

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Современное развитіе техники трехфазнаго тока.

Докладъ М. О. Доливо-Добровольскаго *).

Электрическая выставка 1891 г. въ Франкфуртѣ-на-Майнѣ была главнымъ образомъ тѣмъ важна въ исторіи электротехники, что на ней въ первый разъ выступилъ публично, какъ новая система такъ назыв. трехфазный токъ **). Несмотря на то, что вращающееся магнитное поле было открыто профессоромъ Феррарисомъ за 5—6 лѣтъ до того и имѣло въ свою очередь предшественниковъ (см. работы Депре, Бейлэя и др.); несмотря на то, что опыты Н. Тесла, а также и мои существовали уже года за два до этой выставки, все же годъ этой выставки (1891) должно считать, такъ сказать, годомъ рожденія Т. Ф. тока. Техника не заботится много о лабораторныхъ опытахъ, мало интересуется теоретическими размышеніями и „возможностями“, она привѣтствуетъ открытия лишь тогда, когда ей покажутъ, что изъ нихъ можно кое-что „сдѣлать“, покажутъ хотя бы и не въ законченной, но, по крайней мѣрѣ, въ сколько-нибудь „практической“ формѣ. Въ 1891 году были показаны первые „дѣйствительные“ Т. Ф. двигатели, которые уже тогда имѣли всѣ тѣ характерныя особенности, какъ и теперь, когда техника Т. Ф. тока завоевала себѣ выдающееся положеніе. Уже тогда можно было видѣть двигатели съ „замкнутымъ“ якоремъ (безъ щетокъ) при малыхъ размѣрахъ и большихъ двигателяхъ, у которыхъ индуцированный токъ якоря при пускѣніи въ ходъ замыкали постепенно при помощи реостатовъ.

На той же выставкѣ было демонстрировано передачей изъ Лауфена въ Франкфуртѣ главное достоинство Т. Ф. тока, а именно его примѣнность для передачи энергіи на большія разстоянія при высокихъ напряженіяхъ съ трансформаторами.

^{*)} Настоящій докладъ прочитанъ на 1-мъ Всероссийскомъ Электротехническомъ Съездѣ, въ общемъ собраний 28 декабря 1899 года.

^{**)} Въ дальнѣйшемъ слово „трехфазный“ обозначается чрезъ „Т. Ф.“, а „постоянный“ черезъ „П.“.

Точно также уже тогда были показаны вращающіеся трансформаторы для преобразованія Т. Ф. тока въ постоянный съ одною обмоткой якоря. Конструкція двигателей и трансформаторовъ, какъ упомянуто, была уже тогда совершенно та же, что и теперь; всѣ успѣхи новѣйшаго времени касаются лишь деталей и главнымъ образомъ расчета и соразмѣрности отдѣльныхъ частей.

Хотя вскорѣ послѣ этой выставки, отчасти же еще и во время ея, появилось много нападокъ на новую систему,—но это было явленіемъ вполнѣ нормальнымъ: какъ и при всѣхъ нововведеніяхъ, одни заступались за дорогую имъ старину, другие же отрицали заслуги пионеровъ, которые будто бы ничего въ сущности нового не сдѣлали.

Изъ борцовъ противъ Т. Ф. тока наиболѣе выдавались тогда Свинбурнъ въ Англіи, Дери въ Австріи и Броунъ въ Швейцаріи. Первый придавалъ черезчуръ важное значеніе „сдвигу фазы“ и полагалъ, что оно должно быть настолько значительнымъ, что какъ развитіе тока, такъ и передача его не смогутъ быть экономичными; послѣдній (Броунъ), несмотря на свое сотрудничество со мной вначалѣ, боролся въ цѣломъ рядѣ статей противъ 3 проводовъ и противъ двигателей со щетками, предвѣщаючи успѣхъ однофазному перемѣнному току.

Нельзя отрицать, что авторитетъ, которымъ пользовались противники, значительно замедлилъ первыя примѣненія новой системы. Лишь позже, когда положенія начала постепенно все-таки завоевали себѣ мѣсто, замолкли столь же постепенно и критики. Противники стали союзниками, и кто возставалъ противъ контактныхъ колецъ и 3 проводовъ, сталъ самъ ими пользоваться. Вслѣдствіе этого увеличенія числа сотрудниковъ новая вѣтвь электротехники стала быстро развиваться и переросла скоро прочія.

Весьма трудно доставать точныя статистическія данныя о производствѣ машинъ и установокъ различными фирмами, но, несмотря на это, все-таки можно утверждать, что изъ всѣхъ строящихся электрическихъ машинъ и двигателей въ Германіи, Австріи, Швейцаріи, Бельгіи, Франціи и Америкѣ, болѣе половины принадлежатъ къ системѣ Т. Ф. тока. Что же касается

до установокъ, то если исключить установки электрическихъ дорогъ, почти всѣ прочія новѣйшія большія станціи строятся по Т. Ф. системѣ.

Послѣ этого краткаго историческаго предисловія я перейду теперь къ сущности моего доклада, а именно къ описанію того, что Т. Ф. техника въ состояніи выполнить, къ чему эта система пригодна и какъ видъ представляютъ теперешня Т. Ф. установки. Мы получимъ тогда болѣе ясное представление о томъ положеніи, которое эта система себѣ завоевала въ промышленности вообще и въ современномъ новѣйшемъ развитіи электротехники въ частности.

Примѣненія Т. Ф. тока основываются главнымъ образомъ на двухъ свойствахъ его, которыя эксплуатируются не только въ совокупности, но и порознь. Это: 1) экономичная передача на большія разстоянія, 2) превосходныя качества двигателей.

Прежде чѣмъ перейти къ примѣненіямъ Т. Ф. тока, мы должны сперва остановиться на какомъ-то время на болѣе подробнѣ разсмотрѣніи вышеуказанныхъ двухъ преимуществъ этой системы и прослѣдить съ этой цѣлью главныя составныя части Т. Ф. установокъ, какъ то: динамомашины, провода, трансформаторы и двигатели въ ихъ послѣднемъ развитии.

