

Регулятор хода бесколлекторного двигателя BLMC-SL-40A

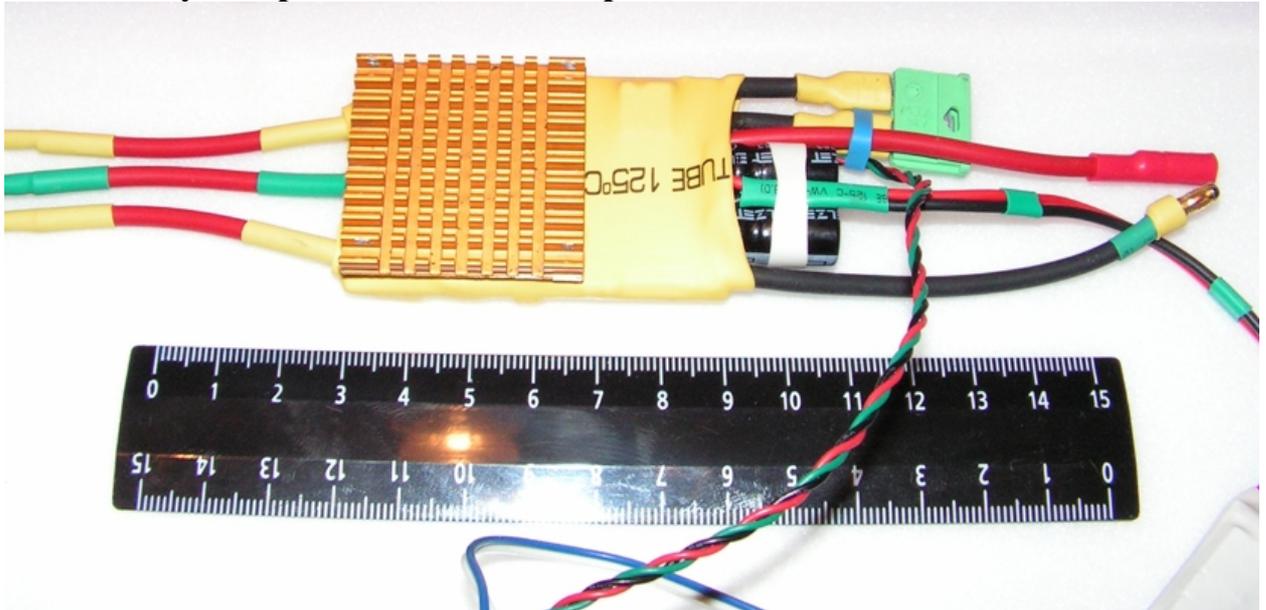


Рис.1

Данный регулятор хода разработан по схеме 1n-1p, что подразумевает использование по одному N и P каналному транзистору на плечо, предусматривает использование опторазвязки по управляющему сигналу. Возможно использование дополнительного внешнего стабилизатора для питания бортовой сети (5В 3А). Изначально рассчитан для использования на дистанционно-управляемых авиамоделях, питающихся от низкого напряжения (до 12В).

Технические характеристики:

Питание: 2-3Li-Po, до 10 банок Ni-Cd (Mh)

Опторазвязка: Есть

Встроенный ВЕС: Нет

Дополнительный ВЕС: Есть 5В 3А (*предусмотрена возможность использования внешнего разъёма, для любого стабилизатора борта, здесь же используется LT1084*)

Размер: длина - 60мм (печатной платы)

ширина - 38мм (печатной платы)

Нагрузка:

3-ёх фазный бесколлекторный двигатель без датчиков, рассчитанный на нагрузку 12*6 и ток потребления длительный 25А максимум. Рекомендуемый режим с радиатором как на верхнем фото, это длительный ток 16А, двигатель 750 оборотов на вольт (Kv 750) 12 полюсов 10-16 магнитов. Максимальный пусковой ток 10А при плавном перемещении стика (ручки газа передатчика) или ручки сервотестера. Максимальный пульсирующий ток 140А в течении микросекунды.

Конкретно данный тип регулятора придуман для планеров, где вес батареи играет большую роль (я как раз отметил в начале, что батарея до 12В), а также важным фактором является быстрая доставка модели на максимальную высоту за определённое время. В таких планерах как раз используются мощные двигатели для работы на нагрузку 11*6 – 12*6, и потребляются большие токи при наборе высоты. Каждый спортсмен идёт своим путём, либо применив двигатель мощный и с большим Kv, либо найдя компромисс между мощностью и оборотами, и следовательно потреблением тока. Ведь модель то по

различным правилам может неоднократно набирать высоту, поэтому я, к примеру, подобрал наиболее подходящий двигатель по тяговым характеристикам, весу и КПД.

