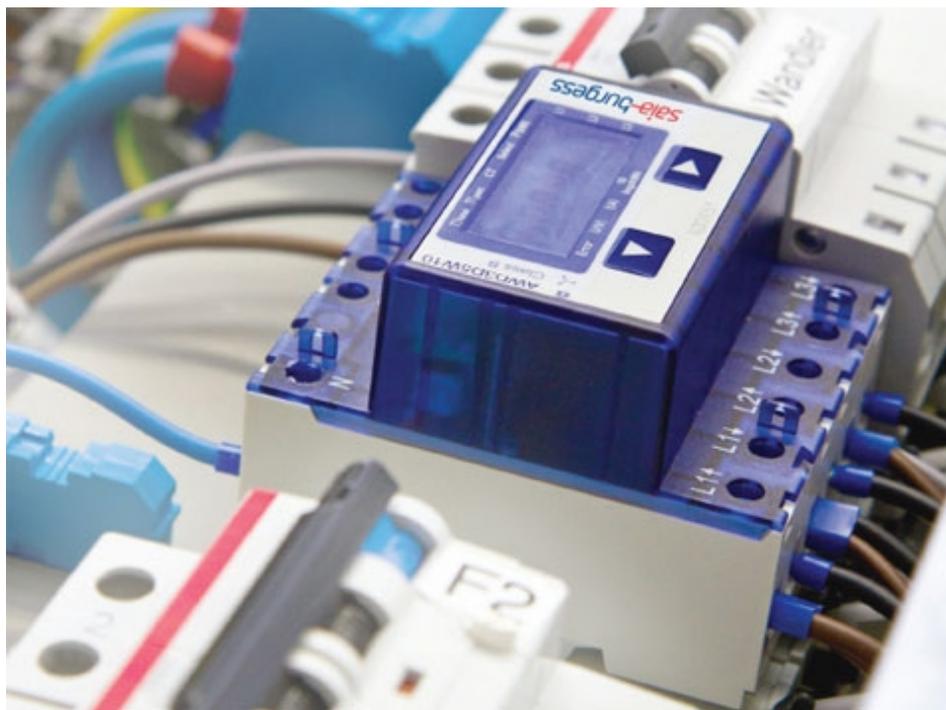


# "Я электрик!"

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ



*"Я электрик!"*

*Журнал  
для облегчения жизни  
специалистов-электриков*

*[www.electrolibrary.info](http://www.electrolibrary.info)*

Сайт журнала «Я электрик!»: [www.electrolibrary.info](http://www.electrolibrary.info)

e-mail: [electroby@mail.ru](mailto:electroby@mail.ru)

Выпуск №22

Апрель 2011 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Организация электрической сети в жилом доме</b>	3
<b>АВР – автоматический ввод резерва для частного дома</b>	17
<b>Автоматика включения резерва</b>	20
<b>Потери электроэнергии в садоводческом товариществе и средства их снижения</b>	28
<b>Автоматика водоснабжения</b>	33
<b>Заметки про электрооборудование для промышленной автоматизации</b>	39
<b>Современные индукционные нагреватели. Особенности конструкции и применения.</b>	54

# Организация электрической сети в ЖИЛОМ ДОМЕ

*Дорохин Евгений Георгиевич*

Как просто и легко организовать оптимальное распределение электроснабжения одно- двухкомнатной квартиры на 6 этаже 9-этажного жилого дома. Квартира уже есть, проводка проведена, однофазное питание уже практически гарантировано, альтернативные источники электроэнергии размещать физически негде (балкон, разве что). Единственная проблема – организовать систему приоритетов: когда работают стиральная машина – автомат и сплитсистема, крайне нежелательно включать еще и утюг или электрочайник. Да и одновременное включение первых двух потребителей нежелательно в то время, когда одновременно работает телевизор на кухне (это Вы уже и не замечает – работает себе и работает в режиме он-лайн) и компьютер в единственной жилой комнате...

Но когда Вам немного надоедает теснота квартиры, дети подрастают, Вы начинаете понимать, что никогда Вам не насобирать денег на готовую квартиру и принимаете решение строить собственный дом на случайно подвернувшемся по умеренной цене участке, приходит один интереснейший момент. Совершенно неожиданно для окружающих и для Вас самих стоят они, такие родные стены, накрытые такой родной крышей. И все хорошо, все прекрасно, все замечательно. Но жизнь немного омрачают два фактора.

Во-первых, до своего ухода в отставку А.Б. Чубайс не вошел в Ваш дом ни сам лично, ни в виде какой-то части электроэнергии, выработанной его ведомством. Рад бы сделать это, но ведь не позволяют давно изношенные сети, существенно выросшее потребление, да и тот фактор, что разрешение на строительство Вы получили без согласования с электроснабжающей организацией. Это не способствует скорейшей электрификации нового дома. Но выход, пусть довольно дорогой, есть. Покупаете бытовой бензиновый или на ином виде топлива генератор, и электроэнергия у Вас обеспечена.

Во-вторых, как только Вы немного успокаиваетесь от вечной проблемы, преследовавшей вас от закладки фундамента до накрытия крыши: «Деньги. Где взять деньги. Где взять много денег. Как подзаработать сверх основной зарплаты. Как рассчитаться с долгами...» и т.д. неожиданно возникает очередная проблема, о которой вас предупреждали на начальной стадии: так ведь стены и крыша – еще не дом. А отделка? А коммуникации? Ну, стоит у Вас генератор в подвале, есть надежда, что и от единой энергосистемы со временем питание придет. Чистовая отделка будет после того, как будут оштукатурены стены. А вот стены лучше штукатурить после того, как проложена проводка. На чем убедился на примере единственного

пока более-менее готового помещения – кухни. Не знаю, как посетители сайта, но меня лично жаба задушит, если я еще и за проводку кому-нибудь деньги буду отдавать. Есть и другие способы от них избавиться. Электрик я или нет? Пусть даже релейщик. Поэтому ведем электрификацию с сыном методом народной стройки.

Еще с институтских лабораторных работ не любил рисовать схемы до того, как их соберу. Но при выполнении проводки понял: электрификация дома – не какая-нибудь лаба по ТОЭ или электрическим машинам. Здесь подумать сначала нужно. И спасибо тем ребятам, которые на одной из стадий строительства без моего приглашения посетили недостроенный дом и среди некоторых других вещей сперли уже проложенные участки проводки. Да неправильно они были проложены! Будем прокладывать заново.

Итак, начинаем проект глобально: а что же мне здесь нужно и где это разместим? Для начала - набор оборудования.

Во-первых, напряжем фантазию и представим все возможные электроприборы, которые будут размещаться в доме. Доживем мы до их приобретения или не доживем – не так существенно. Как я убедился, штробить стену получается довольно шумно, пыльно и трудозатратно. Поэтому попробуем упредить штукатуров и уложить проводку со всеми мыслимыми наворотами до их прихода. Исходим из газового отопления, газовой плиты и газовой водонагревательной колонки. Электроплита и электрический бойлер внесут в проект существенные коррективы. Теплые полы с электроподогревом? Нам так не жить, по крайней мере, в этой жизни. Итак, получаем ориентировочный список:

1. Холодильник
2. Газовый котел
3. Газовая плита электроподжиг
4. Кухонная вытяжка
5. Сплит-система
6. Стиральная машина
7. Микроволновая печь
8. Утюг
9. Электрочайник
10. Телевизор
11. Еще один телевизор
12. Музыкальный центр
13. Компьютер
14. Еще один компьютер (вы понимаете, что это для меня – рабочий инструмент, и в семье я – далеко не единственный пользователь)
15. Посудомоечная машина
16. Пылесос

17. Водяной насос (водоснабжение также автономное, из скважины).
18. Калорифер (иногда какую-то комнату нужно поддерживать в более теплом состоянии, чем остальные)
19. Освещение рабочее
20. Освещение аварийное
21. Освещение наружное
22. Зарядные устройства для мобильных телефонов
23. Телефон стационарный
24. Электротриммер (участок, как-никак, - 10 соток)
25. Сварочный аппарат
26. Мастерская
27. Гараж

Последние две позиции включают в себя довольно много разных устройств, инструментов и т.д. начиная от электродрели и заканчивая фуговальным станком и компрессором. Но содержимое этих помещений можно развивать до бесконечности, поэтому будем считать каждое из них одной точкой с максимальной мощностью.

А теперь расставим систему приоритетов, то есть, поделим наших потребителей по категориям электроснабжения. Заодно для оптимизации нагрузки распределим их по фазам. 1 будет обозначать первую категорию электроснабжения, 2 – вторую. То есть, к первой категории отнесем те устройства, прекращение электроснабжения которых внесет существенный дискомфорт в нашу жизнь. Ко второй – всякие прочие, без которых мы какое-то время обойтись можем.

У моих ближайших соседей электричество от сети как исчезло в половине второго ночи 1 января этого года (ночь, заметьте, новогодняя!), так появилось почти через сутки. Малые неудобства от внезапного исчезновения новогодних программ терпели все, но те, у кого работа отопления построена на автоматическом газовом котле с принудительной циркуляцией, дискомфорта почувствовали больше всех. А представьте себе, что в разгар жары отключится свежезаполненный холодильник! Да и без воды не очень обойдешься.

Аварийное освещение – понятно: экономим на мощности стабилизатора и генератора и обеспечиваем хотя бы часть освещения. Зарядные устройства для мобильных телефонов? Если не так давно мобильник был предметом роскоши. Сегодня – один из предметов первой необходимости. Помню не так давно драму на улице. Рыдает девушка от того, что в неподходящий момент сел аккумулятор. А на предложения: да позвони с моего, отвечает: так я же ни одного номера не помню.

Вторую категорию распределим по фазам (А, В, С) для оптимизации распределения нагрузки. Взаимозаменяемые устройства типа «еще один компьютер» размещаем по разным фазам. Потребителей первой категории подключаем к сети гарантированного питания, причем в связи с непредсказуемостью поведения первого источника включаем через стабилизатор. И после небольшой систематизации сводим эти вещи в таблицу:

№ п/п	Нагрузка	Категория	Мощность, Вт	Фаза
1.	Холодильник	1	600	А
2.	Газовый котел	1	150	А
3.	Газовая плита	2	100	В
4.	Кухонная вытяжка	2	100	В
5.	Сплит-система	2	2000	В
6.	Стиральная машина	2	2000	С
7.	Микроволновая печь	2	1000	В
8.	Утюг	2	1000	С
9.	Электрочайник	2	1000	С
10.	Телевизор	1	150	А
11.	Еще один телевизор	2	150	В
12.	Музыкальный центр	2	500	С
13.	Компьютер	1	600	А
14.	Еще один компьютер	2	400	С
15.	Посудомоечная машина	2	1000	В
16.	Пылесос	2	800	
17.	Водяной насос	1	800	А
18.	Калорифер	2	2000	В
19.	Освещение рабочее	2	500	В
20.	Освещение аварийное	1	200	А
21.	Освещение наружное	2	500	С
22.	Зарядные устройства для мобильных телефонов	1	100	А
23.	Телефон стационарный	1	100	А
24.	Электротриммер	2	800	С
25.	Сварочный аппарат	2	6000	В, С
26.	Мастерская	2	2000	А, В, С
27.	Гараж	2	1000	С

Мощность потребителей приведена довольно условно. Но в первом приближении для выбора проводки и размещения по фазам достаточно.

А теперь подсчитаем потребление суммарное и по фазам и сведем итоги в таблицу

1.	Холодильник	600	A
2.	Газовый котел	150	A
3.	Телевизор	150	A
4.	Компьютер	600	A
5.	Водяной насос	800	A
6.	Освещение аварийное	200	A
7.	Зарядные устройства для мобильных телефонов	100	A
8.	Телефон стационарный	100	A
<b>Всего фаза А (гарантированное питание)</b>		<b>2700</b>	
9.	Газовая плита	100	B
10.	Кухонная вытяжка	100	B
11.	Сплит-система	2000	B
12.	Микроволновая печь	1000	B
13.	Еще один телевизор	150	B
14.	Посудомоечная машина	1000	B
15.	Калорифер	2000	B
16.	Освещение рабочее	500	B
<b>Всего фаза В</b>		<b>6850</b>	
17.	Стиральная машина	2000	C
18.	Утюг	1000	C
19.	Электрочайник	1000	C
20.	Музыкальный центр	500	C
21.	Еще один компьютер	400	C
22.	Освещение наружное	500	C
23.	Электротриммер	800	C
24.	Пылесос	800	C
25.	Гараж	1000	C
<b>Всего фаза С</b>		<b>7000</b>	
26.	Мастерская	2000	A, B, C
27.	Сварочный аппарат	6000	B, C
<b>Итого</b>		<b>24550</b>	

Полы с электроподогревом как-то не совсем вписываются в дом с газовым отоплением, поэтому отложим до тех времен, когда внуки или заживут так хорошо, что смогут выполнить электроподогрев, или, наоборот, будут вынуждены это сделать.

Неслабо? Да кто же даст Вам такую мощность? 10 кВт в трехфазном исполнении – практически предел для простого российского застройщика. Больше мощность – особые (точнее, особо дорогие) условия подключения. Нам так не жить, попробуем уплотниться.

С потребителями первой категории, подключенными к фазе А, особых проблем нет. Холодильник и газовый котел или работают постоянно, или включаются в трудно прогнозируемый момент. То же относится и к водяному насосу. Остальные же потребители особо на баланс мощности не влияют. Уж как-нибудь без принтера обойдетесь. Так что нужны вам генератор и стабилизатор мощностью около 2,5 кВт. Уж в крайнем случае – 2. Мастерская, где может быть трехфазная нагрузка, подключается до переключателя «ЕЭС/автономный генератор» и на время отсутствия электроэнергии постоит.

Фаза В. Наиболее мощные потребители – сплит-система и калорифер. маловероятно, чтобы в одной комнате было настолько жарко, чтобы включать кондиционер, а в другой настолько холодно, чтобы включать дополнительный обогрев. Да и подогрев электричеством дома, оснащенного газовым отоплением – довольно дорогое удовольствие. И микроволновка вряд ли будет работать одновременно одновременно с посудомоечной машиной (если последняя когда-либо появится в доме). Итого, 3 кВт мощности на фазе В экономим.

Фаза С. Вряд ли Вы будете косить газон в темное время суток. Вряд ли Вы будете работать на циркулярке в то же время. когда сын косит газон, а зять использует по полной программе нагрузку в гараже (впрочем, аккумулятор может подзаряжаться и без участия персонала). Стиральная машина также может работать самостоятельно, но одновременная работа всех приборов, перечисленных в п. 17-24 крайне маловероятна. Разве что проводится аврал по поводу визита гостей, которые сообщили, что будут через час. Но не косить же по этому поводу газон при искусственном освещении? Без чаю, музыки и еще одного компьютера по этому поводу можно отказаться. Так что в 3 кВт вполне уложитесь.

А сварочный трансформатор – вообще отдельная статья. Под работу с ним вообще можно отказаться от других работ и развлечений.

Итого, вполне укладываемся в отведенные 10 кВт, включая 2,3 - 2,5 кВт гарантированного питания. А теперь попробуем разместить потребителей по родным точкам.

### **Размещение потребителей**

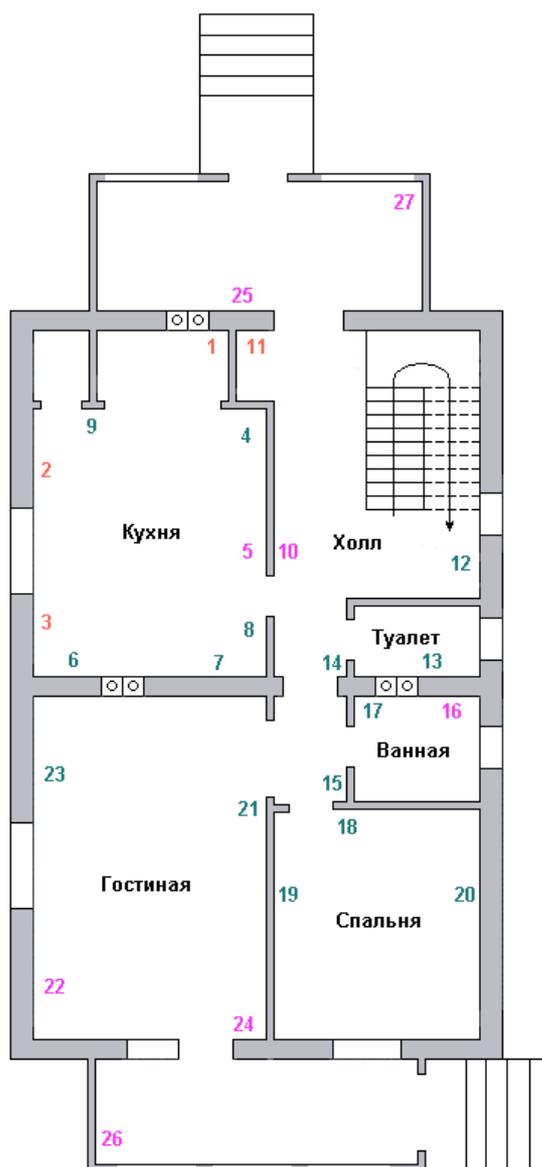
Исходное состояние: двухэтажный дом с просторным подвалом, который выполняет обязанности мастерской, домашней электростанции и никак не дождетя давно замышляемой должности спортзала, совмещенного с сауной.

