

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СУММАРНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ИНВЕРТОРА С ОГРАНИЧЕННОЙ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ**

У.С. Рустамов

Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан

**Аннотация**

На сегодняшний день, работа является актуальной с точки зрения использования нетрадиционных источников энергии и способствует более широкому внедрению солнечных электроустановок среди населения. Приведен сравнительный анализ возможных режимов использования солнечных электроустановок. Показана целесообразность умеренного режима с точки зрения удобства и стоимости оборудования, обеспечивающего этот режим.

Разработана оригинальная схема автоматического регулирования суммарной мощности нагрузки на инвертор с ограниченной выходной мощностью и исключая вероятность ошибочного превышения нагрузки.

**Ключевые слова:** система энергосбережения, кие панели, ветрогенератор, гидрогенератор, электроприбор, суммарной мощность, нагрузки, инвертор.

**Введение**

Система энергосбережения посредством нетрадиционных возобновляемых источников энергии кажется очень простой. Ведь в ней всего четыре основных компонента: преобразователь неэлектрической энергии в электрическую (фотоэлектрические панели, ветрогенератор, гидрогенератор и т. д), аккумулятор электрической энергии, контроллер заряда аккумулятора и инвертор, преобразующий полученный электрический ток в бытовой стандарт ~220 В. В данной работе будет рассмотрено преобразование солнечной энергии [1-4]. Однако эта простота обманчива, - здесь, как и в любой системе, все элементы должны быть сбалансированы между собой и подобраны исходя из нужд потребителя электроэнергии. В противном случае это приведёт к неоправданным затратам на неиспользуемый потенциал, выходу из строя самого слабого элемента или неудовлетворённости потребителя в электрической энергии.

Прежде всего, необходимо выяснить, какое количество энергии потребуется от системы. Для этого следует определить пиковую мгновенную мощность, а также рассчитать суточное энергопотребление. Пиковая мгновенная мощность определяется суммарной мощностью всех электроприборов включённых одновременно. Однако это не значит, что следует необдуманно просуммировать мощность всех электроприборов в доме. Некоторые из них принципиально не будут работать одновременно. Большинство других электроприборов также включаются поочерёдно [5-9].

Бытовые электроприборы по мощности потребляемой энергии, востребованности и времени включения можно условно разделить на следующие категории:

- основные регулярные потребители;

- нерегулярные потребители;
- второстепенные регулярные потребители

Электроприбор	Мгновенная мощность	Потребление за сутки, среднее
Основные регулярные потребители		
Инвертор	20 Вт	0,48 кВт * час
Контроллер заряда	5 Вт	0,12 кВт * час
Освещение (одновременно 10 энергосберегающих ламп по 10 Вт)	100 Вт	0,4 кВт * час
Холодильник (работа компрессора)	150 Вт	1,05 кВт * час - зима 1,25 кВт * час - лето
Насос центробежный, для принудительной циркуляции теплоносной среды	50 Вт	1,2 кВт * час - зима
Кухонный водонагреватель (аристон). Нагрев воды до 70° С, объём до 20 литров	1,2 кВт	1,2 кВт * час
Горячее водоснабжение. Нагрев воды до 50° С, объём до 100 литров	2,0 кВт	2,5 кВт * час – зима; 2 кВт * час – лето
Итого:	до 4 кВт максимум, обычно не более 2 кВт	до 4 кВт * час
Нерегулярные потребители		
Кухонные электроприборы	до 2 кВт	1 кВт * час (продолжительность работы 0,5 – 1 час)
Насос центробежный	0,25 кВт	0,3 кВт * час (продолжительность работы 1 – 1,5 час)
Стиральная машина (без нагрева воды)	500 Вт	0,5 кВт * час
Утюг	1,5 кВт	