Динамомашины.

Т. Ф. динамо представляетъ собою самый естественный и простѣйшій электромеханическій генераторъ. Наши, давно извѣстныя, динамо П. тока въ сущности не что иное, какъ машины съ очень большимъ числомъ фазъ перемѣнного тока, которыя постепенно выправляются особымъ приспособленіемъ, называемымъ коллекторомъ. Выпустивъ этотъ послѣдній и ограничиваясь малымъ числомъ фазъ, а именно тремя, мы получаемъ Т. Ф. динамомашину. Отсутствіе коллектора позволяетъ значительно упростить конструкцію машины и въ остальномъ; такъ, напримѣръ, можно перевести индуктируемыя катушки на неподвижную часть машины и вращать одни магниты. Вслѣдствіе этой неподвижности индуктируемыхъ катушекъ, ихъ можно несравненно лучше изолировать, что даетъ возможность употребленія даже очень высокихъ напряженій; съ другой стороны, простота устройства магнитовъ допускаетъ значительно увеличить линейную скорость сравнительно съ обыкновенно примѣняемыми скоростями при машинахъ П. тока.

Освобождаясь отъ коллектора, мы избавляемся и отъ ухода за машиной, что особенно важно, такъ какъ даетъ возможность употреблять высокія напряженія безъ опасности для служащихъ на станціи и соединять динамо съ ея двигателемъ безъ всякихъ стѣсненій, такъ, какъ это желательно въ механическомъ отношеніи. Вслѣдствіе того, что Т. Ф. машины имѣютъ не болѣе 2 маленькихъ, гладкихъ, kontaktныхъ

колецъ (для введенія возбуждающаго тока), то исчезаетъ и надобность въ шлифовкѣ коллектора, которая, образуя много мѣдной пыли, ухудшаетъ изоляцію окружающихъ приборовъ и аппаратовъ. Сколько приходится жертвовать въ отношеніи утилизациіи матеріала при расчетѣ машинъ П. тока—только для достиженія тѣхъ пропорцій и размѣровъ, которые гарантируютъ ходъ безъ искрообразованія! Такъ какъ это послѣднее условіе при Т. Ф. токѣ исчезаетъ, то является возможность строить динамо гораздо проще, прочнѣе и болѣе способно выносить безъ вреда перегрузки. По той же причинѣ можно достичь несравненно высшихъ коэффиціентовъ полезнаго дѣйствія.

Я бы зашелъ черезчуръ далеко, если бы сталъ исчислять всѣ выгоды и преимущества Т. Ф. генераторовъ, тѣмъ болѣе, что смотря по цѣли и назначенію, можно при расчетѣ машины развить преимущественно тѣ или другія свойства ея. Такъ, напримѣръ, врядъ ли найдется болѣе прочный и надежный электрическій генераторъ, чѣмъ Т. Ф. машина низкаго напряженія (200 вольтъ) съ обмоткой изъ мѣдныхъ стержней. По отношенію къ экономичности такія машины стоять во главѣ всѣхъ генераторовъ, такъ какъ даже и при не очень крупныхъ размѣрахъ, какъ напр. 500 л. с. легко достигается полный коэффиціентъ полезнаго дѣйствія около 95%.

Что касается напряженій, которыхъ можно достичь непосредственно при Т. Ф. машинахъ, то сообразуясь конечно съ размѣрами послѣднихъ, врядъ ли можно поставить предѣлъ. Такъ, напр., въ настоящее время есть машины, работающія съ напряженіемъ въ 15000 вольтъ, а А.-Е.-Г. *) построила, правда лишь въ видахъ пробы и испытанія, динамо, которая прекрасно развивала до 24000 вольтъ. Вопросъ о томъ, лучше ли развивать подобная напряженія непосредственно въ машинахъ или же при помощи трансформаторовъ, основывается вовсе не на возможности снабжать генераторы такой высокой степенью изоляціи, а на совершенно другихъ причинахъ, напримѣръ, на безопасности и надежности распределительныхъ щитовъ и приборовъ. Когда наступить время, что мы въ состояніи будемъ строить дѣйствительно практическія распределительныя доски и приборы для напряженій въ 20000 вольтъ,—то за генераторами дѣло не станетъ.

Относительно теперешней конструкціи или системы Т. Ф. машинъ, можно сказать, что по-видимому преобладаетъ стремленіе строить динамомашины съ вращающимися и отдельно обмотанными магнитными полюсами, тогда какъ динамомашины съ совершенно неподвижными обмотками, какъ и вообще съ одной общей магнитной катушкой, сходятъ понемногу со сцены.

*) A.-E.-G. — сокращен. «Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft» въ Берлинѣ.

Выгода неподвижныхъ магнитныхъ катушекъ практически не особенно велика и, во всякомъ случаѣ, значительно перевѣшивается громадными затрудненіями и потерей времени при починкѣ большихъ машинъ: несмотря на неподвижность центральной катушки, съ ней все же можетъ иногда что-нибудь случиться. Точно также и вѣсъ подобныхъ машинъ, ихъ полезное дѣйствіе и паденіе потенціала при нагрузкѣ значительно невыгоднѣе, чѣмъ при машинахъ съ отдѣльными полюсами. Наконецъ недостатки этого типа, происходящіе отъ магнитной утечки, которые нельзя устранить даже и чрезвычайнымъ уменьшеніемъ воздушного промежутка, часто даютъ поводъ къ жалобамъ особенно при непосредственномъ соединеніи съ паровыми машинами (напр. намагничивание оси регулятора). А.-Е.-Г., которая нѣкоторое время строила машины съ неподвижными обмотками, теперь перестала ихъ строить окончательно уже года два.

