**Введение**

На моделях c электроприводом требуется управлять электромоторами - их нужно включать, менять их обороты и останавливать. Если на двигателях внутреннего сгорания для этих целей служат управляемый сервомашинкой карбюратор, то электромоторам требуется отдельное устройство, которое называется регулятором хода.

Исторически первыми появились механические регуляторы. Они представляют собой мощный реостат (переменное сопротивление), который включается последовательно с электродвигателем. Специальная рулевая машинка позволяет управлять реостатом, регулируя, таким образом, обороты двигателя. Наряду с простотой, механическим регуляторам присущи такие недостатки, как поглощение драгоценной электроэнергии на борту и превращение ее в тепло. Это тепло еще нужно отвести в окружающую среду, что создает дополнительные проблемы. Особой надежностью эти регуляторы не отличаются, поскольку содержат скользящие контакты, через которые протекает большой ток. Сильный нагрев конструкции также не способствует ее надежности. Сейчас механические регуляторы используются только в простейших игрушках, где мощность силового мотора невелика, а низкая цена очень важна. На серьезные модели такие регуляторы не ставят, и мы о них больше говорить не будем.

Развитие техники полупроводниковых приборов позволило создать электронные модельные регуляторы хода без двигающихся частей, свободные от указанных выше недостатков. В них энергия поступает на мотор импульсами, и все регулировки происходят путем изменения длительности импульсов.

Помимо электронных регуляторов хода, выпускаются электронные выключатели ходовых электродвигателей. Они не регулируют мощность двигателя, а только включают и выключают его по команде с передатчика. О них мы тоже дальше говорить не будем.

В первой части данной статьи рассказано то, что вам понадобится знать о регуляторах хода. Во второй половине рассказывается о том, как они устроены и функционируют. Как и в статье про сервомашинки, эта часть для любителей не просто гонять модели, а разобраться в сути принципа действия регуляторов хода.

**Общие понятия и функции**

Обычно, помимо управления оборотами, регуляторы предлагают много дополнительных функций. Кроме того, они имеют ряд характеристик, от которых может зависеть выбор вами той или иной модели. Поэтому для начала дадим основные определения с комментариями, чтобы вам было легче ориентироваться.

**Тормоз**. Для многих моделей нужно не только быстро раскрутить двигатель на старте, но и быстро его затормозить. Это важно для автомоделей и для электролетов со складывающимся винтом. Торможение осуществляется путем замыкания обмоток двигателя через регулятор. Иногда реализуется функция "мягкого" тормоза, когда обмотки замыкаются не сразу, а небольшими импульсами. Это позволяет уменьшить нагрев регулятора и продлить жизнь коллектора электродвигателя.

**Реверс**. Иногда бывает полезно иметь на модели задний ход. Поэтому многие регуляторы позволяют менять направление вращения электродвигателя, подавая на него напряжение в обратной полярности. Задний ход зачастую делается не на полную мощность, так как "на всю катушку" он просто не нужен. Зато появляется возможность упростить реализацию силовых ключей заднего хода и уменьшить цену регулятора.

**BEC-система (Battery Elimination Cirquit)**. В большинстве регуляторов для низковольтных моторов (под батареи не более 10-15 банок) встраивают систему вторичного электропитания для приемника и сервомашинок. К управлению двигателем она отношения не имеет, но позволяет не ставить на модель два аккумулятора: один силовой, а другой для системы радиоуправления. Все питание происходит от силовых аккумуляторов, что весьма удобно.

**Опторазвязка**. В мощных регуляторах на повышенные напряжения - от 15 до 36 банок аккумуляторов встраивают гальваническую развязку силовых цепей от цепей приемника системы радиоуправления. Это делается для того, чтобы мощные импульсные помехи из силовой части регулятора и двигателя не попали на высокочувствительные входные цепи приемника. Естественно, в случае применения опторазвязки приемнику потребуется отдельное питание.

**Защитно-сервисные функции**

К функциям собственно регулирования добавляют разнообразные полезные вещи:

**POR (Power on Reset)**. Сброс при включении. При включении бортового питания модели может так случиться (по забывчивости моделиста), что ручка управления двигателем не стоит в положении "Стоп". Тогда двигатель модели может сразу выйти на максимальные обороты. Для не готового к этому моделиста такой внезапный старт может кончиться серьезными травмами и потерей модели. Для предотвращения этого в программу контроллера вводят функцию POR. Она работает так: при подаче питания на регулятор хода он принудительно ставит двигатель в положение "Стоп" вне зависимости от длительности управляющего импульса от приемника. После того, как моделист переведет ручку в положение "Стоп", блокировка снимается, и двигателем можно управлять, как обычно.

