

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

## Соединеніе электрическихъ вагоновъ-двигателей въ поѣзда.

Статья инженера путей сообщенія  
Г. Д. Дубелира.

Весьма распространено убѣжденіе, что вопросъ о возможности и выгодности примѣненія электрической тяги на желѣзныхъ дорогахъ тѣсно связанъ съ замѣною существующаго типа длинныхъ поѣздовъ, часто слѣдующихъ одинъ за другимъ, короткими поѣздами, по два-три вагона. Между тѣмъ, при болѣе внимательномъ разсмотрѣніи условій движенія, какъ по нѣкоторымъ столичнымъ дорогамъ (*métropolitaines*), такъ и по большинству обыкновенныхъ желѣзныхъ дорогъ, эксплуатируемыхъ паровой тягой, легко убѣдиться, что отправленіе вагоновъ по одному и по два во многихъ случаяхъ совершенно непримѣнимо.

Въ слѣдующей таблицѣ показано число вагоновъ въ поѣздѣ и промежутки времени между отправленіями поѣздовъ, примѣняемыхъ въ настоящее время, а также проектируемыхъ для необходимаго расширенія движенія въ будущемъ, на нѣкоторыхъ столичныхъ дорогахъ.

	Число вагоновъ въ поѣздѣ.	Промежутокъ времени.
Берлинъ <i>Stadtbahn</i> существ.	9	3 мин.
„ „ „ проектир.	12	2 „
Парижъ <i>Métropolitain</i> существ.	4	3 „
„ „ „ проектир.	8	3 „
Лондонъ <i>Central London Railway</i> . . . . .	7	2—1,2 „

Уменьшать интервалы между поѣздами далѣе трехъ-двухъ съ половиною минутъ, какъ показывать опытъ парижской *Métropolitain*, неудобно \*), имѣя въ виду довольно значительную скорость поѣздовъ. Поэтому, при всякомъ расширеніи движенія остается, какъ это видно изъ таблицы, только увеличивать число вагоновъ въ каждомъ поѣздѣ.

Обращаясь къ междугороднымъ желѣзнымъ дорогамъ, замѣтимъ, что и здѣсь составъ поѣзда никоимъ образомъ не можетъ быть сведенъ къ одному-двумъ вагонамъ. Такъ, если взять для

примѣра Московско-Курскую желѣзную дорогу то оказывается, что среднее движеніе по ней въ 1899 г. составляло:

56 товарныхъ поѣздовъ по	
36 вагон., т.-е. . . . .	2016 ваг.
32 пассажирскихъ поѣзда	
12 вагон., т.-е. . . . .	384 „
Всего . . . . .	2400 „

вагоновъ въ сутки = 100 вагоновъ въ часъ или безъ малаго по одному вагону въ минуту въ каждомъ направленіи. Такое движеніе, конечно, не является исключительно сильнымъ: такъ, на примѣръ, Лангдонъ указываетъ въ своемъ докладѣ \*) на движеніе по Лондонъ-Бедфордской жел. дор., достигающее до 300 поѣздовъ въ сутки.

Къ этому надо, конечно, сейчасъ же добавить, что для междугородныхъ желѣзныхъ дорогъ нечего и думать уменьшать интервалъ между поѣздами до такихъ предѣловъ, какъ на *métropolitains*, особенно если распредѣлять движеніе равномерно на всѣ сутки. Непрерывное прохожденіе поѣздовъ каждыя 3—5 минутъ по станціоннымъ стрѣлкамъ и путямъ, не говоря уже о томъ, что потребовало-бы чрезмѣрно-напряженной работы всего персонала, сдѣлало бы совершенно невозможнымъ какъ всякаго рода коммерческія и контрольныя операціи, неразрывно связанныя съ движеніемъ поѣздовъ, такъ и текущій ремонтъ полотна. Упомянемъ здѣсь, что въ недавно опубликованномъ проектѣ \*\*) электрической дороги Берлинъ-Гамбургъ даже при 20-ти минутномъ интервалѣ между поѣздами найдено было необходимымъ, для возможности ремонта, запроектировать полотно въ три пути, что конечно связано съ громадными затратами.

Поэтому можно ожидать, что въ тотъ моментъ, когда наступитъ время для введенія электрической тяги на желѣзныхъ дорогахъ, электротехникѣ непременно придется столкнуться съ вопросомъ о тягѣ поѣздовъ, состоящихъ изъ многихъ вагоновъ.

\*) Электричество 1901 г. № 13—16 стр. 223.

\*\*) Elektrische Schnellbahnen zur Verbindung grosser Städte, von A. Philippi und C. Griebel. Berlin. 1901.

\*) Le Genie Civil, № 18, 1901.

Наиболѣе старое рѣшеніе этого вопроса состоитъ въ примѣненіи для тяги большихъ поѣздовъ электрическихъ локомотивовъ или электро-возовъ. Идея такихъ локомотивовъ возникла съ самыхъ первыхъ шаговъ электрической тяги и сопутствовала ей во всѣхъ дальнѣйшихъ фазахъ ея развитія. Напомнимъ первые локомотивы Сименса и Гальске въ 1879 г. на Выставкѣ въ Берлинѣ, локомотивы на первой подземной электрической городской дорогѣ City and South London (1890 г.), классическіе колоссальные локомотивы на Baltimore and Ohio R. R. (1895 г.) электро-возы Гейльмана (1894 г.), наконецъ новѣйшіе локомотивы Central London Railway (1900 г.).

Несмотря на это, электрическіе локомотивы не получили до сихъ поръ и не получаютъ, по всей вѣроятности, и впослѣдствіи сколько-нибудь серьезнаго примѣненія, по сравненію съ паровозомъ. Причиной этому является, конечно, отсутствіе какихъ-либо существенныхъ выгодъ при замѣнѣ парового локомотива электрическимъ.

Дѣйствительно, для того чтобы вести поѣздъ даннаго вѣса, на заданномъ предѣльномъ подъемѣ, нагрузка на ведущія оси паровоза, какъ извѣстно, по условіямъ сцѣпленія колесъ съ рельсами, должна быть не менѣе нѣкоторой, вполне определенной величины. Вѣсъ электрическаго локомотива, который можетъ вести этотъ же поѣздъ, по тому же самому предѣльному подъему, можетъ быть самое большее на 20% легче вышеупомянутой нагрузки, приходящейся на ведущія оси паровоза. Такое уменьшеніе вѣса является слѣдствіемъ полной равномерности силы тяги электродвигателя.

Въ слѣдующей таблицѣ сопоставлены данныя относительно двухъ сравнительно новыхъ типовъ паровозовъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ.

	10-ти колесный курьерскій паровозъ.	8-ми колесный товарный па- ровозъ.
Вѣсъ паровоза . . .	63 тонны.	53 тонны.
„ тендера . . .	38 „	38 „
„ вагоновъ . . .	300 „	600 „
„ всего поѣзда. . .	401 „	701 „
Сцѣпной вѣсъ Р. . .	44 „	53 „
Вѣсъ эквивалент. элек- трическаго локомо- тива = 0,8 Р. . .	35,2 „	42,4 „

Возможная экономія въ общемъ вѣсѣ поѣзда составляетъ, очевидно, въ первомъ случаѣ:

$63 + 38 - 35,2 = 65,8$  тоннъ или  $\frac{65,8}{401} =$  около 16,5% общаго вѣса курьерскаго поѣзда; во второмъ случаѣ  $53 + 38 - 42,4 = 48,6$  тонны, что составляетъ  $\frac{48,6}{700}$  около 7% общаго вѣса товарнаго поѣзда.

Въ среднемъ, общую экономію въ вѣсѣ всѣхъ поѣздовъ можно оцѣнить около 9%, принимая во вниманіе отношеніе между числомъ товарныхъ и курьерскихъ поѣздовъ, указанное, напр., выше для М.-Курской жел. дор.

Если вспомнить, что потеря только въ проводахъ составляетъ около 10%, то становится яснымъ, что экономія въ топливѣ сводится къ пустякамъ и, слѣдовательно, всѣ остальные громадныя расходы на погашеніе электрическаго оборудования въ общемъ случаѣ никоимъ образомъ не могутъ окупиться разными второстепенными преимуществами электрической тяги въ родѣ меньшей нагрузки на ось, отсутствія дыма и т. д.

Сопоставляя только что сказанное о невыгодности примѣненія электрическихъ локомотивовъ, возрастающей, какъ видно изъ предыдущихъ примѣровъ, съ увеличеніемъ вѣса поѣзда, и ранѣе изложенныя соображенія о невозможности пользоваться на желѣзныхъ дорогахъ короткими поѣздами, убѣждаемся, что электровозами совершенно не разрѣшается вопросъ о введеніи электрической тяги на желѣзныхъ дорогахъ.

Въ послѣдніе годы, однако, разработано другое рѣшеніе, позволяющее гораздо лучше использовать основныя достоинства электрической тяги, путемъ включенія въ составъ поѣзда двухъ или нѣсколькихъ вагоновъ-двигателей. Въ настоящій моментъ можно уже указать на цѣлый рядъ примѣровъ такой тяги, частью разработанныхъ въ проектѣ, частью уже выполненныхъ на дѣлѣ. Такъ, напримѣръ, недавно пущенный для опыта электрическій пассажирскій поѣздъ на Wannsee-bahn состоитъ изъ 10-ти вагоновъ; передній и задній вагоны поѣзда имѣютъ каждый по три электродвигателя, всѣ эти шесть двигателей управляются съ любого конца поѣзда общимъ контроллеромъ.

Въ одномъ изъ проектовъ оборудованія подземной лондонской Metropolitan and District Railway электрической тягой, поѣзда предполагается составлять изъ трехъ группъ вагоновъ, причемъ каждая группа будетъ состоять изъ вагона-двигателя и прицепнаго вагона; по мѣрѣ надобности, составъ поѣзда можетъ быть легко увеличенъ добавленіемъ новаго числа группъ.

На городскихъ желѣзныхъ дорогахъ South Side Elevated въ Чикаго и Metropolitan въ Бостонѣ циркулируютъ поѣзда, состоящіе въ первомъ случаѣ изъ 6, а во второмъ изъ 5-ти вагоновъ. Всѣ вагоны оборудованы электродвигателями и всѣ электродвигатели управляются однимъ машинистомъ, находящимся во главѣ поѣзда. Такіе же поѣзда, въ составѣ 8 вагоновъ-двигателей, проектировались для введенія на Берлинской Stadtbahn.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію различныхъ устройствъ такой системы, постараемся установить, какія выгоды представляетъ изъ себя этотъ родъ тяги по сравненію съ паровыми и электрическими локомотивами.

Тяга поѣздами, составленными изъ нѣсколькихъ вагоновъ-двигателей, является прежде всего особенно подходящей для городскихъ желѣзныхъ дорогъ типа metropolitains. Дѣйствительно, наиболѣе характерной чертой эксплуатаціи этихъ дорогъ является необходимость поддерживать

большую среднюю скорость, 30—35 км. въ часъ, при весьма частыхъ остановкахъ (приблизительно черезъ каждыя  $\frac{1}{2}$  версты). Достигнуть этого результата можно только путемъ возможно большаго сокращенія времени, затрачиваемаго на развитіе скорости послѣ остановокъ, для чего сила тяги, развиваемая при этомъ двигателями, должна быть возможно велика по отношенію къ массѣ поѣзда.

Если, напримѣръ, поѣздъ приводится въ движеніе локомотивомъ, вѣсъ котораго составляетъ даже  $\frac{1}{4}$  вѣса остального поѣзда (что уже представляетъ очень большой бесполезный вѣсъ), то при коэффициентѣ сцепленія въ  $\frac{1}{8}$ , сила тяги не можетъ быть болѣе  $\frac{1}{40}$  вѣса всего поѣзда (вмѣстѣ съ локомотивомъ). Тогда какъ, если половина изъ осей поѣзда снабжена двигателями, то сила тяги можетъ составлять до  $\frac{1}{16}$  вѣса всего поѣзда, т. е. ускореніе при этомъ можетъ быть въ 2,5 раза быстрее по сравненію съ предыдущимъ случаемъ.

Кромѣ непосредственнаго повышенія средней скорости, быстрое ускореніе имѣетъ еще, какъ извѣстно, значеніе въ смыслѣ экономіи энергіи, поглощаемой при остановкахъ тормазами, благодаря пониженію максимальной скорости. При частыхъ остановкахъ эта экономія можетъ составить до 20% общаго расхода топлива.

Помимо только что указанныхъ тяговыхъ выгодъ, примѣненіе этой системы для metropolitains имѣетъ цѣлый рядъ другихъ преимуществъ, какъ-то: возможность легко измѣнять число вагоновъ въ поѣздѣ, сообразно съ наплывомъ пассажировъ, добавленіемъ новыхъ группъ, какъ это мы видѣли на примѣрѣ лондонской Metropolitan and District, затѣмъ отсутствіе необходимости маневровъ на конечныхъ пунктахъ линіи, благодаря тому, что поѣздомъ можно одинаково удобно управлять съ обоихъ концовъ, наконецъ, удешевленіе стоимости первоначальнаго устройства линіи, благодаря возможности пользоваться значительными подъемами, напримѣръ въ 50 и болѣе тысячныхъ. Такіе подъемы значительно уменьшаютъ стоимость переходовъ изъ возвышенной части линіи въ подземную, сокращая часть пути, находящуюся въ уровнѣ земли и требующую занятія участковъ городской земли. Наконецъ, уменьшеніе максимальной нагрузки на ось подвижнаго состава значительно облегчаетъ вѣсъ металлическихъ частей эстакаднаго строенія. Добавимъ къ этому, что и для городскихъ туннелей этотъ способъ тяги имѣетъ нѣкоторыя преимущества по сравненію съ локомотивами, какъ это видно изъ примѣра Central London Railway, гдѣ примѣненіе тяжелыхъ электровазовъ (болѣе 40 тоннъ), вызвало, какъ извѣстно, весьма серьезныя сотрясенія почвы и городскихъ зданій.

Значеніе описываемой системы тяги далеко не ограничивается, однако, ся преимуществами надъ локомотивами по отношенію къ городскимъ линіямъ. Можно полагать, что примѣненіе этой системы будетъ также значительно способство-

вать переходу нѣкоторыхъ междугородныхъ линій отъ паровой тяги къ электрической.

Вообще говоря до настоящаго времени, выгоды представляемыя электрической тягой, еще совершенно не окупаютъ издержекъ на электрическое оборудованіе. Но въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ примѣненіе поѣздовъ, состоящихъ изъ нѣсколькихъ вагоновъ-двигателей, уже и теперь можетъ дать такое значительное удешевленіе всей первоначальной постройки линіи и расходовъ по ея эксплуатаціи, что дополнительные издержки на электрическія устройства по сравненію съ этой экономіей окажутся, по всей вѣроятности, весьма невелики. Такой случай представляется, когда въ гористой мѣстности, какъ, напримѣръ, у насъ на Кавказѣ, требуется проложить линію большой пропускной способности, т. е. предназначенную для перевозки большого количества грузовъ, съ большой коммерческой скоростью.

Для линіи, проложенной въ подобной мѣстности, даже незначительное увеличеніе предѣльнаго подъема позволяетъ на много сократить общую длину линіи, избѣжать цѣлаго ряда длинныхъ туннелей и обойти особенно трудныя мѣста. Но, съ другой стороны, съ увеличеніемъ подъема очень быстро уменьшается предѣльное число вагоновъ, которое можетъ перевести данный паровозъ.

Какъ быстро уменьшается съ увеличеніемъ подъема составъ поѣзда, можно судить по слѣдующей таблицѣ, составленной въ предположеніи 8-ми колеснаго паровоза, вѣсомъ 53 тонны, съ тендеромъ въ 38 тоннъ и вагоновъ по 20 тоннъ (750 пуд. подъемной силы).

Предѣльный подъемъ.	Число вагоновъ.	Отношеніе вѣса паровоза и тендера къ общему вѣсу поѣзда, въ %.
0,005	45	9
0,010	28	14
0,015	20	18
0,020	15	22
0,030	9	31

Такъ какъ въ то-же время быстро понижается скорость движенія поѣздовъ по такимъ подъемамъ и спускамъ и, слѣдовательно, уменьшается число поѣздовъ (особенно при одноколѣйномъ пути), то количество грузовъ, которое въ состояніи перевести дорога, можетъ въ концѣ концовъ уменьшиться до предѣловъ, не окупающихъ расходовъ по ея устройству.

Совершенно иначе обстоитъ дѣло въ случаѣ примѣненія электрической тяги съ нѣсколькими вагонами-двигателями въ поѣздѣ, какъ можно легко убѣдиться изъ слѣдующаго примѣра:

Допустимъ, что на проектируемой нами дорогѣ можно ожидать, что по крайней мѣрѣ 20% проходящихъ черезъ нея грузовъ могутъ быть перевозимы въ собственныхъ электрическихъ вагонахъ дороги; остальные же грузы могутъ перевозиться, какъ всегда, въ обыкновенныхъ товарныхъ ваго-

нахъ любыхъ дорогъ. Такому соотношенію удовлетворить, напр., такой составъ поѣзда:

	Вагоны-двигатели.	Товарные вагоны.
Число вагоновъ въ поѣздѣ . . . . .	$\frac{1}{3}$ общаго колич.	$\frac{2}{3}$ общаго колич.
Нагрузка на ось вагона . . . . .	10 тоннъ	10 тоннъ
Подъемная сила . . . . .	375 пуд.	750 пуд.
Вѣсъ электр. оборудования . . . . .	375 пуд.	0 пуд.
Полный вѣсъ вагона . . . . .	1200 пуд.	1200 пуд.

Простымъ подсчетомъ легко убѣдиться, что такой поѣздъ будетъ въ состояніи преодолевать подъемы до 60 тысячныхъ; въ то же время, если считать за бесполезный вѣсъ  $\frac{1}{2}$  вѣса вагона двигателя (такъ какъ его подъемная сила составляетъ тоже только половину нормальной), то отношеніе этого вѣса къ общему вѣсу поѣзда будетъ всего 16%.

Но, кромѣ возможности пользоваться для трассировки линіи 60 тысячнымъ подъемомъ, еще болѣе важнымъ преимуществомъ описываемаго рода тяги является, то обстоятельство, что максимальное число вагоновъ, составляющее поѣздъ, совершенно не зависитъ отъ этого подъема и ограничивается развѣ только длиной станціонныхъ путей и мощностью центральной станціи. И то и другое можетъ быть легко, конечно, увеличиваемо по мѣрѣ развитія движенія, безъ всякихъ коренныхъ и дорого стоящихъ измѣненій въ устройствѣ полотна.

Ко всему сказанному надо добавить и другія преимущества, свойственныя всякому вообще типу электрической тяги, которыя являются особенно важными для разбираемаго случая, именно: 1) возможность пользоваться при трассировкѣ линіи весьма крутыми радіусами (около 50 метровъ, т. е. 25 саж.), 2) отсутствіе дыма и пара, позволяющее рассчитывать въ туннеляхъ на болѣе значительный коэффициентъ сѣпленія и, слѣдовательно, болѣеій составъ поѣзда, 3) уменьшеніе нагрузки на ось, удешевляющее всѣ желѣзные мосты и, наконецъ, 4) возможность утилизировать въ нѣкоторыхъ случаяхъ гидравлическую силу горныхъ потоковъ.

Все это, вмѣстѣ взятое, уже и при современномъ состояніи электротехники, позволяетъ настолько уменьшить расходы, какъ по постройкѣ, такъ и по эксплуатаціи линіи, что можно не колеблясь предсказать, что тяга соединенными вагонами-двигателями въ самомъ скоромъ времени будетъ примѣнена къ горнымъ линіямъ и даже вызоветъ, по всей вѣроятности, къ постройкѣ такіхъ новыхъ магистральныхъ линіи, объ осуществленіи которыхъ нечего было бы и думать при паровозной тягѣ.

Перейдемъ теперь къ описанію нѣкоторыхъ практическихъ способовъ соединенія вагоновъ-двигателей въ поѣзда.

Самымъ простымъ случаемъ можно считать составленіе поѣзда изъ двухъ вагоновъ-двигателей по концамъ поѣзда и нѣсколькихъ обыкновенныхъ вагоновъ въ серединѣ. Такъ, на примѣръ, опытный электрическій поѣздъ на Wannseebahn \*) состоитъ изъ двухъ вагоновъ-двигателей, между которыми вставлено восемь обыкновенныхъ пассажирскихъ вагоновъ. Полный вѣсъ порожняго поѣзда составляетъ около 193 тоннъ; изъ этого на долю обоихъ вагоновъ-двигателей, имѣющихъ каждый по три ведущихъ оси, приходится всего 63 тон. На этомъ примѣрѣ легко сравнить паровую и электрическую тягу. Поѣздъ этотъ представляетъ нормальный типъ пассажирскаго поѣзда на Wannseebahn; вѣсъ порожняго поѣзда вмѣстѣ съ паровозомъ составляетъ обыкновенно около 215—218 тон., т. е. всего на 13% больше электрическаго.

За то, чисто въ тяговомъ отношеніи, электрическій поѣздъ много выше парового. Именно, сѣпной вѣсъ паровоза составляетъ около 30—32 тоннъ, распределенныхъ всего на двухъ осяхъ; слѣдовательно, вмѣсто максимальной нагрузки на ось паровоза въ 16 т., нагрузка на ось электрическаго вагона не болѣе 11 тоннъ. Затѣмъ, наибольшая сила тяги для парового поѣзда составляетъ, напр. при допускаемомъ коэффициентѣ сѣпленія въ  $\frac{1}{7}$ , всего

$\frac{1}{7} \times \frac{32000}{218} = \text{около } 21 \text{ кгр. на тонну вѣса поѣзда,}$   
слѣдовательно, вычитая 6 кгр. на сопротивленіе на прямомъ и горизонтальномъ пути, получимъ величину предѣльнаго подъема, проходимаго поѣздомъ въ 15 тысячныхъ.

Для электрическаго поѣзда коэффициентъ сѣпленія можно считать на 20% больше, въ виду равномерности работы двигателей. Поэтому наибольшая возможная сила тяги будетъ

$$\frac{1}{7} \times \frac{1}{0.80} \times \frac{63000}{193} \text{ около } 58 \text{ кгр. на тонну,}$$

т. е. за вычетомъ 6 кгр. на сопротивленіе имѣетъ возможность преодолевать подъемы въ 52 тысячныхъ.

Но тѣ же самыя усилія въ  $21 - 6 = 15$  и  $58 - 6 = 52$  кгр. мы бы могли затратить не на преодоленіе подъема, а на развитіе начальной скорости. Разумѣется, въ этомъ случаѣ ускореніе электрическаго поѣзда оказалось бы въ нѣсколько разъ быстрѣе по сравненію съ паровымъ.