Телевизор	150 Вт	0,75 кВт * час (продолжительность работы 30 мин)
Ноутбук	100 Вт	0,5 кВт * час
Итого:	до 2,5 кВт максимум, обычно не более 1,5 кВт	0,3 кВт * час 4 кВт * час
Второстепенные регулярные потребители		
Электрочайник	2 кВт	2 кВт * час (продолжительность работы – 1 час)
Пылесос	1,8 кВт	1 кВт * час
Электроинструменты (болгарка, дрель и пр.)	до 2 кВт	1 кВт * час
Итого :	до 2 кВт	4 кВт * час

Данная таблица составлена с учётом востребованности, мощности и длительности работы прибора в течении суток. Все электроотопительные приборы исключены из списка. В ночное время суток, когда не работают энергоёмкие регулярные и нерегулярные потребители, можно использовать автоматически включающийся и выключающийся электрический тёплый пол небольшой площади [10-17].

Список составлен с учётом умеренного режима использования системы автономного электроснабжения. Для умеренного режима, если исключить регулярных потребителей второй категории, то следует ориентироваться на ежемесячное потребление порядка 150 кВт\*час при мгновенной потребляемой мощности до 4 кВт, а ожидаемое среднесуточное потребление составляет ~4 кВт\*час.

Для выяснения сути умеренного режима потребления энергии, сведём результирующие параметры других, возможных режимов автономного электроснабжения в одну таблицу.

Режим	Мгновенная мощность в длительном режиме		Потребление за сутки		Потребление за месяц	Повседневное электроснабжение (т.е. при наличии напряжения во внешней сети)		Средняя стоимость автономной электроустановки (в суммах)
	обычно не более	максимум	среднее	максимум		автономное	внешнее	
Аварийный	0,6 кВт	1,5 кВт	2 кВт*ч	3 кВт*ч	60 кВт*ч	Не используется или используется ограничено	Используется всегда	3.780 000 (1800 \$)
Базовый	1 кВт	2,5 кВт	3,5 кВт*ч	7 кВт*ч	100 кВт*ч	Не используется или используется ограничено	Используется всегда	6. 195 000 (2 950 \$)

Умеренный	3 кВт	4 кВт	4 кВт*ч	8 кВт*ч	150 кВт*ч	Для освещения, холодильника и систем жизнеобеспечения дома, иногда для других нужд	Для отопительных и нагревательных приборов и других мощных потребителей	7. 140 000 (3 400 \$)
Комфортный	3,5 кВт	5 кВт	6 кВт*ч	15 кВт*ч	250 кВт*ч	Для всех основных потребителей, кроме мощных систем электрообогрева	Эпизодически для мощных нагревательных приборов, сварочных аппаратов и т.п.	10. 920 000 (5 200 \$)
Полный	5 кВт	6 кВт	15 кВт*ч	50 кВт*ч	600 кВт*ч	Всегда	не используется	25. 200 000 (12 000 \$)

В таблице указаны данные для сезона с наибольшим потреблением энергии. Следует заметить, что все режимы если предусматривают электроподогрев, то очень небольшой, основное отопление предполагается за счёт неэлектрических источников тепла. Мощные нерегулярные потребители включаются при обесточивании основных электроприборов. За этим должен следить потребитель электроэнергии.

При комплектации компонентов автономного источника будем опираться на эти данные для умеренного режима, который очень близок комфортному, а по цене примерно в четыре раза дешевле полного режима энергопотребления [18-21].

Для нормального электроснабжения в умеренном режиме, выбираем инвертор с максимальной выходной мощностью 3 кВт. С учётом месячной инсоляции следует выбрать инвертор с автоматическим зарядным устройством, для подзарядки аккумуляторных батарей в зимнее время от сети.

Для обеспечения бесперебойного питания в умеренном режиме оценим энергозапас аккумуляторов. Аккумулятор на 12 В с номинальной ёмкостью 100 А\*ч имеет энергозапас  $12 \text{ В} * 100 \text{ А} = 1,2 \text{ кВт*ч}$ . С учётом использования (30-40 %) запасённой энергии ёмкость аккумуляторов нужно принимать в 2-3 раза меньше их номинальной ёмкости. Таким образом рабочий энергозапас аккумулятора на 100 А\*ч следует считать примерно равным 0,5 кВт\*ч, т.е. для обеспечения энергоёмкости блока аккумуляторов в 4 кВт\*ч необходимо взять 8 аккумуляторов по 100 А\*ч. С учётом оптимального тока заряда 5-10 % от ёмкости выбираем 8 солнечных панелей по 100 Вт, которые обеспечат оптимальный ток заряда. Между панелями и аккумуляторными батареями включаем два контроллера, рассчитанными на ток в 20-30 А.