**PCO (Power Cut Off)**. Функция отключения электродвигателя при падении напряжения аккумулятора ниже заданного порога. Очень полезна для летающих электромоделей с системой ВЕС. В отличие от наземных моделей, просто останавливающихся при отключении двигателя, летающую модель еще надо посадить на землю. Для этого после отключения ходового двигателя в аккумуляторе остается еще немного энергии для работы приемника и сервомашинок. Порог отключения рассчитан на определенный вид аккумуляторов, чаще никель-кадмиевых. Если подключить литиевые, то они могут испортиться с одной зарядки. Продвинутые регуляторы позволяют настраивать порог отключения под конкретный тип аккумулятора.

**TOP (Thermal Overload Protection)** - защита силовых ключей от токовой перегрузки, которая может привести к тепловому разрушению MOSFET-транзисторов. Защищает также от короткого замыкания в нагрузке. Реализуется путем встраивания в силовые цепи датчика тока и программирования в контроллере функции порогового отключения всех ключей. Сбрасывается коммутацией питания.

**TP (Thermal Protection)** - защита от перегрева регулятора хода. На плате ставится термодатчик, отключающий регулятор при его нагреве свыше допустимого уровня. Сбрасывается при охлаждении корпуса регулятора.

**RVP (Reverse Voltage Protection)** - защита от переполюсовки питающего напряжения. Неизбежно усложняет и удорожает регулятор, ухудшая его параметры. Применяется редко. На большинстве хороших регуляторов хода не используется.

Обилие систем защиты в регуляторах может создать ложное представление о том, что регулятор хода нельзя спалить. Это не так. Во-первых, регуляторы редко защищают от переполюсовки силового аккумулятора. В этом случае выгорают, как правило, все силовые ключи. По моим наблюдениям, так сжигается каждый второй регулятор хода. Во-вторых, в некоторых случаях защиту приходится отключать. Например, в электровертолете. Потому что срабатывание защиты в полете сохранит регулятор, но угробит саму модель. В-третьих, защита спасает регулятор, только если он работает с электродвигателем, более-менее согласованным с ним по характеристикам.

**Важные характеристики**

У регулятора хода есть несколько важных характеристик, от которых зависят его возможности, определяющие, с каким двигателем и аккумулятором он сможет работать вообще.

**Максимальный постоянный ток**. Определяет, какой максимальный ток двигателя может выдерживать регулятор длительное время.

Параметр простой лишь на первый взгляд. На английском обозначается как Continuous Current. Путаница возникает в разном понимании термина Continuous. Для микроэлектроники это доли секунды. Т.е. это ток, который выдерживают силовые ключи и не срабатывает защита TOP (см. выше). Совсем не означает, что такой ток выдержат провода и печатные проводники в регуляторе. Поэтому, если в характеристиках регулятора написано Continuous Current - 400А, это совсем не значит, что регулятор выдержит такой ток в течение минуты. Реальный продолжительный ток в несколько раз меньше. Многие производители указывают время продолжительности максимального тока.

**Максимальный пиковый ток**. Это ток, который кратковременно может выдерживать регулятор. Обычно пиковый ток в несколько раз превышает постоянный. Пиковые токи возникают во время старта, когда двигатель должен быстро развить большой вращающий момент. Например, при резком старте автомодели.

В настоящее время, чтобы облегчить жизнь потребителей, зачастую применяется альтернативная система обозначения возможностей регуляторов. Подобное можно часто встретить для автомоделей. Там для регуляторов сообщается, на скольки-витковые моторы они рассчитаны. Естественно, для моторов, в свою очередь, указывается количество витков в обмотках. Т.н. безлимитные регуляторы могут работать с любыми автомодельными электродвигателями, но не с любыми двигателями вообще!

**Максимальное напряжение батареи**. При большем, чем разрешено, напряжении батареи регулятор может сгореть. Часто в характеристиках обозначают не напряжение, а число банок в батарее NiCd аккумуляторов. Умножьте эту величину на 1,2 Вольт и получите максимальное разрешенное напряжение.