Каждый изъ двухъ вагоновъ-двигателей поѣзда Wannseebahn имѣетъ 3 двигателя, соединенныхъ между собою параллельно; обѣ группы этихъ двигателей, соединенные между собой и съ контроллеромъ кабелемъ, могутъ быть включены послѣдовательно или параллельно, такъ что каждая группа электрически соотвѣтствуетъ какъ бы одному изъ двухъ двигателей обыкновеннаго трамвайнаго вагона. Контроллеръ по существу ни чѣмъ не отличается отъ обыкновеннаго типа

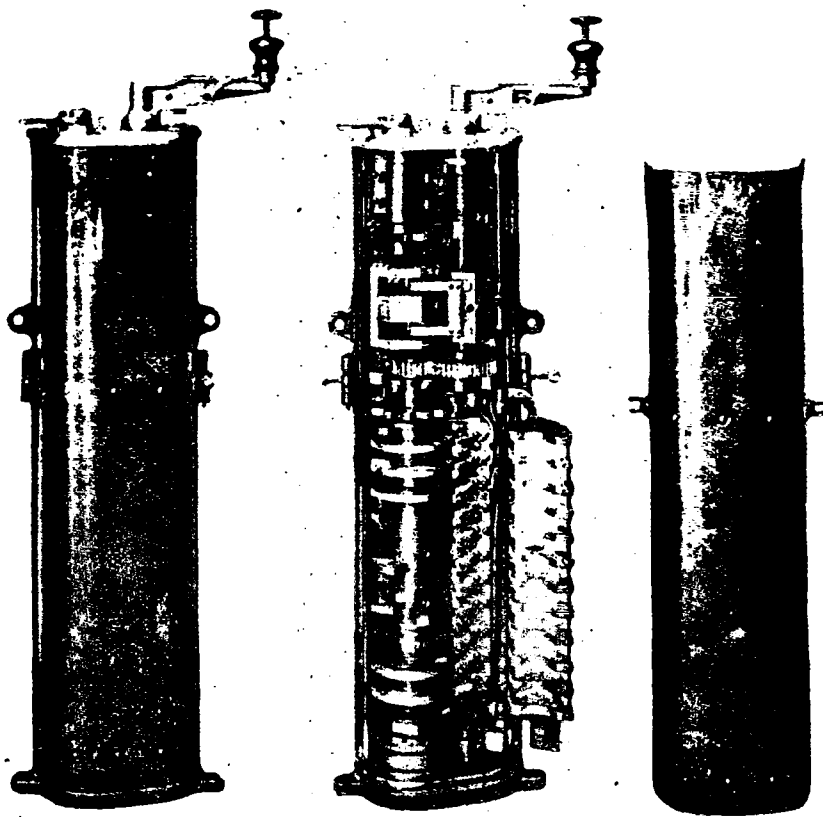
\*) Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1900. № 36.

и вся система управления шестью двигателями, поэтому, чрезвычайно проста. Скорость достигала 55 км. в часъ и при этомъ, какъ показать опытъ, оба вагона, какъ тянущій, такъ и подталкивающий, работаютъ вполне согласно, безъ какихъ бы то ни было толчковъ. Амперметры, помѣщенные въ обоихъ вагонахъ-двигателяхъ, указывали вполне одинаковую нагрузку двигателей.

Система эта, вполне оправдавшая себя на опытномъ поѣздѣ, тѣмъ не менѣе представляетъ довольно большія неудобства при болѣе широкомъ ея.

мѣнно присутствіе двухъ вагоновъ-двигателей въ поѣздѣ. Отдѣленіе одного изъ нихъ, при необходимости уменьшенія состава поѣзда, весьма неудобно, такъ-же неудобно добавленіе новыхъ вагоновъ-двигателей.

Поэтому, гораздо болѣе рациональнымъ, въ общемъ случаѣ, можно считать такую систему, гдѣ каждый вагонъ-двигатель представляетъ изъ себя самостоятельное цѣлое, регулируемое собственнымъ контроллеромъ, пропускающимъ сквозь себя токъ *только отъ двухъ двигателей*, контроллеры же при этомъ могутъ быть приводимы въ



Фиг. 1.

примѣненіи. Именно, даже и въ данномъ случаѣ, токъ, проходившій черезъ контроллеръ и кабель, при троганіяхъ съ мѣста достигалъ 1200 амперъ, т. е. въ 40 разъ превышалъ обыкновенный токъ трамвайныхъ вагоновъ. При размыканіяхъ тока, включеніемъ большого количества сопротивленій, правда, достигается предѣльная величина въ 150 ампер., но и эта величина при 700—750 вольтахъ все-же соответствуетъ приблизительно 150 лш. силъ. Моментальное выключеніе такой энергии очевидно не можетъ обойтись безъ вреднаго искрообразования. Сосредоточеніе такой силы тока при высокомъ напряженіи представляетъ неудобства не только для контроллера, но также и для изолированного кабеля, проводящаго эту энергію черезъ весь поѣздъ.

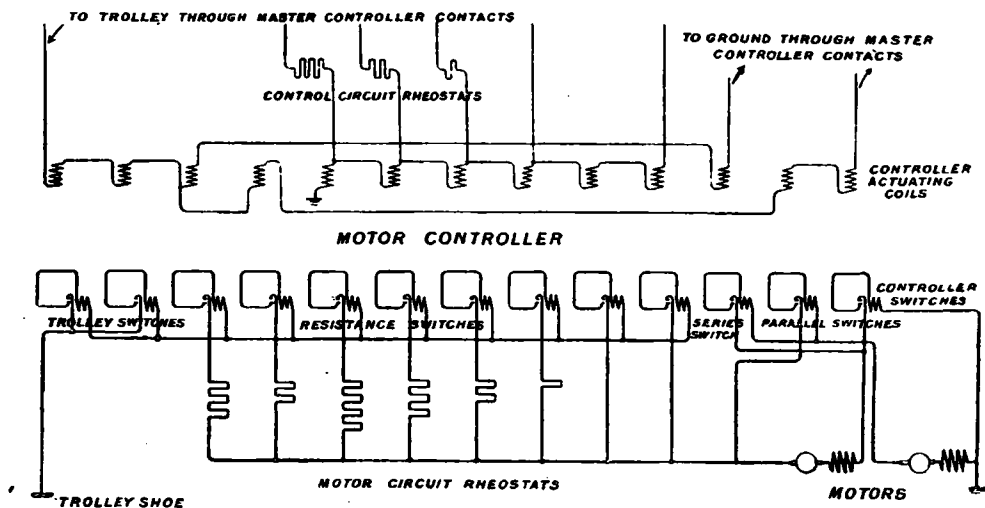
Затѣмъ, такое устройство предполагаетъ непре-

движеніе механически, отъ одного общаго регулятора. Въ этомъ случаѣ, какъ въ этомъ регуляторѣ, такъ и въ кабелѣ, соединяющемъ между собой вагоны поѣзда, будетъ проходить лишь небольшой токъ, нужный только для приведенія въ движеніе механизмовъ, вращающихъ контроллеры, а не для движенія всего поѣзда. Число и расположеніе вагоновъ-двигателей въ поѣздѣ при этомъ, очевидно, совершенно безразлично.

Мы опишемъ здѣсь три такихъ системы, у которыхъ контроллеры всѣхъ вагоновъ-двигателей управляются механически съ одного пункта поѣзда, именно: General Electric Co, Вестинггауза и Спрага. Въ системѣ Вестинггауза управленіе контроллерами происходитъ при помощи сжатого воздуха, притокъ котораго регулируется электричествомъ, остальные двѣ системы—чисто электрическія.

Первая из этих систем, General Electric Co \*) самая простая из описываемых нами, заключается в том, что в каждом вагон-двигатель

посылаемого в катушки их магнитов тока, т.е. или другие замыкатели производят различные контакты проводов вагонной сети, осуществляя



To trolley through master controller contacts—к тrolley через контакты платформенного регулятора.

To ground through master controller contacts—в землю через контакты платформенного регулятора.

Control circuit rheostats—сопротивления для вспомогательных токов.

Controller actuating coils—соленоиды, приводящие в действие замыкатели.

Motor controller—совокупность замыкателей, замыкающих контроллер для данного вагона.

Trolley switches—замыкатели, включающие главный ток от тrolley.

Resistance switches—замыкатели, включающие сопротивления.

Series switch—замыкатель соединяющий двигатели последовательно.

Parallel switches—замыкатели, соединяющие двигатели параллельно.

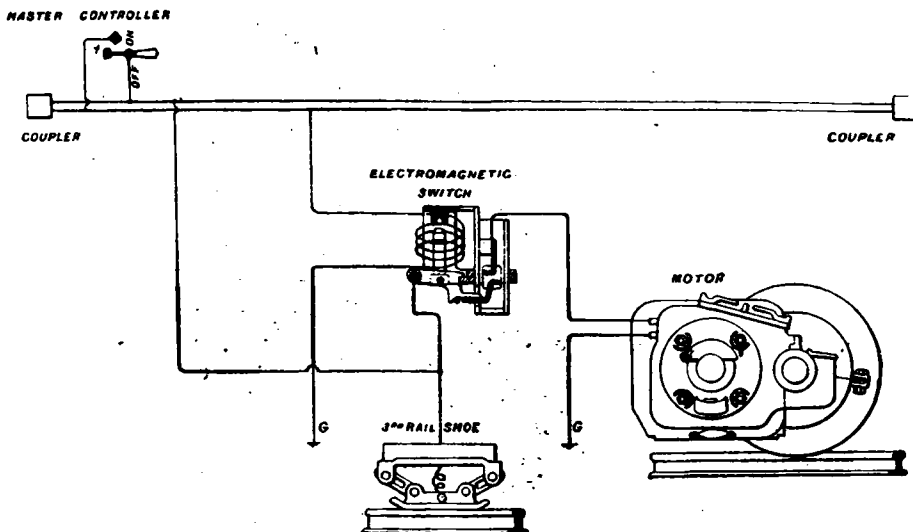
Controller switches—контакты замыкателей.

Trolley shoe—тrolley или башмак для третьего рельса.

Motor circuit rheostats—сопротивления для главных токов.

Motors—двигатели.

Фиг. 2.



Master controller—платформенный регулятор.

off—выключатель.

Coupler—соединитель.

Elektromagnetic switch—электромагнитный замыкатель.

3rd rail shoe—башмак для третьего рельса или тrolley.

Motor—двигатель.

G—земля.

Фиг. 3.

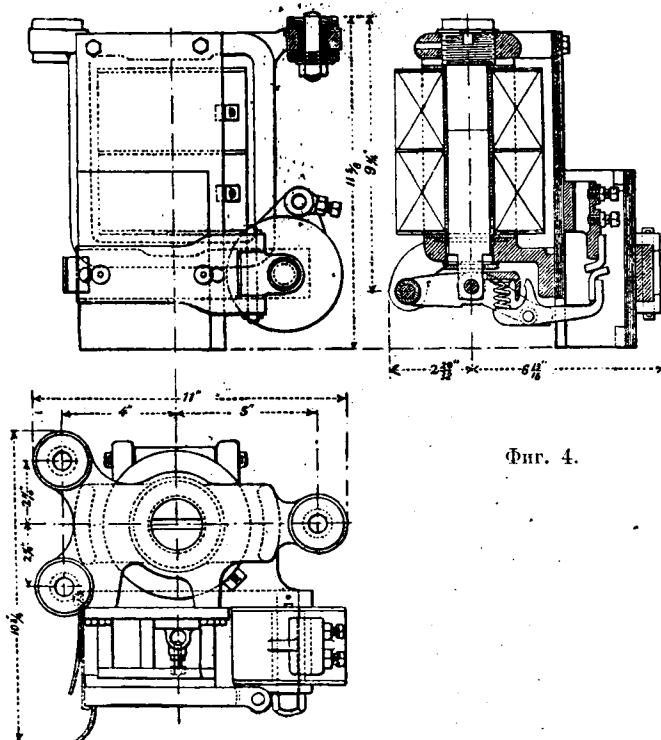
вместо контроллеров имеется группа особых электромагнитных замыкателей. Под действием

\*) Traction and Transmission, April 1901. Street Railway journal, October 1901.

таким образом совершенно так же, как и контроллеры, параллельное или последовательное включение двигателей, а также включение в цепь разной величины сопротивлений.

Распределение тока въ ту или другую группу замыкателей каждаго вагона производится съ помощью особыхъ регуляторовъ (фиг. 1), отли-

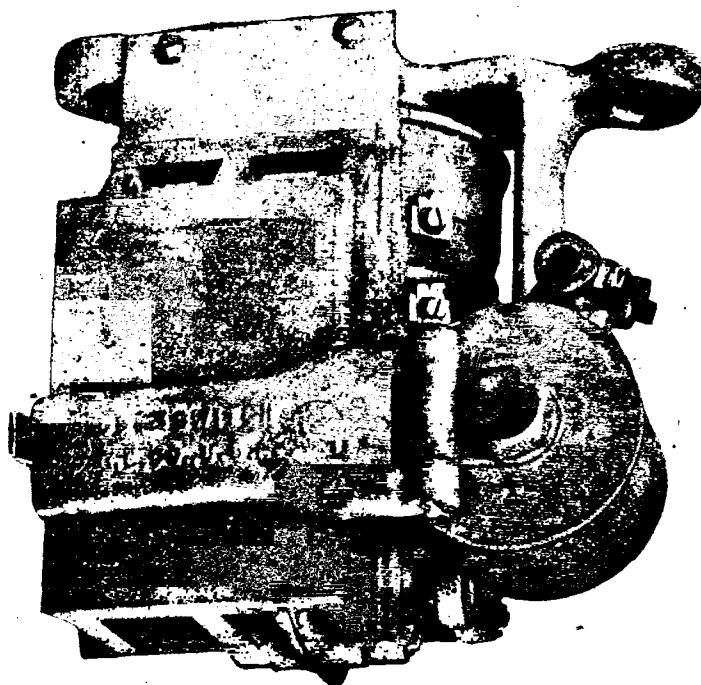
кабелемъ, проходящимъ черезъ весь поѣздъ. Отъ этого кабеля отвѣтвляются параллельно, и вполне одинаково, провода къ катушкамъ замыкателей



Фиг. 4.

чающихся от обыкновенных контроллеров меньшими размерами и более простым устрой-

каждаго вагона-двигателя. Этимъ путемъ достигается 'одновременное дѣйствіе однихъ и тѣхъ-

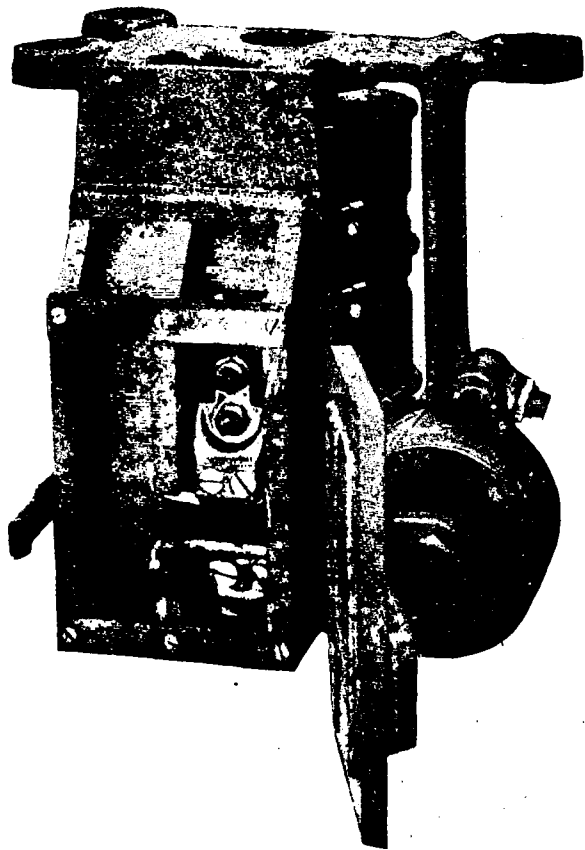


Фиг. 5.

ствомъ. Такіе регуляторы помѣщаются на обоихъ концахъ поѣзда, на платформахъ, и соединяются

же замыкателей во всѣхъ вагонахъ, при управленіи которымъ нибудь изъ регуляторовъ. Соеди-

ненія между собой двигателей и реостатовъ каждого вагона, при этомъ, соотвѣтствуютъ въ любой моментъ, вполне точно, положенію рукоятки регулятора и, слѣдовательно, вполне извѣстны машинисту. Фиг. 2 показываетъ схематическое дѣйствіе описываемой системы, а фиг. 3,—схему включенія замыкателя. На фиг. 2 верхняя часть, изображенная тонкими линіями, представляетъ собой цѣпь отвѣтвленныхъ вспомогательныхъ токовъ, проходящихъ черезъ катушки замыкателей всѣхъ вагоновъ. Нижняя часть, изображенная толстыми линіями, представляетъ собой, отдѣльную отъ первой, цѣпь главныхъ



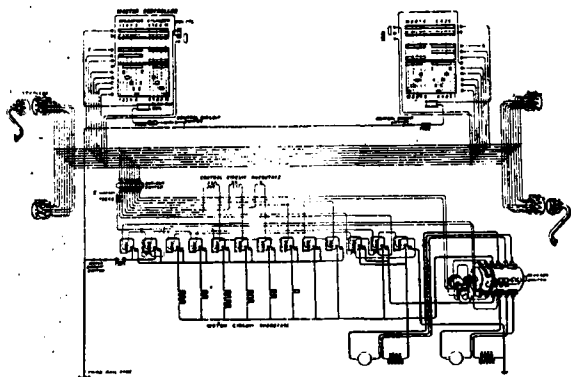
Фиг. 6.

токовъ каждого вагона, проходящихъ контакты 13 различныхъ замыкателей, изъ которыхъ положеніе двухъ лѣвыхъ опредѣляетъ включеніе главного тока, восьми среднихъ—размѣръ включенныхъ передъ двигателями сопротивленій, а три послѣднихъ включаютъ двигатели данного вагона послѣдовательно или параллельно. Изъ фигуры 3 ясно видно, что одна цѣпь, толстая, проходитъ непосредственно отъ третьяго рельса, или троллея, черезъ контакты замыкателя и электродвигатели данного вагона въ землю. Другая же, отвѣтвленная цѣпь, общая для всѣхъ вагоновъ, отходитъ отъ кабеля и, проходя черезъ катушки разныхъ замыкателей, идетъ въ землю. Кабель же соединяется также съ третьимъ рельсомъ или троллеемъ.

Электромагнитные замыкатели, какъ видно изъ

фиг. 4, 5 и 6, состоятъ изъ соленоида втягивающаго въ себя подъ дѣйствіемъ проходящаго въ немъ тока, желѣзный стержень; этотъ желѣзный стержень приподнимается, въ свою очередь, рычагъ съ имѣющимся на концѣ его особымъ контактнымъ пальцемъ. Прикосновеніемъ этого пальца къ другому, неподвижному, контакту и производится замыканіе тока. При прекращеніи тока въ катушкѣ соленоида, подъ дѣйствіемъ тяжести и особой пружины, стержень немедленно выпадаетъ, и контактъ прекращается; во избѣжаніе появленія при этомъ дуги, всѣ замыкатели снабжены сильными магнитными искрогасителями.

Фиг. 7 изображаетъ общую схему соединенія регуляторовъ, замыкателей и двигателей, при чемъ, также, какъ въ схемѣ фиг. 2, тонкими линіями изображены токи, приводящіе въ движеніе замыкатели, а толстыми главный потокъ, отдѣльный для каждого вагона, приводящій въ дѣйствіе двигатели. На этой схемѣ, а также на фиг. 8



Master controller - платформенный регуляторъ.

Op rating cylinder—барабанъ для измѣненія скорости вагона.

Rev. cil.—барабанъ для измѣненія направленія хода.

Couplers—соединители.

Blow-out coil—магнитный искрогаситель.

Control circuit switch—главный выключатель для вспомогательныхъ токовъ.

Fuse—предохранитель для вспомогательныхъ токовъ.

Cut-out switch—выключатель.

Control-circuit-rheostat—сопротивленія для вспомогательныхъ токовъ.

Motor circuit switch—выключатель для главнаго тока.

Reverse switch—обратитель хода.

Motor-circuit rheostats—сопротивленія для главн. токовъ.

Third rail shoe—башмакъ для третьяго рельса или троллея.

Фиг. 7.

показанъ также электромагнитный обратитель хода (reverse switch), представляющій изъ себя такой же цилиндръ съ контактами, какъ и всѣ обратители въ обыкновенныхъ контроллерахъ. Разница состоитъ только въ томъ, что, поворачиваніе этого цилиндра на задній или передній ходъ также производится втягиваніемъ стержня въ одинъ изъ двухъ соленоидовъ; этотъ стержень тянетъ за собой кривошипъ, насаженный на оси цилиндра обратителя. Направленіе тока въ тотъ или другой соленоидъ и, слѣдовательно, передній или задній ходъ поѣзда опредѣляется,



конечно, регуляторомъ черезъ посредство двухъ (лѣвыхъ по схемѣ) замыкателей.

Кабели для вспомогательной цѣли: каждаго вагона кончаются особыми штепселями, оба же штепселя сосѣднихъ вагоновъ соединяются между

ни, т. е., когда токъ въ двигателяхъ разомнутъ. При такомъ положеніи первой рукоятки, рукоятку перемѣны хода можно снять совѣтъ, причемъ этимъ самымъ рукоятка скорости закрѣпляется неподвижно въ нулевомъ положеніи.



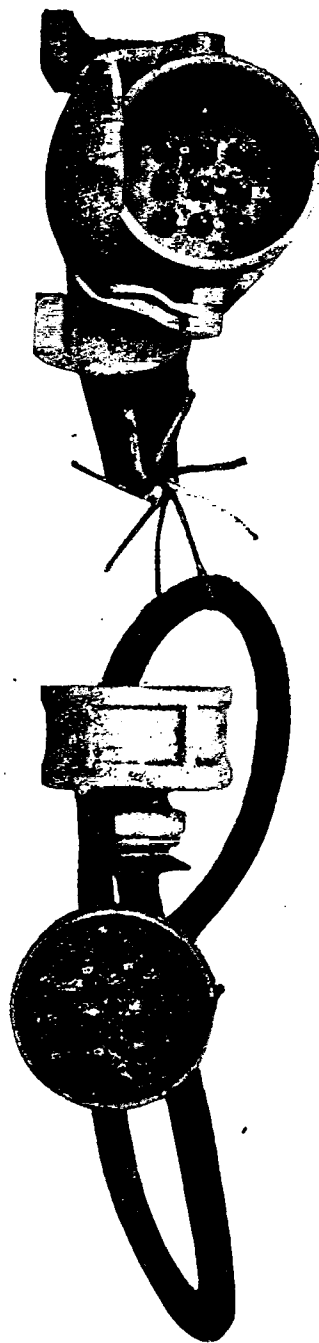
Фиг. 8.