Нѣкоторые точки зрењія при конструкціи машинъ оказались особенно важными на основаніи опыта послѣднихъ лѣтъ, такъ напримѣръ: величина паденія потенціала при нагрузкѣ и, вѣ извѣстныхъ случаяхъ, „форма кривой“ тока (вѣрнѣ форма отдѣльныхъ перемѣнныхъ токовъ). Вѣ большинствѣ случаевъ при примѣненіи Т. Ф. тока вѣ цѣпи имѣются двигатели. Всѣмъ конечно извѣстно, что всѣ „индукціонные двигатели“ производятъ нѣкоторый сдвигъ между фазой тока и фазой соотвѣтствующаго напряженія, такъ что произведеніе изъ числа амперъ на число вольтъ отличается отъ числа дѣйствительно развитыхъ (или поглощенныхъ) ваттъ энергии. Этотъ коэффиціентъ принято выражать черезъ $\cos \varphi$. Еще вѣ 1891 г. на международномъ электротехническомъ конгрессѣ я показалъ преимущества метода представленія какждаго перемѣнного тока, какъ разложенаго на 2 слагаемыя такимъ образомъ, что „рабочая“ совпадаетъ вѣ фазѣ съ напряженіемъ, а „безваттная“ или „лѣнивая“ слагаемая сдвинута относительно ся на 90° . Я полагаю, что это разложеніе токовъ на слагающія болѣе или менѣе всѣмъ извѣстно: точно также, вамъ извѣстно, что эти слагаемыя тока оказываютъ различную реакцію или противодѣйствіе на магнитное поле генераторовъ. Отсюда слѣдуетъ, что паденіе напряженія при нагрузкѣ перемѣнныхъ, а слѣдовательно и Т. Ф. динамомашинъ, тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ больше сдвигъ фазъ, и что поэтому напряженіе динамо болѣе подвержено колебаніямъ при работѣ на индукціонные двигатели, чѣмъ на лампы. Если прибавить къ этому явленію еще и тѣ, часто очень рѣзкія, перемѣнныя нагрузки, которыя неизбѣжны при распределеніяхъ съ двигателями, то легко догадаться, что удовлетворительного хода станцій можно только тогда ожидать, если динамомашины такъ построены, что ихъ напряженіе лишь мало зависитъ отъ величины и рода нагрузки. Вѣ настоящее время это паденіе потенціала вполнѣ зависитъ отъ конструктора, кото-

рый, примѣняя извѣстныя соотношенія вѣ размѣрахъ динамомашинъ, можетъ уменьшить это паденіе до весьма небольшой величины. Правда, что динамомашины съ малой реакцией сравнительно болѣе грузны и обладаютъ сравнительно большимъ вѣсомъ и слѣдовательно дороги. Очевидно, что и здѣсь не слѣдуетъ вдаваться вѣ крайности. Такъ, вѣ послѣднее время паденіе считается вполнѣ удовлетворительнымъ, если, при неизмѣнныхъ скорости и возбужденіи, между ходомъ „вѣ пустую“ и съ полной нагрузкой напряженіе менѣется на 6—7 процентовъ при $\cos \varphi = 1$ (калильная лампы) и на 25—30% при $\cos \varphi$, равномъ почти нулю (двигатели вѣ холостую). Но для специальныхъ случаевъ можно устроить большее или меньшее паденіе, такъ, напр., весьма полезно увеличить его при работѣ на карбидныя печи, чтобы защищать динамо отъ частыхъ перегрузокъ, происходящихъ отъ короткихъ замыканій. Для „карбиднаго“ генератора достаточно, если онъ при короткомъ замыканіи разовьетъ токъ вѣ $2-2\frac{1}{2}$ раза сильнѣе нормального.

Что касается формы кривой токовъ, то объ этомъ предметѣ было уже много споровъ, но по большей части вѣ средѣ людей безъ практической опытности, и гдѣ мнѣнія выводились изъ чисто теоретическихъ заключеній. Форма кривой должна для общей практики возможно ближе подходить къ синусоидѣ. Это условіе absolutely необходимо строго выполнить при работѣ съ высокими напряженіями на кабели, вѣ прочихъ же случаяхъ эта кривая потому желательна, что она представляеть собою компромиссъ между прочими, часто другъ другу противорѣчащими, требованіями. Надо между прочимъ замѣтить, что гораздо легче получить безшумный ходъ машинъ, дуговыхъ фонарей, счетчиковъ и другихъ приборовъ, если кривая близка къ синусоидѣ. Если бы всѣ конструкторы условились исключительно на этой кривой, то легче было бы производить сравненія различныхъ приборовъ, а то, напримѣръ, одни фонари хорошо дѣйствуютъ отъ какой-нибудь станціи, тогда какъ фонари другой фирмы отказываются служить или плохо горятъ только потому, что они урегулированы при питаніи токомъ отъ другой машины. При высокихъ напряженіяхъ, когда вѣ цѣпи есть электростатическая емкость (кабели), можетъ легко случиться, что, при несинусоидальной кривой, явленія такъ называемаго резонанса смогутъ остановить правильный ходъ всей станціи. Подобное явленіе, которое мнѣ пришло разъ наблюдать и „приводить вѣ порядокъ“, случилось на одной большой станціи: резонансъ „высшихъ гармоническихъ членовъ“ увеличивалъ силу тока вѣ кабеляхъ примѣрно втрое при неизмѣнномъ напряженіи, какъ только выключали одинъ или два изъ многихъ выходящихъ со станціи кабелей (фидеровъ). Это явленіе наступало лишь тогда, когда токъ развивали помошью динамомашинъ, поставлен-

ныхъ одной иностранной фирмой, тогда какъ резонанса абсолютно нельзя было произвести даже въ слабой степени, если источникомъ служили Т. Ф. машины А.-Е.-Г. Причиной было именно то, что вышеозначенная машина развивала токъ плоской формы, причемъ слагающая тройной периодичности была сильно развита, тогда какъ машины фирмы А.-Е.-Г. были тщательно приспособлены къ правильной синусоидѣ.