Этот регулятор программируемый: Тайминг, тормоз, АКБ.

При включении регулятора и поднятом стике передатчика вверх, регулятор переходит в режим программирования:

- постоянный прерывистый писк (сразу скажу: кто не знает - звук издаёт двигатель)

Далее перемещаем стик в минимум, начинаем настраивать тайминг:

- и слышим (1гудок-30°) - (2гудка-24°) – (3гудка-18°) – (4гудка-12°) – (5гудков-6°) – (6гудков-0°) – (7гудков-автотайминг)

p.s У автора программы для этого регулятора стояла приписка по пункту: «автотайминг вы используете на свой страх и риск»

Чтобы выбрать нужный параметр тайминга вашего двигателя, дождитесь, когда двигатель пропищит нужное количество гудков и поднимите стик вверх.

Далее услышите короткую мелодию, затем переместив стик в минимум - двигатель пропищит нужное количество банок, для Li-Po 2 – 2 раза, для Li-Po 3 – 3 раза. Для Ni-Cd – 1 раз.

p.s При программировании этого регулятора можно заведомо включить какой тип аккумулятора планируете использовать (для этого правится EEPROM), процедура будет описана позже.

Функцию тормоза можно включить, подняв стик передатчика в среднее положение и включить питание регулятора хода, далее выполнить всю процедуру, описанную выше.

p.s Не советую ни на одном регуляторе вообще этой функцией не пользоваться. Так что используете на свой страх и риск.

За основу разработки данного регулятора хода я взял схему отсюда: <http://www.jetcontrol.de/Bastelstube/1n1p.html>

Прошивку на форуме RC-design выложил Томас (СТК), к сожалению, источник прошивки полностью определить не удалось, но потихоньку начали выкладывать регуляторы хода различного исполнения под подобную прошивку иностранцы, но всё равно источника пока нет.

Имеется предыдущая версия этого регулятора, на форуме RC-design известная под названием SL-15 (малогабаритный, для маленьких самолётов управляемых двумя рулевыми машинками) и SL-30 (для планеров и средних электросамолётов).

p.s Я их выкладывал на форуме давно, и SL-30 уже был модифицирован (ВЕС теперь до 2.5А).

Отличие SL-40 от SL-30 кроется в наличии опторазвязки, в цепочках в затворах транзисторов для уменьшения эффекта Миллера, и в дополнительном шунтировании паразитных диодов полевых транзисторов внешними диодами Шотки. Вследствие этого уменьшился нагрев полевииков Р-канала. Изменились формы сигналов на выходах в фазах. По своей форме они стали близки к меандру, который мог бы быть, если бы обмотка мотора была хотя бы единицы Ом. А нельзя забывать, что фактически работаем на КЗ – это - миллиомы. Естественно форма выходного сигнала портится и вдобавок ко всему этому возможен большой сквозной ток. И все новшества, введённые в схему, предназначены для улучшения качества работы регулятора, повышения надёжности, снижения температуры.

Ниже приведены схема и диаграммы работы регулятора (до, и после доработки).

