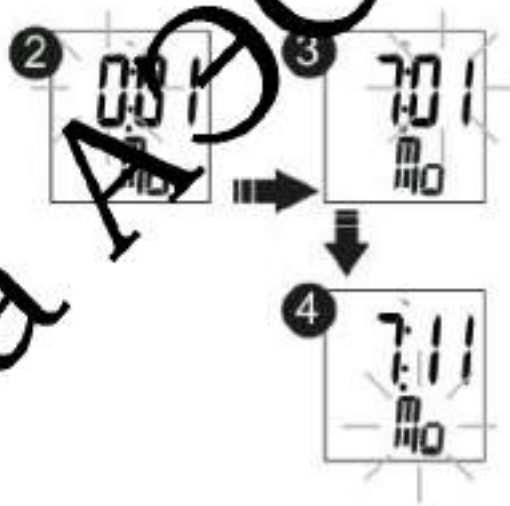


Рисунок 1.5 – Дисплей прибора в режиме установки времени

Порядок настройки часов:

1. Установите часы с помощью кнопок ВВЕРХ или ВНИЗ, нажмите кнопку SET/OVERLOAD для подтверждения. Затем начнёт мигать показатель минут.

2. Установите минуты с помощью кнопок ВВЕРХ или ВНИЗ, нажмите кнопку SET/OVERLOAD для подтверждения. Затем начнёт мигать

показатель дня недели.

3. Установите день недели с помощью кнопок ВВЕРХ или ВНИЗ, нажмите кнопку SET/OVERLOAD для подтверждения. После этого настройка часов будет завершена.

Вы можете выбрать режим отображения часов:

1. По умолчанию часы показывают время в 24-часовом формате (от 0 до 23 часов). Для того чтобы переключиться между 12-часовым и 24-часовым режимами, нажмите и удерживайте кнопку ВВЕРХ в течение 3 секунд.

2. Режим отображения дня недели или секунд. Часы могут отображать текущий день недели или секунды. Для переключения между режимами, нажмите кнопку ВВЕРХ в режиме нормального отображения часов.

Для переключения между режимами отображения на верхней панели используйте кнопку ВНИЗ. Ниже представлен порядок, в котором на дисплее отображаются режимы. Последовательно нажимайте кнопку ВНИЗ, несколько раз, чтобы перейти к нужному режиму, как показано на схеме 1.6.