Итак, начинаем размещать потребителей. Первый этаж. Естественно, кухня – место сосредоточения большинства из них. Не так давно на кухне нашей двухкомнатной квартиры была одна розетка для холодильника. Затем пришлось на этом месте поставить двойную розетку (иногда утюг нужно включать). При капитальном ремонте с учетом опыта родственников и знакомых поставил три двойных розетки плюс одну одинарную:

- холодильник, бра;
- электроподжиг газовой плиты, еще один телевизор;
- электрочайник, капучинница;
- вытяжка газовой плиты.

Очень скоро (к сожалению, чистовая отделка к тому времени была закончена) понял: крайне мало. Появилась микроволновая печь, иногда включается кухонный комбайн (в первоначальном списке о нем подзабыл), утюг (обеденный стол – самое удобное место для глажки), мобильные телефоны по числу членов семьи иногда подзаряжать нужно. Да иногда на кухню перебирается еще один компьютер, на котором проходит немалая часть работы над сайтом. А здесь еще и газовый котел!

Итого, на кухне по сегодняшним меркам должно быть не менее четырех двойных розеток и две одинарных. При этом учитываем, что здесь же размещаются, как минимум, два потребителя первой категории (холодильник и газовый котел). Здесь же можно разместить один из телевизоров и в качестве источника аварийного освещения – бра над холодильником или настольную лампу на нем.



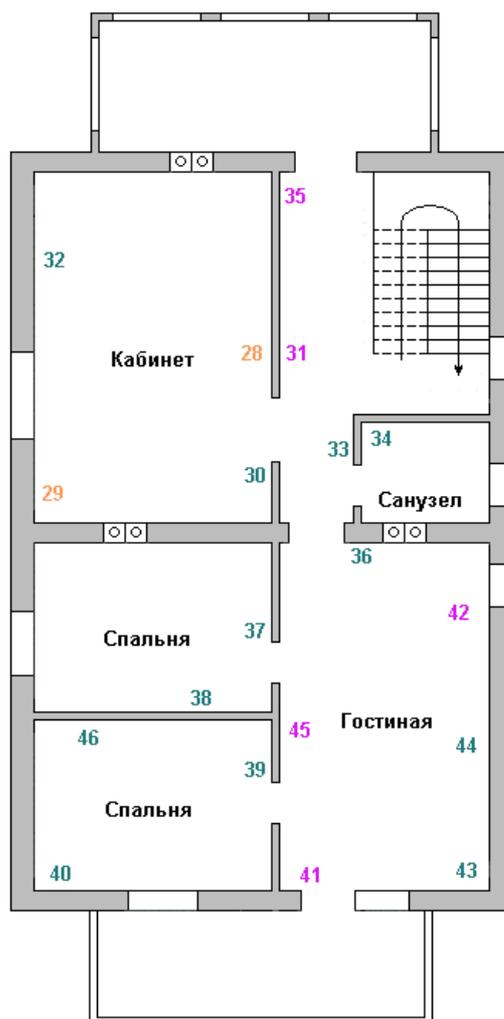
Расцветку точек выделяем цветом, соответствующим фазам **А**, **В**, **С**.

1. Газовый котел
2. Телевизор, зарядное устройство для мобильных телефонов
3. Холодильник, аварийное освещение
4. Так, на всякий случай
5. Розетка для утюга
6. Газовая плита, вытяжка
7. Микроволновая печь, посудомоечная машина
8. Освещение кухни
9. Освещение кладовки
10. Розетка для пылесоса
11. Освещение коридора (совмещенное с аварийным)
12. Так, на всякий случай (гардеробная)
13. Так, на всякий случай (туалет)
14. Освещение туалета

15. Освещение ванной
16. Стиральная машина
17. Так, на всякий случай (ванная)
18. Освещение спальни
19. Калорифер
20. Прикроватная тумбочка
21. Освещение гостиной
22. Еще один компьютер
23. Так, на всякий случай (гостиная)
24. Наружное освещение
25. Наружное освещение
26. Розетка для подключения электротриммера
27. Розетка для подключения электротриммера

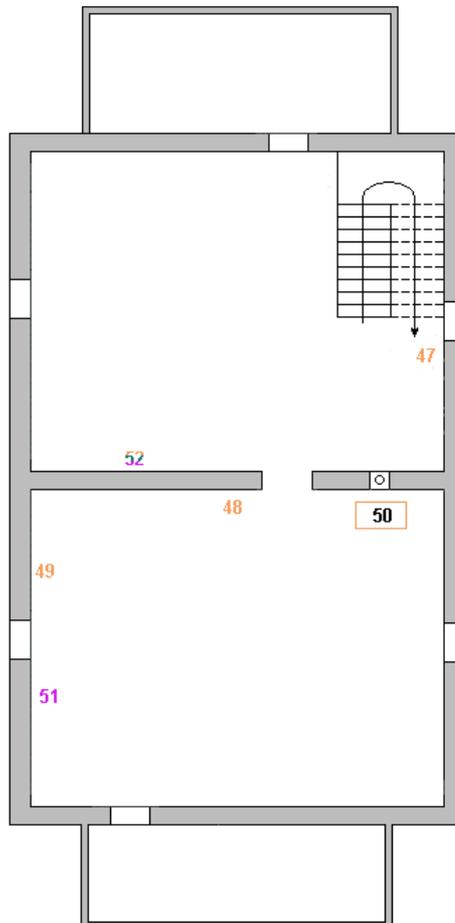
В нескольких местах упоминается «так, на всякий случай». В ближайшем будущем – два официальное назначение этих розеток определяют реальные потребности.

Далее – второй этаж:



28. Телефон стационарный, аварийное освещение
29. Компьютер
30. Освещение кабинета
31. Розетка для пылесоса
32. Зарядное устройство для мобильных телефонов
33. Освещение санузла
34. Так, на всякий случай (санузел)
35. Освещение наружное
36. Освещение гостиной
37. Освещение спальни
38. Прикроватная тумбочка
39. Освещение спальни
40. Прикроватная тумбочка
41. Освещение наружное
42. Музыкальный центр
43. Еще один телевизор
44. Сплитсистема
45. Розетка для пылесоса
46. Калорифер

И, наконец, подвал.



47. Освещение аварийное
48. Освещение аварийное
49. Щиток автоматики водяного насоса
50. Генератор с вытяжной установкой
51. Ввод в гараж
52. Распределительный щит мастерской

Остается чердак. Да там, собственно, и проблем особых нет. Чердак он и есть чердак. Пара точек освещения, да пара розеток на всякий случай. Но вот как доживем, когда времени будет достаточно, а денег не мерено... Тогда и думать будем.

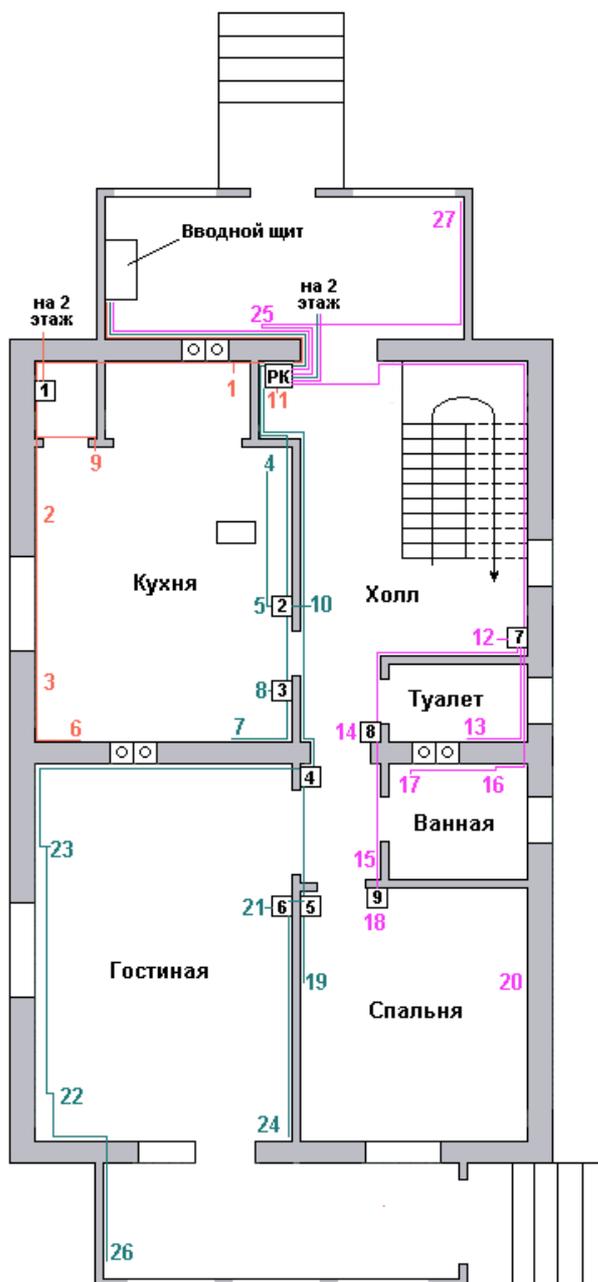
Сварочный аппарат особый потребитель. Никакой проводки через дом, никаких промежуточных соединений. Подключение выполняется через выделенный автомат непосредственно в вводном щитке.

Все красиво, все элегантно. Но вот только не слишком оптимально. На кухню, к примеру, заведено 3 фазы, причем большинство потребителей не слишком энергоемки. Попробуем организовать разводку цепей, а затем уточним потребление по фазам.

### **Организация проводки**

Вводной щит мне порекомендовали поставить поближе ко входу. Чтобы инспектора в грязных сапогах по дому не ходили. Ну, если так – то на веранде. Есть, правда, риск, что сопрут до подачи напряжения. Но, может быть, и обойдется. Переключатель резервирования питания, пожалуй, более будет уместен в доме, поближе к подвалу. А то и в самом подвале. Дальше посмотрим.

Провод к распределителю мастерской отправляем в подвал прямым, а то, что относится к жилой части дома – непосредственно к главной распределительной коробке. Попробуем разрисовать раскладку проводов. Для начала – первый этаж, который начнем обживать первым.



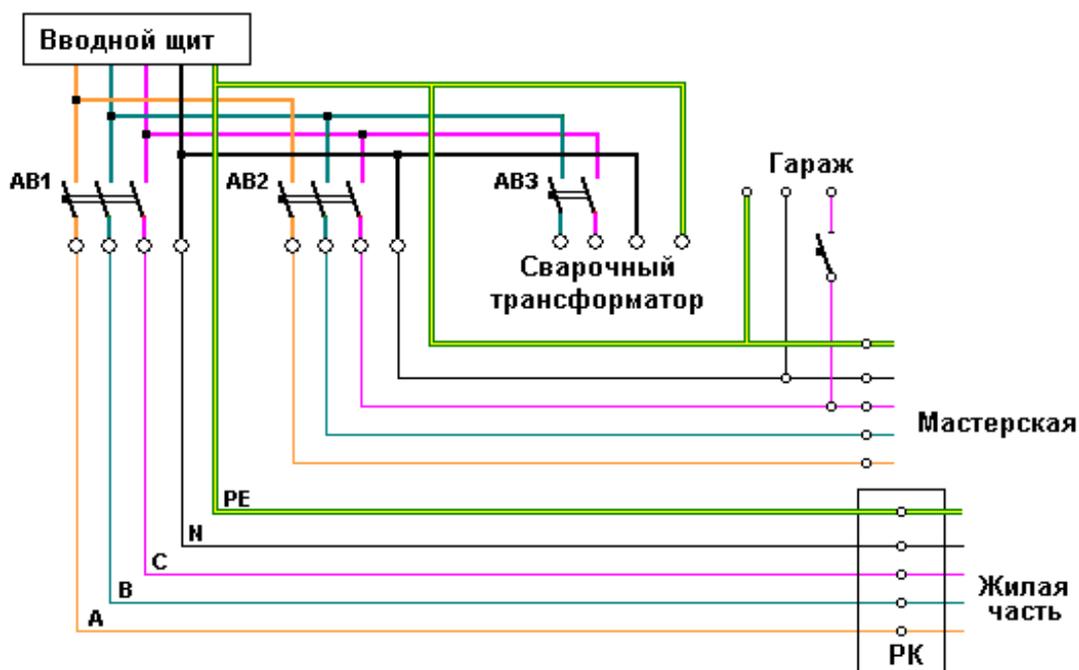
РК – главная распределительная коробка. Квадратики с номерами – соединительные коробки, которые иногда еще именуется распаечными.

Для сокращения количества проводов проводим некоторое перераспределение потребителей между фазами, не ущемляя права потребителей первой категории и помня о том, какие потребители наиболее энергоемки.

Но все же хотя картинка довольно красива и дает информацию о раскладке проводов, она не дает понятия о схеме соединения и довольно громоздка. Ведь здесь указаны только магистральные проводники. А ведь еще не следует забывать о связи выключателей с лампами. Да и организация

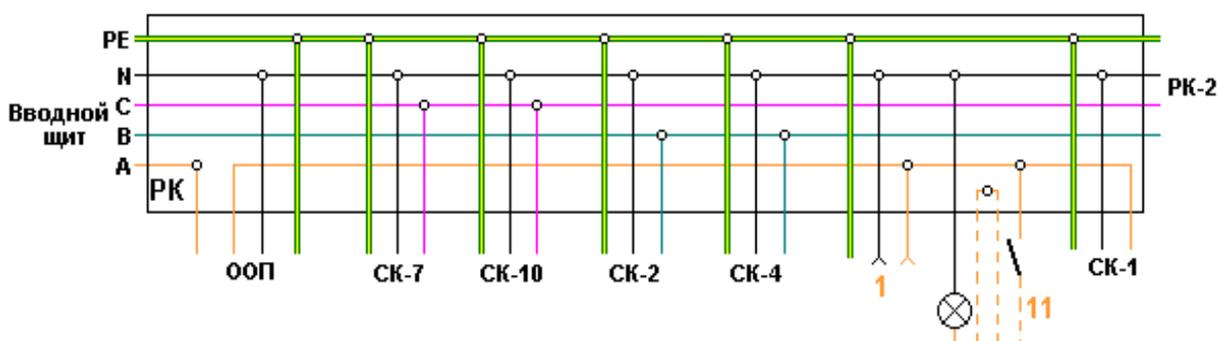
резервирования питания ответственных потребителей не просматривается. Поэтому от картинки перейдем к принципиально – монтажной схеме.

Вся схема получится довольно громоздкой, поэтому попробуем нарисовать поэлементно. Для начала – вводные элементы. Вводный щит – та зона, куда должны иметь доступ инспекторы энергосбыта.



Здесь же размещаются автоматы по направлениям: АВ1 – собственно дом, АВ2 – мастерская и гараж, АВ3 – сварочный трансформатор. Если в жилой части не ожидается трехфазной нагрузки, автомат АВ1 лучше заменить на три однофазных. Повреждение одной фазы (да и просто регламентные работы типа ремонта розетки) не приведет к обесточению всего дома. Где-то еще нужно бы разместить дополнительные средства обеспечения безопасности – устройства защитного отключения и ограничители перенапряжения. Но об этом – немного позже.

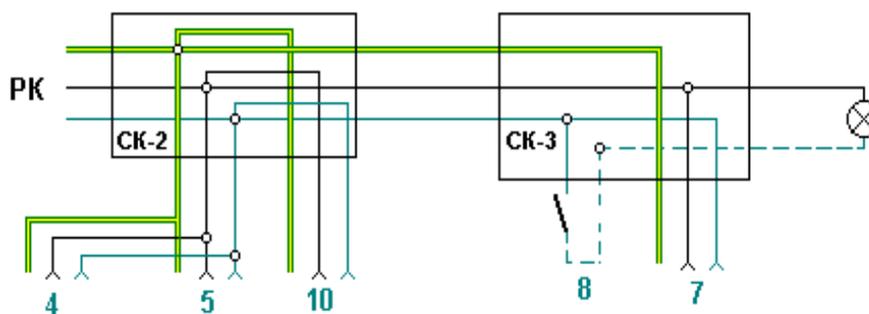
С питанием мастерской (не считая освещения) проблем быть не должно, поэтому перейдем к жилой части дома. Первый, наиболее насыщенный и наиболее ответственный элемент – главная распределительная коробка:



ПК-2 – распределительная коробка 2 этажа, ООП – система организации обеспеченного питания для потребителей 1 категории.

Впечатляет, не правда ли? По первым прикидкам нужно более двух десятков клемм. В той коробке, которую я предполагал установить первоначально, с трудом размещаются 12 – 15 нормальных клемм (блоки ТВ-2506L, ТВ-2503L). Да и в последний момент может что-нибудь добавиться. Например, захочется вам сделать трехточечное управление освещением коридора (позиция 11)... Так что давайте попробуем поискать коробочку клемм этаж на 30.