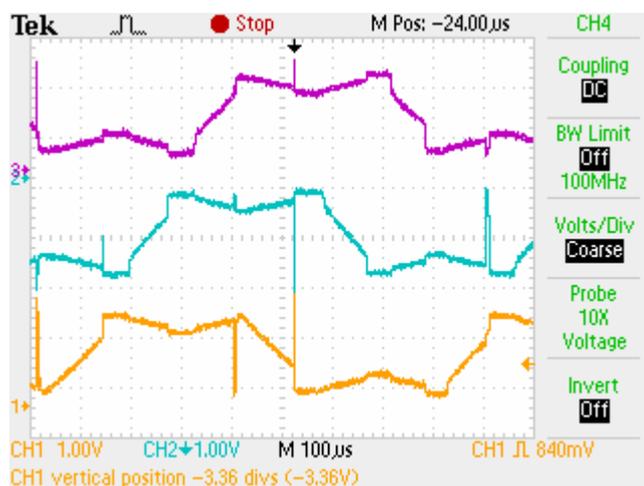
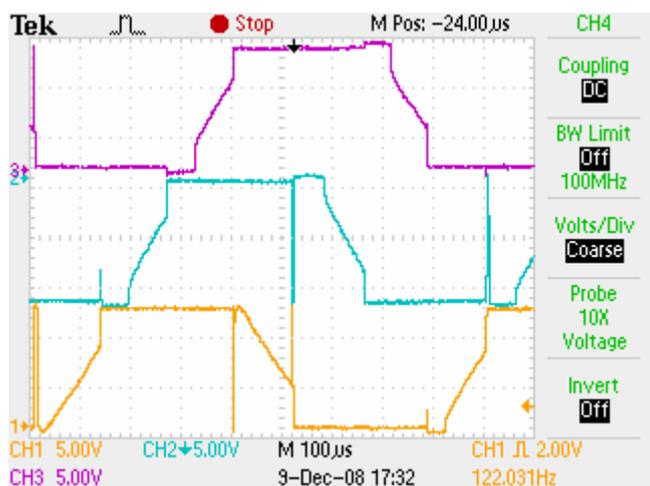
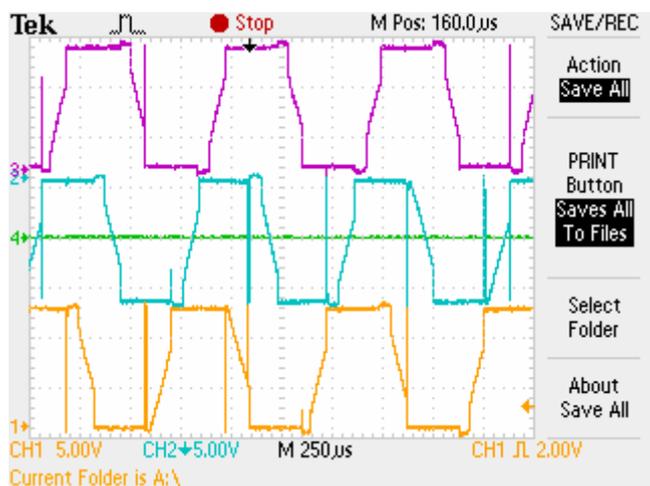


Рис.2

Здесь представлены формы выходного сигнала в фазе, и в обмотках обратной связи, снятые с двигателя при максимальных оборотах.



Ниже на Рис.3 форма выходного сигнала в одной из фаз, и как видно по осциллограмме возможен сквозной ток, что приводит к резкому нагреву кристалла полевого транзистора.

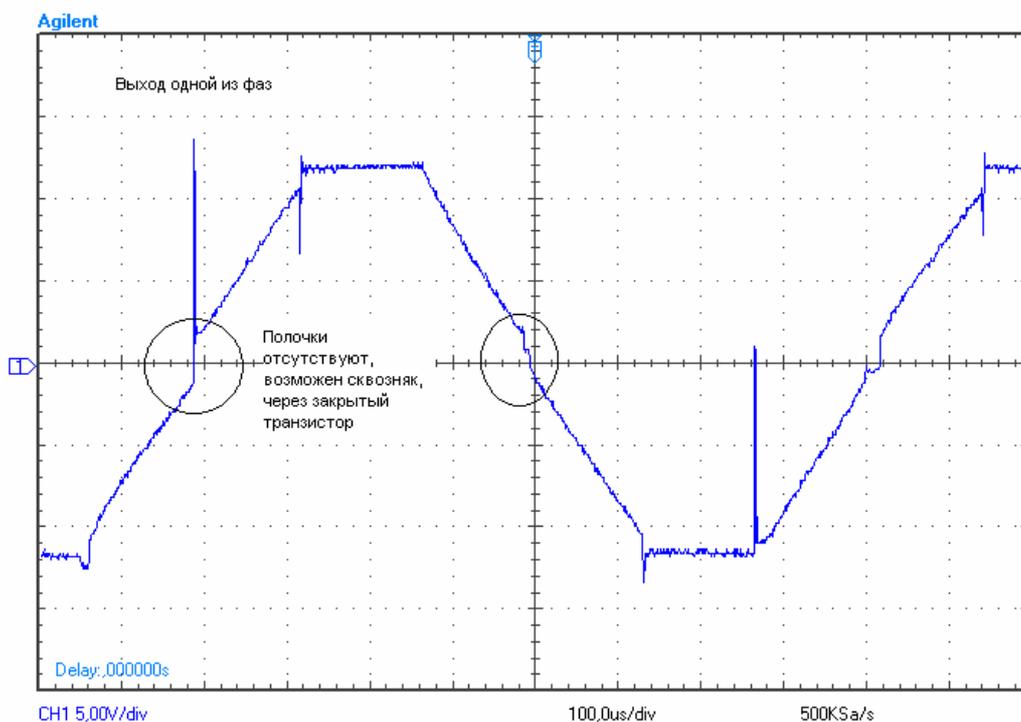


Рис.3

Форма управляющих сигналов на Р-канальном транзисторе, до использования цепочек на подавление эффекта Миллера см. Рис.4