Для безопасной работы энергосберегающей системы и удобства её использования желательно использовать автономную разводку, снабдив её необходимым количеством розеток, там, где их предполагается использовать для конкретного электроприбора [22-25].

Проблемным остаётся вопрос контроля нагруженности инвертора. Превышение суммарной мощности включённых в систему приборов более 3 кВт, приведёт к выходу из строя инвертора или нехватке суточного энергозапаса. Индивидуальный контроль нагруженности инвертора является неудобным и не лишён вероятности ошибочного включения электроприборов с большей суммарной мощностью.

Данная проблема решается, разработанным авторами, автоматическим регулятором суммарной мощности. В основу устройства положена работа дифференциального трансформатора [1], преобразующий ток нагрузки в пропорциональное напряжение. При разработке схемы использовался принцип действия стабилизатора сетевого напряжения [2].

В предлагаемом устройстве не использован микроконтроллер, что делает его доступным для повторения более широкому кругу радиолюбителей.

### Принцип действия

Схема устройства показана на рисунке

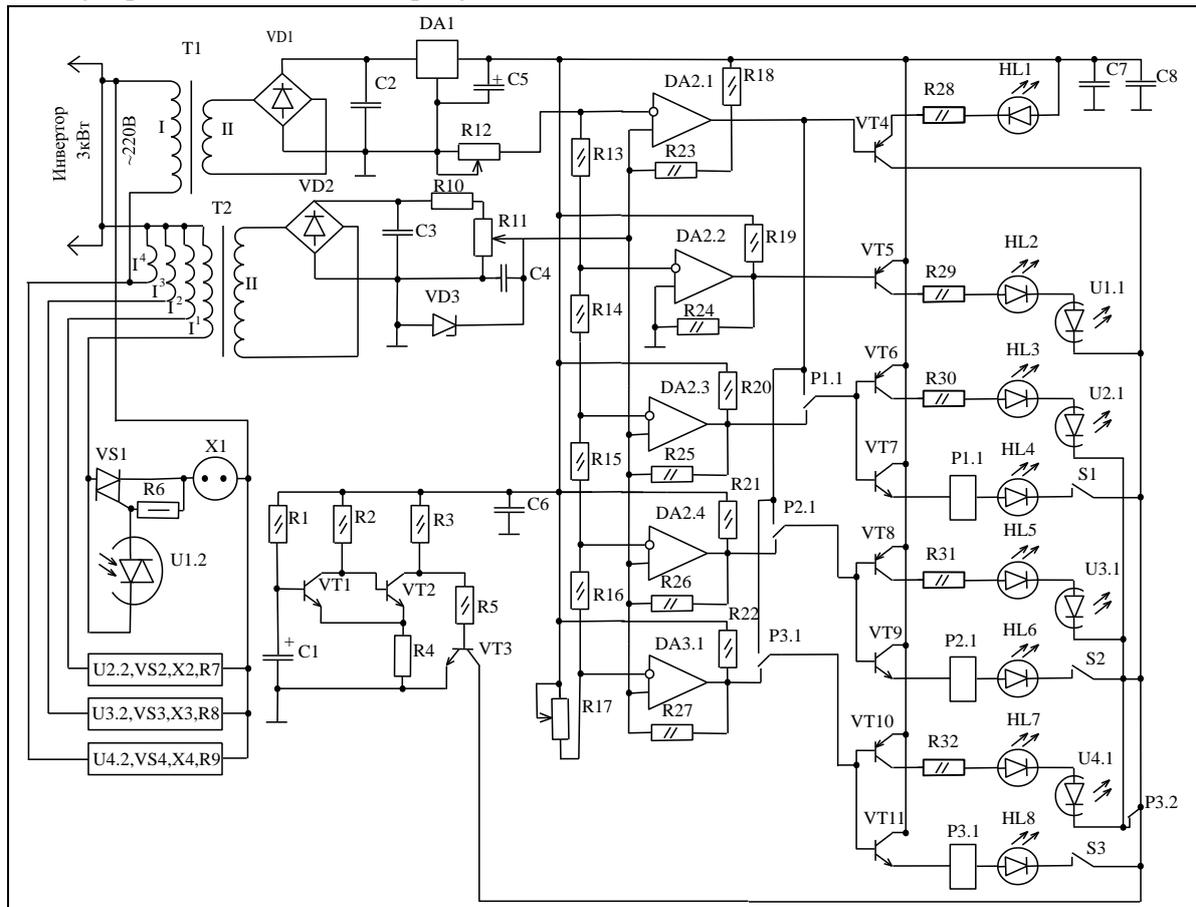


Рис-1. VD1,VD2-КЦ407А; VD3-2С147В;

C1-220мк,20В; C2-470мк,50В; C3-10мк,50В; C4-0,1мк; C5-10мк,20В; C6,C7,C8-0,047мк;  
 R1-560K; R2-56K; R3-5,1K; R4-560; R5-10K; R6-R9-680; R10-36K; R11,R12,R17-15K; R13-  
 R16-2K; R18-R22-39K; R23-R27-470K; R28-100; R29-R32-130;  
 DA1-KP158EH6A; DA2,DA3-K1401C01;  
 U1-U4-MOC3041;  
 VS1-VS4-BTA41-800В;  
 HL1-HL8-АЛ307КМ;  
 P1-P3-РЭС10;  
 S1-S3-KM1;

VT4, VT5, VT6, VT8, VT10-KT361Б; VT7, VT9, VT11-KT315Б;