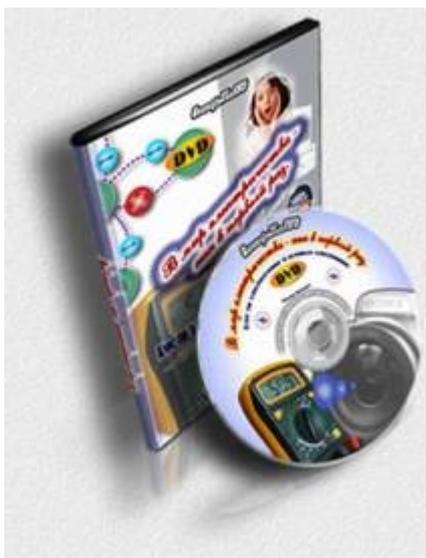
А пока продолжим поэлементное проектирование. Следующая на очереди – группа соединительных коробок СК-2, СК-3:



Ну, собственно, и так далее. Принципы определены, а полный проект разводки для конкретного дома вряд ли кому нужен. Сколько домов, столько и проектов.

Да, кстати: подвал-то я и не заметил. Там ведь тоже потребители первой категории имеются. Так что главная распределительная коробка еще немного подрастет.

Источник: <http://rzdoro.narod.ru/>



## **"Как изучить электротехнику с минимальными затратами времени и сил?"**

- \* Электротехника и основы электроники.
- \* Устройство и принцип работы трансформаторов и электродвигателей.
- \* Видеоролики, анимация физических процессов, электронный учебник, тесты.
- \* Демонстрация практических работ и экспериментов по электротехнике. Работа с мультиметром.

И многое другое -

[ВСЕ ПОДРОБНОСТИ - ЗДЕСЬ!](#)

## **АВР – автоматический ввод резерва для частного дома**

*Скалин Евгений*

В загородных домах, дачах и вообще в местах где может пропасть электричество используют альтернативные источники электричества- это генераторы электрического тока.

В большинстве случаев это бензиновые генераторы. В случае внезапного исчезновения основного электричества, для обеспечения нормальной жизни деятельности дома (особенно зимой) необходимо быстро запустить резервный источник электрической энергии.

Если в короткий срок не появится электричество, может нарушиться отопление дома остынут или в худшем случае могут потечь батареи. Запустить генератор без знающего как это сделать человека или вообще в отсутствие дома людей очень трудно или невозможно. Обычно эту функцию берёт на себя автоматика.

Для автоматического включения генератора используют щит АВР. В автоматическом режиме, если пропадает напряжение в центральной сети, через несколько секунд включается резервное питание (генератор) и ваше

жилище начинает получать ток от него. Это происходит за счет двух магнитных пускателей и реле контроля наличия напряжения в щите АВР и наличии системы авто запуска в генераторе.

В обычном режиме, в щите АВР, когда напряжение передается от линии электропередач, реле включает магнитный пускатель №1, который подает напряжение на щит вашего дома (смотрите схему в конце статьи).

В аварийном режиме, когда пропадает напряжение в сети 220 вольт или две фазы в сети 380 вольт, реле отключает магнитный пускатель №1 и подает сигнал на генератор, который от аккумулятора запускает систему автозапуска генератора. Генератор начинает работать и в щите АВР срабатывает магнитный пускатель №2, который также подает напряжение на щит вашего дома и генератор работает до тех пор пока не включится основное электричество или не кончится горючее. При включении напряжения в сеть генератор перестает работать, магнитный пускатель №2 отключается и включается магнитный пускатель №1 и система работает в обычном режиме.

Щит АВР нужно устанавливать после электросчётчика, так чтобы при работе генератора электрического тока счетчик не учитывал вырабатываемую им энергию. Также щит АВР должен стоять перед основным щитом дома. Получается щит АВР стоит между счётчиком и электрощитом.

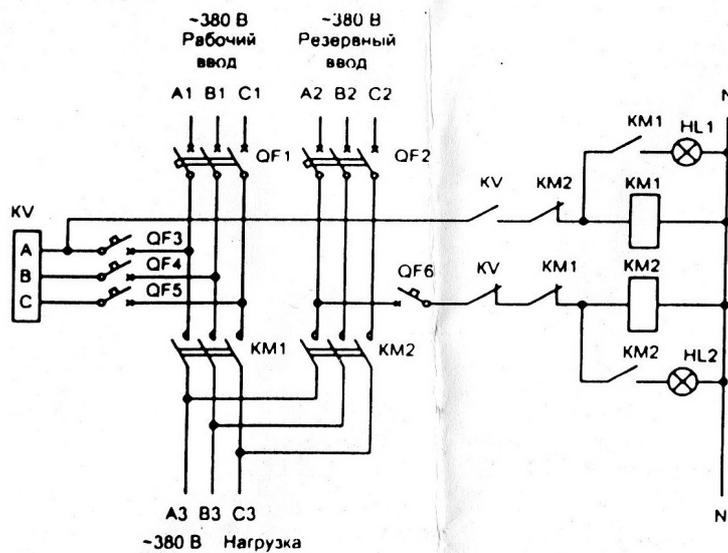
В случае когда потребляемая мощность дома большая, или мощность генератора недостаточна для запитки всего дома, можно подключить на линию генератора жизненно необходимые электроприборы, которые будут обеспечивать нормальную жизнедеятельность дома до включения основного электропитания.

Щиты АВР можно купить в собранном виде или собрать самому. Готовые щиты лучше покупать с импортной автоматикой (ABB) пускатели в которых, в отличие от отечественных и китайских, не издают постороннего шума при работе (гудят), который создаёт дискомфорт особенно если жилая зона находится рядом с щитовой. Стоимость, правда щита АВР импортного (ABB) и китайского (ИЭК) различается 5-6 раз.

Электромонтажные работы по проводке электрических проводов для щита АВР и устанавливать щит должен квалифицированный электрик профессионал.

Источник - <http://scalin.narod.ru/>

Схема АВР



Поз.обозн.	Наименование	Кол.
HL1, HL2	Арматура светосигнальная	2
KM1, KM2	Пускатель магнитный реверсивный	1
KV	Реле контроля напряжения	1
QF1...QF6	Выключатель автоматический	6

Схема электрическая принципиальная АВРЗТ на 25, 40, 63, 100, 160, 250А

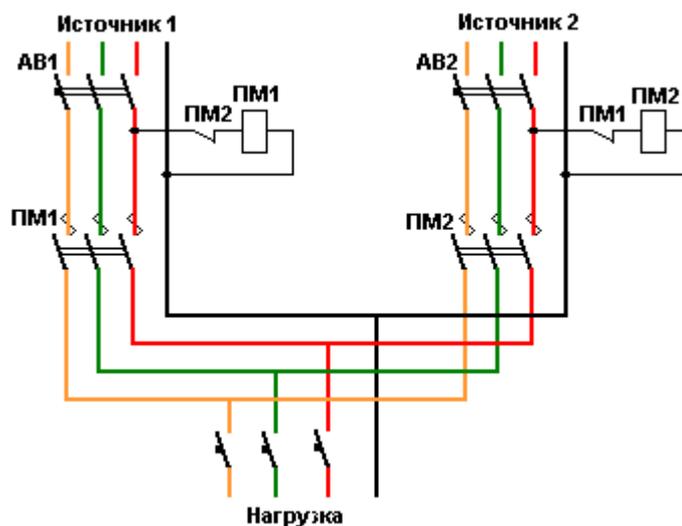
Фото АВР



## Автоматика включения резерва

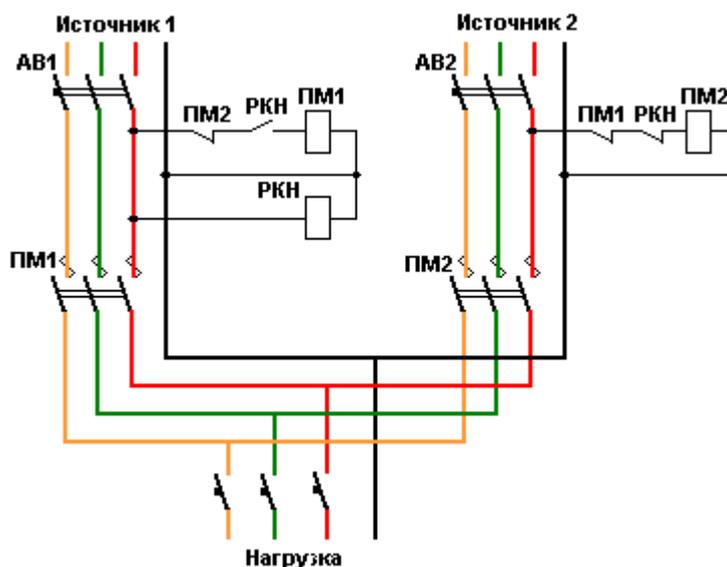
*Дорохин Евгений Георгиевич*

Простейшая схема автоматики включения резерва (АВР) для трехфазной сети приведена ниже:



Думаю, преобразовать ее для однофазной сети проблемы не составит.

АВ1, АВ2 – автоматы, ПМ1, ПМ2 – магнитные пускатели. Но эта схема имеет один недостаток: в ней нет системы приоритетов, то есть, источники питания равнозначны. Хорошо, если у Вас есть два независимых ввода от двух подстанций и стоимость отпущенной электроэнергии одинакова. А если второй источник – от соседа Васи на соседней улице, который в сложных случаях выручает Вас с взысканием двойного тарифа? Об автономном генераторе уж и не говорю. Следующая схема лишена этого недостатка:



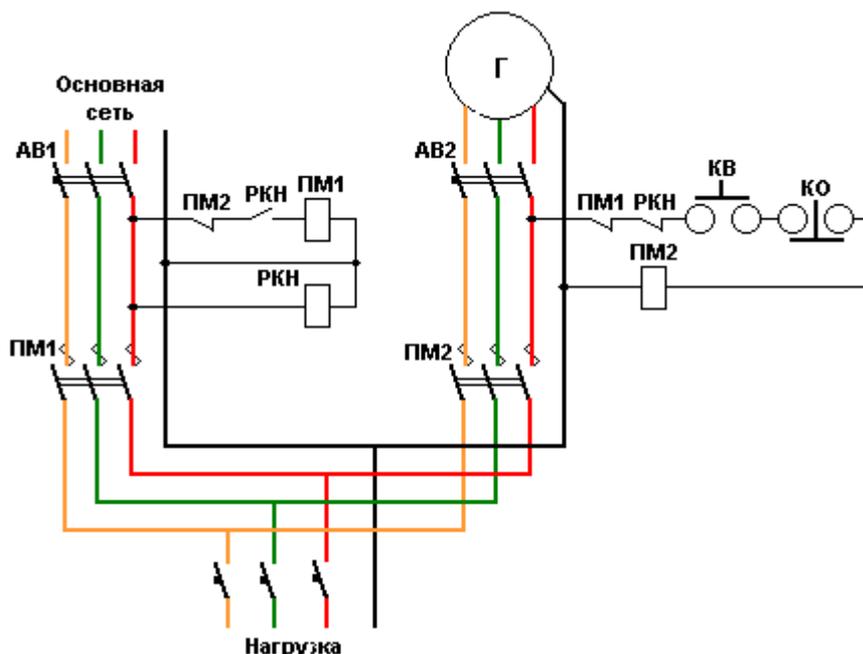
Здесь дополнительно установлено реле контроля напряжения РКН. В том случае, когда на основном источнике (источник 1) есть напряжение, реле собирает схему основного питания и блокирует резервное.

Далее усложнять схему можно достаточно глубоко. Один из примеров – элемент времени (схема gomed12 на предыдущей странице). Это нужно для того, чтобы при кратковременной посадке напряжения, вызванной КЗ в прилегающей сети, не дергать схему зря. Второй пример – предложение SergAn об установке реле контроля фаз или реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11. Это позволит переходить на резерв не только при исчезновении особой фазы, но и при любом существенном перекасе питающего напряжения. Но это – на ваши вкус и деньги.

Нам все же так не жить, чтобы иметь два независимых ввода. Поэтому попробуем немножко автоматизировать включение и отключение персонального генератора как источника аварийного питания.

### АВР с бытовым генератором

Назвать это автоматикой включения резерва можно с натяжкой. Скорее речь будет идти об автоматике восстановления рабочего питания. Но все равно АВР. Привожу для трехфазной сети и трехфазного генератора, для однофазного будет проще:



Так как для запуска генератора нужен оператор (ведь должен кто-нибудь за шнурок дернуть!), подключение генератора к разводке также выполняется оператором. Для этого дополнительно устанавливаются две кнопки: включения (КВ) и отключения (КО). Реле РКН остается в качестве блокирующего.

Исчезло основное питание. Идем в подвал (или гараж), проверяем бензинчик или солярочку, состояние масляной системы, чистим свечу. Включаем переключатель зажигания, открываем подачу топлива, делаем необходимые операции с воздушной заслонкой. Дергаем за веревочку, контролируем запуск... После этого включаем автомат на вводе и нажимаем кнопку включения.

Обратная операция намного проще. Появилось напряжение на основном вводе, срабатывает реле контроля напряжения, разрывает цепь катушки ПМ2, после подтверждения команды об отключении ПМ срабатывает пускатель на основном вводе ПМ1. Дальше остается сходить и заглушить движок.

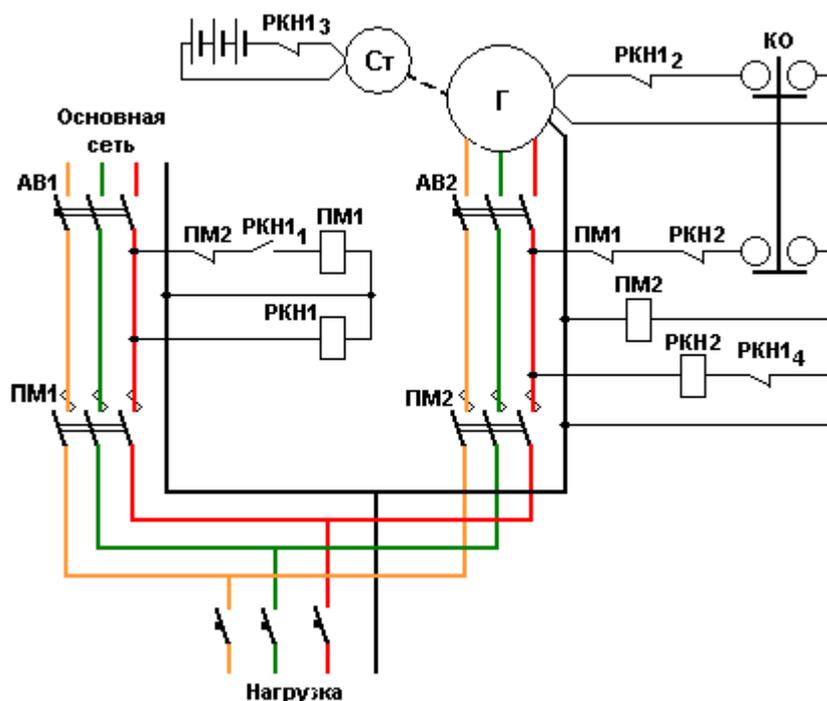
А зачем кнопка отключения? Да так, на всякий случай. Есть кнопка включения, то и обратная вроде бы вписывается. Даже если отключить пускатель ПМ2 из спальни, движок все равно глушить придется.

### **Автоматический ввод генератора**

Еще вчера мне казалось, что нам так не жить, чтобы генератор в подвале (или в гараже) автоматически запускался при исчезновении питания от сети. Но заглянул на [форум Электрик](#) в очередной раз и нашел там следующее довольно старое сообщение, на которое ответы начали поступать на днях:

Степан	Добрый день. Подскажите, пожалуйста, схему для автоматического ввода в работу (вывода из работы) генератора, когда напряжение на основном вводе пропадает (однофазный ввод, однофазный генератор, имеющий аккумуляторный стартер).
--------	--

Есть вопрос – попробуем на него ответить. Простейшая схема автоматического запуска генератора при исчезновении питания в основной сети приведена на рисунке:



Схема, правда, трехфазная, но две фазы убрать недолго.

Небольшие изменения по сравнению со схемой, приведенной на предыдущей странице. Реле РКН1, контролирующее напряжение основной сети, выполняет две дополнительные функции: замыкает цепь подачи напряжения от аккумулятора на стартер (РКН1<sub>2</sub>) и замыкает цепь зажигания (РКН1<sub>3</sub>). После того, как генератор запустится и на его выходе появится нормальное напряжение, реле РКН2 соберет цепь для срабатывания пускателя ПМ2, который подаст питание на нагрузку.

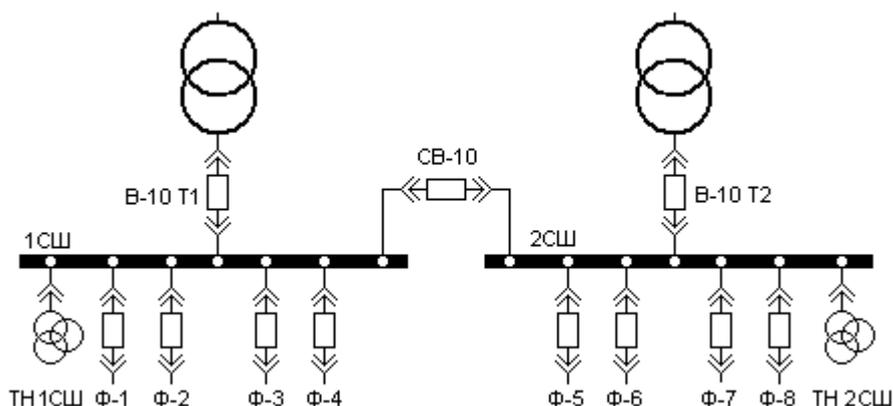
При восстановлении питания РКН1 сработает, контактом РКН1<sub>4</sub> разорвет цепь катушки РКН2, контактом РКН1<sub>2</sub> разорвет цепь зажигания двигателя – генератора.