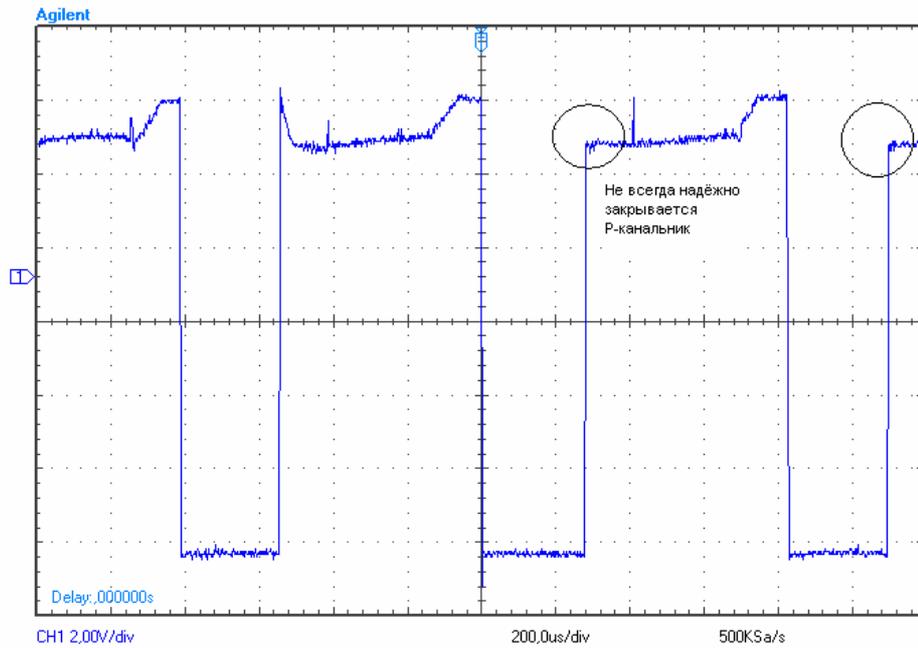


Рис.4

Форма управляющих сигналов на Р-канальном транзисторе, с использованием цепочек на подавление эффекта Миллера см. Рис.5

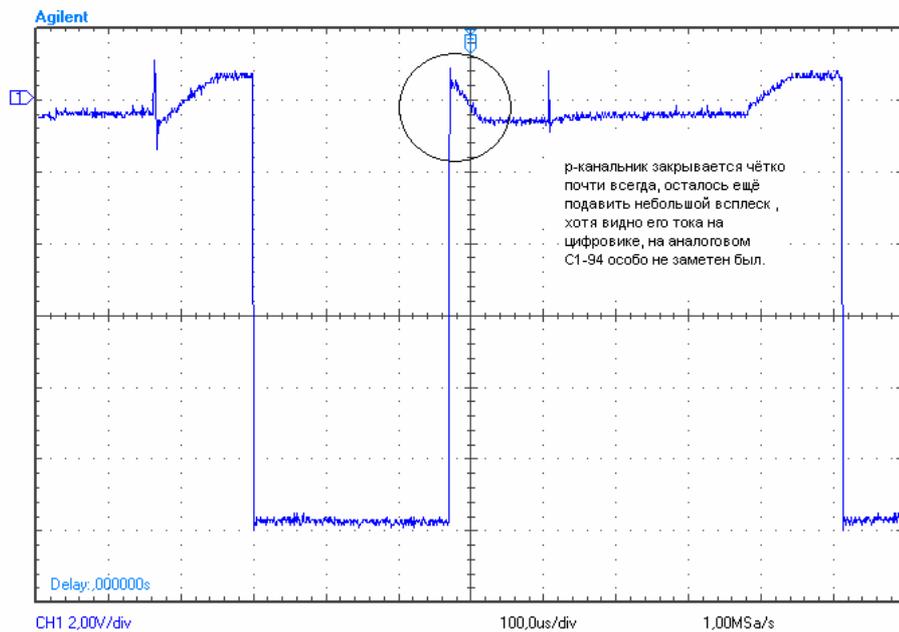


Рис.5

На Рис.6 представлена форма выходного сигнала в одной из фаз, и как видно по осциллограмме возможный сквозной ток минимизирован, благодаря дополнительным шунтирующим диодам (появились полочки и, кстати, немного снизился потребляемый ток).