Устройство содержит следующие узлы: Блок питания (образцовое напряжение) на элементах T1, VD1, DA1, C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>. Узел задержки включения нагрузки C<sub>1</sub>, VT1 – VT3, R<sub>1</sub> – R<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>. Выпрямитель для измерения амплитуды напряжения на второй обмотке дифференциального трансформатора T2, VD2, C<sub>3</sub>, с делителем R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub>, C<sub>4</sub> и стабилитроном VD3. компаратор напряжения DA2 – DA3, R<sub>15</sub> – R<sub>30</sub>. Усилители на транзисторах VT4 – VT11 с токоограничительными резисторами R<sub>31</sub> – R<sub>35</sub> и электромагнитными реле P<sub>1</sub> – P<sub>3</sub>. Индикаторные светодиоды HL1 – HL8, четыре оптронных ключей, содержащих оптосимисторы U<sub>1</sub> – U<sub>4</sub>, резисторы R<sub>6</sub> – R<sub>9</sub>, симисторы VS1 – VS4. Через соответствующую розетку (x<sub>1</sub> – x<sub>4</sub>) и открытый симистор (VS1 – VS4) нагрузка подключается к одному из выводов первичной обмотки дифференциального трансформатора T<sub>2</sub> и выходным клеммам инвертора.

Устройство работает следующим образом. При включении питания конденсатор C<sub>1</sub> разряжен, транзистор VT1 закрыт, а VT2 открыт. Транзистор VT3 закрыт, а так как ток через светодиоды, в том числе входящие в состав симисторных оптронов U<sub>1</sub> – U<sub>4</sub>, может протекать только через этот транзистор, то ни один светодиод не горит, все симисторы закрыты, нагрузка отключена. Напряжение на конденсаторе C<sub>1</sub> возрастает по мере его зарядки от источника питания через резистор R<sub>1</sub>. По окончании трёхсекундного интервала задержки, необходимого для завершения переходных процессов, срабатывает триггер Шмита на транзисторах VT1 и VT2, транзистор VT3 открывается и разрешает включение нагрузки.