Пускатель ПМ2 отпадет и разрешит подачу напряжения от сети с помощью пускателя ПМ1.

И кнопка останова. Если основное питание еще не восстановилось, но тарактение генератора уже надоело, кнопку можно установить у изголовья кровати.

Но гладко было на бумаге...

Рассмотрим для начала схему подстанции 35 (110)/10 кВ, откуда питается ваш ТП и некоторые ненормальные режимы, которые могут привести к исчезновению или кратковременному снижению напряжения в вашем доме.



**В нормальном режиме** питание каждой секции выполняется от собственного трансформатора, секционный выключатель СВ-10 отключен.

**Повреждение на собственном фидере** 10 кВ и его отключение собственными защитами. Сеть 10 кВ, как правило, имеет резервирование от других подстанций или второй секции этой же подстанции, но в этой сети имеются (по крайней мере, должны быть) разрывы. Включение резервного питания выполняется по телеуправлению диспетчером (в лучшем случае) в течение нескольких минут или оперативно – выездной бригадой (ОВБ) в течение нескольких часов, а то и суток. В этом случае вполне уместно включение автономного генератора.

**Повреждение на соседнем фидере**, связанное с глубокой посадкой напряжения на секции шин, отключается его защитами с выдержкой времени 0,5 – 2 секунды, после чего напряжение питания остальных потребителей восстанавливается. Абсолютно неуместно при этом запускать генератор (да не успеет он за это время запуститься).

**Повреждение на питающей линии** 35 (110 кВ) устраняется путем отключения ее защитами с последующим АПВ (автоматическое повторное включение). Восстановление питания при успешном АПВ с учетом различных факторов находится в диапазоне 3 – 15 секунд. Но иногда может быть и больше.

**Повреждение трансформатора или неуспешное АПВ питающей линии** приводит к длительному отключению основного питания секции. В таком случае срабатывает АВР (автоматика включения резервного питания) и включает СВ-10 с контролем отключенного положения В-10 трансформатора. Время АВР отстраивается от АПВ и достигает нескольких десятков секунд.

С учетом изложенного разумное время пуска генератора – около минуты. А уточнить его можно в соответствующей электроснабжающей организации.

Следующий элемент задержки – пуск стартера. Видимо, цепь зажигания нужно включить чуть раньше, чем начнет разворачиваться двигатель.

И еще:

Aleksandrnew	...Время работы стартера ограничивается реле времени (2-7сек) ...
--------------	--

Действительно, нужно подумать о том, что двигатель может и не запуститься. А если и запустится, зачем гонять стартер? Так и без аккумулятора остаться можно.

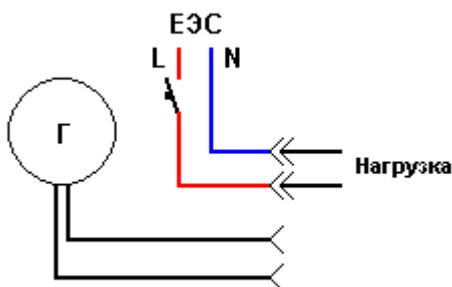
Попробовал нарисовать схему с учетом этих требований, но вовремя понял, что у меня есть более актуальные задачи. Если кто возьмет труд на себя, рад предоставить страницу.

И в любом случае на электромеханике решение будет очень уж сложным. По крайней мере, громоздким. И для обслуживания бригаду релейщиков нанимать придется. Без современных контроллеров не обойтись. Есть предложения? Жду.

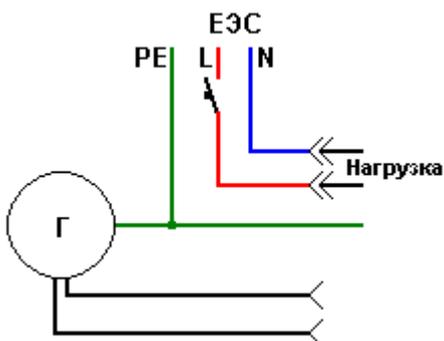
Примерно через два года дождался. Решение приведено на странице [Автозапуск генератора](#)

### Генератор, сеть и автоматический котел

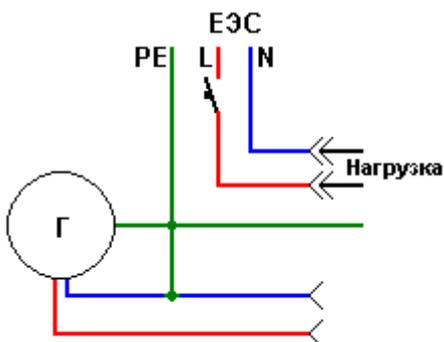
Исходное состояние: у сети имеются явно выраженные фаза и ноль. У генератора с изолированной нейтралью оба вывода равноправны. Вместо перекидного рубильника и переключателя (первое решение небезопасно, второе довольно сложно с точки зрения конструкции, да и аппаратуру соответствующую попробуй найти) у себя использую силовые трехполюсные розетки ампер примерно на 25, с некоторым запасом. Все же от этой фазы запитываются наиболее ответственные потребители.



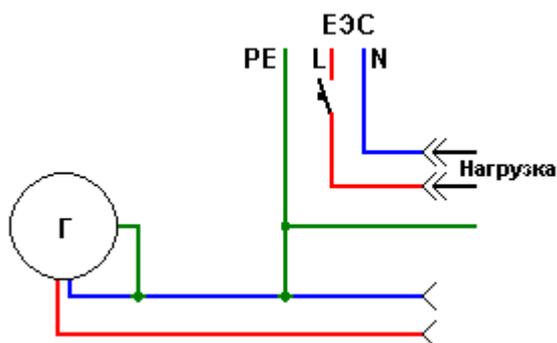
Для обеспечения элементарной безопасности корпус генератора нужно заземлить. Проще всего – объединить с общим проводником РЕ.



Если один из выводов генератора объединить с заземляющим проводником, получаем и на генераторе явно выраженные фазный и нулевой проводники.



Но это просто на бумаге. Если же генератор находится в подвале, а переключатель поближе, так и подмывает воспользоваться следующей схемой:

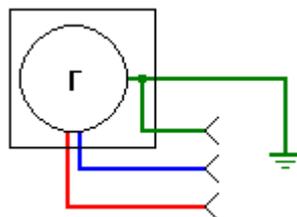


При этом входим в конфликт с требованиями ПУЭ:

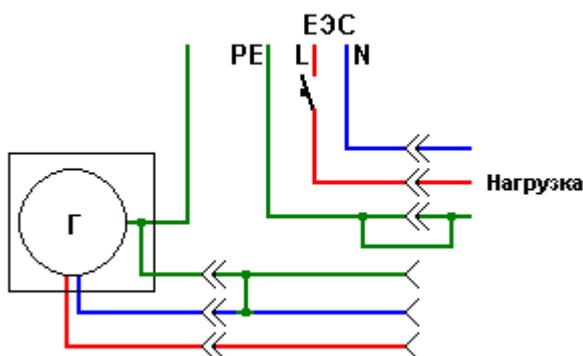
1.7.132. Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на

ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

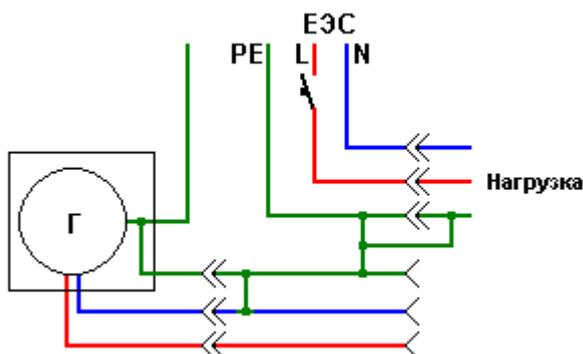
Учтем еще следующую особенность. Видимо, с учетом необходимости работы в полевых условиях у генератора предусмотрены два контакта для подключения заземления: непосредственно на корпусе для подключения заземляющего контура, и через собственный разъем для доведения этого заземления до переносных потребителей:



И, наконец, схема, которую предполагаю выполнить в ближайшее время у себя:



Заземление к корпусу генератора веду отдельным проводом, для безопасности при работе с ним при отключенной основной нагрузке. Защитный провод к нагрузке веду через разъем (розетку) на распределитке. Зачем шунтирую контакт разъема основного питания? А зачем рисковать? то ли есть контакт, то ли нет... А почему не делаю то же на разъеме для подключения генератора? Ладно уж, выполню так:



Хотя при такой схеме и двухполюсного разъема уже хватит. Но опять: а не нарушим ли мы при этом упомянутое требование ПУЭ?

До начала основных работ по реализации этого проекта еще есть время подумать (не все материалы пока есть). Так что возможны изменения. Прислушаюсь к любой критике.

Да, кстати: Откуда же такая "каша" в синусоиде? Наиболее вероятно искрение на коллекторе. Но как-то не очень тянет разбирать генератор, чтобы в этом убедиться.

Источник: <http://rzdoro.narod.ru/>

## **Потери электроэнергии в садоводческом товариществе и средства их снижения**

*Дорохин Евгений Георгиевич*

Не так давно на большие потери как напряжения у многих потребителей, так и мощности у садоводческого товарищества мне пожаловалась председатель - женщина с экономическим образованием.

Этой проблемой я всерьез не занимался (единственный случай - выбор сечения торсады к собственному дому и распределение нагрузки в доме по фазам), когда дом готовил к электрификации. Поскольку закон Ома и законы Кирхгофа знаю, проблема мне сложной не показалась. Но только на первый взгляд.

Потери электроэнергии в электрических сетях – довольно сложная и малоизученная проблема. Этой проблемой занимаются целые службы борьбы с потерями (мы их называем «потерянными борцами» или «потерянными службами») в разных. И далеко не всегда успешно.

Потери в любом участке электрической сети (высоковольтные сети, садоводческое товарищество или разводка в жилом доме) вызываются двумя факторами:

1. Технические потери, связанные с законами физики (потери тем больше, чем больше протекающий по проводнику ток и чем больше его сопротивление)
2. Коммерческие потери (попросту – хищение электроэнергии, иногда в сговоре с инспекторами)

Далее рассмотрим только технические потери и средства их снижения.

В соответствии с законом Ома ток, напряжение и сопротивление связаны отношениями:

$$I = \frac{U}{R} \text{ или} \quad (1)$$

$$U = I * R \text{ или} \quad (2)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (3)$$

I – ток, измеренный в амперах (А)

U – напряжение, измеренное в вольтах (В)

R – сопротивление, измеренное в Омах (Ом)

Активная мощность в однофазной цепи, потребляемая потребителем или потери в проводнике определяется из выражений:

$$P = U * I \quad (4)$$

$$P = I^2 * R \quad (5)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (6)$$

Если ток измеряется в амперах, напряжение в вольтах, а сопротивление в омах, мощность измеряется в ваттах (Вт). 1000 ватт равны одному киловатту (кВт). Так как в большинстве случаев мощность измеряется в киловаттах, удобнее напряжение перевести в киловольты, при этом формулы (4) и (6) остаются в силе. 220 В – это 0,22 кВ, 380 В – 0,4 кВ (в прикидочных расчетах эта величина более удобна, чем 0,38 кВ).

Активная мощность – это мощность, которую потребляет чисто нагревательная или осветительная (при условии использования только ламп накаливания) нагрузка. Любая двигательная нагрузка (электронасосы, холодильники, кондиционеры и т.п.) потребляет также и реактивную мощность. Полная мощность – это геометрическая или векторная сумма активной и реактивной мощности, абсолютная величина которой определяется из выражения:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ или} \quad (7)$$

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (8)$$

S – полная мощность

Q – реактивная мощность

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности

Если нагрузка чисто активная,  $\cos \varphi = 1$ . Среднее значение  $\cos \varphi$  большинства бытовых потребителей находится в пределах 0,6 – 0,85.

Полная мощность измеряется в вольтамперах (ВА) или киловольтамперах (кВА), реактивная мощность – в вольтамперах реактивных (ВАР) или киловольтамперах реактивных (кВАР).

Современная система учета мощности на всех уровнях построена таким образом, что учитывается только активная мощность, так как выработка реактивной мощности не требует затрат топлива и потребление ее не приносит результата потребителю. Но реактивная мощность при перегоне по электрическим сетям вызывает дополнительные потери, и пренебрегать ей нельзя.

Выше приведены соотношения для мощностей в однофазной сети. В трехфазной общая активная мощность определяется выражениями:

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad (9) \text{ для симметричной нагрузки}$$

$$P = U_a \cdot I_a + U_b \cdot I_b + U_c \cdot I_c \quad (10) \text{ для любой нагрузки.}$$

$U_a, I_a, U_b, I_b, U_c, I_c$  - токи и напряжения фаз А, В, С.

Формула (9) применима только для отдельных трехфазных двигателей. Для бытового сектора должна применяться формула (10).

Аналогичны расчеты для полной и реактивной мощности.

Активное сопротивление провода определяется из выражения:

$$R = \rho \frac{L_{\text{п}}}{S_{\text{п}}} \quad (11)$$

$\rho$  - удельное сопротивление провода. Для меди составляет 0,017 Ом\*мм<sup>2</sup>/м, для алюминия – 0,029 Ом\*мм<sup>2</sup>/м

$L_{\text{п}}$  – длина проводника, измеренная в метрах

Sp – сечение проводника, измеренное в квадратных миллиметрах.

То есть, сопротивление одного погонного метра алюминиевого провода сечением 35 мм<sup>2</sup> составляет:

$$R_{\text{п}} = 0,029 \frac{1}{35} = 0,0083 \text{ Ом}$$

Для 10 метров эта величина будет составлять 0,0083 Ом, для 100 м – 0,83 Ом, для 16 метров (стандартный фасад участка) – 0,13 Ом

Далее проведем конкретные расчеты для упрощенной схемы (три потребителя). Воспользуемся простейшим средством - [таблицей Excel](#). Алгоритм, правда, до ума не доведен, так что, по крайней мере, для трехфазного питания расчеты будут приблизительными.

В этой таблице не закрашены редактируемые поля. Можно ввести конкретные длины линии, сечения провода, нагрузки и получить напряжение у конкретного потребителя.

Здесь расчеты приведены для трех сосредоточенных потребителей, могу подкорректировать таблицу для большего (в разумных пределах) числа, но только с конкретным указанием схемы их размещения по расстояниям и по фазам.

Одиночный однофазный потребитель мощностью 5 кВт на напряжении 220 В (0,22 кВ) потребляет ток 22,7 А (следствие формулы (5)). В том случае, если он запитан от одной фазы линии, выполненной алюминиевым проводом сечением 35 мм<sup>2</sup> и расположен на расстоянии 100 м от источника питания, потери напряжения для этого потребителя составят:

$$\Delta U = I * R_{\text{п}} = 22,7 * 0,083 * 2 = 3,77 \text{ В}$$

Потери садоводческого товарищества составят:

$\Delta P = I^2 * R_{\text{п}} = 22,7^2 * 0,083 * 2 = 85,6 \text{ Вт}$  или в течение 10 часов при тарифе 2 руб/кВт-ч – около 1 р. 70 к.

Коэффициент 2 в обеих формулах учитывает сопротивление прямого и обратного провода.

Эти потери приведены для активной нагрузки. При смешанной активно-реактивной нагрузке ток увеличится в  $\frac{1}{\cos \varphi}$ , то есть, в 1,2 – 1,7 раза. Соответственно вырастут потери напряжения и мощности.

Если же расстояние составляет 1км или 1000 м, потери потребителя составят 37, 7 В (то есть, вместо 220 на ТП он получит 182 В, а С/т за 10 часов выплатит лишних 17 р. Еще в два раза вырастут потери напряжения и в четыре раза потери мощности при увеличении мощности до 10 кВт.

При замене провода 35 мм<sup>2</sup> на 95 мм<sup>2</sup> потери для потребителя при потребляемой мощности 5 кВт снизятся до 13, 9 В, а садоводческого товарищества – до 315 Вт.

В том случае, когда к одной линии подключены несколько потребителей, расчет несколько усложняется. Рассмотрим простейший пример. От однофазной сети (или от одной фазы трехфазной сети) питаются три потребителя.

Первый потребитель расположен в 100 метрах от ТП и потребляет 10 кВт, второй – в 500 метрах и потребляет 5 кВт, третий – в 1000 метрах и потребляет 5 кВт, напряжение у третьего потребителя будет составлять 156 В.

Особенно большое влияние на него будет оказывать второй потребитель, который также удален от ТП. При повышении потребляемой им мощности до 10 кВт напряжение у третьего потребителя упадет до 137 В.

Наиболее оптимально питание потребителей от трех фаз. При том же потреблении напряжение (10/5/5 кВт) у третьего потребителя составит почти 188В. И повышение потребления у второго потребителя до 10 кВт снизит напряжение у третьего не на 20 В, а всего лишь на 10.

Кстати, расчет для нагрузки, распределенной по трем фазам, довольно примерный. Экономия при неравномерной нагрузке будет чуть ниже, но все же достаточно заметной.

**Итого:** самым оптимальным малозатратным средством является равномерное распределение нагрузки по фазам. Особенно это будет эффективным, если три мощных потребителя находятся на «хвосте» длинной линии. Хороший результат даст трехфазное подключение мощного удаленного потребителя. Там – его проблемы, как оптимально распределить нагрузку по фазам.