собой особыми гибкими соединителями (фиг. 9) съ имѣющимся на ихъ концахъ коробками, надѣвающимися плотно на выступы штепселей. Штепсели снабжены особыми пружинными крышками, закрывающими ихъ контактные части, какъ только изъ нихъ вынуты концы соединителей. Циркулирующіе по кабелю токи, при напряженіи 550 вольтъ, имѣютъ весьма небольшую силу, какъ это показываетъ слѣдующая таблица:

Положеніе рукоятки регулятора.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	пѹскъ въ ходъ					послѣд. парал.				
Сила тока въ амп.	1,3; 2,4; 2,6; 2,7 2,4; 1,1; 2,3; 2,5; 2,9; 2									

Указанныя силы тока приходятся на одинъ вагонъ, этотъ вагонъ былъ снабженъ двумя двигателями по 150 лш. силъ; такимъ образомъ, расходъ тока на управленіе, при этой системѣ, составляетъ всего 1—2% общаго расхода энергіи.

Къ приведенному описанію системы General Electric Co добавимъ, что отсутствіе тока въ двигателяхъ во время перемѣны хода вполне обеспечивается самымъ устройствомъ регулятора. Этотъ регуляторъ, фиг. 1, имѣетъ также, какъ и всѣ контроллеры General Electric Co двѣ рукоятки: одну для измѣненія скорости, и другую для измѣненія хода вагона. Рукоятки эти механически связаны между собой такъ, что перевести вторую рукоятку, напр. съ передняго на задній ходъ, можно только въ томъ случаѣ, если рукоятка перемѣны скорости стоитъ въ нулевомъ положе-



фиг. 9.

Въ силу этого, поѣздъ все время можетъ быть управляемъ только тѣмъ контроллеромъ, у котораго находится машинистъ съ единственной рукояткой перемѣны хода.

Кромѣ того, рукоятка скорости устроена еще такъ, что она сама возвращается силой пружины

съ любого угла поворота въ разомкнутое нулевое положеніе, какъ только машинистъ ее выпускаетъ изъ рукъ. Какъ мы видѣли раньше, при этомъ стержни всѣхъ замыкателей сейчасъ же выпадаютъ, и токъ во всѣхъ вагонныхъ цѣпяхъ прекращается.

Кромѣ описанныхъ приспособленій, имѣются еще обыкновенные главные и автоматическіе выключатели, которыми могутъ быть выключены изъ общей цѣпи поѣзда отдѣльные вагоны.

Какъ ни проста система General Electric Co по своему замыслу, тѣмъ не менѣе, введеніе 13-ти магнитныхъ замыкателей на каждый вагонъ-двигатель нельзя признать особенно удачнымъ устройствомъ. Контроллеръ всегда представляетъ самое чувствительное мѣсто во всемъ оборудованіи вагона и требуетъ непременно солиднаго устройства и исполнѣя плотнаго и обезпеченнаго примыканія контактовъ; замыкатели, черезъ контакты которыхъ проходитъ главный токъ, очевидно, врядъ ли удовлетворяютъ этимъ условіямъ.

Поэтому, является весьма естественнымъ стремленіе другихъ конструкторовъ воспользоваться для главныхъ, двигательныхъ, токовъ обыкновеннымъ, или слегка измененнымъ, типомъ контроллера: различные же замыкатели и релѣ примѣнять лишь для регулированія силы, вращающей самый контроллеръ. При этомъ, очевидно, число этихъ релѣ, предназначенныхъ для вспомогательныхъ токовъ, можетъ быть меньше, устройство проще и дѣйствіе надежнѣе, такъ какъ они замыкаютъ лишь сравнительно слабые токи.

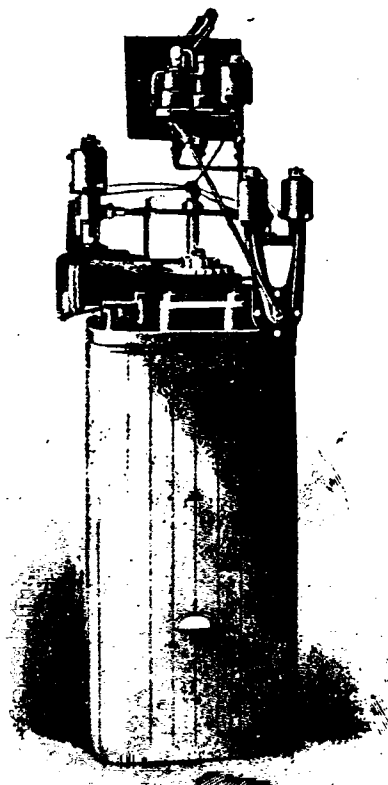
На такихъ принципахъ разработаны системы Вестинггауза и Спрага. Въ системѣ Вестинггауза \*) соединеніе двигателей и ихъ сопротивленій производится въ каждомъ вагонѣ обыкновенными контроллерами, барабаны же всѣхъ этихъ контроллеровъ синхронически поворачиваются силой сжатого воздуха. Сжатый воздухъ пускается въ двигательные механизмы контроллеровъ черезъ особые электромагнитные краны, которые управляются электрическимъ токомъ невысокаго напряженія, получаемымъ отъ имѣющейся въ поѣздѣ небольшой аккумуляторной батареи.

На фиг. 10 изображенъ общій видъ контроллера и соединенія съ нимъ главнаго выключателя, оборудованныхъ по системѣ Вестинггауза, а на фиг. 11 верхняя часть контроллера съ электропневматическими приборами изображена отдѣльно.

Контроллеръ имѣетъ, какъ обыкновенно, два барабана: главный и обратитель хода. Оси обоихъ этихъ барабановъ выступаютъ сверху надъ крышкой контроллера, и здѣсь приводятся въ движеніе, при посредствѣ передаточныхъ механизмовъ, поршневыми штоками цилиндровъ, подъ поршни которыхъ поступаетъ сжатый воздухъ.

Вращеніе главнаго барабана впередъ, т. е. въ направленіи пуска въ ходъ и увеличенія скорости двигателей, производится слѣдующимъ образомъ.

На концѣ поршневаго штока, укрѣплены два шатуна, имѣющие сильно загнутые крюками концы, какъ это вообще дѣлается у собачекъ. Эти шатуны толкаютъ своими крюками зубцы двухъ колесъ-храповиковъ, насаженныхъ одно подъ другимъ на оси главнаго вала. Полному ходу поршня соответствуетъ передвиженіе колеса на одинъ зубецъ и соответственно съ этимъ барабана на одно дѣленіе. Затѣмъ сжатый воздухъ возвращается поршень обратно, причемъ собачки скользятъ по зубцамъ храповика. При слѣдующемъ поступленіи воздуха подъ поршень, барабанъ снова тѣмъ же самымъ путемъ подвигается впередъ еще на одно дѣленіе и т. д. Такъ какъ, въ силу



Фиг. 10.

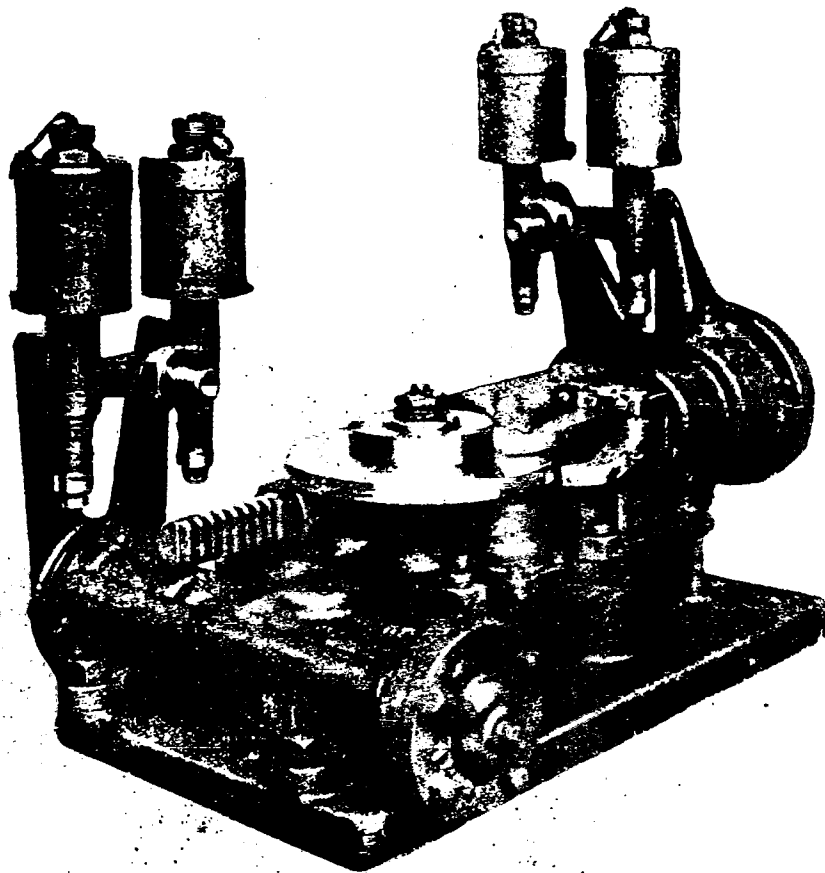
конструкціи контроллера, углы поворота между разными дѣленіями не одинаковы, то имѣются два шатуна и два храповика разнаго діаметра, которые и производятъ разные углы поворота при постоянномъ ходѣ поршня. Разумѣется, зубцы на этихъ храповикахъ расположены такъ, что каждый разъ работаетъ только одинъ изъ шатуновъ, другой же при этомъ прижимается съ помощью пружины къ гладкой цилиндрической поверхности второго колеса.

Такъ происходитъ вращеніе главнаго барабана впередъ; вращеніе же его въ обратномъ направленіи производится впускомъ сжатого воздуха подъ поршень другого цилиндра, расположеннаго рядомъ съ предыдущимъ. Продолженіемъ штока этого цилиндра является длинная, плоская кре-

\*) Traction and Transmission, April 1901; Street Railway Journal, October 1899.

малерка, зацепляющая своими зубцами за зубцы небольшой шестерни, насаженной подь вышеупомянутыми храповиками, на общей съ ними оси главного барабана. Пока давление съ обѣихъ сторонъ

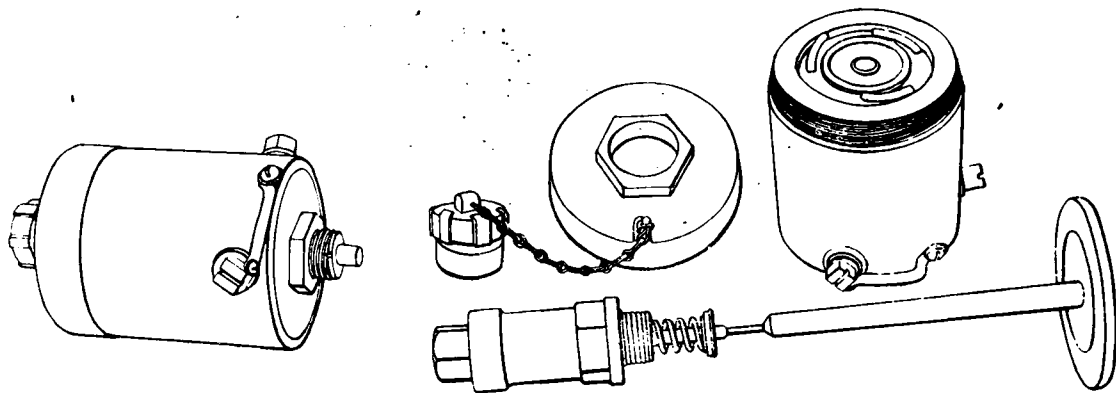
поворота всегда въ начальное разомкнутое положеніе, такъ какъ полный ходъ кремалерки соответствуетъ полному возможному повороту главного барабана.



Фиг. 11.

этого второго поршня одинаково, шестерня увлекаетъ при вращеніи вала своими зубцами кре-

Какъ видно изъ сказаннаго, движеніе контроллера впередъ, производится сжатымъ воздухомъ



Фиг. 12.

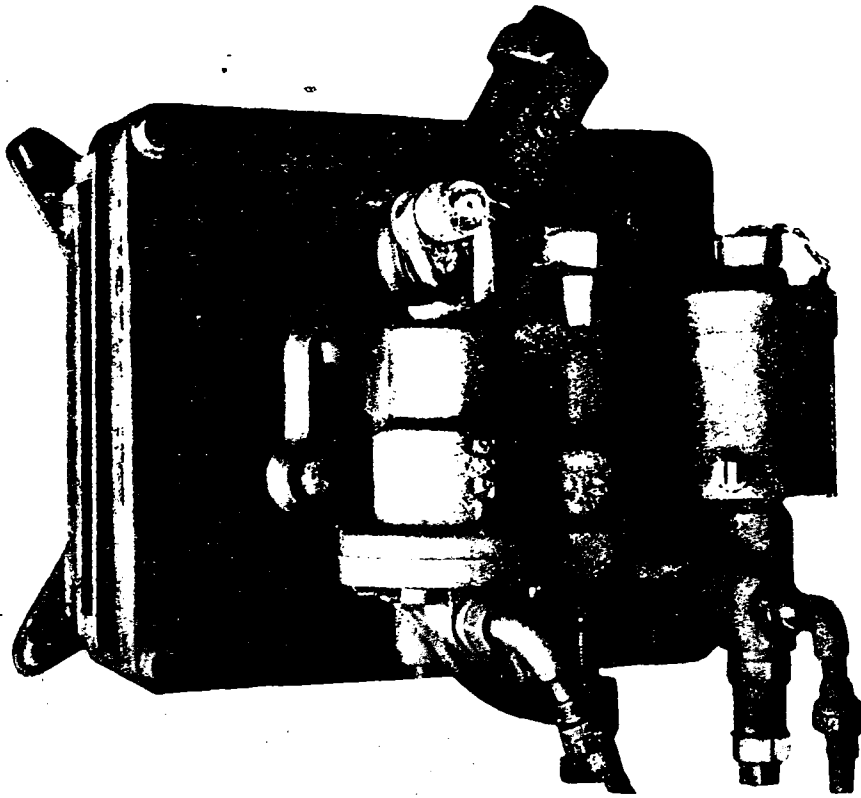
малерку и выдвигаетъ ее впередъ. Но какъ только сжатый воздухъ вдуется въ цилиндръ, кремалерка, благодаря малому діаметру шестерни, быстро возвращаетъ главный барабанъ съ любого угла

последовательными толчками отъ одного дѣленія къ другому, тогда какъ обратное движеніе производится, проходя быстро черезъ всѣ дѣленія къ начальному положенію. Это, какъ извѣстно, впол-

нѣ соответствовать обычнымъ правиламъ управления контроллеромъ, имѣющимъ въ виду съ одной стороны постепенное увеличеніе скорости вагона, во избѣжаніе вредныхъ напряженій зубчатыхъ колесъ и вообще всего механизма вагона, и, съ другой стороны, требующихъ быстрого размыканія тока во избѣжаніе разрушительнаго дѣйствія на контроллеръ появляющейся при этомъ дуги.

Что касается до оси другого барабана контроллера,—обратителя хода,—то на ней также имѣется шестерня съ прилегающей плоской зубчаткой. Благодаря тому, что съ обоихъ концовъ этой

стоитъ изъ катушки, обхваченной снаружи и внутри стальными цилиндрическими стѣнками, соединяющимися внизу между собой въ одно цѣлое, такъ что катушка какъ бы лежитъ въ двойномъ стаканѣ съ U образнымъ сѣченіемъ стѣнокъ. Благодаря этому, наружная и внутренняя стѣнки представляютъ собой сверху два кольцевыхъ полюса электромагнита. Якорь изъ мягкаго желѣза, который притягивается этими полюсами, представляетъ изъ себя плоскій дискъ, который поддерживается надъ полюсами электромагнита тремя листовыми пружинами, видными



Фиг. 13.

зубчатки имѣются воздушные цилиндры, зубчатка при впускѣ сжатого воздуха въ одинъ изъ нихъ вызываетъ поворотъ обратителя въ ту или другую сторону и этимъ самымъ переключаетъ ходъ. При всякой перебѣнѣ хода, разумеется, предварительно выключается главный токъ способомъ, описаннымъ нѣсколько далѣе.

Такимъ образомъ, всѣ повороты контроллера осуществляются съ помощью сжатого воздуха, посылаемаго подъ поршни разныхъ цилиндровъ. Одновременное распредѣленіе воздуха въ одинаковыхъ цилиндрахъ всѣхъ вагоновъ достигается специальными электромагнитными клапанами, общій видъ, которыхъ можно рассмотреть изъ фиг. 11, а отдѣльныя части изображены разобранными на фиг. 12. Электромагнитъ этого клапана со-

стоитъ изъ катушки, обхваченной снаружи и внутри стальными цилиндрическими стѣнками, соединяющимися внизу между собой въ одно цѣлое, такъ что катушка какъ бы лежитъ въ двойномъ стаканѣ съ U образнымъ сѣченіемъ стѣнокъ. Благодаря этому, наружная и внутренняя стѣнки представляютъ собой сверху два кольцевыхъ полюса электромагнита. Якорь изъ мягкаго желѣза, который притягивается этими полюсами, представляетъ изъ себя плоскій дискъ, который поддерживается надъ полюсами электромагнита тремя листовыми пружинами, видными

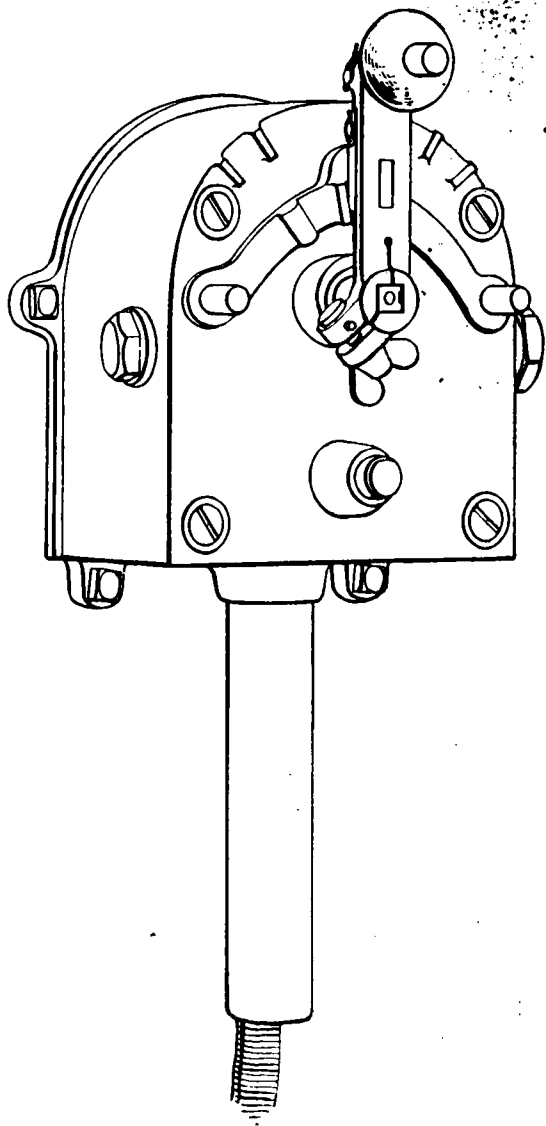
на фиг. 12. Когда токъ проходитъ черезъ катушку электромагнита, то дискъ, притягиваясь, опускается на пружинахъ и прикрѣпленнымъ къ нему вертикальнымъ стержнемъ надавливаетъ на пружинный клапанъ воздушнаго цилиндра и впускаетъ въ этотъ цилиндръ сжатый воздухъ. Немедленно по прекращеніи тока, листовыя пружины приподнимаютъ дискъ и закрываютъ этимъ клапанъ.

Кромѣ контроллера, въ системѣ Вестингауза, дѣйствіемъ сжатого воздуха приводится также въ движеніе и главный выключатель, фиг. 13. Ручка этого выключателя поворачивается двумя, разной величины, цилиндрами для сжатого воздуха. Большой цилиндръ служитъ исключительно для размыканія тока, причемъ сжатый воздухъ

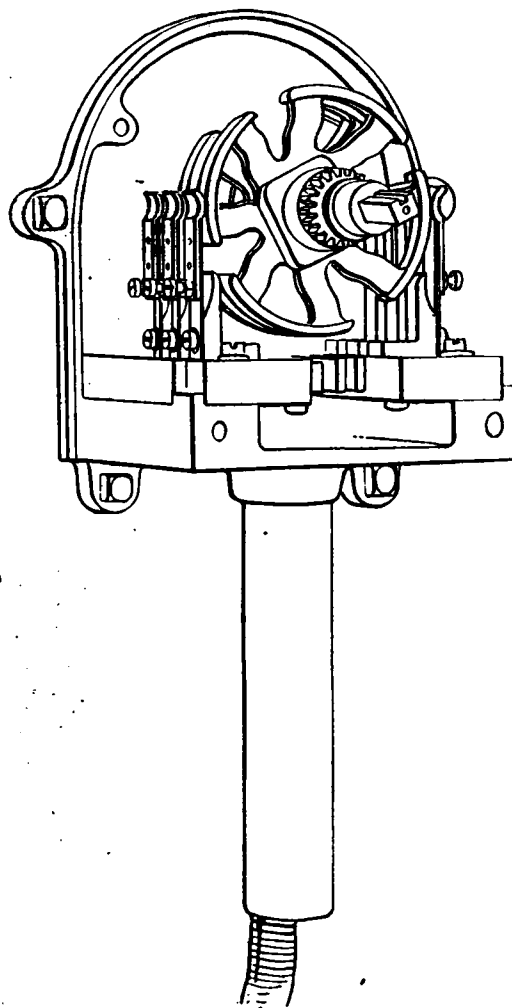
посылается подъ его поршень непосредственно изъ вышеупомянутыхъ цилиндровъ барабана—обратителя въ контроллеръ (фиг. 10). Вслѣдствіе этого, каждый разъ, какъ только сжатый воздухъ пускается въ эти цилиндры для перемѣны хода, онъ всегда размыкаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и главный выключатель. Для поворота же ручки выключателя обратно въ замкнутое положеніе слу-

при помощи съемной рукоятки, причемъ токъ можетъ попасть въ клапаны только при надѣтой рукояткѣ. Поворотомъ этой рукоятки вправо или влево достигается ходъ поѣзда впередъ или назадъ. Для передняго хода имѣются только два дѣленія, соответствующія послѣдовательному и параллельному включенію двигателей.

При пускѣ въ ходъ машинистъ можетъ сразу поставить ручку въ любое изъ этихъ положеній, смотря по тому, какую онъ имѣетъ въ виду развить скорость. Контроллеры всѣхъ вагоновъ, на-



Фиг. 14.