С учётом востребованности и мощности, электроприборы группируются и подключаются к данной розетке (один из возможных вариантов). Смотрите таблицу.

Розетка	Электроприбор	Мощность (суммарная)
x <sub>1</sub>	Освещение, насос для циркуляции теплоносителя, телевизор (розетка не обесточивается).	0,3 кВт
x <sub>2</sub>	Холодильник, кухонный водонагреватель, ноутбук, стиральная машина.	1, 95 кВт
x <sub>3</sub>	Утюг, насос для подъёма воды	1, 75 кВт
x <sub>4</sub>	Горячая вода, электрочайник, кухонные электроприборы, пылесос, электроинструменты	по 2 кВт (включается по мере необходимости и по одному прибору)

Следует отметить, что суммарная мощность приборов, подключенных к розеткам x<sub>2</sub> - x<sub>4</sub> в отдельности, не превышает 2 кВт, а максимальная нагрузка на инвертор с учётом розетки

$x_1$ , не превышает 2,3 кВт. Заниженная мгновенная мощность нагрузки на инвертор выбрана с учётом выброса тока в моменты включения и выключения электроприбора.

Напряжение с обмотки II дифференциального трансформатора T2, пропорциональное току в первичных обмотках выпрямляется элементами VD2, C3, поступает на делитель R10, R11. Напряжение на движке подстроечного резистора R10 поступает на неинвертирующие входы компараторов DA2.1, DA2.3, DA2.4 и DA3.1. Неинвертирующий вход DA2.2 соединён с общей точкой и на его выходе всегда присутствует минус. Открытый транзистор VT5 включает светодиод HL2 и оптосимисторный ключ U1. Симистор VS1 открывается при включении электроприбора в розетку  $x_1$ . Коэффициент трансформации обмоток I<sup>I</sup> – I<sup>IV</sup> и II трансформатора T2 подобраны так, что при наличии нагрузки в розетках  $x_1$  –  $x_4$ , на выходе компаратора DA2.1 устанавливается положительный потенциал, индикатор HL1 гаснет, оповещая о загруженности инвертора, в противном случае HL1 горит, что соответствует отсутствию нагрузки.

При отсутствии нагрузки в розетках  $x_1$  –  $x_4$ , на неинвертирующих входах компараторов DA2.3, DA2.4 и DA3.1 низкий уровень потенциала, на выходах отрицательный потенциал. Через нормально замкнутые контакты электромагнитных реле  $p_1$  –  $p_3$  этот потенциал поступает на базы транзисторов VT6 – VT11, p-n-p транзисторы VT6, VT8, VT10 открыты, а n-p-n транзисторы VT7, VT9, VT11 закрыты. Индикаторные светодиоды HL3, HL5, HL7 и светодиоды оптосимисторных ключей светятся. Симисторы VT62 – VT4 готовы к включению. Электромагнитные реле  $p_1$  –  $p_3$  и светодиоды HL4, HL6, HL8 не работают. При наличии нагрузки в розетках  $x_1$  –  $x_4$  открываются симисторы. Следует иметь в виду, розетками можно пользоваться одновременно или в отдельности с учётом ограничения суммарной мощности нагрузки на инвертор. Предположим, используется розетка  $x_2$  в интервале мощности используемых приборов от 0 до 2,3 кВт на неинвертирующем входе компаратора DA2.3 присутствует низкий уровень потенциала и выходной отрицательный потенциал позволяет работать в этом интервале мощности.

При превышении ограничения по мощности в этом звене или подключении электроприборов к розеткам  $x_3$  и  $x_4$  на неинвертирующем входе компаратора потенциал становится высоким, транзистор VT6 закрывается и отключает нагрузку. Открывается транзистор VT7, срабатывает реле  $p_1$  и своими контактами  $p_{1.1}$  подключает базы этих транзисторов к положительному выводу компаратора DA2.1. Для возвращения к исходному состоянию необходимо нормализовать общую мощность нагрузки и нажать кнопку сброса S1. Звенья  $x_3$  и  $x_4$  работают аналогично. В отличие от предыдущего описания, реле  $p_3$  контактами  $p_{3.2}$  разрывает цепь оптосимисторных ключей U2 – U4. Для восстановления рабочего состояния устройства следует нормализовать нагрузку и нажать кнопку сброса S3.