Упреку ненадежности и трудности параллельного соединенія и хода машинъ перемѣнного и Т. Ф. тока положенъ конецъ, благодаря собранному матеріалу и опытности. Въ настоящее время доискались до причины тѣхъ колебаний или качаний, которые иногда препятствовали правильному параллельному ходу, и впредь можно съ полной увѣренностью гарантировать и ручаться за него. Благодаря примѣненію такъ называемыхъ „успокоителей“ системы Леблана на полюсахъ машины, параллельное соединеніе совершенно устойчиво даже со столь неравномѣрнымъ ходомъ, какъ при газовыхъ двигателяхъ и непосредственно съ ними соединенныхъ динамо.

Провода.

Относительно проводки при Т. Ф. токѣ мало можно сказать специального. Въ настоящее время общеизвѣстно, что при Т. Ф. токѣ требуется значительно меньше матеріала проводниковъ, чѣмъ при простомъ перемѣнномъ токѣ того же напряженія. На это сбереженіе на проводахъ я указалъ еще въ 1891 году. Именно эта экономія много способствовала тому, что прежнія нападки на Т. Ф. систему скоро замолкли. Длиннѣйшая теоретическая разсужденія о томъ, что двухъ или 4-хъ фазныхъ токомъ можно столь же хорошо передавать двигательную силу, должны были капитулировать, сдѣться передъ коммерческимъ преимуществомъ Т. Ф. системы съ ея 25% сбереженія въ проводахъ. Въ настоящее время это преимущество всесторонне оцѣнено и двухфазныя установки встрѣчаются лишь рѣдко, какъ бы только для доказательства неискоренимости человѣческаго упрямства.

На общій упрекъ какъ для двухъ, такъ для трехъ фазъ, что наименьшее число проводниковъ при системѣ Т. Ф. тока—3, тогда какъ П. и переменный токи обходятся двумя, мнѣ кажется не стоитъ возражать. Уже съ П. токомъ мы привыкли къ трехпроводной системѣ, благодаря ея частому примѣненію. При переменныхъ токахъ съ большимъ числомъ амперъ часто приходится дѣлить провода на нѣсколько параллельныхъ, чтобы избѣжать потери напряженія вслѣдствіе самоиндукціи. Такъ какъ при Т. Ф. токѣ, съ тѣмъ же напряженіемъ, амперы въ каждомъ проводѣ меньше, чѣмъ при простомъ перемѣнномъ (менѣе $\frac{2}{3}$), то часто приходится по этой причинѣ брать для простого тока уже 4 провода тамъ, гдѣ при Т. Ф. еще можно обойтись тремя.

Такимъ образомъ указанное различие въ стоимости прокладки (монтажка) отступаетъ на второй планъ въ сравненіи съ выгодаю въ вѣсѣ проволоки, особенно при передачѣ значительной электрической энергіи.

Что касается предпочтаемаго рода проводовъ, то надо констатировать, что теперь стремится все болѣе и болѣе къ употребленію подземныхъ кабелей. Это объясняется отчасти большей безопасностью и надежностью кабелей въ сравненіи съ воздушными проводами, отчасти же и успѣхами въ ихъ производствѣ. Въ настоящее время можно имѣть по умѣренной цѣнѣ очень прочные кабели даже и для очень высокихъ напряженій, какъ напр. 15000 вольтъ.

Опытъ послѣдняго времени показалъ непрактичность при высокихъ напряженіяхъ прежде столь любимыхъ концентрическихъ кабелей и теперь почти исключительно берутъ такъ называемые „скрученные“ (verseilt). Главными причинами этого были: несимметричность или большое неравенство статической емкости отдельныхъ проводниковъ концентрическаго кабеля и большія неудобства соединеній и отсоединеній. Если же брать „скрученные“ кабели, то они гораздо лучше располагаются при з, нежели 2 проводахъ, вслѣдствіе менѣе полной утилизации внутренняго пространства при послѣднихъ; кроме того 25% выигрыша въ сѣченіи мѣди при Т. Ф. токѣ играютъ при кабеляхъ еще большую роль, чѣмъ при другихъ системахъ прокладки.

Одна изъ главныхъ заботъ при производствѣ кабелей—это достиженіе возможно меньшей емкости, чтобы уменьшить вмѣстѣ съ тѣмъ при обширныхъ цѣпяхъ шансы разныхъ опасныхъ повышеній потенціала и электрическихъ колебаний высокой периодичности. Я съ удовольствіемъ могу сообщить, что во многихъ установкахъ, несмотря на болѣе чѣмъ стоверстную длину расположенныхъ кабелей въ каждой, даже при 6000 вольтъ удалось совершенно побѣдить всѣ затрудненія, происходящія отъ емкости. Поэтому теперь общее мнѣніе специалистовъ, что хорошо проложенная кабельная сѣть представляетъ гораздо болѣе залога безостановочнаго дѣйствія, чѣмъ воздушная проводка.

Необходимая принадлежность при кабеляхъ съ высокими напряженіями—это предохранители, называемые „искромѣрами“, въ соединеніи съ неиндуктивными сопротивленіями; послѣднія умѣряютъ силу тока при короткомъ замыканіи, которое получилось бы въ случаѣ разряда въ этихъ искромѣрахъ.

Противъ многихъ нарушеній правильного хода дѣйствія при воздушныхъ проводахъ нельзя оказать помощи, такъ какъ они обусловливаются самой природой этихъ проводовъ; тѣмъ не менѣе въ послѣднее время удалось значительно обезопасить установки противъ атмосферныхъ разрядовъ, благодаря нашему лучшему знакомству съ фактами ихъ высокой периодичности. При новѣйшихъ громоотводахъ всегда включаютъ ин-

дуктивные катушки въ ту цѣль, которую хотятъ защитить, и, наоборотъ, стараются избѣжать на сколько возможно изгибовъ (самоиндукція!) въ проводѣ къ землѣ.

Трансформаторы.