**Внутреннее сопротивление**. Само собой, что схемы коммутации электроэнергии, применяемые в регуляторах, вносят определенные потери энергии, за счет внутреннего сопротивления ключей. Поэтому все регуляторы имеют такую характеристику, как внутреннее сопротивление. Хоть внутреннее сопротивление регулятора и невелико (0,0006 Ом у чемпионатных регуляторов), вносимые потери могут сыграть большую роль, когда дело дойдет до серьезных соревнований.

Кстати, у реверсивных регуляторов внутреннее сопротивление обычно больше, чем у аналогичных моделей без реверса. Это происходит из-за особенностей построения схем коммутации электродвигателя. Какой из этого можно сделать практический вывод? Да очень простой. Если вы собираетесь серьезно кататься на автомодели, и потом выступать в соревнованиях, вам лучше сразу учиться на регуляторе без реверса. Хотя поначалу без заднего хода ездить неудобно.

**Частота импульсов регулятора**. Оптимальная частота регулирования зависит от параметров используемого электродвигателя. Если частота много выше оптимальной, - растут потери на коммутацию ключей в регуляторе. Эти потери связаны с тем, что даже самый быстрый ключ не открывается и не закрывается мгновенно. В то время, когда он переходит из одного состояния в другое, на нем теряется энергия. Если же частота много ниже оптимальной, - растут индуктивные потери в моторе.

В регуляторах хода бесколлекторных двигателей еще больше вариантов параметров. Поэтому при подборе регулятора к двигателю лучше просто ориентироваться на рекомендации производителя.

**Настройка регуляторов хода**

Производители регуляторов хода стараются сделать свои изделия совместимыми с широкой номенклатурой двигателей и передатчиков радиоуправления. Поэтому они вводят в них много параметров, настраиваемых пользователем.

В первую очередь, настраиваются положения джойстиков передатчика, соответствующие режимам "нейтраль", "тормоз", "максимальный газ", "реверс". Такие режимы, как "тормоз" и "реверс", могут отключаться. Настройка крайних значений обеспечивает уверенную работу регулятора с передатчиками, у которых могут существенно отличаться значения продолжительности канального импульса в крайних положениях джойстика. В некоторых регуляторах настраивается величина мертвой зоны в положении "нейтраль". Последовательность операций по настройке различная у разных производителей. Здесь надо следовать указаниям инструкции. В качестве команд настройки используются кнопки на корпусе регулятора, либо те или иные положения джойстика. Некоторые регуляторы переходят в режим настройки при подключении или съеме перемычки-джампера, как в компьютере. В качестве индикатора настраиваемых режимов служат светодиоды на корпусе регулятора. В последнее время многие регуляторы используют звуковую индикацию режимов настройки. При этом в качестве пищалки работают обмотки подключенного двигателя.

Некоторые регуляторы позволяют изменять частоту импульсного регулирования при работе регулятора с разными двигателями. Причем частота может определяться отдельно для прямого хода и для торможения. В некоторых приложениях могут отключаться при программировании системы защиты, например, в электровертолете.

В продвинутых регуляторах хода бессенсорных двигателей есть возможность изменения сдвига фаз (Timing) трехфазного тока относительно положения ротора. Это связано с особенностью работы бессенсорных регуляторов, у которых режимы наибольшей мощности и наивысшего КПД не совпадают. В этом случае пользователь может выбрать то, что для его модели важнее.

Поскольку мир моделизма разнообразен, выпускаются специализированные регуляторы, скажем, для автомоделей, судомоделей, самолетов и вертолетов. В этих моделях набор реализуемых функций разнообразен. Чтобы не расширять необоснованно номенклатуру регуляторов хода, некоторые производители делают универсальный прибор с перенастройкой под судо- авто- авиамодели.

В большинстве приложений регулятор хода регулирует мощность, подводимую к двигателю, пропорционально положению джойстика на передатчике. Но не везде. В электровертолетах гораздо важнее регулировать не мощность, а обороты двигателя. В этом случае при изменении нагрузки и постепенной разрядке аккумулятора все настройки системы управления сохраняют свою эффективность. В регуляторы хода коллекторных двигателей для обратной связи добавляют датчик Холла и магнитик на роторе вертолета. Регуляторы хода бесколлекторных двигателей имеют информацию об оборотах уже внутри и дополнительных датчиков не требуют. Многофункциональные регуляторы при настройке переводятся в вертолетный режим, после чего они стабилизируют и регулируют не мощность, а обороты двигателя.