Фиг. 15.

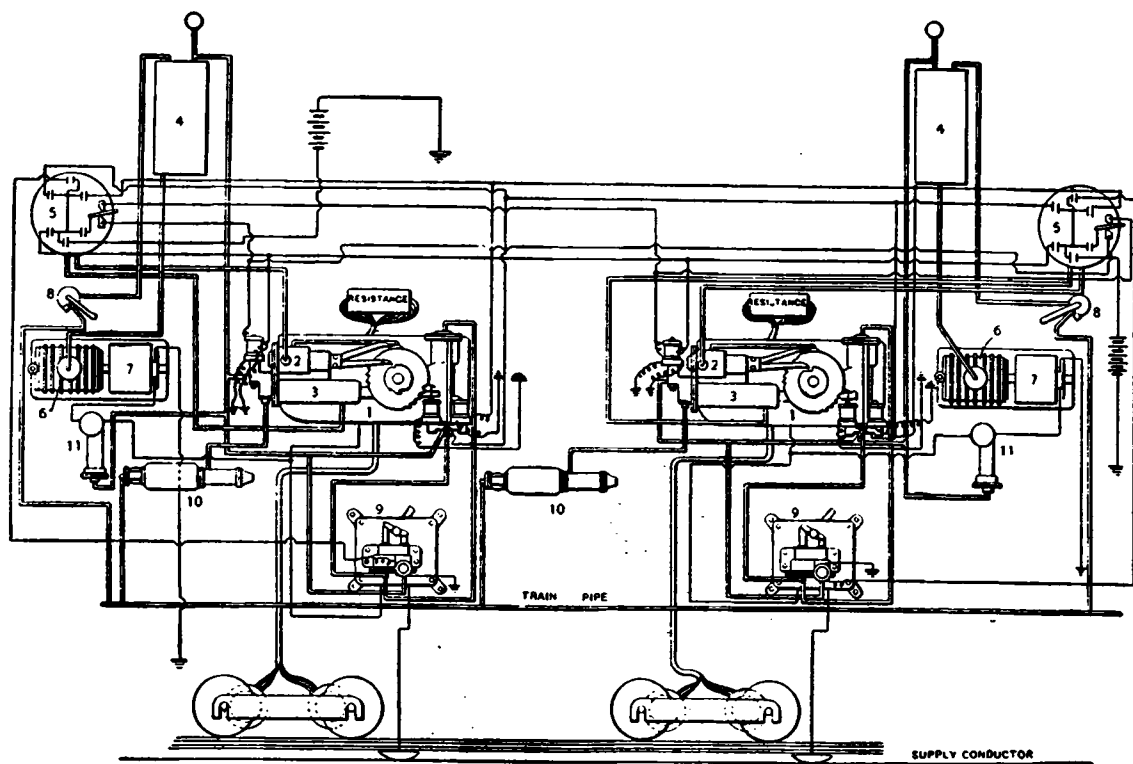
жить другой, малый цилиндръ выключателя, впускъ сжатого воздуха въ который регулируется расположеннымъ съ нимъ рядомъ электромагнитнымъ клапаномъ (фиг. 13).

Какъ и въ предыдущей системѣ всѣ замыкатели, такъ и здѣсь электромагнитные клапаны на всѣхъ вагонахъ, управляются съ передней платформы поѣзда машинистомъ при помощи особаго регулятора, общій видъ котораго изображенъ на фиг. 14, а внутреннее устройство на фиг. 15. Барабанъ этого регулятора поворачивается и здѣсь

чиняютъ послѣ этого, какъ описано было выше, мало-по-малу толчками подвигаться впередъ, дереходя постепенно отъ большаго сопротивленія къ меньшему, и отъ послѣдовательнаго включенія двигателей къ параллельному. При этомъ, если въ какой либо моментъ сила тока въ двигателяхъ возрастаетъ выше желательной нормы, то благодаря особому автоматическому клапану, контроллеры приостанавливаютъ свое движеніе. Послѣ того, какъ сила тока спадетъ до нормальныхъ предѣловъ, всѣ контроллеры снова начинаютъ со-

вершенно синхронически двигаться впередъ, до окончательнаго послѣдовательнаго или параллельнаго соединенія, смотря по тому, которое изъ этихъ двухъ положеній занято рукояткой регулятора.

образомъ, поворачивая рукоятку регулятора взадъ и впередъ, и пользуясь тормазами, машинистъ можетъ любымъ образомъ измѣнять скорость поѣзда, при чемъ вредная величина ускоренія, напр. на крутыхъ подъемахъ, предупреждается

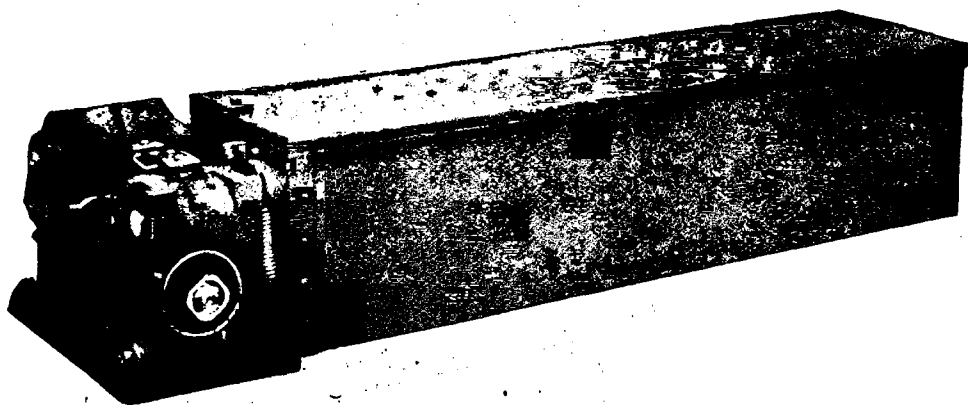


1—контроллеръ; 2—поршень для хода впередъ; 3—поршень для обратнаго хода; 4—резервуаръ для сжатого воздуха; 5—платформенный регуляторъ; 6—воздушный насосъ; 7—двигатель воздушнаго насоса; 8—тормазной клапанъ; 9—выключатель; 10—тормазной цилиндръ; 11—регуляторъ давленія; Resistance—реостаты; Train pipe—трубопроводъ; Supply conductor—рабочий проводъ.

Фиг. 16.

Если рукоятка регулятора будетъ повернута назадъ, въ среднее положеніе, то всѣ контроллеры, въ

вышеупомянутымъ клапаномъ, дѣйствующимъ при чрезмѣрно-большой силѣ тока.



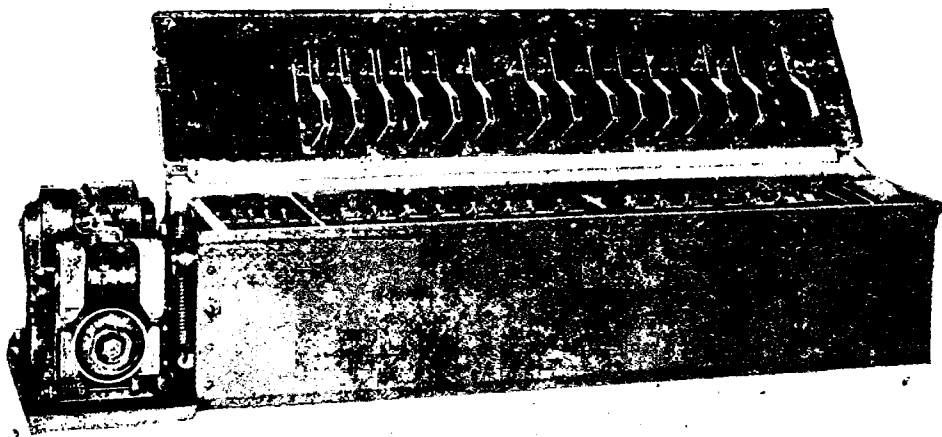
Фиг. 17.

какомъ-бы положеніи они ни находились въ этотъ моментъ, моментально повертываются своими кремальерками въ разомкнутое положеніе. Такимъ

Токъ, посредствомъ котораго платформенный регуляторъ приводитъ въ движеніе электромагнитные клапаны для впуска въ цилиндры сжатого

воздуха, имѣть въ системѣ Вестинггауза невысокое напряженіе и получается отъ небольшой аккумуляторной батареи, помѣщаемой въ поѣздъ, и заряжаемой во время его хода линейнымъ токомъ. Примѣненіе слабыхъ токовъ въ поѣздной линіи имѣетъ свои преимущества въ смыслѣ безопасности при осмотрѣ аппаратовъ, или при-

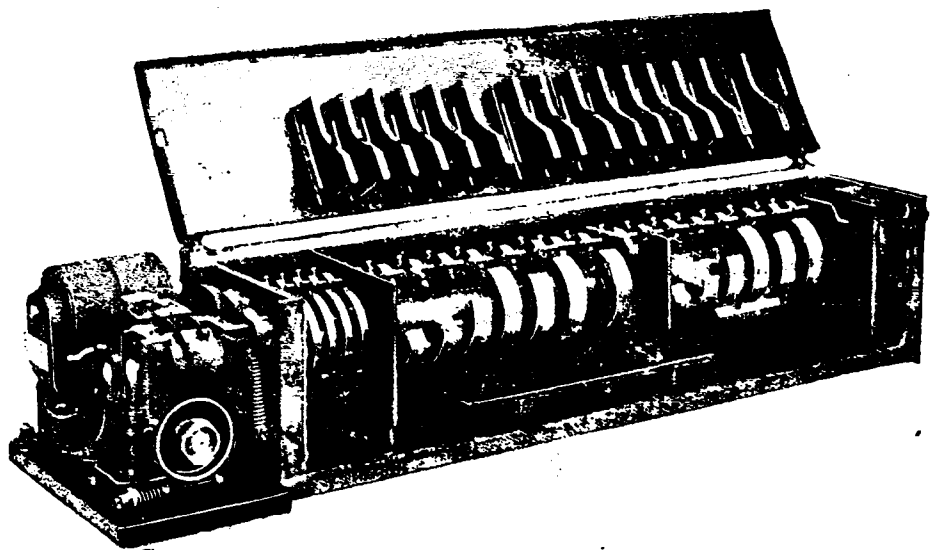
нейтральное положеніе, прекращая доступъ тока въ двигатели. Важность такого приспособленія очевидна, напр. для случая разрыва поѣзда, гдѣ безъ этого одновременное дѣйствіе воздушныхъ тормозовъ и двигателей имѣло-бы весьма вредныя послѣдствія. Такъ-же какъ и съ тормозами, контроллеръ соединенъ съ выключателемъ и съ обра-



Фиг. 18.

соединеніи кабелей двухъ вагоновъ; затѣмъ вѣроятность вредной порчи изоляціи при этомъ меньше и, кромѣ того, аппараты могутъ быть переводимы независимо отъ линейнаго тока. Но за

тителемъ тока, такъ что, всякій разъ, когда токъ размыкается, или мѣняется включеніе якорей, контроллеръ непременно возвращается въ нейтральное положеніе.



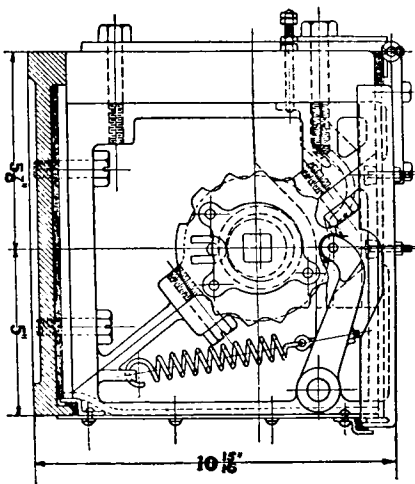
Фиг. 19.

то, конечно, всякія неплотности въ контактахъ имѣютъ гораздо большее значеніе, чѣмъ при употребленіи токовъ высокаго напряженія.

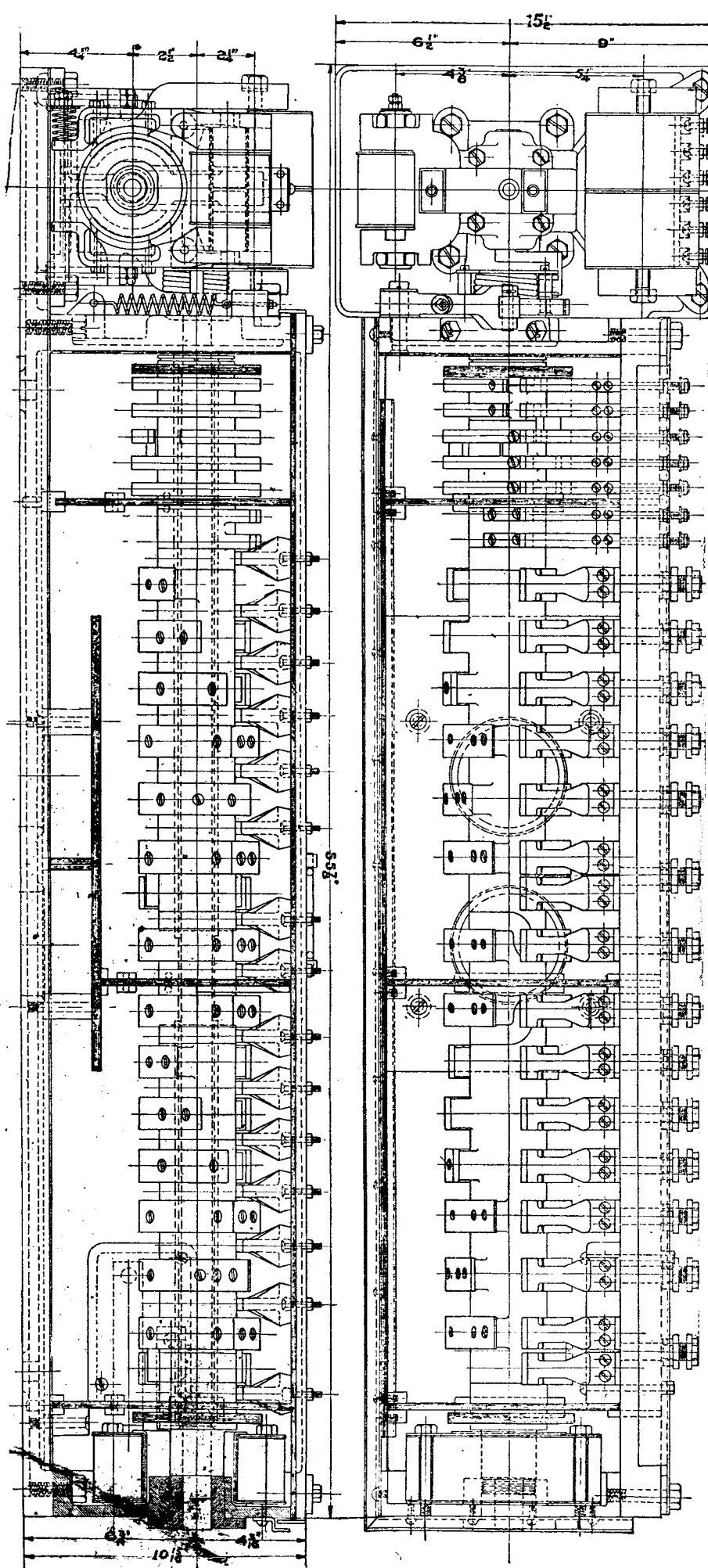
Одно изъ главныхъ достоинствъ системы Вестинггауза состоитъ въ автоматической связи между контроллерами и воздушными тормозами. Именно, въ моментъ начала дѣйствія воздушныхъ тормозовъ, контроллеръ непременно возвращается въ

Фиг. 16 изображаетъ общую схему системы Вестинггауза. Какъ видно изъ этой схемы, сжатый воздухъ накачивается въ особые резервуары посредствомъ воздушнаго насоса, приводимаго въ движеніе электродвигателями.

Объ только что описанныя системы, General Electric Co и Вестинггауза, представляютъ собой лишь упрощенное примѣненіе разныхъ отдѣль-



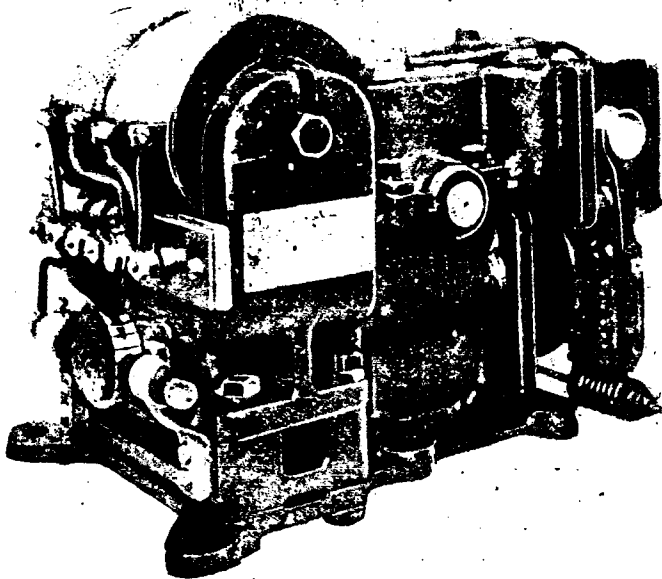
Фиг. 20.





ныхъ принциповъ, совокупность которыхъ составляетъ первую по времени изобрѣтенія и вмѣстѣ съ тѣмъ самую разработанную систему соединенія

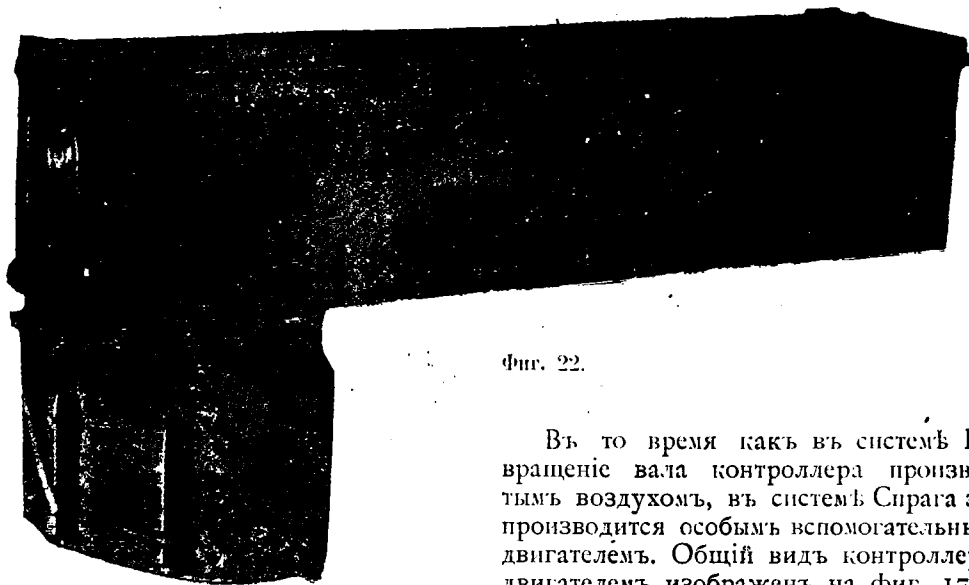
между собою и съ сопротивленіями производится въ системѣ Спрага вращеніемъ барабана контроллера; что касается до барабана перемены



Фиг. 21.

вагоновъ-двигателей въ поѣзда, именно, систему Спрага \*). Хотя, такимъ образомъ, система Спрага и является какъ-бы прототипомъ двухъ описан-

хода, то онъ выдѣленъ въ отдѣльный отъ контроллера приборъ, который мы будемъ, какъ и прежде, называть обратителемъ.



Фиг. 22.

ныхъ системъ, мы находимъ все-же болѣе удобнымъ изложить ея описаніе самымъ послѣднимъ, такъ какъ пониманіе принциповъ ея устройства значительно облегчается знакомствомъ съ системами General Electric Co и Вестинггауза.

Какъ и въ системѣ Вестинггауза, непосредственное соединеніе двигателей каждаго вагона

Въ то время какъ въ системѣ Вестинггауза вращеніе вала контроллера производится сжатіемъ воздухомъ, въ системѣ Спрага это вращеніе производится особымъ вспомогательнымъ электродвигателемъ. Общій видъ контроллера вмѣстѣ съ двигателемъ изображенъ на фиг. 17, 18, 19 и 20, а вспомогательный двигатель отдѣльно на фиг. 21. Какъ видно изъ этихъ снимковъ и чертежей, контроллеръ помѣщается въ закрытомъ герметически ящикѣ, снаружи этого ящика помѣщается электродвигатель, приводящій контроллеръ въ движеніе при посредствѣ пружины и храповика.

Электромагниты этого вспомогательнаго двигателя имѣютъ двѣ обмотки; смотря по тому, по которой изъ нихъ идетъ токъ, контроллеръ подви-

\*) Street Railway Journal. May, 1901.

гается впередъ или назадъ. Съ этими обмотками включается послѣдовательно особая спираль, втягивающая въ себя собачку, предназначенную для пріостановки двигателя и, слѣдовательно, контроллера, какъ только по этой спирали прекращается токъ.

Обратитель хода вагона, заключенный въ такой-же ящикъ, какъ и контроллеръ, приводится въ движеніе, такъ-же какъ и въ системѣ General Electric Co погруженіемъ одного изъ двухъ жѣлѣзныхъ стержней въ соленоидъ подѣ дѣйствіемъ тока (фиг. 22, 23 и 24). Черезъ посредство осо-

Совершенно также, какъ въ описанной системѣ General Electric Co, главные двигатели управляются 13-ью электромагнитными замыкателями въ системѣ Спрага, 5 замыкателей или релѣ управляютъ ходомъ вспомогательнаго двигателя. При этомъ однако токъ, проходящій черезъ ихъ контакты въ обмотки вспомогательнаго двигателя имѣетъ хотя и линейное напряженіе, но за то весьма небольшую силу, сравнительно съ токомъ, проходящимъ черезъ контакты замыкателей въ системѣ General Electric Co, приводящимъ въ движеніе главнѣе двигатели.



Фиг. 23.