Следующее решение – снижение реактивной составляющей нагрузки. Это существенно, когда преобладающая нагрузка – кондиционеры и другие потребителями с электродвигателями. Насколько мне известно, появились бытовые компенсационные устройства, но определенного сказать не могу.

И, наконец, самое радикальное решение – усиление провода. Но если будет проложена торсада 95 мм<sup>2</sup> вместо существующей воздушной линии с переподключением на нее всех потребителей, это удаленному потребителю пользы даст мало. Более оптимальным будет заброс той же торсады до конца воздушной линии и закольцовка их между собой.

Одним из промежуточных вариантов может быть закольцовка воздушных линий, идущих по параллельным улицам. Здесь уж должна сыграть свою роль неодновременность включения потребителей на разных улицах. Но перед тем, как это выполнить, нужно провести предварительный анализ.

Источник: <http://rzdoro.narod.ru/>

## **Автоматика водоснабжения**

*Кравцов Виталий Николаевич*

Если у Вас есть дачный участок, в доме или квартире нет бесперебойного водоснабжения, то эта статья для Вас. Обычно проблему водоснабжения решают путём установки накопительной ёмкости, которую заполняют водой из городской водопроводной сети (когда вода поступает по графику), колодца или водозаборной скважины. Наполнение осуществляют через вентиль от водопроводной сети или с помощью насоса, установленного в колодце или скважине.

Для автоматизации заполнения накопительной ёмкости используются схемы управления, состоящие из сигнализаторов уровня и дополнительных реле, пускателей, кнопок и т.д., обеспечивающих удобство в эксплуатации. Накопительную ёмкость необходимо оснастить контрольными электродами (механические устройства типа поплавков с микропереключателями автор категорически не советует применять ввиду их низкой надёжности) и подключить их к устройству управления насосом или электромагнитным клапаном. Простейшие устройства управления содержат в своей схеме узлы сигнализаторов уровня и выходные коммутационные элементы.

Схемы управления промышленными насосами всегда конструктивно выполняют внутри щитов автоматического управления, содержащих сигнализаторы уровня в виде отдельных приборов, датчики и сигнализаторы давления, электромагнитные реле и другие элементы автоматики.

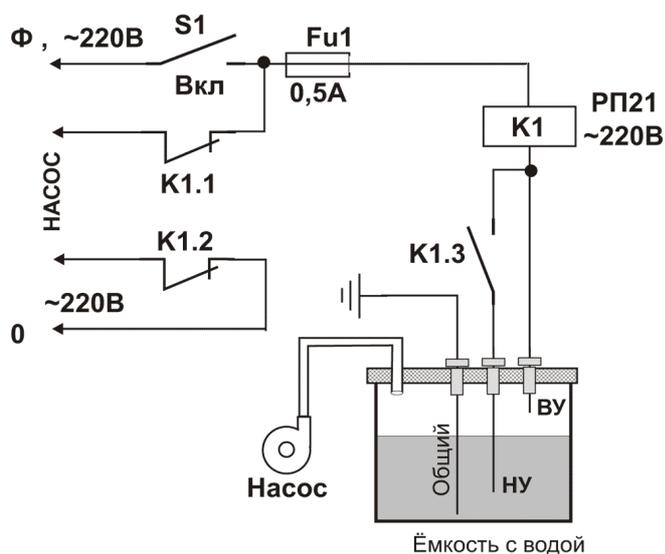
В популярных журналах часто публикуют схемы управления насосами, в которых на контрольные электроды подаётся слабый постоянный ток - такие схемы просты, но имеют очень существенный недостаток: из-за

процесса электролиза на контрольных электродах образуется непроводящая корка и электроды нуждаются в практически ежедневной очистке.

Для исключения эффекта поляризации схема управления должна обеспечивать питание контрольных электродов только симметричным переменным током, не обязательно синусоидальным, в котором отсутствует постоянная составляющая.

Вначале рассмотрим простейшие схемы автоматизации заполнения накопительной ёмкости, содержащие в своём составе элементы сигнализаторов уровня.

Если накопительная ёмкость металлическая и надёжно заземлена, а доступ к контрольным электродам надёжно закрыт, то можно применить простейшее управляющее реле, состоящее из маломощного реле переменного тока на  $\sim 220$  В и выключателя.

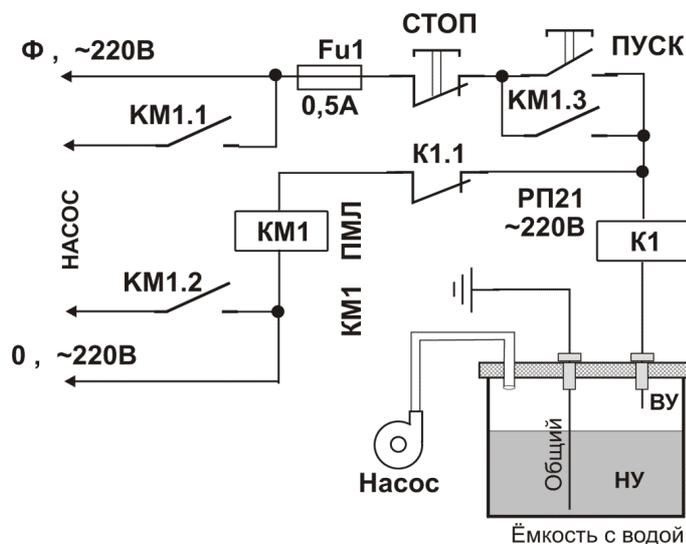


Катушка реле обязательно подключается к фазному проводу сети. В качестве нагрузки этой и описанных ниже конструкций применяется насос для колодца, скважины или электромагнитный клапан (при наполнении от водопроводной сети).

Если любое из представленных устройств будет работать только с клапаном, на водопроводную магистраль желательно установить датчик – реле давления, контакты которого подключаются последовательно с этим клапаном, во избежание перегрева и выхода его из строя при длительном отсутствии воды.

Если замкнуть S1, сразу включится насос, заполняющий накопительную ёмкость водой из скважины или колодца. Как только уровень в ёмкости достигнет верхнего (ВУ), сработает реле K1 и своими контактами

заблокируется на контрольный электрод нижнего рабочего уровня (НУ), а контактами К1.1, К1.2 отключит насос.



При разборе воды из ёмкости уровень начинает снижаться, и как только он достигнет нижнего рабочего, реле К1 отпустит, насос включится и будет работать пока ёмкость не наполнится.

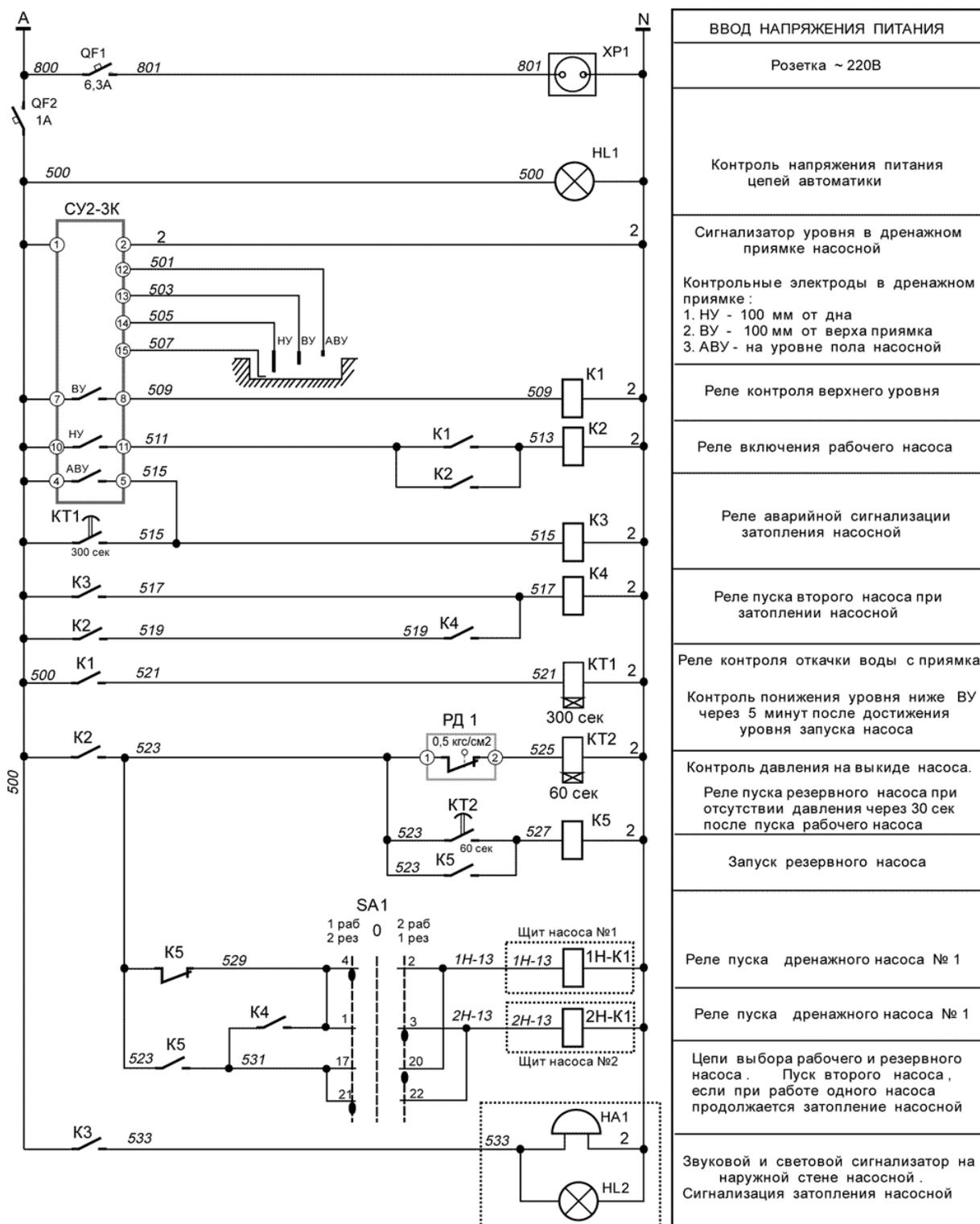
Схема хороша своей простотой и надёжностью, но работоспособна только с маломощными реле и, соответственно, с маломощными насосами. Выходную мощность устройства можно повысить, добавив в схему пускатель, также для удобства в эксплуатации в схему добавлены кнопки ручного пуска и останова насоса, что позволяет вручную запустить насос, когда накопительная ёмкость ещё не опустела - после заполнения насос отключится автоматически.

Также после автоматического пуска насоса кнопкой "стоп" можно его остановить, не дожидаясь наполнения ёмкости. Схемы сколь просты, столь и опасны - на электроды подаётся переменное напряжение 220 В, что может привести к поражению электрическим током. Ниже рассказывается, как снизить напряжение до безопасного уровня:

В отличие от ранее приведённых схем, предлагаемая ниже автоматика имеет на контрольном электроде напряжение, не превышающее 5 В, что абсолютно безопасно.







Если через 5 минут уровень в приемке не упал ниже верхнего, т.е. насос не откачивает - включается звуковая и световая сигнализация. Если всё нормально, через 1 мин после пуска включается контроль давления воды на выкиде насоса. Если давление воды недостаточно или отсутствует - рабочий насос отключается и включается второй - резервный.

В случае, когда давление на выкиде рабочего насоса нормальное, а уровень в приемке растёт и достигает верхнего аварийного - с помощью реле К4 включается одновременно с первым и второй насос, обеспечивая двойную производительность. По окончании цикла схема приводится в исходное состояние.

Описание схемы дано с целью показать всю сложность возникающих ситуаций. В домашних устройствах также желательно предусматривать развитие нештатных ситуаций, но схему лучше строить с применением электронных компонентов, как гораздо более доступных для большинства пользователей.

Источник: <http://kravitnik.narod.ru/>

## **Заметки про оборудование для промышленной автоматизации**

### **Старое и новое**

Развитие техники и электроники очень сильно сказывается на характеристиках оборудования. Применение микропроцессорной техники позволяет расширить функционал любого прибора. Появляются возможности, о которых 10 лет назад можно было только мечтать. Серьезно изменяются и габариты техники. В качестве примера фото двух самописцев - КСУ2 и Альфалог.



*Альфалог и КСУ2*

К сожалению уменьшение размеров привело к широкому внедрению пластмасс, и Альфалог кажется более хлипким. Как он поведет себя в процессе эксплуатации покажет время.

### **Блоки питания**

Источник питания - очень важная часть любой электронной системы. От качества работы блока питания может зависеть работа оборудования. Традиционные линейные источники питания с понижающим трансформатором постепенно уходят. На смену им идут импульсные блоки питания. Они характеризуются в первую очередь, малыми габаритами и высокой удельной мощностью.

Фирма ОВЕН в линейке своей продукции имеет несколько моделей блоков питания, для работы в промышленных системах. Они отличаются мощностью, выходным напряжением, количеством каналов. Выполнены в ступенчатом корпусе, для монтажа на DIN рейку.



БП15Б-Д2

Блоки питания линейки БП15Б-Д2 имеют мощность 15 Вт. Соответственно выходной ток этих изделий зависит от значения напряжения. Чем оно меньше, тем соответственно выше ток. Для модели на 24В ток составляет 0.63А, для модели на 5В - 2А. Такой мощности хватает для питания датчика, либо небольшого электронного прибора. Входное напряжение БП15-Д2 может быть как переменного от 90 до 264В, так и постоянного тока от 110 до 370В. Выходное напряжение, в зависимости от модели, может быть от 5 до 60В.

Блок питания выполнен в ступенчатом корпусе, для монтажа на DIN рейку.



Корпус БП15Б-Д2

Вскрытие блока питания показало малое количество деталей. Основу блока питания составляет интегральный преобразователь TOP244YN производства Power Integration. Этот элемент объединяет в себе практически всю входную часть блока питания. Применяемый вариант позволяет создавать источники питания с выходной мощностью до 65Вт (при наличии вентиляции). В микросхеме реализованы необходимые функции защиты.

Следует отметить, что выходная часть (после трансформатора) отличается от типовой схемы применения TOP244 наличием дополнительного регулятора. Выходное напряжение такой конструкции зависит от параметров трансформатора, поэтому перестроить блок питания на другое напряжение сложно.



Плата БП-15Б-Д2

БП15Б-Д2 оказался очень простым по конструкции. Используемые элементы имеют приличный запас по мощности. По подобной же схеме реализованы блоки питания и в технологических приборах ОВЕН .

### **Siemens LOGO!Power**

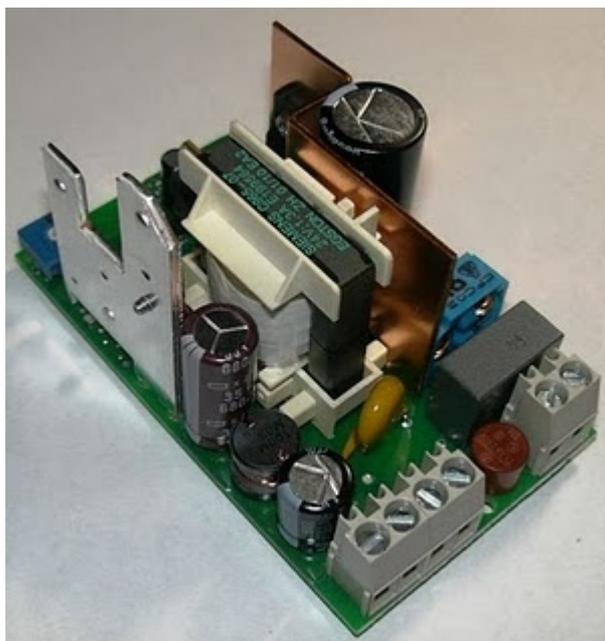
Блок питания Siemens LOGO!Power создан для совместной работы с элементами программируемого реле LOGO!, имеющими напряжение питания 24В. Корпус блока питания предназначен для монтажа на DIN рейку и имеет тот же самый дизайн, что и основные модули LOGO! Несмотря на то, что каждый полюс выходного напряжения имеет по две клеммы, блок питания является одноканальным. Входное напряжение может быть только переменным, в диапазоне 85-264В. По выходному напряжению существуют модели на 5,12,15 и 24В постоянного тока. Наибольшее применение находят модели на 24В. В линейке LOGO!Power их две, отличающихся шириной и выходным током 1.3 и 2.5А.



LOGO!Power

В процессе эксплуатации данные блоки питания показали себя как очень надежная техника. Они имеют встроенную защиту от перегрузки. Был случай когда один из заказчиков прибежал с большими глазами и начал рассказывать, что чего они только не делали, а блок работает.

У LOGO!Power закорачивали выход, садили на землю, заливали корпус водой, подключали большую нагрузку. Но как только все действия прекращались, блок питания опять начинал нормально функционировать.



Внутреннее устройство LOGO!Power

Недостатком LOGO!Power является сравнительно высокая цена, большая чем у многих аналогов со схожими характеристиками.

### **Температурный контроллер DTB4848**

Температурные контроллеры DTB выпускаются фирмой DELTA ELECTRONICS Inc. Их главной особенностью является большой функционал при низкой стоимости. Примерно за 100\$ можно получить то, что другие предлагают за гораздо большую цену. На нашем рынке DELTA является прямым конкурентом московскому ОВЕНу.