Дифференциальный трансформатор T2 имеет четыре первичных токовых обмоток I<sup>I</sup> – II<sup>IV</sup> с разным количеством витков. Обмотка I<sup>I</sup> подключается к розетке  $x_1$ , I<sup>II</sup> к  $x_2$  и т.д. Сумма токов в обмотках возбуждает во вторичной обмотке пропорциональное напряжение, которое выпрямляется и подаётся на неинвертирующие входы компараторов DA2.1, DA2.3, DA2.4 и DA3.1. По мере увеличения тока в обмотках напряжение на

неинвестирующих входах от компаратора DA2.1 к последующему будет возрастать, переводя компараторы в другое состояние.

Для предотвращения многократного переключения нагрузки, в случае, когда электроприборы автоматически включаются и выключаются, введен гистерезис 2-3 В (запаздывания переключения компараторов) с помощью положительной обратной связи  $R_{23} - R_{27}$ . Чем больше сопротивление этих резисторов, тем меньше гистерезис.

### Конструкция и детали

Все симисторы VS1-VS4 устанавливаются на один теплоотвод, с площадью охлаждающей поверхности не менее 500 см<sup>2</sup>, через толстые слюдяные или керамические теплоотводящие прокладки, желательно с использованием термопасты для обеспечения надёжного теплоотвода. Необходимо обеспечить надёжную электрическую изоляцию всех корпусов симисторов от корпуса теплоотвода. Микросхему стабилизатора KP1158EH6A необходимо установить на теплоотвод, изготовленный из отрезка алюминиевой пластины или П-образного профиля с площадью поверхности 15 см<sup>2</sup>. Трансформатор Т1 самодельный, рассчитанный на габаритную мощность 3 Вт, имеющий площадь сечения магнитопровода 1,87 см<sup>2</sup>. Его сетевая обмотка I содержит 5000 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,014 мм. Обмотка II содержит 300 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,18 мм и обеспечивает напряжение в 12 В. Дифференциальный трансформатор Т2 выполнен на кольце К28×18×9 из феррита 3000 нм1. Обмотку II наматывают по окружности хорошо изолированного кольца проводом ПЭВ-2-0,1 мм, число витков – 1500. Силовые витки выполняют изолированным гибким проводом марки МГШВ, НВ, сечением 1,2 мм<sup>2</sup>. Намотку ведут в пять проводов, число витков обмотки I<sup>1</sup> – 12, число витков последующей обмотки уменьшается от предыдущего на 3 витка. Номиналы токоограничивающих резисторов  $R_{29} - R_{32}$  выбраны так, чтобы ток протекающий через светодиоды симисторных оптронов U1.1 – U4.1 был в пределах 15-16 mA. Диодный мост КЦ407А (VD1, VD2) можно заменить любым, с напряжением не менее 50 В и током не менее 300 mA, например, DF005M. Стабилитрон VD3 любой маломощный, имеющий напряжение стабилизации 4,3 – 4,7 В. Стабилитрон напряжения KP1158EH6A (DA1) может быть заменён на KP1158EH6B. Микросхему счетверенного компаратора K1401CD1 (DA2, DA3) можно заменить аналогом LM339N. Симисторные оптопары МОС 3041 (U1-U4) можно заменить МОС 3061. Индикаторные светодиоды HL2, HL3, HL5, HL7 желательно белого свечения, а HL1, HL4, HL6, HL8 – красного свечения. Электромагнитные реле ( $p_1 - p_3$ ) РЭС10, паспорт серии РС4 524 308, можно заменить аналогичным - ток срабатывания 10mA, рабочее напряжения 7 – 10 В, сопротивление обмотки 100 Ом. Подстроечные резисторы R11, R12 и R17 проволочные многооборотные СП-2 или СП5-3. Постоянные резисторы (R13-R16) С2 - 23 с допуском не ниже 1 %, остальные могут быть любыми с допуском 5 %, имеющие мощность рассеяния не ниже указанной на схеме. Оксидные конденсаторы С1 – С3, С5 могут быть любыми, с ёмкостью, указанной на схеме и напряжением не ниже для них указанных. Остальные конденсаторы С4, С6 – С8 – любые плёночные или керамические.