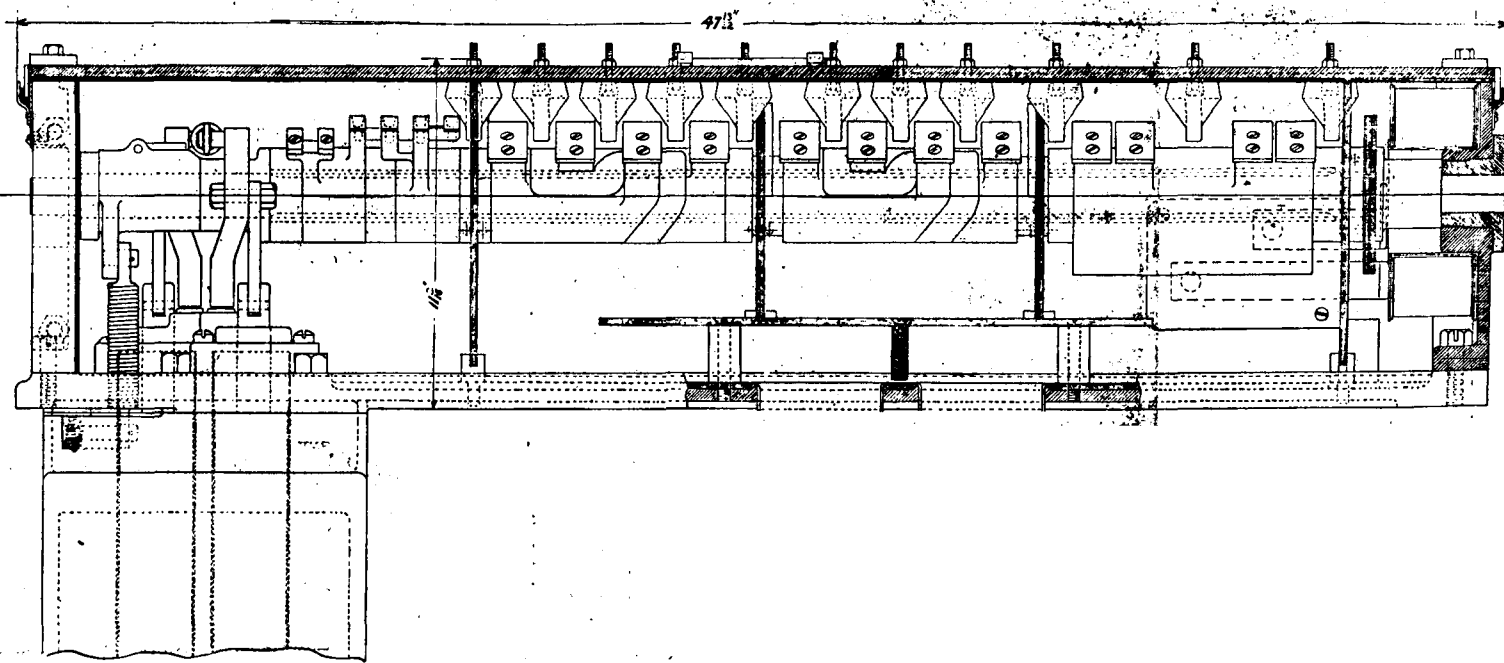
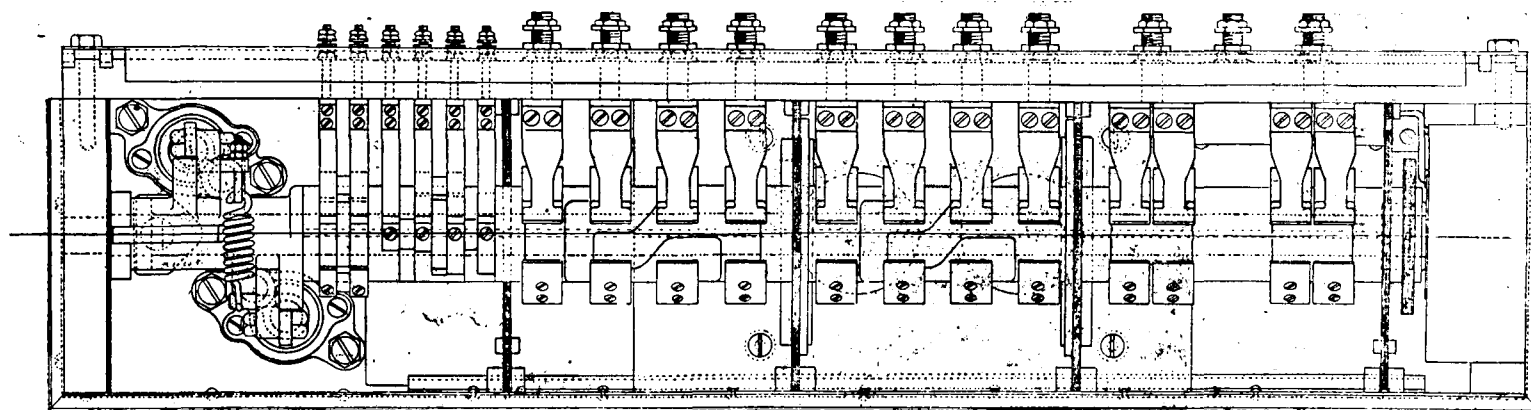
баго кривошипа сильная пружина всегда вращаетъ обратитель въ среднее, нейтральное положеніе, какъ только токъ въ соленоидахъ прекращается; при этомъ нейтральномъ положеніи главный токъ въ вагонныхъ двигателяхъ тоже размыкается.

Цѣпь этого главнаго тока проходитъ отъ провода (черезъ троллей или башмакъ отъ третьяго рельса) въ контакты обратителя, затѣмъ контроллера и далѣе черезъ сопротивленіе и главные двигатели въ землю, будучи такимъ образомъ вполне независимой отъ всѣхъ прочихъ цѣпей въ поѣздѣ и отдѣльной для каждаго вагона.

Что касается до вспомогательнаго электродвигателя, вращающаго контроллеръ, то онъ приводится въ движеніе токомъ, отвѣтственнымъ отъ того-же контактнаго провода (или третьяго рельса), но образующимъ другую, также вполне самостоятельно замкнутую, цѣпь для каждаго отдѣльнаго вагона.

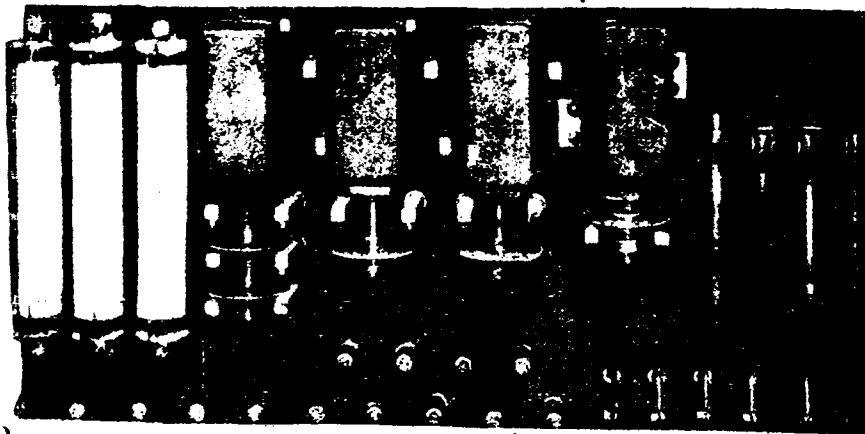
Пять релѣ, управляющихъ ходомъ вспомогательнаго двигателя, можно раздѣлить на три группы. Первую группу составляютъ два релѣ, приводящихъ вспомогательный двигатель въ движеніе впередъ; слѣдовательно, при ихъ замыканіи токъ посылается въ первую изъ двухъ вышеупомянутыхъ обмотокъ вспомогательнаго двигателя. Одно изъ этихъ релѣ, «series», вращаетъ вспомогательный двигатель до тѣхъ поръ, пока контроллеръ не выключитъ всѣхъ сопротивленій и не соединитъ двигатели между собой послѣдовательно; замыканіе втораго релѣ, „multiple“, точно также постепенными толчками вспомогательнаго двигателя доводитъ контроллеръ до параллельнаго соединенія двигателей. Третье релѣ, „throttle“, имѣетъ своимъ specialнымъ назначеніемъ пріостанавливать вращеніе вспомогательнаго двигателя и вмѣстѣ съ нимъ контроллера впередъ. При его замыканіи, токъ, приходящій черезъ вспомогательный электродвигатель и спираль, прекращается, вслѣдствіе чего контроллеръ пріостанавливается собачкой въ тотъ моментъ и въ томъ положеніи, въ которомъ его захватило это замыканіе.

Наконецъ послѣдніе два релѣ возвращаютъ контроллеръ назадъ, пуская токъ въ соответствующую обмотку вспомогательнаго двигателя. Одно изъ нихъ, называемое «coast», соответ-



ствуешь движению вагонов под уклон без помощи тока и часто соединяется в одно с другим релэ, называемым *automatic-stop*; это последнее релэ возвращает всегда контроллеръ въ разомкнутое положение, если обратитель становится въ среднее положение.

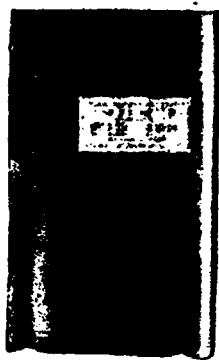
чительно силой главного тока двигателя, пробѣгающаго черезъ обмотку катушки этого релэ. Наконецъ, пятое релэ, „*automatic stop*“, производитъ возвращение контроллера назадъ, или по желанію машиниста, или самостоятельно, какъ было упомянуто выше.



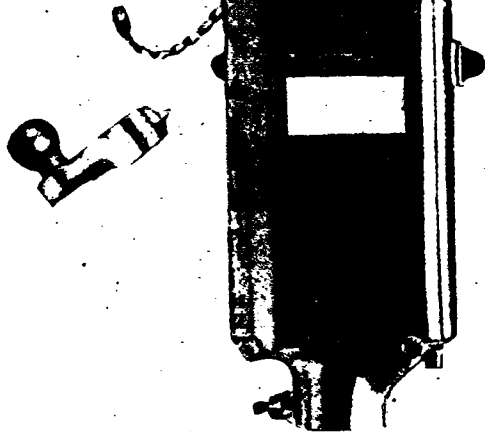
Фиг. 25.

Каждое релэ (фиг. 25) состоитъ изъ катушки втягивающей въ себя стержень съ помѣщеннымъ внизу его дискомъ, который, поднимаясь, касается двухъ контактныхъ пальцевъ. Дискъ „*throttle*“

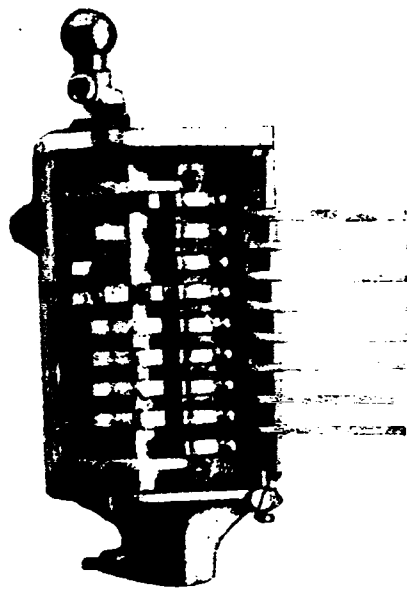
Машинистъ посылаетъ токъ въ катушки релэ, а также въ катушки соленоидовъ обратителя, посредствомъ платформеннаго регулятора, изображеннаго на фиг. 26 и 27. Этотъ платформенный



Фиг. 26а.



Фиг. 26б.



Фиг. 26с.

дѣлается изъ серебра или платины. Релэ „*automatic stop*“ имѣетъ два диска. Всѣ эти релэ укрѣпляются на особой вертикальной доскѣ вмѣстѣ съ плавкими предохранителями.

Три релэ: *series*, *multiple* и *coast* приводятся въ замыканіе токомъ, посылаемымъ въ катушки ихъ электромагнитовъ машинистомъ; положеніе четвертаго релэ „*throttle*“ обуславливается исклю-

регуляторъ весьма напоминаетъ, какъ по своей конструкции, такъ и по своему назначенію, такой же регуляторъ *General Electric Co.* Его рукоятка имѣетъ одно нейтральное положеніе, соответствующее разомкнутому току, въ которое она постоянно возвращается силой пружины, какъ только ее отпустить машинистъ, затѣмъ три (или два) положенія для хода поѣзда впередъ: послѣдователь-

ное, параллельное и соответствующее спуску под уклонъ, („coast“) и, наконецъ, одно для хода назадъ, соответствующее последовательному соединенію, т. е. половинной скорости.

Замѣтимъ здѣсь, что, согласно описанному, не существуетъ никакого электрическаго или какого-либо иного соединенія между платформеннымъ регуляторомъ и главнымъ контроллеромъ. Платформенный регуляторъ соединяется только съ катушками первыхъ трехъ релѣ и съ двумя катушками соленоидовъ обратителя, образуя такимъ образомъ третью цѣпь въ вагонѣ, совершенно

отдѣльную отъ вышеописанныхъ двухъ цѣпей для главныхъ и для вспомогательнаго двигателя. Такимъ образомъ передвиженіе платформеннаго регулятора можетъ лишь косвенно вызывать передвиженіе главнаго контроллера, и то лишь при извѣстныхъ условіяхъ, какъ это будетъ пояснено далѣе.

Общая схема всѣхъ токовъ въ поѣздѣ изображена на фиг. 28 и 29, схемы же включенія релѣ изображены отдѣльно на фиг. 30 и 31, причемъ

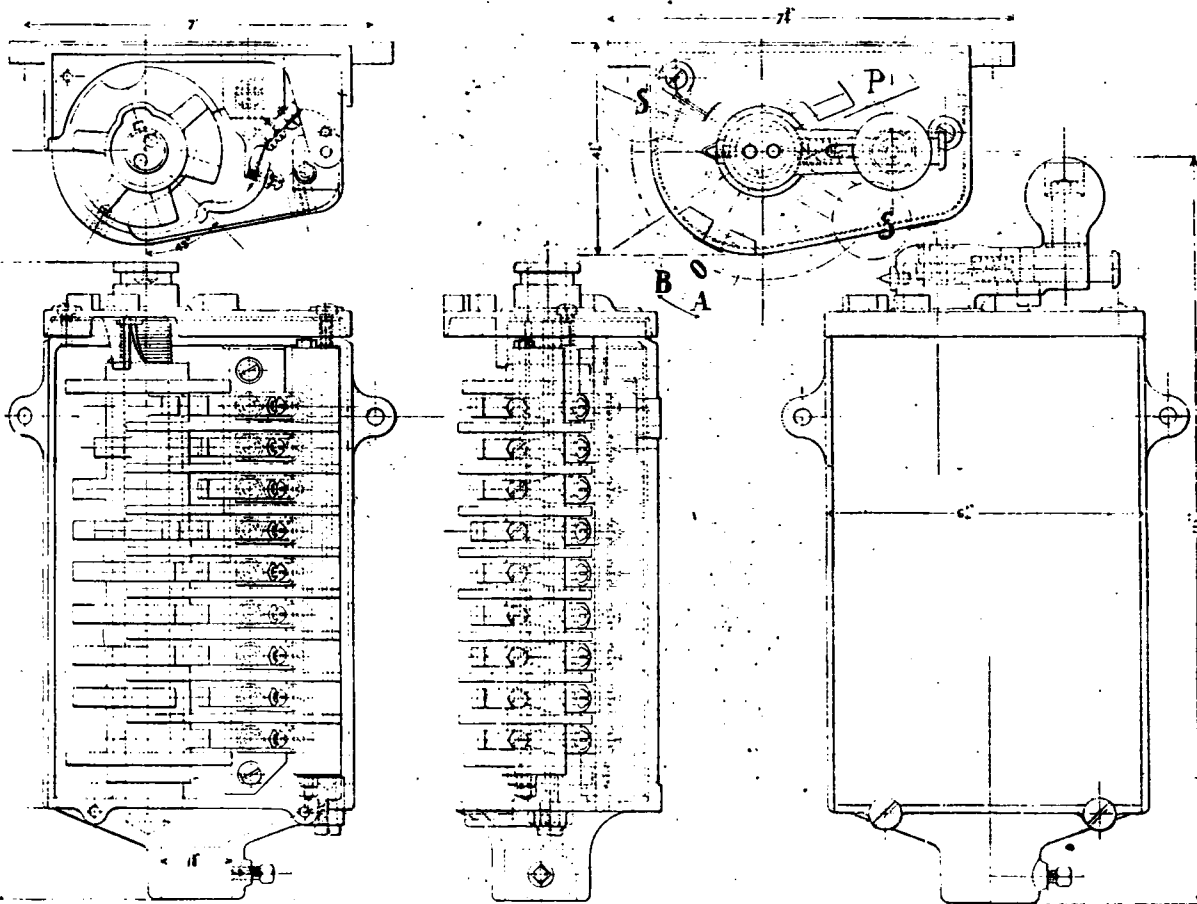


Fig. 27. S—последовательное соединеніе; 0—отсутствіе тока; P—параллельное соединеніе; B—ходъ назадъ; A—ходъ впередъ.

Фиг. 27.

отдѣльную отъ вышеописанныхъ двухъ цѣпей для главныхъ и для вспомогательнаго двигателя. Такимъ образомъ передвиженіе платформеннаго регулятора можетъ лишь косвенно вызывать передвиженіе главнаго контроллера, и то лишь при извѣстныхъ условіяхъ, какъ это будетъ пояснено далѣе.

Наконецъ, согласно основному принципу всей системы, всѣ платформенные регуляторы соединяются между собой кабелемъ, проходящимъ черезъ весь поѣздъ. Къ этому же кабелю параллельно во всѣхъ вагонахъ, присоединяются ка-

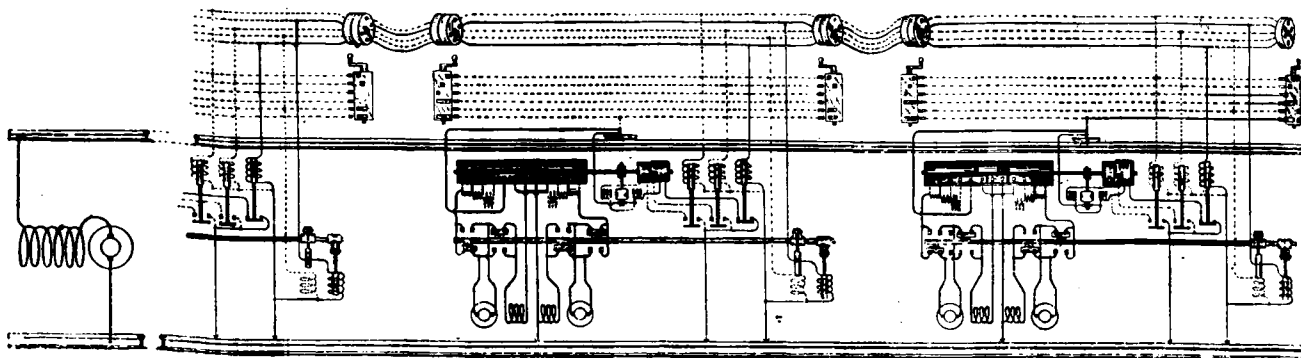
тушки первыхъ трехъ релѣ и соленоидовъ обратителя, такъ что любымъ изъ платформенныхъ регуляторовъ можно одинаково посылать токъ въ такія катушки всѣхъ вагоновъ. Токи эти, конечно, весьма слабые и поэтому концы кабеля между отдѣльными вагонами можно исполнить надежно соединять точно такими же соединителями, какіе были описаны и изображены ранѣе для системы General Electric Co (фиг. 9).

Обыкновенно, при троганіи съ мѣста, машинистъ ставитъ рукоятку регулятора на положеніе малой скорости впередъ. Изъ фиг. 30 видно, что въ такомъ случаѣ одна часть тока направляется изъ башмака третьяго рельса (shoe) черезъ платформенный регуляторъ (master switch) въ одну изъ обмотокъ обратителя (reverser coils) и ставитъ его на передній ходъ. Далѣе токъ направляется въ сегменты маленькаго коммутатора (clips on reverser), имѣющагося на валу обратителя,

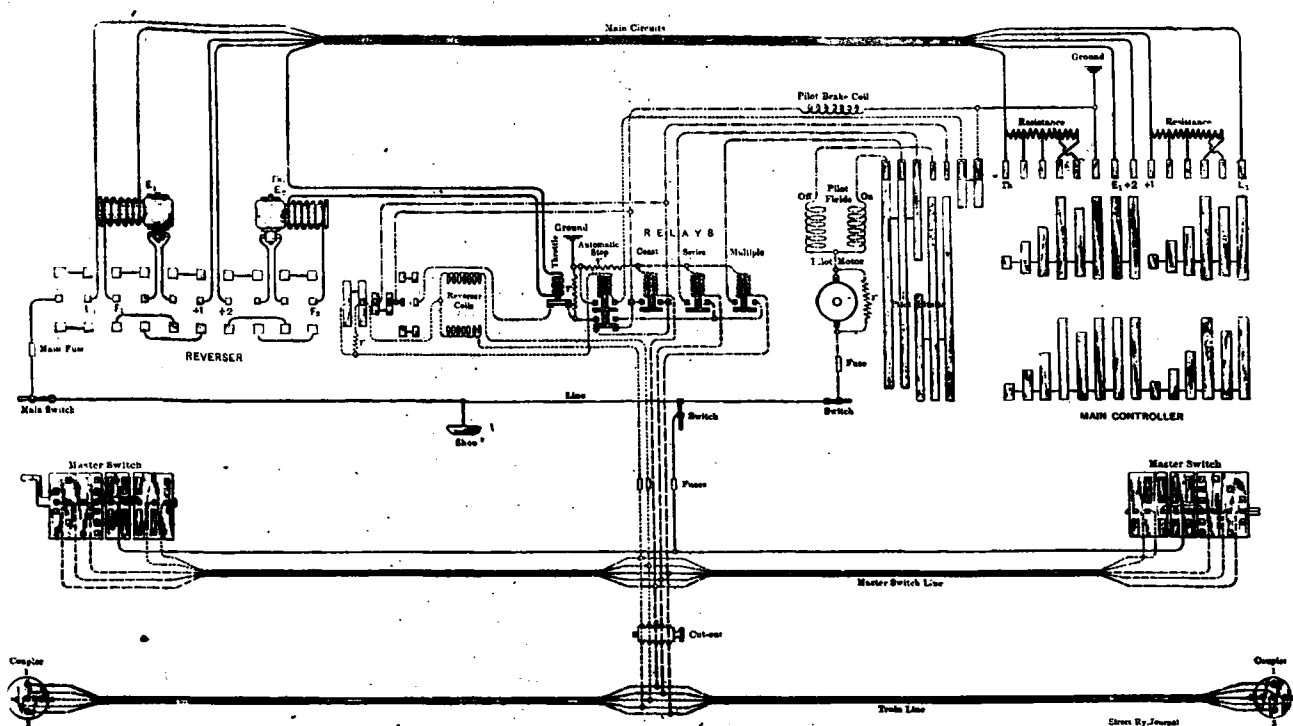
въ обмотку реле automatic stop, втягивая его стержень, затемъ идетъ въ землю, черезъ сегментъ «by pass», находящийся на валу главного контроллера и замыкаемый только при начальномъ положеніи контроллера.