*Лицевая панель DTB4848*

Контроллер DTB4848 - представитель линейки температурных приборов DTB. Между собой разные модели отличаются размером корпуса, типами выходов и некоторыми опциями.

Все приборы имеют универсальный вход для подключения стандартных аналоговых сигналов, типовых термопар и термометров сопротивления Pt100. Выхода имеют варианты релейного исполнения, импульсного и аналогового. Всего выходов может быть 4, два из которых технологические, а два предназначены для сигнализации.

В зависимости от конфигурации выходов могут меняться и возможности контроллера. Так например имея два релейных выхода, можно создать систему управления задвижкой по принципу открыть, закрыть. Питание прибора выполняется от сети 220В промышленной частоты.



*DTB4848*

DTB4848 выполнен в варианте для щитового монтажа, с фронтальными размерами 48x48 мм. Корпус DTB4848 очень похож на корпус OMRON CSV5. Но в подобном конструктиве выпускается достаточно много приборов. Качество исполнения неплохое, но по сравнению с OMRON кажется несколько топорным.



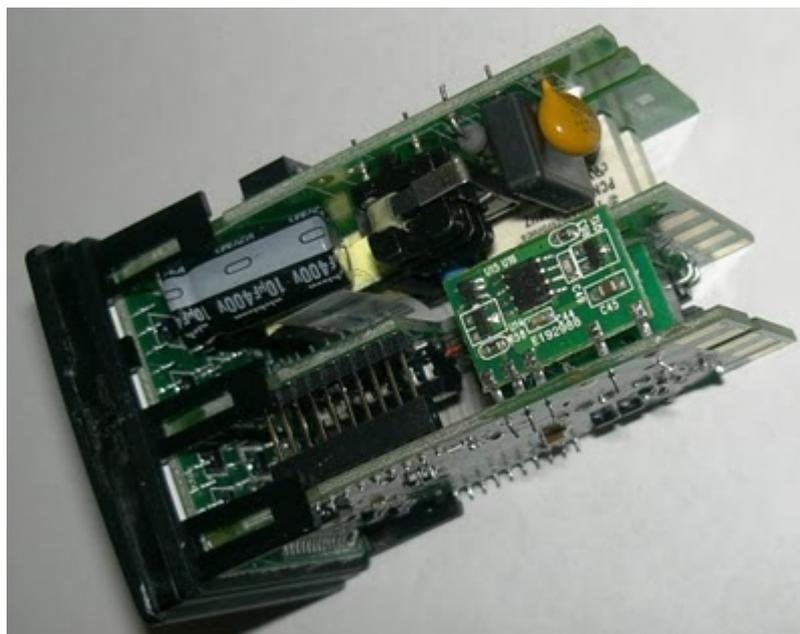
*DTB4848. Вид со стороны клеммника.*

Дисплей двухстрочный, с яркими индикаторами. На верхней строке, красного цвета, отображается значение температуры, либо код параметра в режиме настройки. На нижней, зеленого цвета - значение уставки, либо значение параметра. Недостатком дисплея является малая высота цифр - всего 7 мм, что позволяет воспринимать показания, только вплотную к прибору.



*E5CSV и DTB4848*

Программирование контроллера проблем не вызывает и выполняется аналогично приборам марки ОВЕН. Прибор может работать в следующих режимах: индикатор сигнала, одноконтурный ПИД-регулятор, двухконтурный ПИД-регулятор для нагрева и охлаждения (от одного датчика), ПИД-регулятор для запорной арматуры, с возможностью контроля положения, работа по программе до 8 шагов. Все приборы оснащены интерфейсом RS485 с протоколом MODBUS RTU/ASCII.



*Внутренний вид DTB4848*

Электроника контроллера собрана из на нескольких печатных платах с применением элементов поверхностного монтажа. Качество сборки также неплохое, но опять же внешне оставляет ощущение некоторой топорности.



*"Потроха" DTB4848*

Еще один плюс прибора - наличие русскоязычной документации. Пока температурный контроллер DTB4848 еще не в работе. Как он поведет себя в процессе эксплуатации покажет время. Но подобный функционал, за столь небольшие деньги делает это прибор очень привлекательным в применении.

### **БУСТ - блок управления симисторами и тиристорами**

В линейке борудования ОВЕН, всегда выделялся БУСТ. Расшифровывается как блок управления симисторами и тиристорами. Он предназначен для управления симисторами, или тиристорами включенными встречно-параллельно. Такие схемы в основном используются в

нагревательных приборах - печах работающих на трехфазном токе. Управляется БУСТ токовым сигналом 4-20мА. Для защиты оборудования используются входа от трансформаторов тока.



Работа прибора управляется микроконтроллером. Он выполняет синхронизацию с сетью и определение угла отпирания для трех групп полупроводниковых вентилей. Для индикации уровня мощности используется линейка из 10 светодиодов. Здесь кроется первый недостаток - невозможно определить состояние прибора, так как при включенном питании и отсутствии сигнала ни один светодиод не горит.



Второй недостаток связан с конструкцией прибора. Печатная плата никак не крепится к основанию, только прижимается сверху крышкой. Также хотелось бы иметь возможность крепления на DIN-рейку.



При первом включении прибор заработал сразу. К сожалению один из 8 купленных блоков работал неправильно - при нулевом токовом сигнале, выдавал порядка 10-15% мощности в нагрузку.

В целом отношение к БУСТ не очень положительное, при этом непонятно по чему. Вроде нужный прибор, но что-то в нем не нравится. Буду ждать возможности проверить новые разработки ОВЕН - БУСТ2.

### **Ремонт преобразователя частоты OMRON V7**

Преобразователь частоты V7 фирмы OMRON - компактный преобразователь малой мощности для вольт-частотного управления асинхронными двигателями. V7 простой и надежный агрегат. Но сломать можно все что угодно.

Электрик, производя проверку работоспособности привода "случайно" закоротил шину постоянного тока на вход. В итоге дым, копоть и необходимость ремонта. Поставщики - официальные представители OMRON, в ремонте отказали, ссылаясь на то, что купить новый выйдет почти столько, сколько стоимость ремонта. Да и ремонт могут произвести только в Питере.



*Внешний вид OMRON V7.*

Было решено попробовать отремонтировать его своими силами. После разборки преобразователя неисправной оказалась только силовая часть - выпрямитель и транзисторный блок. Замена этих элементов позволила полностью восстановить преобразователь.



*Разобранный преобразователь.*

Силовые элементы преобразователя оказались выпущенными фирмой Mitsubishi. Выпрямитель припаян к плате под силовым клеммником, что усложнило его демонтаж. Транзисторный блок установлен проще - привинчен винтами к радиатору, а с остальной электроникой соединяется через разъемы.



*V7 - вид сбоку. Черный элемент на радиаторе - транзисторный блок.*



*Транзисторный блок 2.2 кВт. Вид со стороны силовых контактов.*

В результате ремонта была восстановлена работоспособность преобразователя. Затраты на ремонт составили порядка 4 тысяч рублей, что значительно меньше стоимости нового преобразователя.

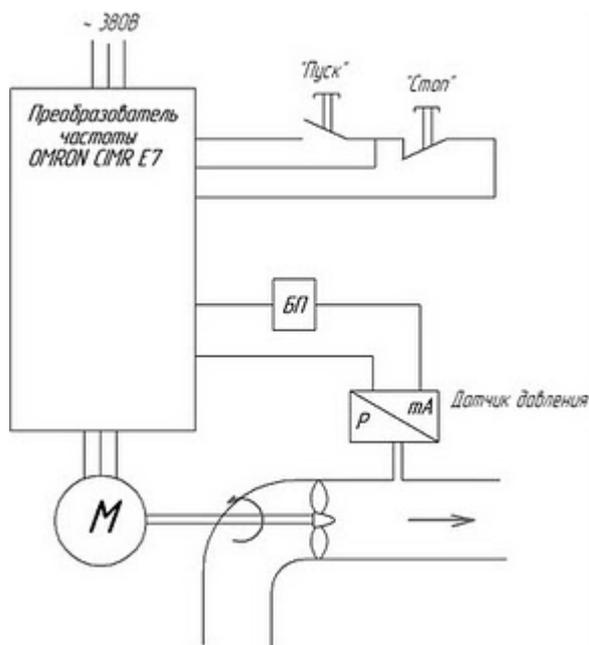
### **Частотный преобразователь OMRON E7 на 160 кВт**

Данный преобразователь работает на предприятии уже три года. Используется для регулирования частоты вращения насоса. При этом частота вращения изменится в зависимости от давления в трубопроводе. Все необходимые функции регулирования реализованы непосредственно в преобразователе.



*Внешний вид OMRON E7*

Сигнал от датчика давления (4-20мА) поступает непосредственно в преобразователь. На основе этого сигнала, электроника частотника формирует значение частоты вращения двигателя. В преобразователе применен ПИ-регулятор, работа которого позволяет держать давление очень точно, в широком диапазоне изменения расходов. Для реализации схем управления, хотелось бы иметь встроенный источник питания на 24-36 вольт для датчиков.



*Структура привода насоса при поддержании давления.*

Е7 оснащен стандартной панелью управления OMRON, со светодиодным индикатором. Панель легкоъемная и преобразователь может работать без нее. Количество параметров индикации традиционно очень большое. В частности можно видеть вход и выход встроенного ПИ-регулятора.

Под панелью находится стандартный разъем RJ-45 для подключения кабеля программирования от ПК. Такое решение использовано в большинстве преобразователей OMRON, но по моему мнению не является оптимальным. В некоторых случаях при настройке частотника с компьютера, хотелось бы контролировать состояние привода и с помощью панели.

Возможность снять панель, позволяет установить ее на некотором расстоянии от преобразователя, например на дверце шкафа. OMRON предлагает специальные кабели для этого, но можно их изготовить и самостоятельно. Для этого надо две стандартных сетевых вилки RJ-45 и кабель UTP-5 нужной длины. Родной кабель имеет длину 2 м, на практике не было проблем и с кабелем в 15 метров.

Использование частотника позволило получить значительную экономию по электроэнергии. У Е7 имеется функция отображения времени наработки и потребленной электроэнергии за это время.

Сравнивая данные с номинальным потреблением одного двигателя, был получен срок окупаемости порядка 9 месяцев. Это при стоимости проекта в 350 тысяч рублей и внутренней цене на электроэнергию в 72 копейки за кВт.

Все три года преобразователь только продувался от пыли и никак больше не обслуживался. За исключением остановов по причине провалов питающего напряжения, проблем с инвертором не было. Кстати можно было использовать функцию перезапуска по пропаданию питания, но по технологическим причинам это оказалось нецелесообразным.

Другие заметки об оборудовании для промышленной автоматизации смотрите на блоге <http://robomake.blogspot.com/>



## [Интернет-журнал Электрик. Инфо – нескучный сайт для электриков и про электриков](#)

На сайте: обзоры интересных электротехнических новинок, уроки и советы от профессиональных электриков, тонкости и секреты, интересные факты из мира электротехники, тематические книги и многое другое.

Адрес сайта: <http://elektrik.info/>

**Светодиодный светильник для потолка типа "Армстронг"**

Сравнение обычного потолочного ЛВО светильника со светодиодным аналогом.

Наступает революционный Век в осветительных приборах. Лучшей универсальной технологией для осветительного оборудования, выбрано на уровне государства, это энергосберегающая светодиодная технология. И появляются технологические новинки, их огромное множество, они заменяют как и обычные лампы накаливания, прожекторы освещения, архитектурную и интерьерную подсветку. Есть решения и для офисов, и в общем, для предстоящего строительства их, с применением экономически выгодных осветительных приборов.

А именно, куда я все клонил, в последнем предложении, это светодиодные светильники, встраиваемые в потолок. Посмотрим, есть ли выгода в ее применении и насколько этот прибор экономичен?

Просмотров: 816 • Подробнее >>>

Делимся опытом, Электрика дома, Про электриков

**Осторожно – электропроводка!**

Статья о том как правильно выбирать

Поиск

Google™  
Пользовательского поиска

Полезное

Подпишитесь на новости этого сайта RSS!!!

56 listeners  
BY FEEDBURNER

Рассылки  
Subscribe.Ru

Электротехническая энциклопедия

ваш e-mail

OK

SUBSCRIBE.RU  
9150

Ссылка: <http://elektrik.info/>

# Современные индукционные нагреватели. Особенности конструкции и применения

*Директор ООО ТД «Мосиндуктор» Кучеров Вячеслав  
Васильевич*

Эта статья предназначена в первую очередь нашим потенциальным покупателям, выбирающим ту или иную модель индукционного нагревателя (ТВЧ установку). Надеюсь, она будет полезна техническим специалистам, которые занимаются эксплуатацией индукционного оборудования.

## Преимущества транзисторных индукционных установок

Современная транзисторная высокочастотная установка индукционного нагрева мощностью 100 кВт состоит из двух блоков, каждый размерами чуть больше прикроватной тумбочки и весит около 150кг.



Габариты и вес индукционного оборудования созданного по новейшим технологиям на транзисторных JGBT модулях и MOSFIT транзисторах во много раз меньше такого же по мощности оборудования на лампах. Это позволяет размещать его на малых площадях и в непосредственной близости с оборудованием последующего производственного цикла.

Транзисторные индукционные генераторы не требуют предварительного прогрева, у них пренебрежимо малая мощность холостого хода. КПД ламповых индукционных установок, как правило, не превышал 60%, транзисторные ТВЧ генераторы в основном имеют КПД более 90%.

Появившиеся вслед за ламповыми ТВЧ установками, генераторы на тиристорах, как правило, занимали нишу достаточно мощных индукционных установок. Предназначенных в первую очередь для нагрева заготовок для

горячей штамповки при кузнечнопрессовой обработке и индукционной плавке металлов.

Как ламповые, так и тиристорные индукционные установки очень требовательны к параметрам выходного колебательного контура, который, как известно, определяется емкостью конденсатора, индуктивностью индукционной катушки и частотой генерации. Частота генерации в предыдущих поколениях индукционных установок если и менялась вообще, то в очень узких пределах. ГОСТ задавал это значение в плюс минус 10%. И поэтому эксплуатационникам приходилось с большой точностью подбирать резонанс индукционной установки с помощью изменения количества витков и диаметра индуктора (индукционной катушки) либо когда это было невозможно, например, в индукционной плавильной печи, с помощью переключения секций конденсаторных батарей.

Однако если учесть, что в процессе индукционного нагрева стали после точки Кюри (около 760°C) теряются ферромагнитные свойства, то становится понятно, что внесенная нагреваемым металлом в индукционную катушку дополнительная индуктивность постоянно меняется. И для поддержания максимального КПД всей системы в процессе нагрева необходимо непрерывно менять емкость конденсатора или, вывод напрашивается сам собой, изменять в широком диапазоне резонансную частоту.

В этом то и состоит главное отличие транзисторных индукционных установок от устаревших ламповых и тиристорных. Современные транзисторные ТВЧ генераторы способны отслеживать и изменять выходную частоту в колоссальном диапазоне частот. Например, предлагаемые ТД «Мосиндуктор» среднечастотные транзисторные ТВЧ установки способны изменять резонансную частоту в 20 раз (2000%)! С 1 до 20кГц!

Это позволяет подключить к транзисторному генератору индукционную плавильную печь и произвести полную плавку на фиксированной емкости конденсаторных батарей. В начале плавки генератор вырабатывает пониженную частоту, а после того как металл постепенно теряет ферромагнитные свойства, частота генерации плавно увеличивается до необходимых значений, таким образом, сохраняя максимальный КПД системы в целом.

Тоже самое происходит при индукционном нагреве стальных (металлических) заготовок в целях пайки, сварки и закалки. Индуктивность системы постоянно меняется, и генератор непрерывно подстраивает под нее рабочую частоту.

Однако, говоря, о КПД всей системы не следует забывать, что даже на современных транзисторных ТВЧ установках общий КПД системы индукционная катушка – деталь или садка в тигле редко превышает 60-70%. Исследования показывают, что, например, при плавке цветных металлов общий КПД редко превышает 30-40%.

Куда же уходит энергия? Дело в том, значительная часть произведенной электромагнитной энергии выделяется в виде тепла в стенках медной трубки, из которой сделаны индукционные катушки и вымывается водой. Некоторая часть энергии рассеивается в окружающем пространстве.

Именно она вызывает у обслуживающего персонала предрасположенность к онкологическим заболеваниям, а на мощных индукционных установках может служить источником сильных электрических наводок на окружающее технологическое оборудование. Попросту говоря, от металлического стола стоящего рядом с индукционным кузнечным нагревателем мощностью 1МВт можно получить солидный удар электрического тока. Конечно, лишь в том случае, если не предусмотрено необходимое экранирование индуктора и заземление стола.

Однако и с этой точки зрения, транзисторные индукционные установки намного безопаснее ламповых. За счет более низкой частоты генерации, которая, как известно, хуже распространяется в пространстве и более низкого и соответственно безопасного рабочего напряжения. Например, выходное напряжение на индукционной катушке у высокочастотных индукционных нагревателей составляет величину около 100В и практически безопасно для эксплуатирующего персонала. Конечно, только в случае надежного заземления установки.

### **Классификация индукционных нагревателей**

Современные индукционные нагреватели классифицируются в первую очередь по рабочей частоте, точнее по диапазону рабочих частот, который определяет и область применения индукционных установок.