Симисторные оптроны МОС3041 ( $U_1 - U_4$ ) выбраны потому, что они содержат встроенные контроллеры перехода напряжения через ноль.

Мощные симисторы VS1 -VS4 – ВТА41-800В, не требуют большого тока управления.

### Настройка

Налаживание осуществляется сетевым напряжением 220 В. Вместо подстроечных резисторов  $R_{12}$  и  $R_{17}$  временно монтируем постоянные резисторы сопротивлением 10 кОм. Устройство без нагрузки включают в сеть. Должны светиться HL1 – красного свечения, HL2, HL3, HL5, HL7 – белого свечения. При включении нагрузки в 50 Вт (лампа накаливания) в розетках  $x_1$  светодиод HL1 не должен светиться, в противном случае подстроечным резистором  $R_{11}$  добиваемся включения светодиода. Цифровым вольтметром измеряют напряжение  $U_1$  соответствующее порогу переключения компаратора DA2.1. Пусть, например, оно равно 1,6 В. Включают нагрузку мощностью 2,2 кВт в розетку  $x_4$ , светодиод HL7 должен погаснуть. При необходимости, этого условия добиваются подстроечным резистором  $R_{11}$ . Измеряют напряжение  $U_4$  на движке резистора, например 3,5 В.

Вычисляют шаг изменения напряжения:

$$\Delta U = (U_4 - U_1)/4 = (3,5 - 1,6)/4 = 0,475 \text{ В};$$

ток текущий через делитель  $R_{12} - R_{17}$ :

$$J = \Delta U/R_{13} = 0,475/2 \cdot 10^3 = 0,2375 \text{ mA};$$

Вычисляют сопротивления резисторов  $R_{12}$  и  $R_{17}$ :

$$R_{12} = U_1/J = 1,6/0,2375 = 6,7 \text{ кОм};$$

$$R_{17} = (U_m - U_4 - \Delta U)/J = (6 - 3,5 - 0,475)/0,2375 = 8,5 \text{ кОм};$$

где  $U_m$  – напряжение стабилизации микросхемы DA1.

Далее устройство отключают от сети и с помощью магазина сопротивлений устанавливают сопротивления резисторов  $R_{12}$  и  $R_{17}$ , равные вычисленным значениям и монтируют их на плату вместо постоянных резисторов, упомянутых выше. Снова включают устройство и отслеживают переключение светодиодов при превышении нагрузки 2,2 кВт в каждой розетке.

Не соответствие свечения светодиодов, выше рассмотренному порядку указывает на неисправность одной из микросхем DA2, DA3 или транзисторов VT4 – VT11.

В некоторых случаях при затруднении установления нормального режима работы устройства по расчётным данным, может быть необходимо изменить число витков первичных обмоток трансформатора T2.

Убедившись в правильности работы автоматического регулятора нагрузки его подключают к инвертору.

### Литература

1. Н. Душкин, В. Монаков Проблемы применения устройств защитного отключения (УЗО). Журнал Автоматизация и производство. Москва №1 (11), 1997.
2. С. Коряков Стабилизатор сетевого напряжения с микроконтроллерным управлением. Радио, 2002 №8.