Другая часть тока идетъ отъ башмака, тоже черезъ платформенный регуляторъ (master switch) въ обмотку реле series, и подымая это реле, проходить въ землю.

Наконецъ, третья часть тока идетъ отъ башмака



Фиг. 28.



Main circuits—кабели для главныхъ токовъ (двигательныхъ).  
Pilot Brake Coil—соленоидъ собачки, останавливающей движение вспомогательнаго двигателя.

Ground—земля.

Resistance—сопротивленія.

Throttle—реле, положеніе котораго зависитъ отъ силы тока въ главныхъ двигателяхъ и приостанавливающее движение контроллера впередъ.

Automatic Stop реле, возвращающее контроллеръ въ разомкнутое положеніе.

Relays—реле:

Coast—для холостого вращенія двигателей при движеніи поезда подъ уклонъ.

Series—для послѣдовательнаго соединенія двигателей.

Multiple—для параллельнаго соединенія двигателей.

Pilot Fields—обмотки электромагнитовъ вспомогательнаго двигателя.

Off—обмотка, заставляющая вспомогательный двигатель вращать контроллеръ назадъ.

On—тоже—впередъ.

Pilot motor—вспомогательный двигатель.

Pilot Limits—сегменты контроллера, управляющие вспомогательнымъ двигателемъ.

Reverse—обратитель хода.

Main fuse—предохранитель для главныхъ токовъ.

Main Switch—выключатель для главныхъ токовъ.

Main controller—контроллеръ, приводимый въ движение вспомогательнымъ двигателемъ.

Master switch—платформенный регуляторъ.

line—кабель соединяющій платформ. регулят.

Coupler—соединители.

Train Line—кабель, соединяющій регуляторы и реле во всѣхъ вагонахъ поезда.

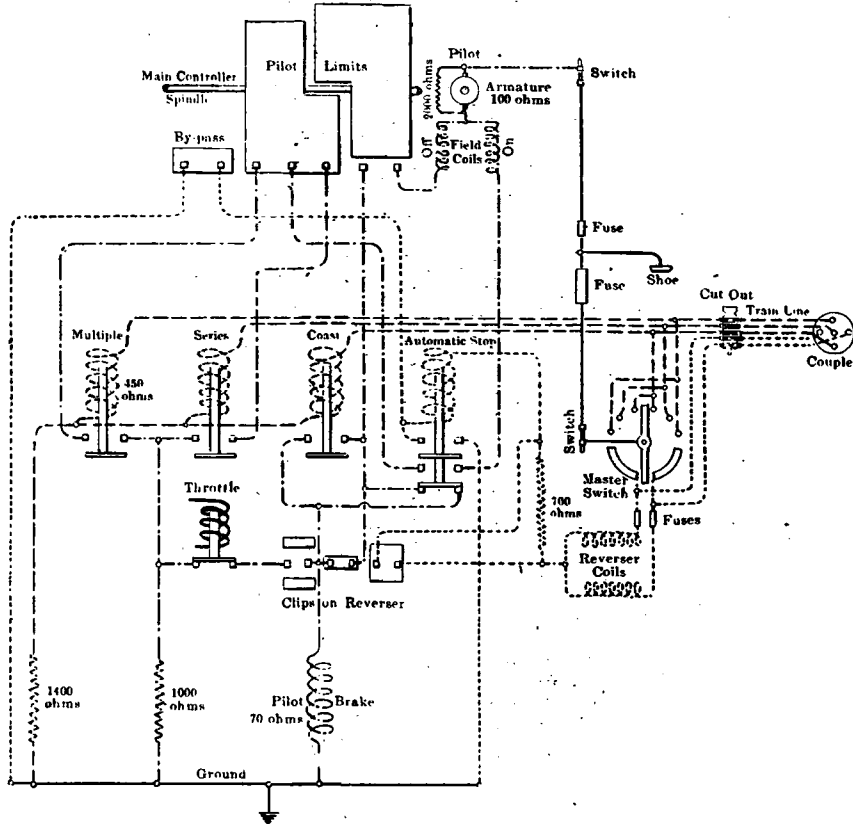
Cut-out—выключатель для отдельнаго вагона.

Фиг. 29.

(shoe) через предохранитель (fuse) и выключатель (switch) въ вспомогательный двигатель (pilot) проходить ту его обмотку («on»), которая соответствует движению контроллера вперед, отсюда направляется далѣе через контакты поднятаго релѣ «automatic stop» въ маленькій контроллеръ вспомогательнаго двигателя (pilot limits), составляющій продолженіе вала контроллера главныхъ двигателей. Изъ этого контроллера токъ проходитъ въ контакты поднятаго релѣ «series», отсюда

Это вращеніе вспомогательнаго двигателя увлекаетъ главный контроллеръ, переводя его съ помощью пружины толчками впередъ отъ одного положенія къ другому, уменьшая постепенно величину сопротивленій передъ послѣдовательно включенными главными двигателями.

Если бы во время этого движенія сила тока въ главныхъ двигателяхъ увеличилась бы вышежелаемаго предѣла, этотъ токъ поднялъ бы и разомкнулъ релѣ throttle. Благодаря этому пре-



Main Controller Spindle - ось барабана контроллера.  
Pilot Limits—часть контроллера для управления вспомогательнымъ двигателемъ.  
Pilot—вспомогательный двигатель.  
Armatur 100 ohms—якорь (сопротивленіе=100 омъ).  
Switch—выключатель.  
By-pass—сегментъ контроллера.  
Fields coils off - обмотка Электромагнитовъ вспомогательнаго двигателя вращающаго контроллеръ назадъ.  
Fields coils on—тоже—впередъ.  
Multiple—релѣ для параллельнаго соединенія двигателей  
Series — „ „ послѣдовательнаго.  
Coast — „ „ холостого хода двигателей при движеніи подъ уклонъ.

Automatic Stop— релѣ, возвращающее контроллеръ въ разомкнутое положеніе.  
Cutout—выключатель.  
Shoe—башмакъ третьяго рельса или троллей.  
Train line—кабель соединяющій регуляторы и релѣ разныхъ вагоновъ (см. также фиг. 29).  
Coupler—соединитель.  
Throttle—релѣ, приостанавливающее движеніе контроллера.  
Master Switch—Платформенный регуляторъ.  
Reverser Coils—обмотки обратителя хода.  
Clips on reverser - коммутаторъ обратителя хода.  
Pilot Brake—соединеніе собачки останавливающей движеніе вспомогательнаго двигателя.

Фиг. 30.

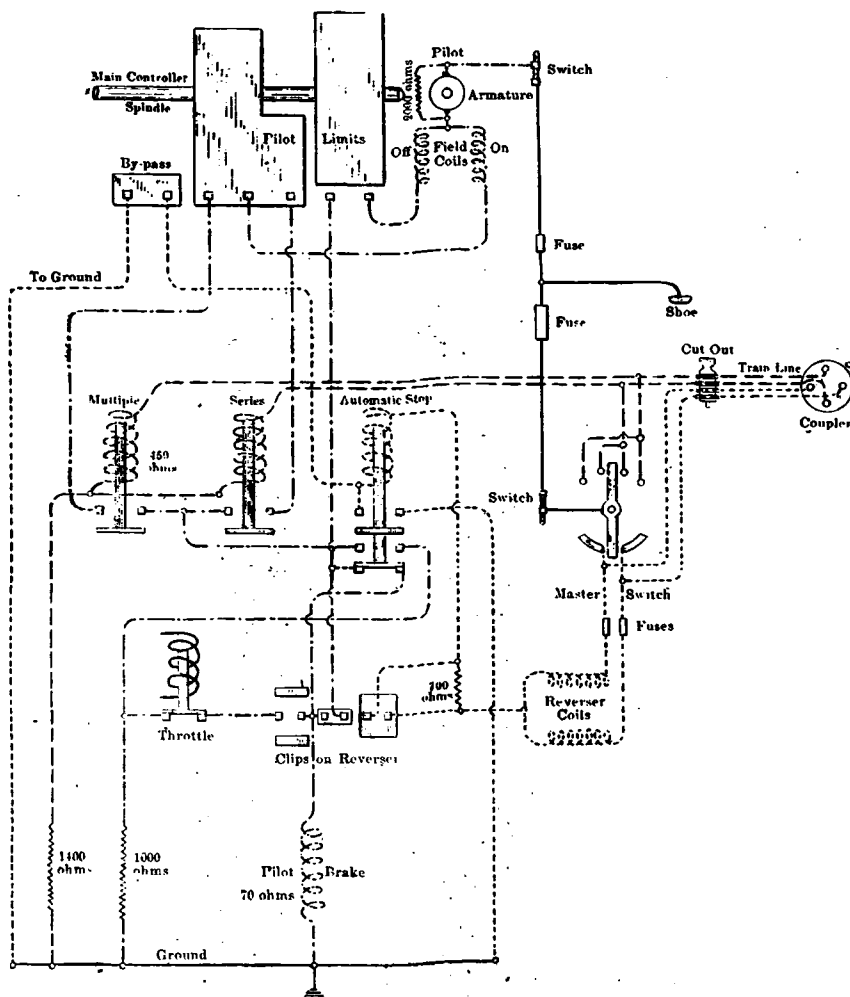
идетъ черезъ контакты пока опущеннаго релѣ «throttle» въ вышеупомянутый коммутаторъ обратителя («clips on reverser»). Такъ какъ этотъ коммутаторъ уже повернуть вмѣстѣ съ самимъ обратителемъ, то токъ идетъ далѣе въ землю черезъ спираль pilot brake, поднимающую собачку вспомогательнаго двигателя и допускающую, такимъ образомъ, его вращеніе впередъ.

кратился бы токъ въ спирали (pilot brake), и эта спираль, отпустивъ собачку, приостановила бы вспомогательный двигатель до тѣхъ поръ, пока сила тока въ главныхъ двигателяхъ не спала-бы до нормальной величины.

Если опускается релѣ „automatic stop“, то токъ направляется черезъ обмотку „off“ вспомогательнаго двигателя, вращающую контроллеръ въ

обратную сторону и затѣмъ въ землю черезъ коммутаторъ (pilot limits), релѣ „automatic stop“ и спираль „pilot brake“. Проходя черезъ эту спираль, токъ втянетъ собачку и освободитъ вспомогательный электродвигатель для движенія контроллера въ обратную сторону. Совершенно такое же дѣйствіе, какъ и опусканіе „automatic stop“ производитъ поднятіе релѣ „coast“, т. е. при движеніи вагона подъ уклонъ, контроллеръ возвращается изъ любого положенія въ началь-

моментъ рукоятку сразу изъ положенія полной скорости на обратный ходъ, то главный контроллеръ непремѣнно отвѣчаетъ этому требованію, но только постепенно. Именно въ моментъ прохода рукоятки регулятора надъ среднимъ, О-вымъ положеніемъ, токъ въ обратительъ прекращается и пружина ставитъ его сейчасъ-же въ среднее положеніе. Тогда падаетъ релѣ „automatic stop“ и контроллеръ возвращается въ начальное положеніе. Затѣмъ, подъ дѣйствіемъ проходящаго въ



Фиг. 31. Объясненія см. фиг. 30.

ное разомкнутое и токъ въ главныхъ двигателяхъ прекращается.

Для перехода отъ половинной скорости къ полной, машинистъ долженъ поставить въ соответственное положеніе рукоятку платформеннаго регулятора. Онъ можетъ поставить эту рукоятку въ положеніе полной скорости и сразу, въ моментъ отправленія, все равно главный контроллеръ перейдетъ въ такое положеніе постепенно, останавливаясь на всѣхъ промежуточныхъ включеніяхъ; сила тока при этомъ будетъ все время подъ контролемъ „throttle“.

Если машинистъ переводитъ въ какой-либо

моментъ обратитель, черезъ его коммутаторъ, обмотку релѣ „automatic stop“, сегментъ „by-pass“ и далѣе въ землю, тока, обратитель становится на задній ходъ. Тогда релѣ „series“, которое хотя и было уже сразу поднято регуляторомъ, но не оказывало пока никакого дѣйствія, приводитъ въ движеніе вспомогательный двигатель и контроллеръ, который и выключаетъ мало-по-малу сопротивленія до положенія послѣдовательнаго включенія при обратномъ ходѣ.

Совокупленіе только, что описанныхъ движеній платформеннаго регулятора и главнаго контроллера выясняетъ все значеніе применяемой



Спрагомъ системы релэ. Въ то время, какъ управляемая машинистомъ рукоятка имѣетъ всего три ходовыхъ положенія — (два впередъ и одно назадъ), главный контроллеръ можетъ занимать цѣлый рядъ положеній, вообще говоря, не совпадающихъ съ положеніемъ регулятора; этотъ контроллеръ только какъ-бы стремится занять положеніе, указанное ему машинистомъ. При этомъ, смотря по нагрузкѣ двигателя, иногда контроллеръ можетъ и не отзываться тотчасъ-же на движеніе регулятора, или можетъ отзываться только отчасти. Остановившись въ нѣкоторомъ положеніи, онъ можетъ пойти затѣмъ дальше впередъ, безъ всякаго поворота ручки регулятора, которая только указываетъ желательную величину скорости. Такимъ образомъ, всѣ промежуточные движенія главного контроллера регулируются автоматически, независимо отъ воли, ловкости или вниманія машиниста.

Вышеописанный способъ управленія двигателями собственно относится къ одному вагону. При соединеніи такихъ вагоновъ-двигателей въ поѣздъ, всѣ платформенные регуляторы соединяются, какъ было сказано, общимъ кабелемъ. Кабель этотъ соединяетъ между собой мѣстные потоки такимъ образомъ (фиг. 27), что съ любой платформы можно управлять, или всѣми двигателями поѣзда или нѣсколькими, выключивъ предварительно остальные. Группа двигателей каждаго вагона находится при этомъ не только подъ контролемъ релэ, управляемыхъ машинистомъ, но также и подъ контролемъ автоматическаго релэ, положеніе котораго зависитъ только отъ силы тока двигателей именно даннаго вагона. Поэтому положенія отдѣльныхъ контроллеровъ разныхъ вагоновъ въ одинъ и тотъ-же моментъ вообще говоря не совпадаютъ между собой; эти контроллеры только стремятся по возможности занять одно и то же положеніе.

Такое независимое регулированіе двигателей разныхъ вагоновъ позволяетъ, очевидно, соединять въ поѣзда вагоны, имѣющіе контроллеры разной величины, двигатели неодинаковой мощности, разнаго сопротивленія реостаты, зубчатая передачи разныхъ отношеній, вагонныя колеса разнаго діаметра и управлять ими съ одного пункта однимъ регуляторомъ.

Наконецъ, слѣдуетъ замѣтить, что при большомъ количествѣ стрѣлокъ, сигналовъ, и большой скорости и массѣ поѣзда, требующихъ осторожнаго тормажения, весьма важно разгрузить, такъ сказать, вниманіе машиниста отъ сложной задачи пѣлесообразнаго распредѣленія тока въ разные моменты. Кромѣ увеличенія безопасности, это имѣетъ еще конечно и экономическое значеніе, такъ какъ при этомъ устраняется вліяніе на расходъ энергіи индивидуальныхъ качествъ машиниста, благодаря которымъ этотъ расходъ на вагонъ-километръ, при всѣхъ остальныхъ одинаковыхъ условіяхъ, можетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ увеличиваться, какъ выяснили извѣстные опыты, почти на 50% своей величины.

Опытъ показалъ, что время между поворотомъ ручки платформеннаго регулятора и впускомъ тока въ главные двигатели составляетъ менѣе 1 сек., время-же необходимое для полнаго параллельнаго соединенія составляетъ около трехъ секундъ, не считая конечно задержекъ, вызываемыхъ „throttle“ или машинистомъ.

Всѣмъ оборудованія по системѣ Спрага составляютъ:

	кгр.
2 платформенныхъ регулятора . . . . .	20
1 комплектъ релэ, предохранителей, выключателей. . . . .	44
1 главный контроллеръ съ вспомогательными двигателями . . . . .	240
1 обратитель . . . . .	250
2 штепсельныхъ коробки . . . . .	2,5
2 соединителя съ концами кабеля . . . . .	12
1 гибкій кабель . . . . .	4
1 комплектъ сопротивленій . . . . .	300
1 главный выключатель и кабель . . . . .	20

Всего на вагонъ 892,5 или около 900

Поѣзда по системѣ Спрага циркулируютъ съ весны 1898 г. по South Side Elevated R. R. въ Чикаго; въ настоящее время имѣется уже болѣе 300 вагоновъ, оборудованныхъ по этой системѣ. Система General Electric Co примѣнена на возвышенныхъ дорогахъ въ Нью-Йоркѣ.

Въ Европѣ поѣзда, составленные изъ вагоновъ-двигателей, примѣнены во Франціи на линіи Fayet (Champion \*), (предѣльный подъемъ 90 тысячныхъ), а также испытываются въ настоящее время \*\* на новой электрической желѣзной дорогѣ изъ Парижа въ Версаль.

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

**О катодной поляризаціи и образованіи сплавовъ.** Если при электролитическомъ выдѣленіи какого-нибудь вещества у катода, благодаря вторичной реакціи, производится работа, то напряжение, требующее для выдѣленія этого вещества, меньше, чѣмъ если-бы этой вторичной реакціи и работы не происходило. Поэтому слѣдуетъ ожидать, что выдѣленіе какого-нибудь металла на другомъ, способномъ образовывать съ нимъ сплавъ, требуетъ меньшаго напряжения, чѣмъ выдѣленіе на томъ-же самомъ. Кёнь (Coehn) произвелъ въ этомъ направленіи рядъ опытовъ. Для выдѣленія серебра на золотѣ онъ получилъ пониженіе напряжения (Zersetzungsspannung) въ 0.05 вольтъ; гораздо значительнѣй пониженія при выдѣленіи металловъ у ртутнаго катода, т.е. при образованіи амальгамъ: для цинка оно равно 0.15 в., для кадмія—0.12 в., серебра—0.09 в., мѣди—0.08 в., желѣза—0.02 в. Благодаря извѣстной способности палладія растворять въ себѣ водородъ, выдѣленіе послѣдняго у этого металла требуетъ напряженія тока на 0.26 в. болѣе низкаго, чѣмъ у платины.

**О вліяніи магнитнаго поля на сопротивленіе тонкихъ металлическихъ слоевъ.**

\* Revue generale des chemins de fer, Novembre 1901.

\*\* Le Genie Civil 26 Octobre 1901.

Вопрос этот был недавно исследован Паттерсоном. При помощи катодных разрядов на стекляной пластинке отлагались чрезвычайно тонкие слои висмута; однородность этих слоев проверялась под микроскопом и наблюдением явлений интерференции. Сила магнитного поля доходила до 26 тыс. гауссов. Оказалось, что влияние магнитного поля на эти тонкие слои висмута значительно меньше, чем на висмут в виде проволоки, и при том тем меньше, чем тоньше слои. Точно также толщина слоя оказывает влияние на его проводимость и вид магнитного поля: она тем меньше, чем тоньше слои. Эти результаты особенно интересны потому, что они подтверждают современные теоретические взгляды на проводимость металлов. Как известно, по теории Друде, Томсона и др., носителями тока в металлах как и в электролитах, являются ионы, которые, однако, отличаются от ионов электролитов своей значительно меньшей величиной и потому получили отдельное обозначение „электронов“; эти электроны, быть может, тождественны с ионами, образующими катодные лучи; по мнению Дж. Томсона, заряд такого электрона равен заряду водородного иона, переносимому последним при электролизе, масса же его в 1000 раз меньше массы водородного иона. По Томсону, проводимость металла ( $k$ ) выражается формулой:

$$k = \frac{1}{2} n \frac{e^2}{m} \cdot \frac{l}{c},$$

где  $n$  означает число электронов в единице объема данного металла,  $e$  — заряд электрона,  $m$  — его массу,  $c$  — его среднюю скорость,  $l$  — его средний путь (понятие о среднем пути электронов аналогично понятию о среднем пути частиц газов, т. е. является следствием представления о том, что они непрерывно сталкиваются и отталкиваются друг от друга). В том случае, когда толщина металлического слоя ( $d$ ) приближается к порядку величины среднего пути электронов ( $10^{-4}$  см.), этот средний путь должен уменьшиться, а именно, как показывает вычисление, стать равным:

$$l = d \left( \frac{3}{4} + \frac{1}{2} \log \frac{l}{d} \right);$$

но в таком случае, согласно вышеприведенной формуле, проводимость металлического слоя должна также уменьшаться с уменьшением его толщины, это и показывают опыты Паттерсона. Точно также согласуются с теорией Томсона и результаты, найденные Паттерсоном относительно влияния магнитного поля на проводимость тонких металлических слоев.

**Новые наблюдения, касающиеся рентгеновских лучей.** Пробуя при помощи рентгеновских лучей получить в соседней комнате изображение скелета на обыкновенном экране из циано платината бария, Дрейшух (Dreuschuch) заметил, что изображение появлялось также на деревянной двери, разделявшей обе комнаты. Ближайшее исследование показало, что флуоресценция была вызвана цинковой краской, которой были покрыты двери; на деревянных некрашеных досках изображения не получалось. Флуоресценция была более сильна на толстых частях двери. Тот же исследователь нашел, что экран из вольфрам окисла кальция сохраняет в темноте отброшенное за него рентгеновскими лучами изображение в течение 14 часа, причем на стороне экрана, покрытой чувствительным слоем, изображение менее ясно, чем на обратной. Такой экран обладает, кроме того, способностью действовать на фотографическую пластинку.

**Электрическая емкость человеческого тела.** Исследования Де-Метца привели к следующим результатам: 1) человеческое тело не обладает никакой специфической конденсационной способностью и емкость его равна емкости металлического проводника одинаковых размеров и формы; 2) емкость человеческого тела не зависит от напряжения заряжающего тока, но меняется в зависимости от способа изоляции и положения тела; нормальной емкостью следует считать ту, которая получается, когда исследуемое лицо хорошо изолировано и находится посреди свободной комнаты, в стороне от проводящих поверхностей; 3) из измерений произведенных больше чем над 20 лицами, следует, что электрическая емкость человеческого тела в обыкновенном положении равна в среднем 0,0001 микрофарды; величина эта значительно меньше величин, полученных предыдущими исследователями (Бордье — 0,0025 микрофар., Дюбуа — 0,165 м. ф.); Де-Метц объясняет это отступление недостаточной точностью исследований Бордье и Дюбуа, недопускавших вовсе измерения столь малой величины; близкая же величина — 0,00019 м. ф. — найдена недавно также проф. Вертейм — Саломонсоном; 4) электрическая емкость зависит только от размеров и формы тела, но не от физиологических или психологических особенностей лица; у одного и того же лица она остается почти постоянной, и небольшие колебания легко объясняются изменениями в положении тела и в одежде; 5) емкости тела на  $5-10^6$  больше емкости одежки; 6) в виду ничтожной величины емкости человеческого тела ее действием нельзя объяснить смертные случаи, наблюдавшиеся при прикосновении к проводам тока высокого напряжения.