В продвинутых регуляторах может настраиваться очень много параметров. Для примера рассмотрим параметры настройки автомодельных регуляторов хода "Циклон" фирмы Novak на следующем графике:



По оси абсцисс - длина канального импульса при соответствующем положении курка газа. Здесь обозначены следующие точки и соответствующие им параметры:

* Абсцисса точки а - положение курка при 100% торможении
* Длина участка b-c - величина мертвой зоны нейтрали
* Середина участка b-c - положение курка в нейтрали
* Ордината точки d - минимальная величина газа
* Абсцисса точки e - положение курка на 100% газа

Кроме того, для участка а-b задается частота импульсов торможения, для участка d-e частота импульсов прямого хода, для нейтрали задается величина подтормаживания (Drag Brake) и частота его импульсов. Итого - девять параметров. Это совсем не предел. У шульцевского авторегулятора mcc1010 устанавливается пятнадцать параметров. Понятно, что не всякий моделист готов самостоятельно кропотливо оптимизировать все эти параметры под свой мотор и конкретную трассу. Чтобы упростить эту задачу, производители создали несколько комплектов параметров под определенные трассы и моторы. Эти комплекты хранятся в памяти регулятора хода. Моделисту средней руки остается парой нажатий кнопок выбрать подходящий набор параметров. Крутые чемпионы, конечно, настраивают свои болиды, в т.ч. и в части регулятора хода, сами.

**Особенности подключения регуляторов хода**

**Провода**. Регулятор хода соединяется проводами с аккумулятором и электродвигателем. Эти провода - важный элемент в силовой установке. Для правильной ее работы необходимо соблюдать некоторые рекомендации. В качестве соединительных проводов используется медный гибкий многожильный провод. Провода не электротехнические, а специальные - с очень большим количеством очень тонких жил. Такие провода, помимо электромоделей, широко используются для подключения акустических систем большой мощности звуковой аппаратуры класса Hi-End, и их можно найти в серьезных магазинах аудиотехники. Наиболее распространены провода сечением 1 кв. мм. для токов до 20 ампер, 1,5 кв. мм. - для токов до 30 ампер, 2,5 кв. мм. - до 50 ампер и 4 кв. мм. - до 80 ампер. Использование меньшего сечения на большие токи чревато как минимум снижением КПД мотоустановки, как максимум - аварией с пожаром. Наоборот - допустимо, но необоснованно завышается вес, - медь-то тяжелая!

Здесь даны значения допустимых токов, рекомендуемые для специальных модельных проводов в термостойкой силиконовой изоляции. При нагружении максимальным током они прилично греются. Для проводов в обычной изоляции лучше уменьшить допустимый ток от выше рекомендованных значений раза в полтора.

Длина проводов от регулятора до двигателя делается как можно меньше. Дело в том, что по этим проводам коммутируются большие токи сравнительно высокой частоты. Компоненты их спектра могут попасть в радиоканал аппаратуры управления в виде помех, спровоцировав отказ системы управления.

**Конденсаторы**. Для уменьшения широкополосных помех, генерируемых щеточно-коллекторым узлом, используется его шунтирование керамическими или тонкопленочными конденсаторами. Один конденсатор включается между щетками, два других - между каждой щеткой и корпусом двигателя. Емкость конденсатора подбирается компромиссным путем. Дело в том, что конденсаторы большей емкости лучше подавят помехи. Но при увеличении их емкости растут коммутационные потери на ключах регулятора хода. Поэтому из благих пожеланий уменьшить помехи не надо увеличивать емкость блокирующих конденсаторов! Так можно резко снизить КПД, а то и спалить регулятор хода. А вот длину проводов надо минимизировать, потому как, в сущности, это антенны, излучающие помехи. Кстати, при проверке дальности работы аппаратуры радиоуправления, силовой мотор должен работать на 50% газа. Уровень помех при этом максимальный. Провода от аккумулятора до регулятора хода тоже не должны быть слишком длинными, но по другой причине. Если длинные провода от регулятора до электродвигателя создают радиопомехи, то слишком длинные провода от аккумулятора до регулятора создают угрозу для целостности самого регулятора хода.