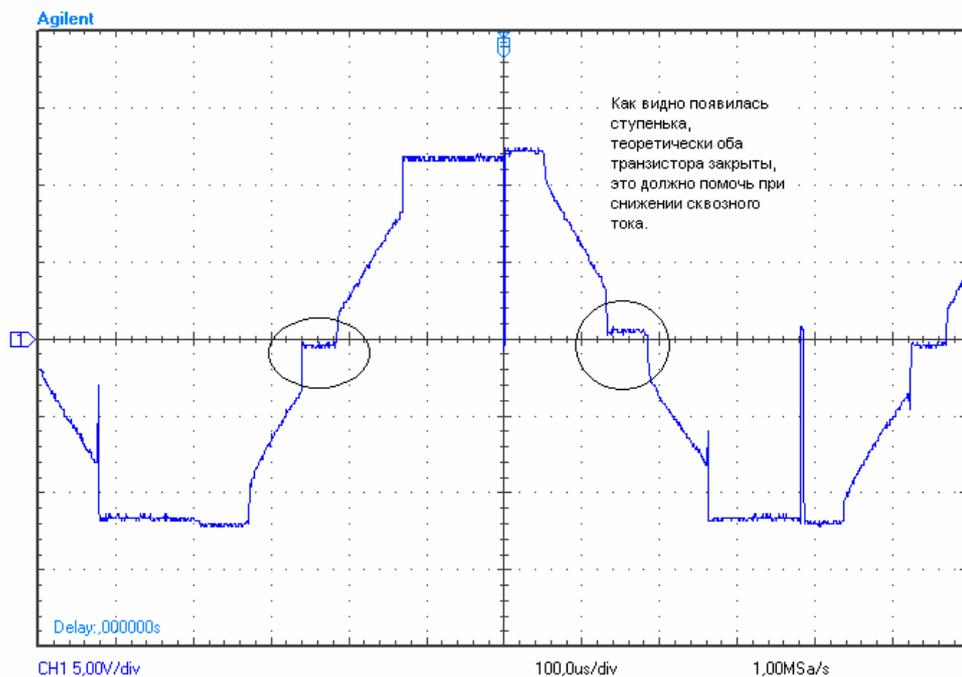


Рис.6

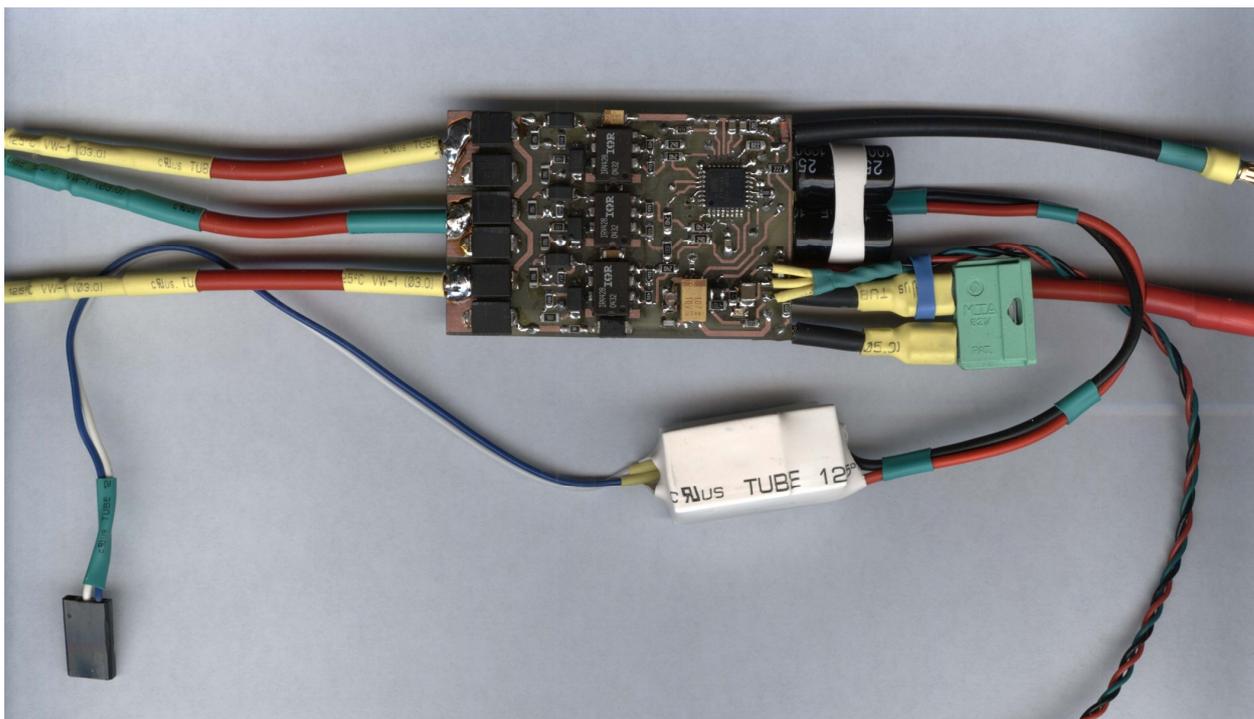


Рис.7

На Рис.7 фото лицевой стороны регулятора при подключенной внешней ВЕС, в белой термотрубке.

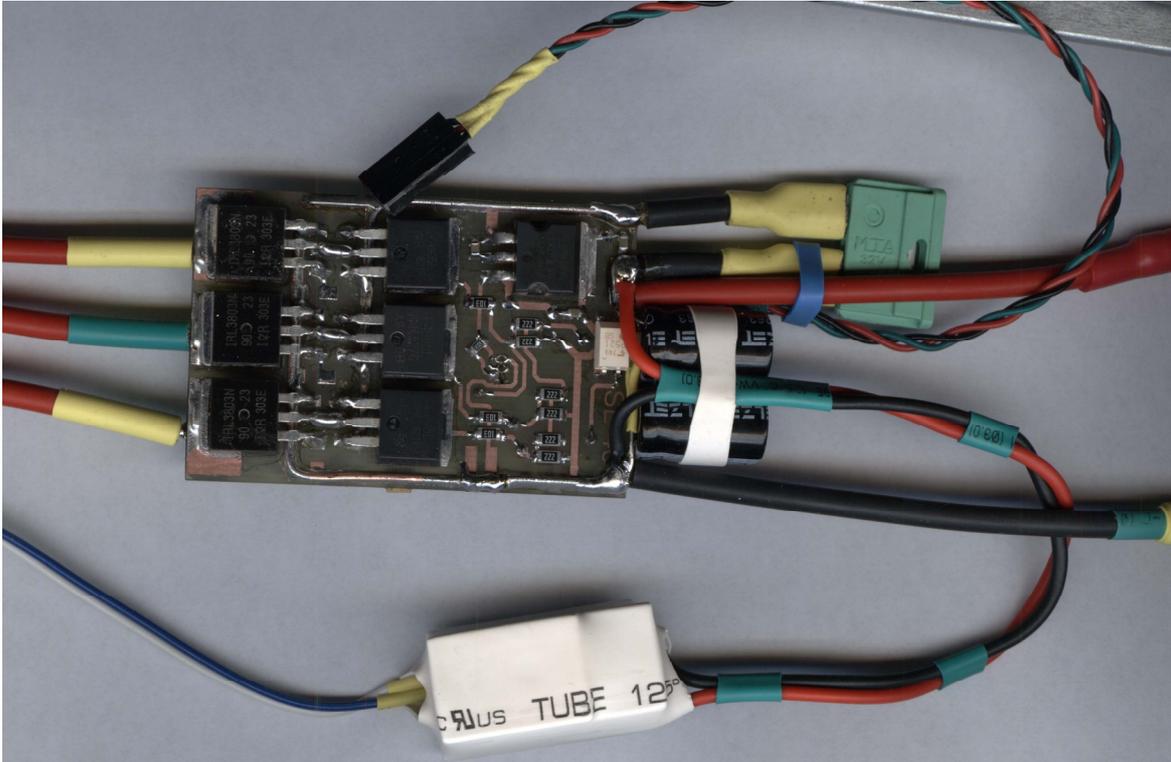


Рис.8

На Рис.8 фото обратной стороны. Сразу бросается в глаза то, что выходной каскад находится на одной стороне печатной платы, это конструктивно выгодно для уменьшения толщины, и, следовательно, требуется только один радиатор. Сам выходной каскад электрически изолирован от основной схемы через предохранитель. Поэтому при выходе из строя не повлечёт никаких печальных последствий.