(С. R. 1901, CXXXIII).

**Потери энергии в конденсаторах.** Штейнметц занялся недавно этим вопросом и произвел ряд определенных потерь энергии в конденсаторе, составленном из станиоля и парафинированной бумаги и залитом затем парафином при нагревании в безвоздушном пространстве. Для того, чтобы устранить влияние смещения фаз на показание ваттметра, параллельно или последовательно с конденсатором была включена не заключающая в себя железа реактивная катушка, реакция самоиндукции (reactance) которой была почти равна реакции емкости (capacitance) конденсатора. Таким образом, замедление тока со стороны самоиндукции и ускорение со стороны емкости компенсируют друг друга, а в результате получается слабый ваттный ток с ничтожным сдвигом фаз, так что общая работа, поглощенная во всей цепи, могла быть довольно точно измерена ваттметром. Часть энергии, поглощаемая в реактивной катушке, определялась отдельно, после чего вычитанием этой величины из общей энергии, поглощенной всей цепью, получалась потеря энергии в конденсаторе. Для исключения гармонических колебаний, в цепь конденсатора было еще включено (последовательно) неиндуктивное сопротивление, величина которого была очень значительна по сравнению с реакцией емкости конденсатора. Произведенные по этому способу измерения показали, что: 1) при синусоидальной форме сообщения конденсатору электродвижущей силы ток заряда прямо пропорционален электродвижущей силе и возбуждению; 2) при постоянной частоте тока потеря энергии в конденсаторе пропорциональна квадрату электродвижущей силы. В хороших конденсаторах потеря энергии составляет в среднем не более  $\frac{1}{4}\%$ , так что по своему коэффициенту полезного действия (ок. 99,5%) конденсатор превосходит все другие известные до сих пор приборы.

(Electrical World, 1901).

**Новый электроскопъ съ конденсаторомъ.** Новый электроскопъ Гурмуцеску заключается въ себѣ очень остроумно придуманный конденсаторъ переменной емкости. Приборъ заключается въ себѣ не два, какъ обыкновенно, а три металлическихъ листика, находящиеся на разстояніи 2 мм. другъ отъ друга. Помощью особаго приспособленія въ пространство между ними вдвигаются снизу двѣ металлические пластинки, которые вмѣстѣ съ листиками и разделяющими ихъ тонкими слоями воздуха образуютъ конденсаторъ. Электроскопъ заряжается въ этомъ положеніи, послѣ чего вдвинутыя металлические пластинки выдвигаются обратно; емкость конденсатора при этомъ уменьшается, напряжение же соответственно повышается; благодаря чему листочки, даже при слабомъ зарядѣ, испытываютъ сильное отклоненіе. Большимъ преимуществомъ новаго прибора является то, что перемѣщая подвижныя металлические пластинки различно далеко, можно въ извѣстныхъ предѣлахъ произвольно мѣнять емкость конденсатора, т. е. и чувствительность прибора.

**Новый прямой методъ анализа переменныхъ токовъ.** Принципъ новаго метода, предложеннаго де-Кудромъ (des Coudres) состоитъ въ слѣдующемъ. Если чрезъ одну (напр. неподвижную) катушку крутильнаго электродинамометра протекаетъ синусоидальный токъ частоты  $n$ , чрезъ другую—также синусоидальный токъ частоты  $n'$ , то приборъ показываетъ постоянное отклоненіе лишь въ томъ случаѣ, если  $n = n'$ . Величина отклоненія зависитъ при этомъ отъ силы того и другого тока и отношенія ихъ фазъ. Де-Кудръ посылаетъ анализируемый токъ (который идеально можетъ быть, конечно, представленъ, какъ сумма частотъ синусоидальныхъ токовъ частоты  $n$ ,  $2n$ ,  $3n$ , ...) чрезъ неподвижную катушку электродинамометра, чрезъ подвижную же—въ послѣдовательномъ порядкѣ чистые синусоидальные токи извѣстной частоты  $n$ ,  $2n$ ,  $3n$  и т. д.; постоянное отклоненіе электродинамометра будетъ обуславливаться каждый разъ лишь тѣмъ изъ парціальныхъ простыхъ токовъ анализируемаго сложнаго тока, частота котораго равна частотѣ тока, протекающаго въ данный моментъ чрезъ подвижную катушку. Какъ сказано, отклоненіе электродинамометра опредѣляется силой токовъ въ обѣихъ катушкахъ и отношеніемъ ихъ фазъ; амплитуда вспомогательнаго тока, посылаемаго чрезъ подвижную катушку, конечно извѣстна; посылая его одинъ разъ съ фазой  $G$ , другой съ фазой  $G + 90^\circ$  и отчитывая оба раза показанія электродинамометра, легко вычислить амплитуду и фазу соответствующаго парціального тока. Конечно, вспомогательный токъ долженъ быть чисто синусоидальнаго вида.

(Electrotechn. Zt 1901, т. 21).

**Новая система ампер- и вольтметровъ, независимыхъ отъ силы ихъ постоянныхъ магнитовъ.** Чувствительность гальванометровъ, принципъ которыхъ основанъ на отклоняющемъ дѣйствіи магнита на проводникъ, мѣняется при измѣненіи силы поля этого магнита. Если магнитъ, какъ напр. въ гальванометрѣ Денрѣ, даетъ вызывающую отклоненіе проводника пару силъ, то его ослабленіе уменьшаетъ чувствительность прибора. Наоборотъ, если онъ служитъ въ качествѣ направиателя для подвижной магнитной системы, то уменьшеніе силы его поля увеличиваетъ чувствительность прибора. П. Вейссъ предлагаетъ компенсировать оба эти измѣненія одно другимъ, употребляя одинъ и тотъ-же магнитъ въ качествѣ источника какъ направляющей, такъ и отклоняющей силы. Этого можно, на примѣръ, достигнуть, прикрепляя къ подвижной рамѣ съ проводникомъ небольшой брусокъ изъ мягкаго желѣза, такъ чтобы магнитъ въ

одно и то-же время отклонять рамку съ проводникомъ, но удерживать связанный съ нею брусокъ въ направленіи своего магнитнаго поля. Конечно, магнитный моментъ этого желѣзнаго бруска долженъ имѣть постоянную величину, что приблизительно достигается намагничивая его почти до насыщенія. Ошибка, протексающая отъ неполнаго насыщенія бруска, можетъ быть компенсирована небольшою, дѣйствующей въ противную сторону эластической силой.

(С. R. 1901. CXXXII).

## О Б З О Р Ъ.

**О соединеніи съ землей части распределительной сѣти \*).** При многихъ примѣненіяхъ электрическаго тока земля является однимъ изъ элементовъ электрической сѣти. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ при электрическихъ трамваяхъ, многопроводныхъ распределительныхъ сѣтяхъ и пр., соединеніе извѣстной части сѣти съ землей имѣетъ цѣлью лишь поддерживать постояннымъ и близкимъ къ земному потенциалу даннаго участка сѣти; въ другихъ же случаяхъ земля служитъ настоящимъ проводникомъ и чрезъ нее проходитъ весь токъ, циркулирующій въ металлической части сѣти. Благодаря довольно значительному сопротивленію земли, съ послѣднимъ примѣненіемъ земли сопряжена значительная потеря энергіи, почему и пользуются проводимостью земли лишь при очень слабыхъ токахъ, на примѣръ, въ телеграфіи и телефоніи; но даже и въ этихъ случаяхъ въ послѣднее время стали замѣнять землю металлическимъ проводникомъ для сбереженія энергіи.

Что же касается перваго примѣненія проводимости земли, то оно весьма распространено и играетъ въ электротехникѣ весьма важную роль. Въ виду этого не безполезно поближе познакомиться съ тѣми условіями, которые создаются въ электрической сѣти, когда одна или нѣсколько точекъ ея соединены съ землей. Какъ увидимъ ниже, условія эти не такъ просты, какъ можетъ показаться съ перваго взгляда, и наши техники не всегда считаются на практикѣ съ тѣмъ, что при этомъ происходитъ.

Соединеніе съ землей примѣняется какъ при высокихъ напряженияхъ, такъ и при низкихъ, но соображенія, которыми при этомъ руководятся, не во всемъ одинаковы. При передачѣ энергіи подземнымъ кабелемъ при большомъ напряженіи—тысячавольтъ—соединеніемъ съ землей одного провода стремятся главнымъ образомъ, понизить стоимость изоляціи. Положимъ, что по двумъ проводамъ циркулируетъ токъ подъ напряженіемъ въ 10000 вольтъ. Если оба провода одинаково хорошо изолированы, то разность потенциаловъ между землей и каждымъ изъ нихъ будетъ 5000 вольтъ, и на такое напряженіе должна быть рассчитана изоляція кабеля. Если же изоляція одного изъ проводовъ испортится и образуется утечка въ землю, то разность потенциаловъ между этимъ проводомъ и землей уменьшится и настолько же возрастетъ разность потенциаловъ между землей и вторымъ проводомъ. Въ крайнемъ случаѣ, если установится полный контактъ одного провода съ землей, потенциалъ его сдѣлается равнымъ нулю, а разность потенциаловъ между землей и вторымъ проводомъ повысится до 10000 вольтъ. Если изоляція проводовъ рассчитана лишь на 5000 вольтъ, то она очевидно не выдержитъ такого напряженія и будетъ также пробита; во избежаніе послѣдняго, изоляція этого провода должна быть рассчитана вначалѣ не на

\* Занятованно изъ доклада К. Вордингэма (Wordingham), прочитаннаго въ засѣданіи электрическаго общества въ Лидсѣ.

5000, а на 10000 вольтъ. Но такъ какъ, при одинаковомъ способѣ изоляціи обоихъ проводовъ невозможно предугадать на какомъ изъ нихъ изоляція ослабнѣла раньше, то приходится оба провода покрывать изолирующимъ слоемъ способнымъ противостоять напряженію въ 10000 вольтъ, т. е. двойному противъ нормальнаго. Стоимость кабеля, благодаря этому, увеличивается очень значительно. Но если пойти навстрѣчу случайностямъ и заранее установить сообщеніе одного какого-либо изъ проводовъ съ землей, то можно сдѣлать большую экономію, ибо достаточно будетъ изолировать лишь одинъ изъ проводовъ на максимальное напряженіе. Впервые высказать эту идею Ферранти. Еще дешевле было-бы, конечно, совершенно лишить изоляціи одинъ изъ проводовъ, но это привело бы къ несприятнымъ осложнениямъ, ибо, при значительной силѣ тока и значительномъ же градиентѣ потенциала, между различными точками голаго провода получались бы отвѣтственные черезъ землю, такъ называемые блуждающіе, токи, весьма вредные на практикѣ.

При употребленіи концентрическаго кабеля внутренняя жила котораго хорошо изолирована, кольцевой же слой соединенъ съ землей, наряду съ этимъ удобствомъ достигается полнѣйшая безопасность канализаціи, несмотря на высокое напряженіе, ибо собственно заряженный проводъ вполнѣ недоступенъ и если даже кабель будетъ поврежденъ, то прежде нежели можно будетъ коснуться центрального провода, произойдетъ между обоими проводами короткое замыканіе.

Система эта примѣняется теперь почти повсемѣстно при двухпроводной канализаціи токовъ высокаго напряженія, хотя вначалѣ къ ней отнеслись весьма недоувѣрчиво. При употребленіи болѣе чѣмъ двухъ проводовъ подобной экономіи и безопасности достигнѣе уже нельзя; однако, при четырехпроводной канализаціи двухфазнаго тока можно употреблять два концентрическихъ кабеля, внѣшніе проводники которыхъ соединены съ землей. При трехфазномъ токѣ и соединеніи звѣздой, среднюю точку звѣзды можно соединять съ землей; этимъ понижается до минимума разность потенциаловъ между землей и каждымъ изъ проводовъ, но здѣсь за то всѣ три провода должны быть одинаково хорошо изолированы.

Въ вышерассмотрѣнномъ случаѣ двухпроводной сѣти было замѣчено, что любой изъ проводовъ можно соединять съ землей; это вѣрно лишь при употребленіи переменнаго тока, каковымъ на практикѣ и пользуются, большей частью, для передачи энергіи подъ большимъ напряженіемъ. Въ случаѣ же постоянного тока не безразлично, какъ мы увидимъ ниже, какой изъ двухъ проводовъ, положительный или отрицательный, соединенъ съ землей.

При употребленіи токовъ низкаго (сотни вольтъ) напряженія вышеупомянутое соображеніе,—именно удешевленіе изоляціи,—не играетъ существенной роли. ибо на практикѣ изоляція на 250 напримѣръ и на 500 вольтъ мало чѣмъ отличаются другъ отъ друга. Тѣмъ не менѣе и здѣсь примѣняютъ соединеніе одного провода съ землей, но уже въ другихъ видахъ.

Такъ, при электрическихъ трамваяхъ употребляютъ соединенные съ землей рельсы въ качествѣ одного изъ проводовъ для достиженія экономіи въ мѣди, а при троллейной системѣ еще въ виду неудобства имѣть рядомъ на небольшомъ другъ отъ друга разстояніи два разноименныхъ провода. Методъ этотъ настолько распространенъ и извѣстенъ, что останавливаться на немъ долго не стоитъ; замѣтимъ только, что здѣсь мы неизбежно встрѣчаемъ то несприятное явленіе, о которомъ было упомянуто выше: благодаря тому, что одинъ изъ проводовъ по всей длинѣ соединенъ съ землей, необходимо являются блуждающіе токи. Несмотря, однако, на всѣмъ давно признанный громадный вредъ этихъ блуждающихъ токовъ, до сихъ поръ, къ сожалѣнію, не выработано условій, при которыхъ электролитическое дѣйствіе ихъ перестаетъ

быть практически ощутимымъ. Такъ, англійская Торговая Палата допускаетъ максимумъ разности потенциаловъ между двумя точками рельсовой сѣти въ 7 вольтъ; но практика показываетъ, что и этотъ предѣлъ слишкомъ великъ, такъ какъ при напряженіяхъ меньше 7 вольтъ получаются весьма серьезныя поврежденія, вследствие разбѣданія газовыхъ и водопроводныхъ трубъ. Теоретически, конечно, всякій предѣлъ будетъ слишкомъ великъ, но на практикѣ было бы достаточно, если бы разбѣданіе трубъ токѣмъ не превосходило дѣйствія почвенной влаги. Отрѣшенія этого вопроса зависить будущность электрическаго трамвая. Напомнимъ главные способы борьбы съ блуждающими токами, употребляемые въ настоящее время; одинъ изъ нихъ, примѣненіе обратныхъ фидеровъ, соединяемыхъ съ отдаленными точками рельсовой сѣти; второй—употребленіе повысителей напряженія, соединяемыхъ съ тѣми же точками; третій—и при обширной сѣти трамвая, самый рациональный—раздробленіе центральной станціи на нѣсколько подстанцій, размѣщенныхъ соотвѣтственнымъ образомъ по сѣти.

Другой случай, гдѣ при распредѣленіи тока низкаго напряженія играть важную роль — это трехпроводная (или пятипроводная) сѣть. Весьма часто средний проводъ такой сѣти соединяютъ съ землей, хотя нельзя сказать чтобы это было общимъ правиломъ, и многіе до сихъ поръ стоятъ противъ такого соединенія. Чтобы рѣшить вопросъ въ ту или другую сторону, надо рассмотреть достоинства и недостатки сопряженные съ отведеніемъ въ землю среднего провода. Къ достоинствамъ этой системы надо отнести слѣдующее. При соединеніи среднего провода съ землей разность потенциаловъ между землей и каждымъ изъ крайнихъ проводовъ дѣлается равной половинѣ полного напряженія тока, что уменьшаетъ опасность для людей отъ обращенія съ токомъ. Такъ, напримѣръ, предѣльное напряженіе допускаемое англійской Торговой Палатой внутри жилыхъ помѣщеній есть 250 вольтъ; имѣя напряженіе между крайними проводами въ 500 вольтъ (нормальное напряженіе трамвайной сѣти) нельзя вводить въ жилое помѣщеніе ни одного изъ крайнихъ проводовъ, если средний не соединенъ съ землей, ибо, хотя напряженіе между послѣднимъ и однимъ изъ крайнихъ и не превышаетъ 250 вольтъ при правильной регулировкѣ сѣти, но разность потенциаловъ между землей и однимъ изъ крайнихъ проводовъ можетъ значительно превышать эту величину и даже доходить до 500 вольтъ. При соединеніи же съ землей среднего провода такой случай невозможенъ. Изъ этого непосредственно вытекаетъ другое весьма важное достоинство описываемаго способа соединенія, именно является возможность вводить внутрь помѣщенія всѣ три провода сѣти, въ которой напряженіе между крайними проводами не превышаетъ 500 вольтъ. Для этого нужно только разбить цѣпь внутри помѣщенія на двѣ двухпроводныя сѣти, отвѣтственные каждая отъ среднего и одного изъ крайнихъ проводовъ; каждая такая цѣпь въ отдаленности будетъ удовлетворять условіямъ безопасности и, вмѣстѣ, съ тѣмъ, потребленіе энергіи каждымъ абонентомъ можетъ быть правильно распредѣлено на обѣ половины трехпроводной системы. Для правильнаго дѣйствія послѣдней въ высшей степени важно, какъ показала практика, чтобы нагрузка обѣихъ половинъ трехпроводной сѣти была одинакова, а этого, конечно, несравненно легче достигнуть, если регулировать эту нагрузку въ предѣлахъ установокъ каждаго абонента, чѣмъ регулировать число абонентовъ, приходящихся на каждую половину. Это и составляетъ главное достоинство соединенія съ землей среднего провода и благодаря ему все большее и большее число станцій переходятъ къ этой системѣ. Система эта представляетъ еще и ту выгоду, что при образованіи утечки въ сѣти непосредственно легко опредѣлить на какомъ изъ крайнихъ проводовъ произошло поврежденіе.

Недостаткомъ же системы соединенія съ землей средняго провода является то обстоятельство, что если въ изоляціи какого-либо изъ проводовъ произойдетъ поврежденіе и появится утечка въ землю, то между этимъ проводомъ и среднимъ пойдетъ непрерывный токъ, который можетъ совсѣмъ испортить изоляцію и произвести короткое замыканіе одной половины сѣти.

Весьма существенно обратить здѣсь вниманіе на то, что оба провода не одинаково подвержены этой опасности. Уже давно было замѣчено при распредѣленіи постоянного тока, что если изоляціи всѣхъ проводовъ одинаковы, то потенциалъ отрицательнаго провода стремится со временемъ приблизиться къ земному, а разность потенциаловъ между положительнымъ проводомъ и землей постепенно возрастаетъ. Явленіе это объясняется такъ называемымъ электрическимъ осмосомъ, благодаря которому влага перетекаетъ отъ положительнаго электрода къ отрицательному и уменьшаетъ прочность изоляціи послѣдняго; тѣмъ больше разность потенциаловъ между землей и отрицательнымъ проводомъ, тѣмъ сильнѣе стремленіе къ уравненію ихъ потенциаловъ. Вотъ почему въ тѣхъ случаяхъ, когда одинъ изъ проводовъ двухпроводной сѣти постоянного тока долженъ быть соединенъ съ землей, то не безразлично, какой проводъ отвести въ землю: такъ какъ потенциалъ отрицательнаго провода самъ собою со временемъ приближается къ земному, то естественно, что это-то именно и нужно отводить въ землю; въ противномъ случаѣ весьма легко образуется громадная утечка. На это явленіе, повидимому, не обратили еще должнаго вниманія, тѣмъ можно объяснить тотъ фактъ, напримѣръ, что въ Екатеринбургѣ при постройкѣ электрическаго трамвая вначалѣ рельсы были соединены съ положительнымъ полюсомъ динамомашинъ и лишь въ послѣдствіи ихъ соединили съ отрицательнымъ \*).

Опытъ показалъ, что описанное разрушеніе изоляціи отрицательнаго провода, при соединеніи съ землей положительнаго или средняго провода трехпроводной сѣти, происходитъ даже тогда, когда изолирующимъ матеріаломъ служитъ мягкая резина. При самой ничтожной утечкѣ, которая можетъ образоваться при самой тщательной изоляціи, образуется непрерывный токъ черезъ землю, причемъ, благодаря осмосу, влага изъ почвы проникаетъ въ мельчайшія поры резины, куда при обыкновенныхъ условіяхъ она проникнуть не можетъ; благодаря этому, изоляція ослабѣваетъ, утечка увеличивается и влага все прибываетъ; пустоты внутри резины заполняются водой, подъ давленіемъ которой резина растягивается и, наконецъ, лопается, обнажая проводникъ. Такимъ образомъ, оба провода оказываются соединенными съ землей, и происходитъ короткое замыканіе. То же самое происходитъ и при другихъ изолирующихъ матеріалахъ, равно какъ и въ томъ случаѣ, если голые провода изолированы фарфоромъ. Очевидно, что тѣ самыя причины, которыя привлекаютъ влагу къ отрицательному проводу, въ то же время „сушатъ“, такъ сказать, положительный, поддѣрживая прочность его изоляціи.

Хотя описанное осложненіе, сопряженное съ отведеніемъ въ землю средняго провода и немаловажно, тѣмъ не менѣе большинство современныхъ авторитетовъ не останавливается передъ этимъ препятствіемъ ввиду громадной выгоды, получаемой взаимъ этого отъ возможности вводить къ каждому абоненту всѣ три провода. Борьбѣ съ указаннымъ зломъ слѣдуетъ, предохраняя по возможности отъ сырости кабели; для этого полезно заливать ихъ сплошь вполнѣ непроницаемымъ для влаги матеріаломъ, либо употреблять воздушную изоляцію при помощи негигроскопичныхъ изолирующихъ подставокъ.

Остается еще разобрать одинъ вопросъ: должно ли соединеніе съ землей въ случаѣ трехпроводной сѣти быть постояннымъ или уничтожаемымъ въ случаѣ надобности. Если полное напряженіе между крайними проводами представляетъ опасность для людей, то, конечно, соединеніе съ землей никогда не должно быть уничтожаемо: Въ противномъ же случаѣ (напримѣръ, при полномъ напряженіи въ 220 вольтъ) въ интересахъ непрерывности питанія сѣти оно должно быть легко уничтожаемо, для того, чтобы въ случаѣ образованія сильной утечки въ одномъ изъ проводовъ не произошло между нимъ и среднимъ короткаго замыканія. Въ послѣднемъ случаѣ необходимо, конечно, чтобы средній проводъ соединялся съ землей лишь въ одной точкѣ, на самой станціи, и по той же причинѣ не слѣдуетъ употреблять голой проволоки въ качествѣ средняго провода, какъ это иногда дѣлаютъ въ видахъ дешевизны. Послѣднее вредно еще въ томъ отношеніи, что, хотя по среднему проводу протекаетъ въ общемъ лишь слабый токъ, но, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, между абонентами, сила тока можетъ быть настолько велика, чтобы породить вредные блуждающіе токи.