Трансформаторы, какъ извѣстно, играютъ важную роль при передачѣ на большія разстоянія. По отношенію къ этимъ приборамъ и ихъ послѣднему развитію можно мало сказать новаго, такъ какъ они уже довольно давно достигли весьма высокой степени совершенства. Т. Ф. трансформаторы не отличаются существенно отъ обыкновенныхъ при перемѣнныхъ токахъ. Какъ извѣстно, они состоятъ вмѣсто двухъ изъ трехъ сердечниковъ, такъ между собой соединенныхъ, что получаются 3 магнитныхъ сплѣненныхъ потока. Этотъ родъ конструкціи былъ предложенъ мною еще въ 1890 году, чтобы избѣжать необходимости брать 3 отдѣльныхъ трансформатора для каждой изъ 3 фазъ съ большей суммой потерь отъ гистерезиса. Возраженія противъ подобного расположения сердечниковъ со стороны одного очень извѣстнаго швейцарскаго конструктора повидимому побѣждены, такъ какъ послѣ нѣсколькоихъ лѣтъ употребленія отдѣльныхъ и лишь рядомъ поставленныхъ „обыкновенныхъ“ трансформаторовъ, онъ теперь перешелъ къ моей системѣ сплѣненныхъ магнитныхъ потоковъ.

Въ послѣднее время выдвинулся вопросъ постройки трансформаторовъ гигантской величины для большихъ передачъ энергіи. Такъ, напримѣръ, у фирмы А.-Е.-Г. находится въ работе для одной установки, которую я потомъ опишу, рядъ Т. Ф. трансформаторовъ по 1300 киловаттъ каждый. При аппаратахъ подобного размѣра вопросъ охлажденія играетъ чрезвычайную роль. Въ самомъ дѣлѣ: мощность трансформатора растетъ быстрѣ, чѣмъ его линейные размѣры и, слѣдовательно, чѣмъ его наружная поверхность; поэтому, несмотря на полезное дѣйствіе въ 98%, есть достаточно причинъ опасаться сильнаго перегрѣванія. Этотъ вопросъ решается обыкновенно искусственнымъ охлажденіемъ помошью струи воздуха или же циркуляціей масла. Фирма А.-Е.-Г., равно какъ и Компанія Вестингауза отпускаютъ трансформаторы въ большие резервуары съ изолирующими масломъ, причемъ наружная стѣнка послѣднихъ состоять изъ волнистаго жалѣза; такимъ образомъ получается очень большая поверхность охлажденія и не требуется никакихъ движущихъ приборовъ.

Электродвигатели.

Разсмотрѣвъ главныя стадіи новѣйшаго развитія техники Т. Ф. тока по отношенію къ его производству и передачѣ, мы дошли теперь до предмета, который главнымъ образомъ придалъ значеніе этой системѣ, а именно до электродви-

гателей. Дѣйствительно, Т. Ф. токъ обязанъ своимъ правомъ на существованіе электродвигателямъ, совершенно независимо отъ вопроса передачи на большія разстоянія. Многія десятки тысячи лошадиныхъ силъ въ Т. Ф. двигателяхъ работаютъ въ настоящее время въ промышленности прямо въ соединеніи съ генераторами низкаго напряженія, причемъ слѣдовательно специфическое свойство перемѣнныхъ токовъ (трансформировка) совсѣмъ не затрагивается.

Принципъ, открытый Феррарисомъ, равно какъ и образъ дѣйствія многофазныхъ и, специально Т. Ф., двигателей надо предположить въ настоящее время общеизвѣстными. Конструкція ихъ теперь осталась въ главныхъ чертахъ такою же, какою она была показана мною въ 1891 г. во Франкфуртѣ, такъ какъ это было единственнымъ расположениемъ частей, способнымъ сдѣлать двигатель практически пригоднымъ. Наоборотъ, конструкція Н. Тесла съ ея нерациональнымъ расположениемъ „отдѣльныхъ“ магнитныхъ полюсовъ, причемъ на каждомъ была насыщена большая катушка соответственной фазы, была одной изъ главныхъ причинъ, почему первые успѣхи или, скажемъ вѣрнѣе, дѣйствительное нарожденіе многофазной техники надо искать не въ Америкѣ, а въ Европѣ. Американскій многофазный токъ до тѣхъ поръ не подвинулся въ развитіи, пока тамошніе техники не усвоили себѣ европейскихъ представлений и методовъ и пока они не переняли сполна европейскихъ формъ и конструкцій. На это, правда, потребовалось нѣсколько лѣтъ. Надо, однако, отдать американцамъ справедливость, что они скоро нагнали потерянное, и по отношенію къ примѣненіямъ Т. Ф. тока стоять теперь въ числѣ первыхъ.

Главныя черты конструкціи двигателей достаточно извѣстны, и стоитъ лишь указать на фиг. 1 и 2, чтобы возобновить ихъ въ представлении читателей. Внѣшняя неподвижная часть двигателя (остовъ) имѣеть такъ назыв. „первичную“ или намагничивающую обмотку, тогда какъ въ „якорѣ“ (подвижная часть) протекаютъ индукционные токи, почему эта часть не требуетъ соображенія съ внѣшней цѣпью.

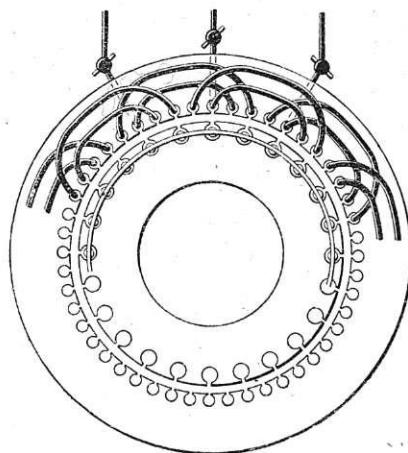
Простѣйшая форма якоря—это такъ назыв. „замкнутый якорь“ съ обмоткой, напоминающей извѣстное колесо для бѣлокъ. Подобные якоря можно строить какъ изъ массивнаго, такъ и пластинчатаго жалѣза, во всякомъ случаѣ неѣтъ надобности изолировать мѣдные стержни. Они представляютъ идеаль простоты устройства и надежности дѣйствія. Расположеніе проводниковъ въ формѣ бѣличьяго колеса употребляется главнымъ образомъ при малыхъ двигателяхъ, примѣрно силь до 15—20. При большей мощноти поверхность охлажденія соединительныхъ круговъ обыкновенно оказывается недостаточна, и тогда такие якоря строятся съ отдѣльными на себя замкнутыми цѣнями, причемъ мѣдные стержни соединяются попарно помощью вилообразныхъ мѣдныхъ пластинокъ; эти послѣд-

нія, конечно, превосходно вентилируются при вращении. Подобные „замкнутые“ якоря были построены фирмой А.-Е.-Г. даже для двигателей въ 1000 силъ и никогда не требовали полчники.