Вход регулятора всегда шунтируют электролитические конденсаторы большой емкости, демпфирующие броски тока. Тем не менее, производители ограничивают максимально допустимую длину и этих проводов. Если же провода по конструкции модели должны быть длиннее, то в промежутке между регулятором и аккумулятором впаиваются дополнительные электролитические конденсаторы, шунтирующие провода питания. В некоторых случаях для снижения потерь энергии на аккумуляторе полезно добавить такие конденсаторы и с короткими проводами. Радикально это не улучшит работу силовой установки, но несколько процентов энергии за одну гонку прибавит. Поклонники отечественной элементной базы должны учитывать, что зарубежные электролитические конденсаторы обладают намного меньшей инерционностью, чем наши. Если уж хочется сэкономить, то припаяйте параллельно нашему электролиту пленочный конденсатор. Хотя такая замена неравноценна установке специальных импульсных конденсаторов. Бывает, что от механических вибраций шунтирующие вход конденсаторы отламывают свои выводы "под корешок". При замене их на отечественные надо учитывать приведенные выше соображения.

**Разъемы**. Между регулятором и двигателем провода, как правило, припаиваются, за исключением случаев, когда в конструкции двигателя или регулятора уже заложены разъемы. Между регулятором хода и аккумулятором приходится ставить разъем, потому что аккумулятор на электричке меняется как топливо - от старта к старту на свежезаряженный. Здесь надо применять только специальные модельные разъемы, как правило, в позолоченном исполнении. Обычные электро- или радиотехнические разъемы не рассчитаны на такие огромные токи, какие стали нормой в моделизме. Стык двухполюсный, и обязательно должен иметь механическую защиту от переполюсовки. Помните, регуляторы хода чаще всего не имеют защиты от переполюсовки. Как уже говорилось, практика показывает, что половина сгоревших регуляторов выходят из строя по этой причине. При использовании специальных отдельных разъемов типа гнездо - штекер, защиту делают так: плюс от аккумулятора распаивают на штекер, а минус - на гнездо. У регулятора хода наоборот. В этом случае защита будет обеспечена.

**Выключатель**. В силовых проводах обычно не делают выключателей. Все регуляторы хода рассчитаны на длительное подключение силовой части при обесточенной сигнальной. Во многих регуляторах с ВЕС имеется отдельный выключатель, который подает питание на приемник и сервомашинки. В выключенном режиме ключи регулятора хода не разряжают (практически) силовой аккумулятор. Хотя, хранить аккумулятор в подключенном состоянии не надо!

**Теплоотвод**. Несмотря на высокий КПД современных регуляторов хода, на них все же выделяется заметное количество тепла, которое нужно отвести. Для облегчения этой задачи некоторые регуляторы имеет небольшие пластинчатые радиаторы. Размещение регулятора хода на модели должно обеспечивать обдув его корпуса набегающим потоком воздуха. Это правило часто вступает в противоречие с необходимостью защиты регулятора от влаги и грязи на авто- и судомоделях, где их заворачивают в герметичную оболочку. Для разрешения этой проблемы лучше всего брать регуляторы, рассчитанные на меньшее количество витков, а лучше - безлимитные. Их КПД гораздо выше и они рассеивают меньше тепла. Можно, конечно, не обращать внимания на все вышесказанное, и лепить соединения, как вздумается. Но тогда и результат может быть таким:



**Многомоторные модели**

На моделях с электроприводом гораздо чаще, чем у моделей с ДВС, используются многомоторные силовые установки. Это связано с тем, что электродвигатель, как объект управления, гораздо ближе к идеалу силового привода, чем ДВС. В многомоторных моделях, где необходимо раздельно управлять мощностью двигателей, на каждый из них ставится свой регулятор хода. Но так бывает не у всех моделей. Во многих случаях многомоторность есть дань копийности, либо стремление получить очень большую мощность, которая не может быть обеспечена имеющимися электродвигателями в одиночном варианте. В этом случае для коллекторных моторов совсем не обязательно использовать по отдельному регулятору хода. Вполне допустимо к одному регулятору подключать и несколько электродвигателей. При этом максимально допустимый продолжительный ток регулятора должен превышать суммарный потребляемый ток всех подключенных к нему электродвигателей.

Двигатели подключаются к регулятору хода параллельно друг другу. В таком соединении на частичных режимах их характеристики выравниваются. Как это понимать?

Представьте автомодель, на которой каждое колесо ведущего моста приводится от своего электродвигателя, которые соединены параллельно и подключены к одному регулятору хода. На частичных режимах (неполного газа) выходные мощности и моменты обоих двигателей зависят друг от друга. К примеру, если момент одного из колес уменьшится, - колесо забуксовало, то крутящий момент его электродвигателя также уменьшится, а у другого двигателя - увеличится. Получается автобалансировка по мощности и моменту, аналогичная по сути работе дифференциала повышенного трения - Торсен. Как правило, такое свойство параллельного соединения очень полезно для моделей. На максимальном газу, к сожалению, автобалансировка почти не работает.