(The Electrician).

**Смѣшанная система реостатовъ.** Какъ извѣстно, на точность показаній жидкихъ реостатовъ, состоящихъ изъ двухъ погруженныхъ въ растворъ какой нибудь соли металлическихъ пластинокъ, весьма влияетъ возникающее при прохожденіи тока электролитическое дѣйствіе. Вначалѣ, обыкновенно, сопротивленіе раствора вдругъ возрастаетъ, быстро затѣмъ, впрочемъ, въ теченіе нѣсколькихъ минутъ спадая и принимая наконецъ болѣе постоянную величину. О характерѣ измѣненія сопротивленія жидкости, можно судить по приведеннымъ въ „American Electrician“ результатамъ опытовъ Паркса Рёкера. Въ три сосуда емкостью каждый въ 4,5 литра, содержащихъ соответственно слабые растворы морской соли, нашатыря и углекислой соды были погружены электроды въ видѣ двухъ вертикальныхъ желѣзныхъ пластинокъ  $7 \times 10$  сант., толщиной въ 4 милл. и разстояніемъ между ними въ 8 сант.—При напряженіи пропускавшагося тока въ 110 вольтъ амперметръ, показывавшій первоначально 15 амперъ, поднялся съ теченіемъ первыхъ 10 минутъ до 50 и 60 амперъ, спалъ, затѣмъ, въ теченіе послѣдующихъ 3 минутъ до 20 амп., и, наконецъ, показанія его сообразно съ родомъ примѣненнаго раствора, приняли болѣе постоянную величину между 30 и 10 амп.

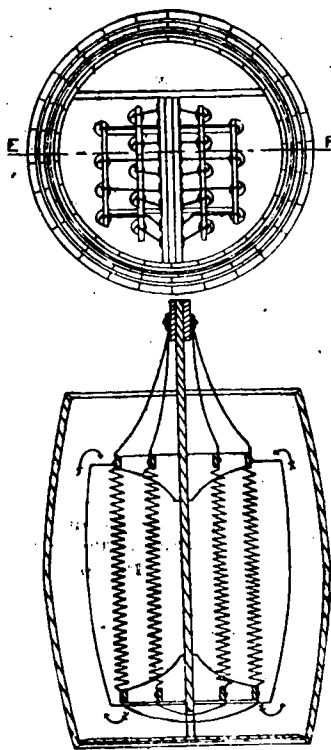
Подобное установившееся состояніе достижимо лишь, впрочемъ, при весьма небольшой силѣ тока, такъ какъ, если послѣдній достаточенъ для приведенія примѣняемой жидкости въ кипѣніе, то сопротивление ея варьируетъ по своей величинѣ почти непрерывно и въ весьма широкихъ предѣлахъ, каковой недостатокъ устраняется съ трудомъ даже при помощи постояннаго подведенія охлаждающей струи холодной воды. Въ виду этого, практическое примѣненіе жидкихъ реостатовъ ограничивается предѣльною силою тока въ 100 амп. при 110 вольтъ, причемъ при соответственной емкости пріемниковъ для жидкости въ 180 литровъ пользованіе болѣе крупнымъ числомъ подобныхъ громоздкихъ реостатовъ сопряжено съ болѣе широкимъ неудобствомъ.

У Рёкера явилась остроумная идея воспользо-ваться въ качествѣ сопротивляющейся среды для реостата жидкостью и металломъ совмѣстно. Свернутая въ спираль проволока изъ гальванизированнаго желѣза толщиной въ 1,6 мил. и длиною около 4,5 метр. была погружена въ сосудъ, вмѣщавшій 45 литровъ воды, причемъ, не смотря на то, что токъ силою въ 200 ампер. при 110 вольтѣхъ пропускался въ теченіе довольно продолжительнаго времени, вода по окончаніи періода испытанія едва пришла въ кипѣніе. Слѣдуетъ замѣтить, что проволока пере-

\* См. Электричество, 1899 г. № 2, стр. 19.

горасть лишь при весьма сильномъ токѣ, когда она до того сильно накаливается, что вокругъ нея образуется оболочка изъ пара, препятствующая отдачѣ металломъ тепловой энергіи окружающе водной средѣ.

На основаніи полученныхъ опытныхъ данныхъ, Рёкеръ построилъ реостаты, которые можно назвать реостатами смѣшанной системы, замѣнивъ обычные въ жидкихъ реостатахъ металлическія пластинки свернутыми въ спираль проволоками. На фиг. 32 представлена конструкция подобнаго реостата. Боченокъ емкостью около 180 литр. раздѣленъ вертикальными перегородками на три камеры, изъ коихъ одна служитъ лишь для циркуляціи нагревающейся воды. Въ каждомъ изъ двухъ остальныхъ симметричныхъ отдѣленій находится 9 катушекъ длиною въ 1,5 м. и діаметромъ въ 0,031 метр., свернутыхъ каждая изъ



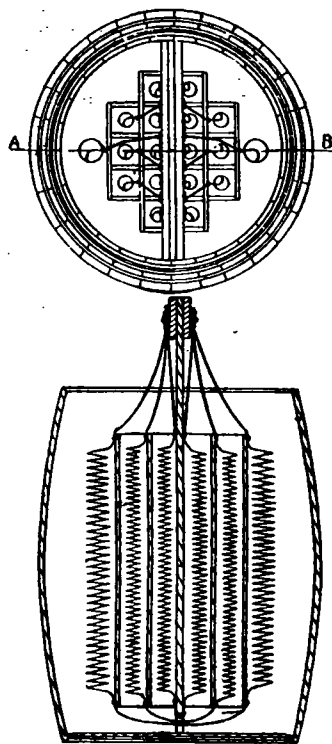
Фиг. 32.

проволоки гальванизированнаго желѣза длиною 12 метр. Сопротивленіе этихъ катушекъ на холоду равнялось 0,55 ома; будучи не погружены въ жидкость, онѣ при пропусканіи тока въ 145 ампер. показали сопротивленіе въ 0,737 ома. Электроды для каждой катушки отдѣльные, причемъ они перекрываются сверху слоемъ воды по крайней мѣрѣ въ 0,07 метр. толщиною. При посредствѣ деревянныхъ планочекъ катушки отдѣляются другъ отъ друга, закрѣпляются въ известномъ положеніи и предохраняются отъ паденія или взаимнаго соприкосновенія. Для выключенія ихъ изъ цѣпи примѣнены двухъполюсные коммутаторы, такъ какъ пользованіе обыкновенными проводниками для ихъ соединенія сопряжено съ нежелательнымъ электролитическимъ дѣйствіемъ. Направленіе циркуляціи нагревающейся воды указаны на фигурѣ 32 стрѣлками.

Реостатъ описанной конструкции подвергся на одной генераторной станціи пробному испытанію въ теченіе 10 часовъ, причемъ были примѣнены лишь 5 катушекъ, изъ коихъ каждая пропускала 145 амперъ при 107 вольтахъ, слѣдовательно, все количество подводимой электрической энергіи равнялось 77575 ват-

тамъ. Черезъ известные промежутки времени нагревавшаяся вода охлаждалась протекавшей струей холодной воды, причемъ она въ время опыта не закипала. Остальные 4 катушки реостата, служившія запасными, не были использованы. По расчету Рёкера, подобный реостатъ въ состояніи былъ бы выдерживать, въ общемъ, токъ силою 1300 амперъ при 107 вольтахъ, т. е. мощностью около 186 лошад. силъ.

Согласно другимъ произведеннымъ опытамъ такой же реостатъ выдерживалъ въ теченіе 8 час. 725 амперъ при 115 вольтъ и при такомъ же напряженіи 870 амперъ въ теченіе одного часа безъ какихъ либо замѣченныхъ недостатковъ, отличаясь замѣчательнымъ постоянствомъ показаній. По произведеніи этихъ опытовъ было найдено, что діаметръ проволоки уменьшился приблизительно на  $\frac{1}{10}$  миллим., что слѣдуетъ, очевидно, приписать дѣйствію попереч-



Фиг. 33.

ныхъ переходныхъ токовъ между отдѣльными катушками, замѣчавшемуся особенно на смежныхъ оконечностяхъ ихъ, тогда какъ срединныя части ихъ остались неприкосновеннымъ.

На фиг. 33 представленъ реостатъ нѣсколько измѣненной затѣмъ Рёкеромъ конструкции. Здѣсь боченокъ той же емкости раздѣленъ на два большихъ отдѣленія, изъ коихъ каждое подраздѣлено на 8 меньшихъ съ площадью основанія около 20 кв. сант., достаточною для вмѣщенія одной катушки и надлежащей циркуляціи воды, благодаря каковому устройству возникшіе прежде нежелательные поперечные токи были устранены. Каждая изъ 8 катушекъ была свернута изъ проволоки изъ гальванизированнаго желѣза толщиною въ 1,4 милл. и длиною въ 22,6 метр., причемъ въ каждой половинѣ боченка помѣщалось еще по одной катушкѣ изъ проволоки толщиною въ 2,05 милл. и длиною въ 24,3 метра (см. фиг. 33). Дѣйствительно, дѣйствіе прибора оказалось превосходнымъ, и онъ безъ затрудненія выдерживалъ 800 амперъ при 280 вольтъ, т. е. около 247 лошад. силъ.

Вначалѣ дѣйствія вода имѣла температуру въ 10° Ц.,

причем струя протекавшей свѣжей воды діаметромъ въ 0,019 метр. оказалась достаточной для поддержания все время опыта достаточно низкой температуры. Если боченки расположены на деревянныхъ стойкахъ высотой примѣрно въ 0,3—0,4 метра, то можно безъ опасенія отведенія тока въ землю, устроить надлежащую циркуляцію воды, принимая во вниманіе, что струя чистой воды съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 6 квадр. сант. и 0,3 метр. длиною представляетъ собою сопротивление болѣе, чѣмъ въ 14,000 омовъ. Не слѣдуетъ забывать, что чѣмъ обильнѣе циркулія воды, тѣмъ дѣйствіе реостата лучше и успѣшнѣе, такъ какъ вода увлекаетъ съ собою отдѣляющіяся отъ проволокъ металлическія и другія постороннія частицы, поддерживая катушки въ чистомъ состояніи и способствуя ихъ охлажденію.

Для большей наглядности разницы между длиною проволокъ примѣняемыхъ въ реостатахъ обычнаго типа и таковыхъ въ описанной системѣ, при напряженіи тока въ 110 вольт., приводимъ слѣдующую сравнительную табличку, не требующую болѣе какихъ либо поясненій.

№ провол. (калибръ В. А. S).	Длина въ воздушной средѣ	Длина въ водѣ
20	181,03	7,61
19	190,78	8,21
18	205,11	8,81
17	216,39	9,14
16	228,58	9,74
15	240,78	10,34
14	256,02	10,96
13	270,03	11,57
12	286,80	12,19
11	301,74	12,79
10	321,23	13,71
9	336,17	14,31
8	412,66	17,66

(L'Electricien. 1901).

## БИБЛІОГРАФІЯ.

Электротехническая Библиотека. Т. VI. Современное ученіе объ электричествѣ въ элементарно-математической обработкѣ. Д-ра Шумана. Переводъ съ нѣмецкаго Н. Державина. Съ 122 фиг. въ текств. СПб. Изданіе журнала „Электричество“. 1902. XIII + 224 стр. въ 8 д. листа. Цѣна 2 р. 50 к.

Мы уже сообщали нашимъ читателямъ о нѣмецкомъ изданіи выпущеннаго въ настоящее время въ русскомъ переводѣ сочиненія Шумана \*).

Авторъ имѣлъ въ виду дать нетрудное пособие тѣмъ, кто желалъ бы, не прибѣгая къ помощи высшей математики, возможно точно ознакомиться съ современнымъ ученіемъ объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ. вмѣстѣ съ тѣмъ, авторъ стремился къ тому, чтобы его трудъ, давая начальную теоретическую подготовку лицамъ, желающимъ познакомиться со своими силами электротехникѣ, являлся, такимъ образомъ, достаточнымъ и вполне научнымъ введеніемъ къ болѣе подробнымъ, специальнымъ курсамъ электричества и электротехники.

Особенность предлагаемой книги и главнѣйшее отличие ея отъ большей части другихъ элементарныхъ руководствъ по электричеству заключается въ томъ, что авторъ ея при объясненіи всѣхъ вообще электрическихъ и магнитныхъ явленій исходитъ изъ основного положенія, впервые установленнаго Фарадеемъ, что всѣ электрическія и магнитныя явленія обуславливаются особыми измѣненіями въ средѣ, по

направленію силовыхъ линій, также Фарадеемъ впервые введенныхъ въ науку. Въ основу всѣхъ выводовъ авторомъ положено понятіе о потенциаль, которое онъ устанавливаетъ при помощи простѣйшихъ и вполне наглядныхъ опытовъ. Благодаря этому, для автора представилась возможность широко воспользоваться выводами ученія о силовыхъ линіяхъ при разсмотрѣніи даже сравнительно сложныхъ электрическихъ явленій, происходящихъ, напр., въ динамо-машинныхъ, электродвигателяхъ, трансформаторахъ, а также при описаніи наиболѣе важныхъ электроизмѣрительныхъ приборовъ. Не лишне упомянуть, что соответственные части курса сопровождаются рядомъ практическихъ задачъ, вмѣстѣ съ подробными ихъ рѣшеніями.

Содержаніе разсматриваемаго сочиненія таково: Отдѣлъ I.—Электростатика. Электризація тѣлъ съ помощью тренія и чрезъ вліяніе. Теорія электричества. Потенціалъ. Электродвижущая сила. Поверхности равнаго потенциала. Силовыя линіи. Электростатическое давленіе. Электрометръ Томсона. Электроемкость. Понятіе объ энергіи заряженныхъ тѣлъ. Электрическія и электрофорныя машины. Явленія въ діэлектрикѣ.—Отдѣлъ II.—Магнетизмъ. Основныя явленія. Магнитная индукція. Гистерезисъ. Земной магнетизмъ. Горизонтальная составляющая земнаго магнетизма; ея опредѣленіе. Магнитный моментъ магнита. Магнитный листокъ.—Отдѣлъ III.—Электрическіе токи. Происхожденіе токовъ. Элементъ Вольты. Электролизъ и его законы. Гальваническая поляризація. Вычисленіе электродвижущей силы элементовъ на основаніи электрохимическихъ процессовъ. Постоянные элементы. Аккумуляторы. Законъ Ома и его слѣдствія. Опредѣленіе силы тока, электродвижущей силы, сопротивленій и емкости конденсатора. Термоэлектричество. Явленіе Пельтье. Джоулева теплота. Лампы накаливанія и дуговые.—Отдѣлъ IV.—Электромагнетизмъ. Законы Біо, Савара и Лапласа. Магнитныя дѣйствія круговаго тока и магнитнаго листка. Замкнутый магнитный потокъ. Электромагнитъ. Тангенсъ-буссоль и гальванометръ. Телеграфъ. Подвижный проводникъ въ магнитномъ полѣ. Энергія магнитнаго листка, круговаго тока и соленоида въ магнитномъ полѣ.—Пондеромоторныя дѣйствія токовъ другъ на друга. Магнитная теорія Ампера.—Отдѣлъ V.—Индукція въ линейныхъ проводникахъ, соленоидахъ и въ тѣлахъ конечныхъ размѣровъ. Взаимная индукція, самоиндукція, экстракции самоиндукции. Индукціонные приборы Румкорфа и Тесла. Гейслеровы трубки; катодные и рентгеновы лучи. Дискъ Фарадея. Машина Грамма; барабанный якорь Гейфнера. Различные способы возбужденія динамо-машинъ. Передача энергіи.—Отдѣлъ VI.—Переменные токи. Возбужденіе переменныхъ токовъ. Элементарная теорія переменнаго тока. Мощности переменнаго тока: разложеніе силы тока на составляющія. Электродинамометръ; ваттметръ. Элементарная теорія двигателей двухфазнаго тока. Теорія трансформатора. Телефонъ и микрофонъ.—Перечень практическихъ единицъ.

## НОВЫЯ КНИГИ.

Василій Первенко. Мысли о теплотѣ и электричествѣ, какъ о единой силѣ въ природѣ. Выпускъ I. Всемірное тяготѣніе и движеніе планетъ, какъ слѣдствіе могущества солнечной лучесферы. Киевъ. 1901. V+III+177 стр. въ 8 б. д. л.

Русское электрическое общество „Уніонъ“:

Электрическіе счетчики системы „Уніонъ“. № 134.

Электрическіе счетчики системы Томсона. № 135.

Production et distribution de l'énergie

\*) См. Электричество. 1899 г., № 8, стр. 126.



pour la traction électrique, par Henry Martin, Ingénieur des Arts et Manufactures. Avec 875 fig. dans le texte. Paris. Librairie Ch. Beranger, éditeur. 1902. 749 стр. въ 8 б. д. л. Цѣна 25 фр. (около 10 руб.).

L. Perissé et R. Godfernaud. Traction mécanique sur rails et sur routes pour les Transports en commun. Extrait des Memoires de la Société des Ingenieurs Civils de France. (Bulletins de décembre 1899. janvier et mars 1900). Paris. V-ve Ch. Dunod, éditeur. 1900.

Boy de la Tour. Méthode pratique pour calculer les moteurs asynchrones polyphasés. Paris. Librairie Béranger. 1902. 216 стр. въ 8 б. д. л. Цѣна 12 фр. 50 см. (около 5 руб.).

La lampe à incandescence. Lampes neuves et réparations, par Lion Grininger. M. M. J. Loubat et Co Paris. 1900. 86 стр. въ 16 д. л.

Atelier de construction Oerlikon. Tramways de la ville de Lucerne. 1900. 11+15 стр. и 43 отд. листа чертежей и рисунковъ.

Transmission et distribution d'énergie électrique—La Goule. 1901. 23+17 стр. и 24 отд. листа чертежей и рисунковъ.

Transmission et distribution d'énergie électrique—Les Clées—Uverdon. 1900. 15+11 стр. и 19 отд. лист. черт. и рисунковъ.

Chemin de fer de la Jungfrau. 1901. 20+26 стр. и 57 отд. л. черт. и рисунковъ.

Worterbuch der Elektrotechnik in drei Sprachen. Herausgegeben von Paul Blaschke. Mit einem Vorwort von Dr. F. Niethammer, I Theile. Deutsch—Französisch—Englisch. Leipzig. Verlag von S. Hirzel. 1901. Цѣна 5 марокъ.

Elektroingenieur Kalender 1902. Herausgegeben von A. Hirsch und F. Wilking, in Berlin VII Jahrgang. Berlin Verlag von scar Coblenz. Цѣна 2 м. 50 пф.

## Второй Всероссийскій Электротехническій Съездъ въ Москвѣ.

Открытие Второго Всероссийскаго Электротехническаго Съезда въ Москвѣ состоится 28-го декабря, въ 1 ч. дня, въ помѣщеніи московской городской думы по слѣдующей программѣ:

1. Молебствіе.
2. Привѣтствіе Предсѣдателя Съезда князя В. М. Голицына.
3. Привѣтствія депутатовъ.
4. Рѣчь Предсѣдателя Постояннаго Комитета Съездовъ Н. П. Петрова.
5. Рѣчь Проф. Н. Гр. Егорова.
6. Рѣчь Тов. Предс. А. И. Смирнова о задачахъ Второго Всероссийскаго Электротехническаго Съезда.
7. Краткій отчетъ о дѣятельности Постояннаго Комитета.
8. Отчетъ Тов. Предс. Мѣстнаго Бюро А. Г. Бессона о дѣятельности Мѣстнаго Бюро.
9. Отчетъ А. А. Спицина по устройству Выставки.

По окончаніи собранія около 4 ч. дня по-

слѣдуетъ молебствіе въ помѣщеніи выставки (Б. Дмитровка, д. Георгіевскаго монастыря) и открытіе ея.

Вечеромъ въ 8 ч. состоится товарищеское собраніе членовъ Съезда въ Большой Московской гостинницѣ для взаимнаго ознакомленія.

Занятія Съезда въ слѣдующіе дни будутъ распределены слѣдующимъ образомъ:

29, 30, 31 Дек. и 2, 3 и 4 Января, утромъ — осмотры и засѣданія Комиссій. Съ 1 ч. дня до 3 ч., засѣданія I Отдѣла (общіе вопросы); послѣ 3-хъ ч. засѣданія остальныхъ отдѣловъ (одновременно три или четыре отдѣла). На вечеръ назначены также осмотры и засѣданія Комиссій. Кромѣ того, 30-го Декабря вечеромъ состоится въ Городской Думѣ раутъ, устраиваемый гг. членами Съезда Московской Городской Думой, 2-го Января въ 8 ч. веч. соед. засѣд. V гр. М. О. И. Р. Т. О. со Съездомъ, а 4-го въ 8 час. вечера осмотръ электротехнической и инженерной лабораторій Московскаго Инженернаго училища В. П. С. 5-го Января въ 10 ч. утра назначено въ помѣщеніи Московской Городской Думы Общее Собраніе для принятія резолюцій; въ тотъ же день вечеромъ въ 8 ч. состоится торжественное собраніе въ помѣщеніи Городской Думы для закрытія Съезда.

Занятія и засѣданія Съезда будутъ происходить въ помѣщеніи Политехническаго Музея у Ильинскихъ воротъ.

Въ виду большаго числа заявленныхъ докладовъ занятія Съезда разбиты на отдѣлы:

I Отдѣлъ. Общіе вопросы, — подѣ предсѣд. А. И. Смирнова.

II Отдѣлъ. Научные вопросы, изобрѣтательные приборы и методы измѣренія, — подѣ предсѣд. П. Д. Воинаровскаго.

III Отдѣлъ. Примѣненіе электротехники въ промышленности, — подѣ предс. А. А. Воронова.

IV Отдѣлъ. Электрическія желѣзныя дороги, — подѣ предсѣд. А. Г. Бессона.

V Отдѣлъ. Техника слабыхъ токовъ, — подѣ предс. Н. С. Осадчаго.

VI Отдѣлъ. Электротехническое образованіе, — подѣ предсѣд. М. Я. Кульчицкаго.

Общее число заявленныхъ по 15 Дек. докладовъ свыше 75. Число членовъ, записавшихся по 15 Дек. свыше 300.

Всѣ свѣдѣнія, относящіяся до Съезда, можно получать до 28 Дек. въ Москвѣ, въ канцеляріи Мѣстнаго Бюро (Неглинный проѣздъ, д. Гонимой, помѣщеніе музея Гигіены и Санитарной Техники), а послѣ 28 Дек. въ помѣщеніи засѣданій Съезда.