Замкнутый якорь представляетъ при извѣстныхъ условіяхъ затрудненія при пусканіи въ ходъ. При большихъ отдѣльныхъ передачахъ силы, когда генераторъ пускаютъ и останавливаютъ одновременно съ находящимся вдали двигателемъ (иногда и нѣсколькими), этотъ послѣдній начинаетъ вращаться совершенно спокойно и

ную обмотку на себя все съ меньшимъ и меньшимъ сопротивленіемъ, пока не получится совершенно короткаго замыканія. При этомъ двигатель начинаетъ вращаться совершенно спокойно и плавно, потребляя ничуть не болѣе тока, чѣмъ это соотвѣтствуетъ преодолѣнію даннаго механическаго сопротивленія, совершенно такъ же, какъ это бываетъ при П. токѣ.

При подобныхъ двигателяхъ съ „контактными кольцами“ можно регулировать скорость въ предѣлахъ отъ полной нормальной до нуля, какъ угодно, однако съ потерей энергіи въ такомъ

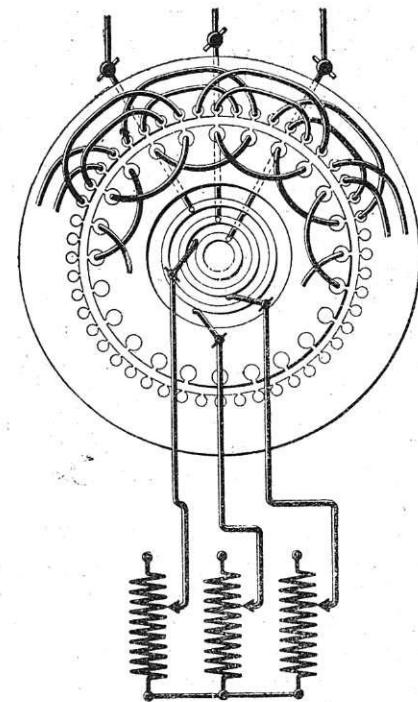


Фиг. 1.

постепенно, безъ большой затраты тока, если только соблюсти условіе, что генераторъ возбужденъ сполна передъ пусканіемъ въ ходъ. Этотъ способъ охотно примѣняютъ, напримѣръ, при большихъ подземныхъ водокачкахъ въ рудникахъ, где обыкновенно бываетъ лишь одинъ большой двигатель, соединенный съ насосомъ и получающій свой токъ отъ специальнаго для него одного предназначеннаго динамомашины на поверхности земли.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда двигатель питается отъ данныхъ распределительныхъ стѣй, надо при пусканіи въ ходъ замкнутыхъ якорей имѣть въ виду значительно больший токъ, чѣмъ при нормальной нагрузкѣ и полномъ ходѣ. Съ этимъ можно не считаться лишь при двигателяхъ сравнительно незначительныхъ размѣровъ, обыкновенно силъ до пяти, рѣже до десяти.

Наиболѣе выгодное (въ смыслѣ экономіи тока) и плавное пусканіе въ ходъ Т. Ф. двигателя производится введеніемъ сопротивленій (реостатовъ) во вторичную якорную обмотку. Съ этой цѣлью якорь снабжается правильной обмоткой, подобной вѣнчаной намагничивающей (фиг. 2). Эту вторичную обмотку дѣлаютъ на 2 или 3 фазы и концы ея приводятъ съ сообщеніемъ съ гладкими изолированными отъ оси „контактными кольцами“. Черезъ посредство щетокъ, трущихся на этихъ кольцахъ, можно помошью реостатовъ постепенно замыкать якор-



Фиг. 2.

же отношеніи, какъ и при регулированіи двигателей П. тока помошью сопротивленій въ цѣпи якоря.

Въ послѣднее время придумано для якорей съ kontaktными кольцами особое приспособленіе для короткаго замыканія ихъ, такъ что послѣ того, какъ двигатель пущенъ въ ходъ вышеописаннымъ способомъ, якорь можно замкнуть на себя особой рукояткой, помимо kontaktныхъ колецъ; разумѣется, что послѣ этого уже нѣтъ надобности въ щеткахъ и ихъ можно приподнять съ колецъ (второю рукояткой). Такой двигатель, послѣ того какъ пущенъ, ужене имѣтъ болѣе никакихъ трущихся контактовъ и соединяетъ въ себѣ, слѣдовательно, преимущества обѣихъ системъ. Разумѣется, что это приспособленіе стоитъ устраивать лишь для тѣхъ двигателей, которые не часто останавливаются и где $\frac{1}{2}$ минуты лишнихъ при пусканіи въ ходъ не имѣютъ значенія.

При двигателяхъ средней величины можно еще иначе устроить. Напримѣръ, наматываются на якорь двѣ обмотки: первую съ большимъ

сопротивлениемъ, которая позволяетъ двигателю легко начать вращение, и вторую съ малымъ. Эту вторую обмотку замыкаютъ рукояткой лишь послѣ того, какъ двигатель приблизился къ нормальной скорости; благодаря своему малому сопротивлению, эта обмотка позволяетъ двигателю выносить полную нагрузку безъ перегреванія. Подобную комбинацію различныя фирмы строятъ каждая по своему; кроме того ее можно сдѣлать и автоматически действующей, напримѣръ, при посредствѣ маленькаго центробѣжнаго регулятора.