Кратко о схеме и печатной плате: Как я уже упоминал за основу взята схема с сайта: <http://www.jetcontrol.de/Bastelstube/1n1p.html> только переделанная под драйвера, причём печатная плата спроектирована так что драйвера можно использовать как в DIP так и в SO исполнении. У SO при этом удаляются полностью 1-ая и 8-ая нога, а DIP формируется под пайку поверхностным монтажом. Для чего это сделано? К сожалению не во всех регионах можно достать драйвера под поверхностный монтаж, к тому же мощность, рассеиваемая драйвером в dip корпусе выше, и, следовательно, он надёжнее. На схеме предусмотрен супервизор DA3, его можно не ставить, сбрасываться процессор будет всё равно. Используя эту схему можно сделать ряд контроллеров разного класса мощности, и разного размера, причём по конкурентным с фирменными ценам. А мощные варианты и подавно по качеству многие фирменные превосходят. Резисторы R35,R36 можно не устанавливать, предполагалось изначально использование токовой отсечки. Резисторы R12,R13 с допуском 1%. Светодиоды имитируют включение питания, VD1 – борт, VD3 – силовой аккумулятор. Этот тип регулятора хода, возможно, станет завершающим этапом, так как планируется макетировать, испытывать и изготавливать уже следующий вариант. Сам выходной каскад в принципе упрощённый, взял ещё со схемы Сергея Сороченко (на форуме был интересный вариант регулятора хода на базе AT90S2313 с этими драйверами, очень удачная и грамотная разводка печатной платы).

Конечно, сразу отмечу, если бы был исходник на этот регулятор хода, я бы в принципе порты бы переписал, и разводка была бы гораздо грамотнее (не было бы перехлёстов на плате, а было бы всё параллельно...).

Теперь по поводу самостоятельного изготовления:

1. Изготавливаем плату любым удобным для себя способом, будь то утюг или фоторезист или ещё какой-нибудь.

Проверяем повреждения, либо коротыши. По возможности окультуриваем.

2. Проводим монтаж, сначала шины и транзисторы.

3. Берём любой китайский мультиметр (я думаю, он есть у всех) и проверяем, не перегрели ли транзисторы при установке.

а. Проверяем транзисторы нижнего плеча N каналы. (irl38031 (s)). Включаем тестер в режим диодной прозвонки.

Минусовой щуп ставим на "сток", а плюсовой на "исток". Смотрим на экран, и видим типа 400-500 Ом, это говорит о том что переход (канал сток - исток) жив, и он заперт. Теперь не снимая минусовой щуп со "стока" касаемся плюсовым щупом "затвора" на 1-2сек. и следом сразу касаемся "истока". Мультиметр показывает КЗ, т.е - транзистор открыт. Значит всё в порядке.

Время открытия транзистора зависит от нескольких факторов, к примеру, большая ёмкость затвора, утечки, либо "грязный" текстолит под транзистором (невывытый флюс)... Проводим процедуру для всех транзисторов нижнего плеча.

б. Теперь проводим тоже самое для транзисторов верхнего плеча P-каналы, в нашем случае irf4905, но меняем полярность щупов.

При этом, так как транзисторы IRF4905 не логические, то они могут на КЗ не открыться, значение открытого канала по мультиметру лежит в пределах от 0 до 260 Ом, это нормальное явление, закрытый же 450-560 Ом.

Возможные проблемы: прозванивается на КЗ либо на какое-то сопротивление: "Исток"- "затвор" "Сток"- "затвор", транзистору хана, и его следует заменить. Также может быть пробит "канал" "сток-исток", тоже транзистор заменить! При проверке транзисторов резисторы в цепи затвора быть не должны!

4. Проводим остальной монтаж. При этом следует не торопиться и делать всё аккуратно.

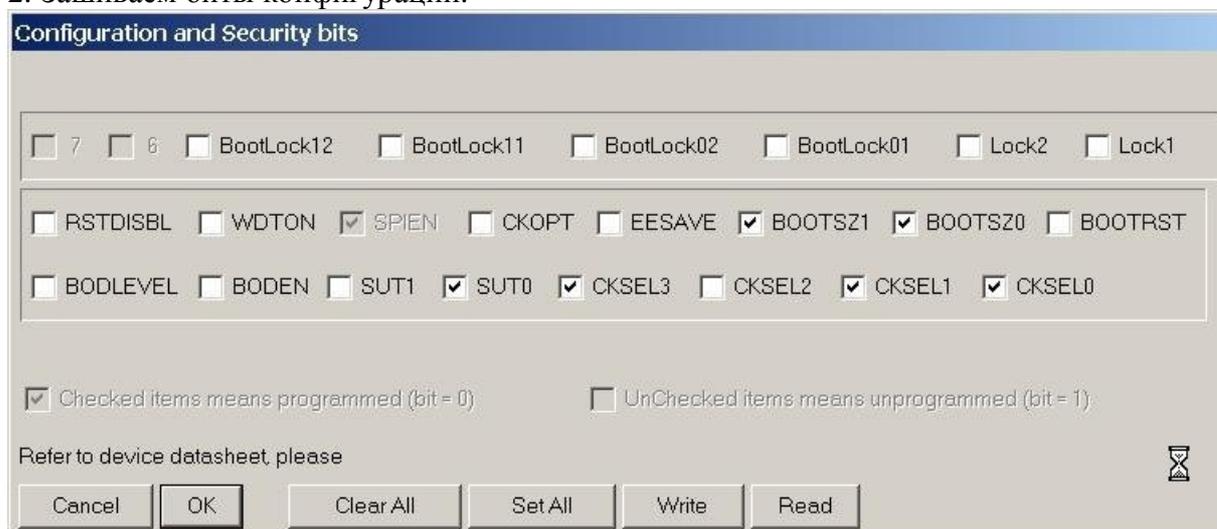
5. Паяем провода, разъёмы, но не устанавливаем предохранитель.