#### **1. Среднечастотные индукционные нагреватели (СЧ)**



Как правило, они имеют выходной диапазон частот 0,5-20 кГц. Столь низкая частота определяет область их применения. Это в основном плавка черных и цветных металлов, глубокий нагрев для горячей штамповки, закалка металлов на максимально возможную глубину. Например, закалка крановых колес. Данные индукционные установки имеют максимально возможную глубину горячего проникновения индукционного поля, до 10мм от поверхности металла.

Как правило, среднечастотные высоковольтные (СЧВ) установки средней мощности имеют выходное напряжение 100-550В и сравнительно небольшие токи 100-200А. Это позволяет нагружать на выход ТВЧ генератора индукционные катушки большой индуктивности с большим количеством витков. Что удобно для изготовления широких индукционных катушек для индукционных тигельных плавильных печей и длинных катушек для индукционных кузнечных нагревателей.

Если необходимо использовать среднечастотную индукционную установку для глубокой закалки деталей и при этом нагрузкой является катушка с небольшим количеством витков, следует включить между ТВЧ установкой и индукционной катушкой закалочный трансформатор. Он понизит выходное напряжение и увеличит ток в индукционной катушке. Если попытаться подключить маловитковую, низкоиндуктивную катушку напрямую к индукционной установке, она не запустится. Большинство закалочных трансформаторов имеют возможность подключения с помощью перемычек различного количества витков, что позволяет получить максимальное согласование с нагрузкой, которой является закалочный индуктор. Следует учесть, что большинство старых закалочных трансформаторов работает на частотах не превышающих 10кГц.

Современные транзисторные среднечастотные индукционные установки, собранные на IGBT модулях, имеют мощность от 5кВт до 5000кВт (5МВт). Как правило, на выходе такой индукционной установки стоит водоохлаждаемый конденсатор или конденсаторная батарея.

Однако в этой группе индукционных нагревателей есть среднечастотные низковольтные (СЧН) установки, работающие на частотах 5-20кГц. Они отличаются тем, что собраны по классической схеме с высокочастотным трансформатором на выходе, конструктивно входящим в саму установку. Они имеют выходное напряжение около 100В и большие выходные токи 3000-10000А. Это позволяет использовать их для закалки деталей с помощью маловитковых индукторов непосредственно без закалочного трансформатора. Эта группа индукционных нагревателей может быть изготовлена с выходной мощностью от 40 до 500кВт. Данные индукционные нагреватели удобно использовать для кузнечных нагревателей с ручной подачей заготовок, нагрева и пайки крупных деталей, сканирующей

(непрерывно-последовательной) термообработки (закалки и отпуска) валов и шестерен большого диаметра.

## 2. Высокочастотные индукционные нагреватели (ВЧ)



Как правило, имеют выходной диапазон частот 20-40 или 30-100кГц. На выходе такой индукционной установки всегда имеется понижающий высокочастотный трансформатор, который следует нагружать на индукционную катушку с количеством витков от 1 до 4. Диаметр индукционной катушки растет с увеличением мощности ТВЧ генератора.

Например, индукционную нагревательную установку мощностью 15кВт можно нагрузить на 4-х витковую индукционную катушку диаметром 40 мм или на одновитковую катушку диаметром 120мм при выходном токе 800А

А установку индукционного нагрева мощностью 80кВт можно нагрузить на четырех витковую индукционную катушку диаметром 60мм или двух витковую катушку диаметром 500мм при выходном токе 3300А.

Современные транзисторные высокочастотные индукционные установки, собранные на IGBT модулях, как правило, имеют мощность от 5кВт до 1000кВт (1МВт).

Глубина горячего проникновения индукционного поля в этом частотном диапазоне составляет 2-3мм. При необходимости дальнейшего нагрева в глубину детали увеличивается время нагрева. Нагрев в этом случае происходит за счет теплопередачи.

Все это позволяет эффективно использовать высокочастотные индукционные установки для поверхностной закалки шестерен, валов и крановых колес. Нагрева деталей перед изгибанием, для пайки резцов, фрез и буровых коронок. Для коллективного нагрева заготовок при горячей штамповке (высадке) болтов. Данные ТВЧ установки с успехом используются для сварки и наварки высокопрочного слоя металла при

восстановлении деталей. Применяются для сварки при производстве прямошовных стальных труб.

На них можно плавить цветные металлы без использования графитовых тиглей и разумеется в графитовых тиглях тоже, однако при этом приходится секционировать параллельные индукционные катушки для охвата нагревом большой площади, сохраняя небольшую индуктивность катушки в целом.

В России высокочастотные индукционные установки мощностью 10-30кВт повсеместно используются для пайки твердосплавных и алмазных наконечников на дисковые пилы. Однако при малой толщине пил, лучше применять ТВЧ установки с частотным диапазоном 100-250кГц и выше с мощностью 5-10кВт.

Высокочастотные ТВЧ установки, пожалуй, являются самыми универсальными в области использования среди всех индукционных нагревателей.

### **3. Сверхвысокочастотные индукционные нагреватели (СВЧ)**



Они имеют выходной диапазон частот от 100кГц до 1,5МГц. Глубина горячего проникновения индукционного поля составляет около 1мм. Исходя из этого их основное назначение поверхностная закалка стальных деталей и нагрев тонких проволок и пластин.

Данные ТВЧ установки хороши для закалки деталей на глубину около 1мм. Столь малая глубина закалки позволяет получить минимальные поводки (деформации) деталей, возникающие вследствие закалочных напряжений. Это особенно важно при малом размере (диаметре) закаливаемых деталей и большой их длине или площади.

СВЧ индукционные установки применяют для закалки длинных осей, и направляющих станков. Только с их помощью можно быстро нагретьдвигающуюся тонкую проволоку или группу проволок. Тонкостенные трубки

и полоски цветных металлов. Сделать филигранную локальную пайку малогабаритных деталей, например, термодатчиков для газовых плит. СВЧ установки мощностью 3,5-6кВт и частотой 500 - 1500кГц оптимально подходят для пайки твердосплавных наконечников на дисковые пилы по дереву.

Сверхвысокочастотные индукционные нагреватели изготавливаются на IGBT модулях и MOSFET транзисторах. Они имеют мощности от 3,5 до 500кВт. Установки большой мощности применяют на профессиональных станах для производства прямошовных стальных труб и труб из цветных металлов.

СВЧ индукционные установки нагружаются на индукционные катушки с количеством витков от 0,5 до 2-х. Интересная особенность. Сверхвысокочастотные индукционные нагреватели средней мощности имеют переключаемое количество входных витков выходного СВЧ трансформатора с целью согласования с количеством витков индукционной катушки.



Выходное напряжение невысокое при больших токах в индукционной катушке.

Для увеличения КПД индукционной катушки за счет возвращения в металл рассеянного в пространстве СВЧ излучения иногда используется концентратор «Флюкстрол»....

### **Органы управления**

Современные индукционные нагреватели обладают достаточно хорошими «мозгами», когда речь идет о системе и алгоритмах управления мощностью и подбором рабочей частоты. Для самого эксплуатационника все выглядит предельно просто. Вы вращаете ручку потенциометра и изменяете выходную мощность генерации в диапазоне от 15 до 100% от максимальной. Меньше 15% мощность не получить, последует срыв генерации, но сам аппарат не даст вам этого сделать.



Так же просто рабочая частота ТВЧ генератора, автоматически подстраивается к новым параметрам колебательного контура, в связи со сменой индуктора или изменением ферромагнитных свойств нагреваемой детали. При включении кнопки «Пуск», генерация ТВЧ энергии происходит даже на пустом индукторе, конечно, если он подходит вашему индукционному нагревателю. Однако мощность при этом ограничена.

ТВЧ нагреватель самостоятельно способен различать находится ли деталь в индукторе и нужно ли сейчас выдавать заданную мощность. Если детали нет, мощность снижается и загорается индикатор «Низкая загрузка» индуктора. Соответственно внося деталь в индуктор, вы вызываете автоматическую подачу заданной мощности. Т.е. в принципе в некоторых скоротечных режимах нагрева индукционную установку можно вообще не выключать.

Одноблочные индукционные нагреватели мощностью до 30кВт включительно, имеют рабочий цикл 70-80%, это означает, что после нескольких минут нагрева необходимо сделать небольшую паузу для охлаждения оборудования. На самом деле это не вызывает никаких неудобств при обычной эксплуатации, т.к. всегда имеется некоторая пауза при смене нагреваемой детали. Более того, часто на один ТВЧ генератор нагружают два высокочастотных трансформатора для организации сразу двух рабочих мест по пайке или закалке деталей, ибо время замены деталей может быть намного больше времени самого нагрева.



Более мощные модели всегда имеют вынесенный в отдельный блок высокочастотный водоохлаждаемый трансформатор. В таком трансформаторе охлаждается водой многовитковая первичная и многорядная вторичная обмотки, а так же охлаждается ферритовый сердечник, как снаружи, так и изнутри. На таком трансформаторе, как и в ТВЧ генераторе, обязательно стоит отдельный сильфонный датчик давления воды, срабатывание, которого приводит к выключению всей установки.

Современные индукционные установки, как правило, оборудованы «Умным таймером». Это 3-х секционный таймер «Нагрев» – «Выдержка» – «Охлаждение». Время устанавливается вручную и составляет на СВЧ нагревателях – 0,1-9,9 секунды. На ВЧ нагревателях 1-99 секунд. И на СЧ нагревателях 10-999 секунд. Цифровой таймер отсчитывает время в каждом из режимов.

Мощность или ток в индукторе, генерируемые в режимах «Нагрева» и «Выдержки» устанавливаются с помощью 2-х потенциометров и контролируются с помощью табло цифрового индикатора. Режим «Охлаждение» не имеет установки мощности и необходим для отсчета выдержки в некоторых технологических режимах термообработки.

Использование «Умного таймера» позволяет легко изменять режимы термообработки при большой номенклатуре нагреваемых деталей. А так же обеспечивает высокую воспроизводимость термообработки одинаковых деталей.

В стандартном режиме, цифровой дисплей, расположенный на панели управления, показывает выходной ток. Что бы вызвать показания выходной мощности или частоты необходимо нажать соответствующие кнопки.

Имеются три режима работы. Первый запуск и выключение от кнопки «Пуск» и кнопки «Стоп» или педали. Второй полуавтоматический, нажатие кнопки «Пуск» или педали включает «Умный таймер». Таймер отработывает цикл и выключается. Третий режим полностью автоматический, когда таймер запускается, отработывает программу и запускается вновь.

Есть два вида стабилизации режимов нагрева, «Стабилизация тока» и «Стабилизация мощности». По нашим наблюдениям «Стабилизация тока» хороша для сканирующей закалки, а вот «Стабилизация мощности» позволяет прибору поддерживать максимальную мощность, что особенно хорошо при глубоком нагреве для горячей штамповке.

Индукционные установки имеют стандартный интерфейс для подключения инфракрасных термодатчиков с целью автоматического

регулирования температуры детали или отключения генерации при достижении требуемой температуры.

Современные индукционные нагреватели оборудованы многоступенчатой системой безопасности и защиты от перегрузок.

Индукционные установки автоматически выключаются при:

- Пропадании одной фазы.
- Превышении входного напряжения свыше 440В.
- Превышении и недостатке напряжения внутреннего выпрямителя.
- Превышении тока внутреннего выпрямителя.
- Превышении входного и выходного тока.
- Срабатывании датчиков системы многоточечного контроля температуры.
- Понижении входного давления воды.

Загораются индикаторы при:

- Подаче питания на установку.
- Включении высокочастотной генерации.
- Высокой или низкой частоте на выходе, из-за плохого согласования с индуктором. Автоматически уменьшается выходной ток.
- Низкой нагрузке индуктора, переход в экономичный режим.

В целом органы управления имеют интуитивный алгоритм работы и позволяют быстро обучить управлению индукционной установкой рабочих низкой квалификации.

### **Надежность и ремонтпригодность**



Как правило, все, что вы можете придумать в области индукционного нагрева, давно уже серийно производится в КНР для всего мира и ждет вас на складе компании производителя.

Современные китайские индукционные нагреватели имеют отличное качество монтажа и высокую надежность. В оборудовании, поставляемом на экспорт, применяется элементная база японских, тайваньских и китайских

производителей. Собранные платы обязательно тестируются. Полностью готовые индукционные установки проходят серьезный выходной контроль на длительную работоспособность.

По отзывам предприятий давно эксплуатирующих китайские индукционные установки, наработка на отказ в среднем составляет около 7-8 лет непрерывной эксплуатации.

Обычно китайские производители, охраняя свои секреты, стирают маркировку с микросхем. Поэтому единственно возможным способом ремонта является блочный ремонт, при котором меняется плата в сборе. Сервисный центр ТД «Мосиндуктор» располагает полным комплектом ремонтных плат для каждого, поставляемого нами индукционного нагревателя. В случае, если необходимая для ремонта деталь отсутствует на нашем складе, наши китайские партнеры в течение одной недели обеспечивают ее доставку почтой DHL к нам в Апрелевку.

Индукционные нагреватели согласно действующему законодательству не нуждаются в сертификации. Нет необходимости получения разрешения на излучения, как на радиопередатчики. По желанию клиентов, ТД «Мосиндуктор» выдает копии отказных писем «Всероссийского научно-исследовательского института сертификации» (ОАО ВНИИС) г. Москва о том, что данная продукция не сертифицируется.

## **Системы охлаждения**

### **Охлаждающая жидкость (вода)**

Думаю, излишне разьяснять насколько важно для нормальной работы ТВЧ установки обеспечение ее хорошего водоснабжения. Важен не только химический состав охлаждающей воды, огромное значение имеет давление и хорошая фильтрация. В современных индукционных установках настолько велик уровень концентрации выделяемого тепла, что они не могут и нескольких секунд проработать без эффективного охлаждения водой!

Наш опыт гарантийного обслуживания более 40 индукционных установок показывает, что единственной причиной плохой работы и выхода из строя, поставленных нами нагревателей, послужило неправильное отношение наших клиентов к системе водяного охлаждения. Таких отказов было два.

Один индукционный нагреватель был долгое время залит водой, что вызвало пробой блока конденсаторов в количестве 180шт. Гарантийный ремонт был произведен за одни сутки. Клиенту даны рекомендации туже затягивать струбины трубок ввода воды.

У второго нагревателя, вследствие попадания в систему охлаждения куска трубных соляных отложений размером 5-7мм, был забит подвод воды к радиатору охлаждения 2-х мощных IGBT ключей в блоке ТВЧ генератора, что вызывало периодический перегрев и отключение нагревателя по сигналу многоточечных термодатчиков системы контроля температуры. Причем дефект появлялся на длительных режимах нагрева, но исчезал при нагреве коротком. После диагностирования дефекта, кусок отложений был удален специалистами ТД «Мосиндуктор». После просушки оборудования работоспособность была восстановлена. Клиенту даны рекомендации установить на вводе воды сетчатый магнитный фильтр.

Наши китайские партнеры, поставщики индукционных нагревателей обращают особое внимание на качество охлаждающей воды. Ими приводится линейка ухудшающегося качества воды. Вот она, начиная с лучшей.

Дистиллированная – водоподготовленная с удалением до 90% солей по технологии обратного осмоса – фильтрованная водопроводная. Запрещается использовать не фильтрованную речную, колодезную, артезианскую – соленую – морскую воду.

В принципе любая вода из этой линейки способна охлаждать индукционную установку, однако чем хуже ее качество, тем быстрее забьется накипью ваш дорогой индукционный нагреватель. Конечно, можно предусмотреть очистку от накипи различными средствами, например лимонной кислотой. Но применение любых разъедающих средств точно не принесет пользы вашему оборудованию. Поэтому дам простой совет, применяйте для охлаждения нагревателей дистиллированную воду. И не обращайте внимания на рекламные лозунги наших конкурентов, о том, что вот на их установках можно применять воду любую. Конкуренты врут, нельзя.

В зависимости от мощности индукционной установки и ваших финансовых возможностей вы можете установить различные системы водяного охлаждения.

### **Самодельные системы охлаждения**

При небольшой мощности нагревателя и малой степени его загрузки можно использовать стандартный пластиковый бак объемом от 200 до 1000 литров и электрический насос, развивающий давление 2-3 атмосферы. Например, для водоснабжения индукционного нагревателя мощностью 60кВт при средней степени его односменной загрузки может хватить бака на 1000 литров и насоса мощностью 1кВт. Если вы увеличиваете производительность оборудования и температура в баке поднимается выше 35-40°C, следует включить в водяную магистраль медный радиатор с

электрическим вентилятором для охлаждения воды. Некоторые наши клиенты применяют для этих целей цеховые водяные калориферы, в них есть и радиатор и вентилятор.

Если предприятие располагает проточной водой, то для охлаждения дистиллированной воды можно использовать пластинчатые теплообменники типа вода-вода.

Конкретный индукционный нагреватель во всех режимах потребляет одинаковое количество воды, поэтому можно просто отрегулировать давление на его входе с помощью байпаса, т.е. водяной перемычки с регулировочным краном.

Для исключения взаимовлияния по давлению и производительности нельзя объединять выходные шланги воды из агрегатов, каждый из них должен идти в сливной бак отдельно.

### **Градирни**



Для охлаждения индукционных установок большой мощности, как правило, используют градирни. Это установки, в которых охлаждение происходит не только за счет теплообмена, но и за счет испарения воды. Для ускорения испарения воды градирни обязательно оборудуются электрическим вентилятором.