Смотря по величинѣ генераторной станціи, по сѣченію и длини проводовъ, мощности трансформатора и, наконецъ, смотря по условіямъ работы, можно выбрать разные способы пускания двигателей. Во всякомъ случаѣ, лежить вѣ запади моего сегодняшняго доклада описывать всѣ возможные способы и правила для пускания и регулированія Т. Ф. двигателей.

Каково бы ни было специальное устройство его, во всякомъ случаѣ Т. Ф. двигатель представляетъ собой машину необыкновенной надежности. Первичная обмотка, которая только одна включена во вѣнчаную цѣпь, неподвижна и слѣдовательно можетъ быть прекрасно изолирована; она не нуждается ни въ какихъ голыхъ металлическихъ частяхъ кромѣ зажимовъ, да и эти, въ случаѣ надобности, можно закрыть. Въ этомъ отношеніи нашъ двигатель существенно отличается отъ двигателя П. тока, у которого, по менѣшей мѣрѣ, коллекторъ съ его массой спаекъ точно такъ же, какъ и щетки, должны быть голыми, необмотанными. По этой именно причинѣ и можно сдѣлать изоляцію Т. Ф. двигателя гораздо тщательнѣе и непроницаемѣе. Несомнѣнно, что это завело бы черезчуръ далеко, еслибы каждый двигатель заливать и пропитывать лакомъ такъ, чтобы онъ могъ безъ всякой опасности выносить обливанія водой или пожалуй могъ бы прямо работать въ водѣ; но во всякомъ случаѣ такая изоляція мыслима и исполнима при Т. Ф. двигателѣ, и это даетъ понятіе о выносливости и прочности этихъ двигателей при различныхъ случайностяхъ. Мнѣ известны изъ моей практики нѣсколько случаевъ, гдѣ двигатели, соединенные съ центробѣжными насосами, подчасъ обливались въ значительной степени грязной водой и, продолжая дальше работать, высыхали. Двигатели безъ контактныхъ колецъ можно, впрочемъ, легко устроить герметически закрытыми, особенно если повышеніе ихъ температуры вслѣдствіе этой закупорки можетъ быть уравновѣшено усиленіемъ охлажденіемъ снаружи или же уменьшеніемъ нагрузки. Т. Ф. двигатели для крановъ часто закрываютъ совершенно герметически безъ потери мощности, такъ какъ беспрестанные перерывы работы достаточно предохраняютъ двигатель отъ перегреванія.

Но не только двигатели съ замкнутымъ на себя якоремъ, но и такие, которые имѣютъ контактныя кольца, даже безъ приспособленія къ подыманію щетокъ, и прочны и безопасны, такъ

какъ якорная обмотка не имѣеть никакого сообщенія или связи съ вѣнчаной цѣпью, которая лишь одна можетъ быть высокаго напряженія. Якорную обмотку устраиваютъ съ совершенно произвольно выбранной электродвижущей силой, смотря по тому, какъ это для данного типа двигателя удобнѣе, цѣлесообразнѣе, и, при коемъ легче достичь надежной изоляціи. Необходимо добавить, что напряженія въ якорѣ Т. Ф. двигателя существуютъ лишь при пусканиі въ ходъ, тогда какъ потенциалы доходятъ до нуля при полной скорости. Насколько важно это различие между двигателями Т. Ф. и П. тока, ясно для каждого, даже и для не специалиста.

Вслѣдствіе простоты устройства, Т. Ф. двигатели почти не подлежатъ изнашиванію: дѣйствительно, при двигателяхъ, напримѣръ, съ замкнутымъ на себя якоремъ, съ течениемъ времени нечemu другому стереться, какъ только подшипникамъ. Якори съ контактными кольцами, но съ описаннымъ выше приспособленіемъ для подъема щетокъ, принадлежать очевидно по отношенію къ износу вполнѣ къ типу съ замкнутымъ якоремъ. Дѣйствительное изнашиваніе частей можетъ наступить лишь у двигателей, которые, вслѣдствіе, особенностей работы, должны всегда итти съ наложенными щетками; но и тутъ не можетъ быть сравненія по сроку службы съ двигателями П. тока.

Въ самомъ дѣлѣ, при гладкихъ контактныхъ кольцахъ достаточно самаго ничтожнаго вниманія, чтобы избѣждать какихъ бы то ни было искръ, тогда какъ при коллекторахъ изнашиваніе всегда главнымъ образомъ происходитъ отъ неизбѣжнаго, хотя бы и очень слабаго, искрообразованія, изнашиваніе же отъ тренія само по себѣ ничтожно.

Весь уходъ за Т. Ф. двигателями сводится такимъ образомъ почти исключительно къ смазкѣ подшипниковъ, что при такъ называемой „кольцевой смазкѣ“ требуется разъ въ 2—3 мѣсяца. Поэтому эти двигатели особенно тамъ неоцѣнимы, гдѣ уходъ за ними труденъ или тамъ, гдѣ очень большое число мелкихъ двигателей повело бы при П. токѣ къ невозможному умноженію числа мѣстъ, о которыхъ надо заботиться.

Въ самомъ дѣлѣ, есть установки на фабрикахъ, гдѣ число двигателей—нѣсколько сотъ и даже до тысячи: при двигателяхъ П. тока тутъ не справиться, такъ какъ пришлось бы держать 2000—4000 щетокъ на минимумѣ искръ.