6. Теперь пора прошить микроконтроллер atmega8-16ai(au), советую по возможности ставить с индексом "ai", это более высокий температурный диапазон, ну и цена... :)

Так по порядку процесс прошивки и настройки:

1. Запускаем лошадь (Pony-Prog 2000), проводим калибровку и проверку, выбираем чип (atmega8), я прошиваю с помощью программатора stk-200 (на сайте выложена схема)

2. Зашиваем биты конфигурации.



3. Прошиваем мегу (в архиве blmc1n1p-sl-40a.hex).

4. Теперь берём контроллер и подключаем его к приёмнику (сервотестеру), мотору и аккумулятору, подключаем предохранитель, включаем передатчик (сервотестер). Должно всё заработать сразу, нормальный старт с любым мотором, ток при пуске 1-2А. Если всё

работает, переводим контролер в режим программирования (полный газ, подключаем питание контролера, ну и т. д.) программируем произвольно любую настройку (какая настройка не принципиально). Но мотор при этом может стартовать рывками либо вообще не стартовать. А это всё почему, да потому что EEPROM то мы сразу не прошили conf_out.hex (в архиве есть). Поэтому поверх созданного нами EEPROMа прошиваем EEPROM из архива, имя файла conf_out.

Теоретически EEPROM можно и сразу прошивать, только при этом мотор может и не стартовать вообще, поэтому сразу перед пуском переводим контроллер в режим программирования поднятием стика вверх, а после завершения всех процедур, снова пробуем стартовать. Всё должно заработать сразу. Ток при пуске даже мощного двигателя не должен превышать 1А.

Я в архиве на сайте выложил eeprom conf_out.hex с моими настройками (по умолчанию li-po, avtotauning) так вот с этими настройками eeprom при рабочем автотайминге мотор стартовал нормально 98 раз из 100 с моторами 9 полюсов 10 магнитов, 9 полюсов 12 магнитов, 12 полюсов 10 магнитов, 12 полюсов 14 магнитов, 12 полюсов 16 магнитов.

Возможные проблемы с этим регулятором хода: во-первых, к сожалению мощных надёжных полевиков кроме irf4905 в России достать нереально, к тому же irf4905 не очень то любит такой режим работы включаться выключаться с такой частотой, но зато частота у нас в принципе низкая (вроде как не более 4кГц). Фронты у управляющих сигналов ровные, так как используем драйвера. Фирма NEC анонсировала новую линейку мощных полевиков с повышенной энергией лавинного пробоя, и с более низким сопротивлением открытого канала. Посмотреть можно в журнале «Информационно-технический журнал Альманах (Мир электронных компонентов №2 2008)». Ещё к минусам следует отнести довольно большие габариты регулятора, но я выкладывал ранее и довольно миниатюрный вариант на 12-15А (SL-15А) Он кстати до сих пор живой... Ёмкость Миллера, о которой я упоминал выше тоже вносит свой вклад, способы борьбы с ней были опубликованы в журнале "Силовая электроника №4 2007" И наиболее выгодный для регуляторов хода будет способ, который я изобразил на схеме нового blmc-sl-40А, это цепочки в цепи затвора с диодом, а также дополнительно установил диоды параллельно транзисторам, чтобы разгрузить нагрев внутренних диодов в транзисторной структуре канала. И ещё разместил все транзисторы на одной стороне, легче тепло отводить и тоньше сам регулятор, из-за диодов несколько увеличились габариты, но это не проблема, борьба шла за качество работы этого контроллера, и в целом я считаю, с задачей справился.

В архиве схема, фото регулятора, прошивки, фотошаблоны (pdf), сборочные чертежи (pdf), осциллограммы, оригинал, выполненный в dip trace.