Градирни бывают одноконтурные, когда охлаждающая вода одновременно испаряется, и двухконтурные, когда дистиллированная охлаждающая вода течет по замкнутому контуру из медных трубок, а трубки поливаются испаряющейся водопроводной водой.



Двухконтурные градирни дороже одноконтурных, но исключительно экономны по расходу дорогой дистиллированной воды.

При установке градирни в отапливаемом цеху, в нее можно заливать дистиллированную воду. При размещении градирни на улице следует использовать незамерзающую жидкость – антикоррозийный, размагничивающий антифриз на основе диэтанола.

По имеющимся у нас сведениям в России двухконтурные градирни не производятся. По желанию клиентов, ТД «Мосиндуктор» может укомплектовать мощные индукционные установки и индукционные плавильные печи двухконтурными градирнями производства КНР. Градирни имеют различную охлаждающую мощность, которая подбирается соответственно мощности индукционной установки.

При выборе градирни необходимой охлаждающей мощности мы всегда сталкиваемся с несоответствием производительности водяного насоса градирни с потребностью индукционного нагревателя. Производительность по воде градирни намного больше. Причем если уменьшить поток воды через градирню, уменьшится ее охлаждающая мощность. В этом случае бывает полезно замкнуть поток воды от насоса градирни на себя. А для подачи охлаждающей воды на индукционную установку использовать дополнительный насос с нужной производительностью. Такой способ подачи воды, в целях экономии электроэнергии, позволяет установить термодатчик и включать насос градирни после превышения заданной температуры в баке, при постоянно включенном насосе подаче охлаждающей воды на индукционную установку.

## Чиллеры



Чиллером называется автоматический фреоновый холодильник для воды. Чиллер типа Вода-Воздух сбрасывает тепло в воздух цеха или на улицу. Чиллер типа Вода-Вода отдает тепло проточной воде. Фреоновый насос позволяет удалять тепло с большой эффективностью за счет высокой разницы температур в средах. А так же поддерживает температуру охлаждающей жидкости в заданных пределах при любой температуре проточной воды и воздуха на улице или в цеху.

При выборе охлаждающей производительности чиллера следует учитывать, что фреоновый охладитель должен работать не более трети рабочего времени, а вот насос, подающий охлаждающую воду, работает непрерывно. Только в этом случае можно рассчитывать на длительный ресурс работы чиллера.

Установка чиллера типа Вода-Воздух непосредственно в цеху, позволяет использовать выделяющееся тепло для отопления цеха. Использование чиллера типа Вода-Вода позволяет существенно экономить проточную воду.

Из всех известных систем охлаждения, чиллеры являются самыми высокоавтоматизированными агрегатами, но и самыми дорогими.

При выборе чиллера достаточной охлаждающей мощности для системы охлаждения индукционной установки мы сталкиваемся с несоответствием производительности водяного насоса чиллера с потребностью индукционного нагревателя. Как правило, производительность по воде чиллера намного больше. Есть два пути решения этой проблемы. Первый это замена насоса чиллера на насос с меньшей производительностью, что в отличие от случая с градирней, не влияет на охлаждающую мощность чиллера. Второй – установка на выходе насоса байпаса, т.е. водяной перемычки с регулировочным краном.

## Индукционные катушки



Индукционная катушка (индуктор) представляет собой хороший проводник электрического тока, расположенный на небольшом расстоянии от нагреваемой поверхности. Проводником чаще всего служит круглая или прямоугольная медная трубка диаметром от 1 до 50мм, охлаждаемая водой или антифризом. Медная трубка позволяет подводить к нагреваемой поверхности мощность до  $1,5\text{кВт}/\text{см}^2$ . Подвод большей мощности, по утверждению некоторых авторов, приводит к закипанию охлаждающей воды и выгоранию трубки в месте образования пузырьков.



Большое значение для хорошей работы индуктора имеет обеспечение достаточного потока охлаждающей жидкости. Зачастую для обеспечения охлаждения высокоточных индукционных катушек мощных индукционных плавильных печей и индукционных кузнечных нагревателей делается несколько подводов и отводов воды. Увеличение диаметра медной трубки положительно сказывается на увеличении подводимой индукционной мощности. А вот увеличение толщины медной трубки часто бесполезно, т. к. ток в индукционной катушке все равно прижимается к внешней поверхности трубки и не растекается по всему ее сечению из-за скин-эффекта.

При сравнительно небольшой удельной мощности, индуктор может быть выполнен из медной пластины. Например, для нагрева крупных деталей

устанавливаемых в замки с помощью температурного расширения. Это роторы электрических машин и т.п. Для охлаждения медных пластин к ним иногда приваривают медную трубку по центру пластины или зигзагообразно.



Иногда индукционную катушку выполняют из медного кабеля в гибкой жаропрочной силиконовой изоляции. Такой многовитковый индуктор наматывают поверх теплоизоляционного жаропрочного одеяла, одеваемого на стальные трубы, при нормализации сварных швов и предварительном нагреве их перед сваркой. Соответственно на многовитковый кабельный индуктор нагружают только высоковольтные среднечастотные индукционные нагреватели.

Замыкание индукционной катушки, как правило, не приводит к выходу из строя современных индукционных нагревателей, но может вызвать срабатывание защиты по выходному току. А вот самой индукционной катушке может быть нанесен существенный вред, медная трубка прогорает в месте пробоя. Отверстие от прожога следует запаять высокотемпературным медным припоем, с температурой плавления около 900°C, либо заменить весь индуктор на новый.



В случае применения кондукторов (это зажимные устройства для нагреваемых деталей) и при сканирующей закалке, индукционную катушку оставляют без изоляции. А вот если деталь подается в зону нагрева вручную и есть возможность касания индуктора, индукционную катушку следует футеровать жаропрочным материалом желательнее с малой

электропроводностью. Для этих целей применяют плетеную трубку из электрокорундового, кварцевого или глиноземного волокна. Полезно обмазать такую футеровку огнестойким цементом или жаропрочными мастиками.

Возможна футеровка индукционных катушек с помощью керамических втулок, подбираемых по диаметру медных трубок, это позволяет оперативно менять конструкцию индукторов.

Индукторы для коллективного нагрева заготовок при горячей штамповке футеруются специальной смесью из огнестойкого (жаропрочного) цемента и различных наполнителей из электрокорундового песка и волокон. Желательно не допускать попадания на футеровку воды, это приводит к многоточечным пробоям в индукционной катушке и появлению характерного шума. Для устранения этого явления, индукционную катушку следует высушить в муфельной печи при температуре около 300°С.

Сильный шум в индукционной катушке указывает на закипание в ней охлаждающей воды. В этом случае следует увеличить отбор тепла из индукционной катушки с помощью увеличения давления, а лучше за счет улучшения конструкции самого индуктора. Следует увеличить диаметр медной трубки или изменить количество витков индукционной катушки, сделать дополнительный отвод – подвод воды и т.п.

Для изготовления индукционных катушек применяют как круглую, так и прямоугольную медную трубку. Прямоугольные трубки имеют КПД на 2-3% больше, чем круглые. Поэтому на простых индукторах разница между профилем трубки почти не ощутима.



Изготовление простого индуктора совсем не сложно. Набейте отожженную круглую медную трубку просеянным песком или мелкой солью, сплющите ее края и смело навивайте индукционную катушку необходимой вам формы и количества витков. После навивки необходимо отрезать края трубки, тщательно вытрясти содержимое и промыть трубку водой. Иногда индукционную катушку навивают через прокладку на самую нагреваемую

деталь, чаще на оправку. Ведь главное правило изготовления индукционной катушки гласит, что для обеспечения одинакового нагрева, витки должны иметь одинаковый шаг и расстояние до нагреваемой поверхности. Часто бывает нужно обеспечить различную температуру нагрева или деталь имеет переменные сечения. В этом случае варьируют шагом и расстоянием до поверхности детали.

Для изготовления индукторов для индукционных плавильных печей средней и большой мощности, применяют только прямоугольную трубку. Прямоугольную трубку применяют так же при изготовлении индукционных катушек для сканирующей закалки. Такие индукторы часто оборудуют концентратором электромагнитного поля марки «Флюкстрол» или «Ферротрон». По некоторым данным есть материал российского производства под названием «Гаманит», но автору он пока не попадался.



Все эти материалы обладают громадной магнитной проницаемостью и насыщаемостью. Их применение позволяет повысить коэффициент передачи электромагнитной энергии от индукционной катушки в нагреваемый металл на десятки процентов. Однако при работе сам концентратор сильно нагревается. Поэтому, как правило, «П» образный концентратор с целью эффективного отвода тепла, закрепляют на прямоугольной медной трубке с помощью теплопроводной мастики.

В процессе эксплуатации индукционных установок для них постоянно находятся все новые производственные задачи. Их решение возможно только с помощью изготовления различных по конструкции индукционных катушек. И эту важную работу нужно обязательно научиться делать на самом производстве. Конечно, речь идет о сравнительно простых индукторах, например для высокочастотных индукционных нагревателей.

В самих нагревателях предусмотрены индикаторы, сигнализирующие о подключении индуктора с недопустимой индуктивностью. Они указывают на выход рабочей частоты за допустимые пределы. Соответственно при загорании индикатора «Превышение частоты» следует увеличить индуктивность индуктора с помощью увеличения количества витков или

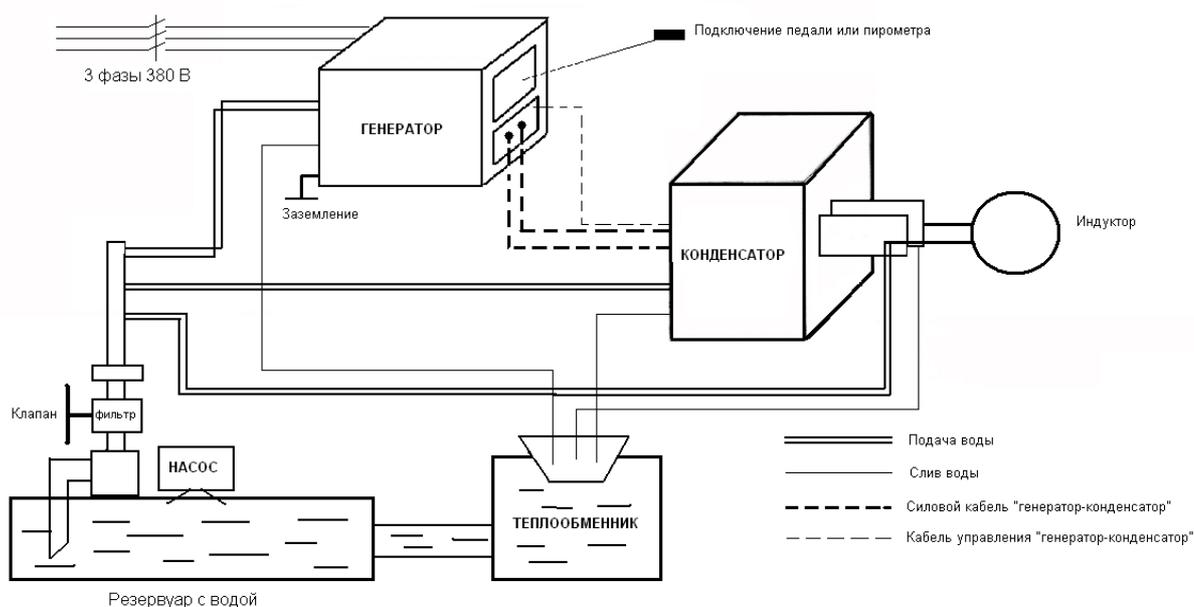
диаметра индукционной катушки. И соответственно сделать все наоборот, при загорании индикатора «Слишком низкая частота».

Когда возникает задача нагрева большой площади или длины заготовки следует применить способ секционирования индукционной катушки. Он заключается в том, что катушки с небольшим количеством витков включаются по 2-3 катушки параллельно. Это позволяет на низковольтном высокочастотном индукционном нагревателе решать задачи, которые под силу высоковольтным среднечастотным индукционным нагревателям.



Тем не менее, для каждого типа индукционных нагревателей существуют определенные ограничения по конструкции индукционных катушек. Автор не ставит целью рассказать обо всех конструкциях индукционных катушек и методиках их расчета в рамках этой статьи. Это просто невозможно. И в руководстве пользователя, прилагаемому к индукционным нагревателям, эта информация крайне ограничена.

### Индукционный нагреватель и его монтажная схема:



## **Полезная литература**

Нужно отметить, что СССР был «Впереди планеты всей» в области индукционного нагрева, собственно наши ученые его и изобрели. А вот после 1988 года автору не попало в руки ни одной новой книги по индукционному нагреву металлов. Однако с 1940 г по 1988 г. в СССР были изданы десятки книги по интересующей нас тематике. Нам удалось собрать библиотеку обо всех областях технологии термической обработки металлов с применением индукционного нагрева токами высокой частоты.

### **Таких как:**

- Физические основы индукционного нагрева.
- Плавка металлов в индукционных плавильных тигельных и канальных печах.
- Плавка и литье сплавов в вакууме.
- Индукционный нагрев металлов для горячей объемной штамповки.
- Автоматические индукционные кузнечные нагреватели.
- Индукционная пайка.
- Поверхностная, сканирующая закалка стали токами высокой частоты.
- Индукционная закалка токами высокой частоты валов и шестерен.

Пожалуйста, обращайтесь к нам, и мы всегда поможем нашим клиентам серьезной методической литературой в любой области применения индукционного нагрева токами высокой частоты.

**Источник:** <http://www.rocinduktor.ru/>

## Школа для электрика. Курс молодого бойца



«Теория без практики мертва, практика без теории слепа»  
Сборник статей  
по материалам сайта «Школа для электрика»  
- <http://electricalschool.info/>

Сборник «Школа для электрика. Курс молодого бойца» состоит из статей, в которых очень простыми средствами и понятным языком изложены базовые основы электротехники, без знания которых не возможно стать настоящим специалистом.

[Ссылка на книгу «Школа для электрика. Курс молодого бойца»](#)



Все предыдущие номера  
бесплатного электронного журнала «Я электрик!»:  
[Архив всех номеров журнала](#)

Редактор бесплатного электронного журнала  
"Я электрик"

**Повный Андрей Владимирович**

Инженер-электрик, педагог-психолог, преподаватель колледжа, создатель образовательных сайтов электротехнической тематики.



Автор и ведущий почтовой рассылки [«Электротехническая энциклопедия»](#), ряда статей, публикаций и электронных книг.

В издательстве "Наука и техника" вышло две новых книги, в которых я принял самое непосредственное участие. Первая книга - "Справочник электрика для профи и не только....".



С. Л. Корякин-Черняк, В. Я. Володин, С. А. Никулин, О. Н. Партала, А. В. Повный  
"Справочник электрика для профи и не только...."  
— Изд. 3-е, перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника, 2011. — 576 с.: ил.

Это уже третье серьезно переработанное издание справочника. Справочник стал более практическим. Появились новые главы по эксплуатации, ремонту и настройке электроприборов, инверторных источников, электрических аппаратов и машин.

Работа с новинками требует новой информации, новых знаний. Поэтому в справочнике сделан упор на рассмотрение новейшей элементной базы для современного электрика. Не обойдены вниманием и традиционные материалы и оборудование.

Материал в справочнике четко систематизирован. Каждая глава — это материалы по отдельному виду электрооборудования. В необходимых случаях глава начинается с определения и небольшой теоретической части, которая позволяет систематизировать свои знания и навыки. Затем идут большие разделы с необходимыми справочными материалами, собранными в таблицы, сопровождаемые необходимыми комментариями.

В конце каждой главы приводится обзор Интернет-сайтов по соответствующей теме, таблица официальных ресурсов сети Интернет основных производителей и продавцов данной продукции.

Справочник предназначен для широкого круга читателей. Он будет полезен как профессиональным электрикам, так и домашним мастерам.

[Содержание книги "Справочник электрика для профи и не только...."](#)

Заказать справочник можно в любом интернет-магазине. Дам пару ссылок:

["Справочник электрика для профи и не только...." на Ozon.ru](#)

[Этот же справочник в интернет-магазине my-shop.ru](#)

Вторая книга называется **"Энциклопедия начинающего радиолюбителя"**. Эту книгу написал я совместно со своим коллегой по колледжу, преподавателем промышленной электроники, автоматики и микропроцессорной техники Сергеем Никулиным.

**Никулин С. А., Повный А. В. "Энциклопедия начинающего радиолюбителя". — СПб.: Наука и Техника, 2011. — 384 с.**



В книге объясняются азы электроники и электротехники. Теоретические вопросы рассказываются в очень доступной форме и в объеме, необходимом для практической работы. Книга учит правильно паять, проводить измерения, анализ схем.

[Содержание книги "Энциклопедия начинающего радиолюбителя" \(zip\)](#)

Ссылки на интернет-магазины для заказа книги:

[Книга на Ozon.ru](#) | [Книга на my-shop.ru](#)

## Контакты

e-mail: [electroby@mail.ru](mailto:electroby@mail.ru)

WWW: <http://electrolibrary.info>

<http://electrolibrary.info/electrik.htm> - Все предыдущие номера бесплатного электронного журнала «Я электрик!»

<http://electricalschool.info/> - Школа для электрика