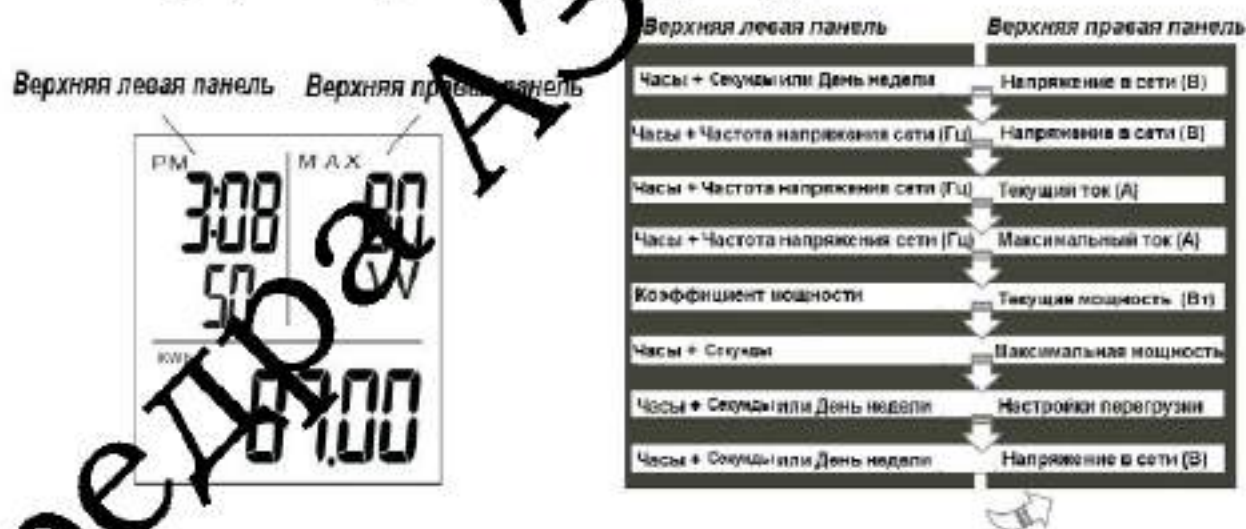


Рисунок 1.6 – Схема переключения между режимами отображения в верхней части дисплея ваттметра

Для переключения между режимами отображения на нижней панели используйте кнопку PRICE. Ниже представлен порядок, в котором на

дисплее отображаются режимы. Последовательно нажимайте кнопку PRICE, несколько раз, чтобы перейти к нужному режиму, как показано на схеме 1.7.

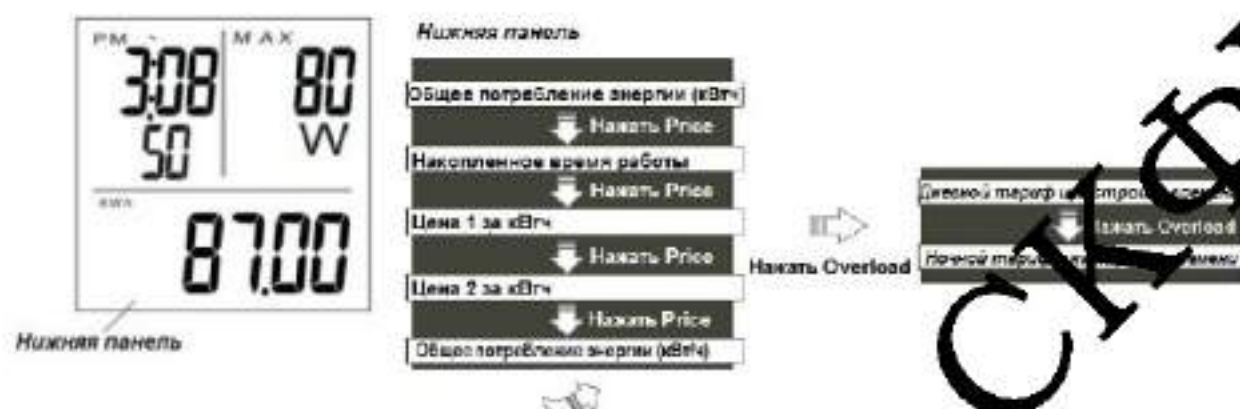


Рисунок 1.7 – Схема переключения между режимами отображения в нижней части дисплея ваттметра

Для просмотра мгновенных измеряемых значения используйте кнопку ВНИЗ (см. рисунок 1.2). В верхней части экрана будут отображаться следующие значения:

- напряжение электросети V;
- сила тока, потребляемая подключенным к устройству эл.прибором A;
- максимальная сила тока A MAX;
- потребляемая мощность W;
- максимальная потребляемая мощность W MAX;
- Установленная сила тока и мощность перегрузки A OVERLOAD / W OVERLOAD;
- частота электросети Hz;
- коэффициент мощности cosφ.

Примечание: Максимальные показатели силы тока и мощности – это максимальные зафиксированные прибором показания силы тока или мощности. Нажмите и удерживайте кнопку ВНИЗ в течение 3 секунд, для очистки показаний максимального тока и максимальной мощности.

Прибор оснащён функцией предупреждения о перегрузке

(см. рисунок 1.9). Красный светодиод будет мигать, если текущая мощность или сила тока превышает установленное значение перегрузки. Для настройки параметров перегрузки выполните следующее:

1. Последовательно нажимайте кнопку ВНИЗ, пока не будет выбран режим предупреждения о перегрузке («OVERLOAD»);
2. Когда появится знак перегрузки (Overload) нажмите кнопку SET;
3. Нажмите кнопку ВВЕРХ или кнопку ВНИЗ для переключения между режимами «А» и «W». Режим «W» позволяет производить настройку перегрузки по мощности, а режим «А» — по силе тока.
4. Нажмите кнопку SET снова, чтобы первая цифра начала мигать.
5. С помощью кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ выставите необходимое значение.
6. Для перехода к следующей цифре нажмите еще раз кнопку SET.