При последовательном присоединении моторов к одному регулятору хода их крутящие моменты примерно равны и слабо зависят от степени нагруженности. При буксовании одного из колес на неполном газу, момент другого, более нагруженного, двигателя даже несколько уменьшится. Такая зависимость крайне невыгодна для управляемости модели. Поэтому последовательное соединение на практике почти не используется.

А что же с бесколлекторными двигателями? Для бесколлекторников с датчиками, безусловно, необходимо ставить на каждый двигатель по своему регулятору хода. Для бессенсорных возможно (при определенных условиях) к одному регулятору подключать два двигателя. Главное условие - это благоприятный запуск двигателей, который обеспечивается малым необходимым моментом при пуске двигателей. Многие производители регуляторов хода считают такой режим нештатным, и не дают гарантии на качественную работу их изделий с двумя бесколлекторниками одновременно. Тем не менее, практика показывает вполне успешное использование одного регулятора с двумя двигателями на модели самолета. Теоретически возможный сбой при пуске на практике автором ни разу не наблюдался.

Недопустимо использовать с одним регулятором хода два бесколлекторных двигателя, если их валы жестко связаны друг с другом. К примеру, при работе через шестеренчатый редуктор на общий гребной вал.

**Конструктивное исполнение регуляторов хода**

Все многообразие конструкции регуляторов хода сейчас выродилось в два типа - регуляторы хода для низковольтных авто- и судомоделей делаются на одной печатной плате, помещенной в полистироловую коробочку с радиатором, или без:

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.rcdesign.ru/var/rcd/storage/images/articles/radio/esc_intro/lrp_runner/9037-1-rus-RU/lrp_runner1.jpg | http://www.rcdesign.ru/var/rcd/storage/images/articles/radio/esc_intro/novak_hvmaxx/8974-1-rus-RU/novak_hvmaxx1.jpg |

Остальные типы регуляторов исполнены на одной или нескольких печатных платах, собранных в виде бутерброда в пакет и затянутых в термоусаживаемую трубку:



В регуляторах бесколлекторных двигателей на одной плате собрана схема управления, а на остальных - силовые ключи.

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.rcdesign.ru/var/rcd/storage/images/articles/radio/esc_intro/esc_control/9028-1-rus-RU/esc_control1_medium_height.jpg | http://www.rcdesign.ru/var/rcd/storage/images/articles/radio/esc_intro/esc_switches/9034-1-rus-RU/esc_switches1_medium_height.jpg |

С одной и той же платой управления может быть собрано разное количество плат с ключами. Соответственно, разным будет и допустимый ток.

Регуляторы хода могут быть конструктивно объединены на одной плате с другой бортовой электроникой, как это сделано в пикоборте электровертолета:



**Производители регуляторов хода**

Регуляторы хода выпускает огромное количество моделистских фирм. Есть среди них изделия элитного плана - для спортсменов, а есть и ширпотреб. Соответственно изменяется и цена. Одним из ведущих брендов является фирма "Шульце-электроник". Хорошие регуляторы делает "Контроник", "LRP", "Jeti", "Castle Creations" и куча других. Краткий список сайтов фирм-производителей, специализирующихся на регуляторах хода:

* [http://www.lrp-electronic.de](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.lrp-electronic.de)
* [http://www.teamnovak.com](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.teamnovak.com)
* [http://www.schulze-elektronik-gmbh.de](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.schulze-elektronik-gmbh.de)
* [http://www.kontronik.com](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.kontronik.com)
* [http://www.jetimodel.cz](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.jetimodel.cz)
* [http://www.castlecreations.com](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://www.castlecreations.com)

Помимо них, регуляторы хода выпускают почти все крупные производители аппаратуры радиоуправления, а также многие производители автомоделей (Associated, DuraTrax, Traxxas). Многие модельные фирмы, такие как Graupner, Robbe, Great Planes, Global тоже выпускают регуляторы под собственной маркой. Даже наш отечественный "Термик" и то выпускал (сейчас - не знаю) недорогие регуляторы хода.

Рассуждая о качестве изготовления, нужно учитывать, что производитель зачастую сам только разрабатывает изделие (а иногда и это заказывает третьей фирме). Изготовление печатных плат и сборка чаще всего ведутся на Тайване. При этом на самом изделии об этом никаких следов не остается. Слоганы типа "Германское качество" или "Сделано в EU" - чистая реклама.