3. Soibovich, R. U. (2023). Introducing safe and efficient management methods for small hydropower plants using odd logic. *Academia Science Repository*, 4(04), 124-131.
4. Ergashev, S. F., Abdurakhmonov, S. M., Rustamov, U. S., Yo'ldashev, K. T., & Aliev, I. I. (2022). Calculation of the Efficiency of the Degree of Roundness of the Blades of the "Water Wheel" for a Micro-Hydroelectric Power Station. *Journal of Optoelectronics Laser*, 41(6), 900-907.
5. Yuldashev, K., Mamasodikova, N., & Ergashev, K. (2023). Improving the energy efficiency of backup energy supply sources in base stations of mobile networks. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 431, p. 02014). EDP Sciences.
6. Mixoilovich, E. Q. (2022). Location and Number of Comparison Points of Measuring Instruments. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, 10, 72-75.
7. Abdubannopov, M. I., & Yuldashev, X. T. (2023). Optical and electrical properties of semiconductor crystals. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(04), 83-89.
8. Mirzaeva, U. M., & Yoldashev, X. T. (2023). Mathematical model of two-wave optoelectronic device for remote monitoring of explosive hydrocarbons concentration. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(04), 78-82.
9. Ibrokhimov, J. M. (2023). Aspects of the Combined Systems, Advantages of Their Application. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 21, 42-45.
10. Ibrokhimov, J. M. (2023). Peculiarities methods of optimization calculation of parameters of combined solar power plants. *Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development*, 16, 81-86.
11. Xabibulloqli, E. A., & Abdukarimovna, M. U. (2021). Assesment of metrological reliability of measurements using the method of producing functions. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(8), 520-528.
12. Xabibullo o'g'li, E. A. (2023). Bosim o'zgarishiga asoslangan sarfni o'lchash asboblari tahlili. *Journal of Integrated Education and Research*, 2(4), 2-6.
13. Jamoldinovich, A. E. (2022). About the Integration of Information Security and Quality Management. *Eurasian Research Bulletin*, 12, 18-24.
14. Эргашов, К. М., & Эркабоев, А. Х. (2021). Ўлчаш воситаларининг қийёслаш нукталари жойлашуви ва сони. *Научно-Технический журнал Ферганского Политехнического Института*, 25(5), 182-184.
15. Боймирзаев, А. Р., & Мамасодикова, У. Ю. (2022). Оптоэлектронное устройство для бесконтактного контроля температуры нагретых объектов. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(7), 34-41.
16. Boymirzaev, A. R. (2021). Optoelectronic two-wave gas analyzer. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 2(12), 127-132.
17. Isroilova, S. X. (2022). The organization develops a standard in quality management. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(06), 62-72.
18. Isroilova, S. X. (2021). Proper organization of the quality management system is the basis of competitiveness. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 2(12), 89-99.
19. Abdumalikova, Z. (2023). Multi-channel device for control of defects of fabric surface. *Academia Science Repository*, 4(04), 243-251.

20. Madmarova, U. A., & Abdumalikova, Z. I. (2022). The design of printed board drawings. *American Journal of Applied Science and Technology*, 2(07), 15-22.
21. Мамасодиқов, Ю., Мамасодиқова, Н. Ю., & Алихонов, Э. Ж. (2023). Построение моделей систем управления мультисервисными сетями на основе системного подхода. *Research and implementation*.
22. Мамасадиқов, Ю., & Алихонов, Э. Ж. (2022). Роль оптоэлектронного автоматического контроля линейной плотности хлопковой ленты в решении задач в легкой промышленности. “*Yengil sanoat tarmoqlari, muammolari, tahlil va yechimlari*” mavzusida Vazirlik miqyosida ilmiy va ilmiy-texnik anjuman ma’ruzalar to’plami, *FarPI*, 303-306.
23. Topvoldiyeva, G. A., & Turdialiyeva, M. M. (2023). Implementation of the principles of quality management in the educational process. *European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies*, 3(01), 170-174.
24. Mukhtaraliyeva, T. M., & Mukhtoralievna, R. M. (2023). Interrelation of science and education in engineering higher educational institutions: challenges and opportunities. *American Journal of Applied Science and Technology*, 3(09), 23-27.
25. Кадирова, Ш. А., Хасанов, И. Я. У., & Жураев, Ж. К. У. (2021). Перспективы развития интеллектуальных измерительных приборов. *Universum: технические науки*, (5-2 (86)), 32-34.