Примечание: Для обнуления настроек перегрузки нажмите и удерживайте кнопку ВНИЗ в течение 10 секунд.

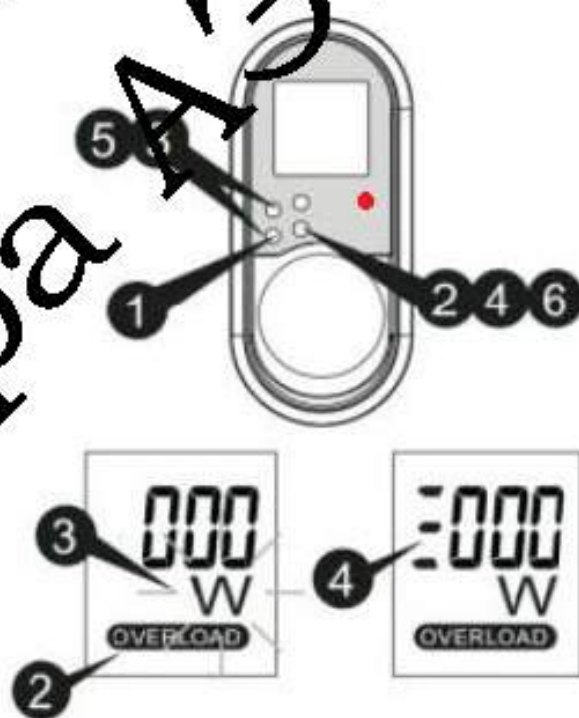


Рисунок 1.8 – Настройка параметров перегрузки

Если дисплей не отображает или кнопки не реагируют на нажатия, то

установки прибора должны быть сброшены:

1. Откройте крышку батарейного отсека на задней стороне прибора и извлеките батарейки.

2. Нажмите и удерживайте кнопку SET/OVERLOAD и, спустя некоторое время, повторно вставьте батарейки.

Кафедра АЭСиЭ СКФУ

Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

Для измерения трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

- установка рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.

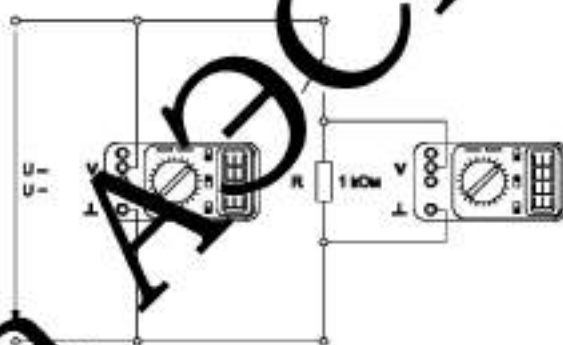


Рисунок 1 – Присоединение мультиметра как вольтметра

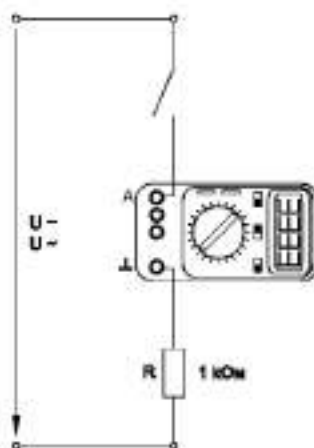


Рисунок 2 – Присоединение мультиметра как амперметра

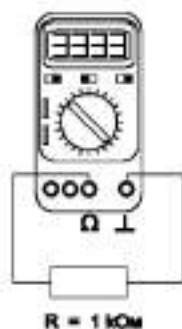


Рисунок 3 – Присоединение мультиметра как омметра

Кафедра АЭСИЭ СКФУ