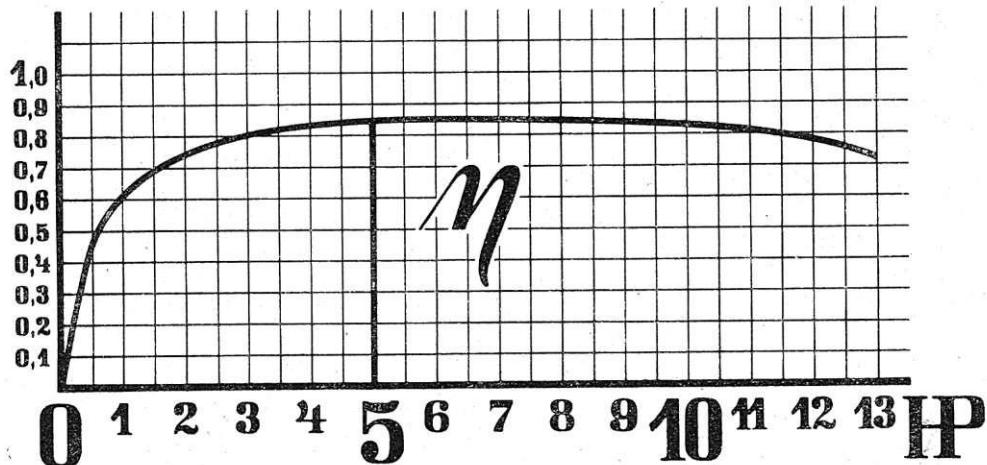
Слѣдующее важное качество Т. Ф. двигателей новѣйшей конструкціи—это ихъ способность выносить на короткое время очень значительная перегрузки. Правда, что шунтовой двигатель П. тока тоже въ состояніи, по крайней мѣрѣ теоретически, вынести нагрузку, въ нѣсколько разъ превышающую нормальную; но суть въ томъ, что всякая значительная перегрузка оставляетъ свой следъ на коллекторѣ. Искрообразованіе при перегрузкѣ скоро портить поверхность коллектора, а разъ она уже не со-

всѣмъ гладкая, то двигатель начнетъ въ скоромъ времени искриться даже и при обыкновенной нагрузкѣ. Въ Т. Ф. двигатель нѣтъ этой чувствительной части; при перегрузкѣ онъ лишь нагревается постепенно все выше и можетъ даже перейти допустимую для него температуру.

Если перегрузка длится недолго, такъ что двигатель за это время не успѣеть перегрѣться, то это обходится безъ малѣйшаго вреда для него. При очень перемѣнной нагрузкѣ, напр. при кранахъ, прокатныхъ вальцахъ и т. п. можно поэтому всегда выбрать двигатель по „средней“ величинѣ нагрузкѣ; при этомъ выигрывается не только въ среднемъ полезномъ дѣйствіи, но и главнымъ образомъ въ требуемомъ помѣщеніи и въ стоимости.

Надобность именно въ подобномъ употреблении двигателей при различной нагрузкѣ, заставила лучшихъ конструкторовъ стараться достичь

хорошо извѣстны, то достаточно здѣсь указать на то, что и Т. Ф. двигатели точно также могутъ удовлетворить всѣмъ практическимъ требованіямъ. Можно быть увѣреннымъ, что даже и при очень тяжелой нагрузкѣ двигатель всегда начнетъ вращаться, еслибы даже для этого потребовалось развить двойной, тройной моментъ вращенія противъ нормального. Особенно хороши въ этомъ отношеніи двигатели съ контактными колышками (съ приспособленіемъ для подъема шестокъ или безъ такового), какъ это доказывается многочисленными примѣненіями Т. Ф. тока при кранахъ, подъемныхъ машинахъ и т. д. По той же причинѣ можно значительно сократить время пусканія въ ходъ или перемѣны направлениія вращенія при Т. Ф. двигателяхъ сравнительно съ П. токомъ потому, что ускоренное пусканіе въ сущности не что иное, какъ перегрузка, къ которой эти двигатели нечувствительны.



Фиг. 3.

такой кривой полезного дѣйствія, при которой оно бы оставалось въ широкихъ предѣлахъ нагрузкѣ возможно постояннымъ. Приведенная здѣсь (фиг. 3) кривая полезного дѣйствія 5-сильнаго двигателя фирмы А.-Е.-Г. показываетъ ясно, что для экономичности работы безразлично, нагрузить ли его 3-мя или 10 силами. Я позволю себѣ здѣсь маленькое замѣчаніе, что приведенная кривая снята съ самаго обыкновеннаго двигателя, значащагося по каталогу КД₅₀, и что она отнюдь не прикрашена, какъ это, къ сожалѣнію, иногда дѣлается для демонстрацій. Разумѣется, что для специальныхъ цѣлей можно еще значительно увеличить способность къ перегрузкѣ: вышеприведенный же двигатель совершенно нормаленъ, т. е. онъ построенъ и обмотанъ для большинства обыкновенныхъ случаевъ.

Въ тѣсной связи съ способностью къ перегрузкѣ стоитъ свойство новѣйшихъ двигателей развивать сильную тягу (моментъ вращенія) при пусканіи въ ходъ. Такъ какъ превосходная качества двигателей П. тока въ этомъ отношеніи

При подъемныхъ машинахъ въ рудникахъ, точно также при кранахъ, гдѣ требуется не только поднимать, но часто и опускать грузъ постепенно и потихоньку,—можно путемъ сообщенія двигателю обратнаго вращенія, въ соединеніи съ реостатами, управлять грузомъ совершенно по желанию и, въ случаѣ нужды, обойтись безъ механическаго тормоза. Надежность Т. Ф. двигателя въ этомъ отношеніи такова, что, напримѣръ, подъемная машина въ „Riebeck'sche Montanwerke“ была допущена послѣ весьма успѣшныхъ опытовъ и испытаній для подъема и спуска людей въ рудникъ.

Мое описание современного состоянія Т. Ф. двигателей было бы неполнымъ, если бы я не прибавилъ и объ ихъ успѣхахъ въ томъ отношеніи, въ которомъ они отличаются къ своей невыгодѣ отъ двигателей П. тока. Я уже напомнилъ вамъ о такъ называемомъ $\cos\phi$ при перемѣнныхъ токахъ и о томъ, что „индукционные“ двигатели (каковы и обыкновенные Т. Ф.) производятъ сдвигъ фазъ силы тока съ напряженіемъ,

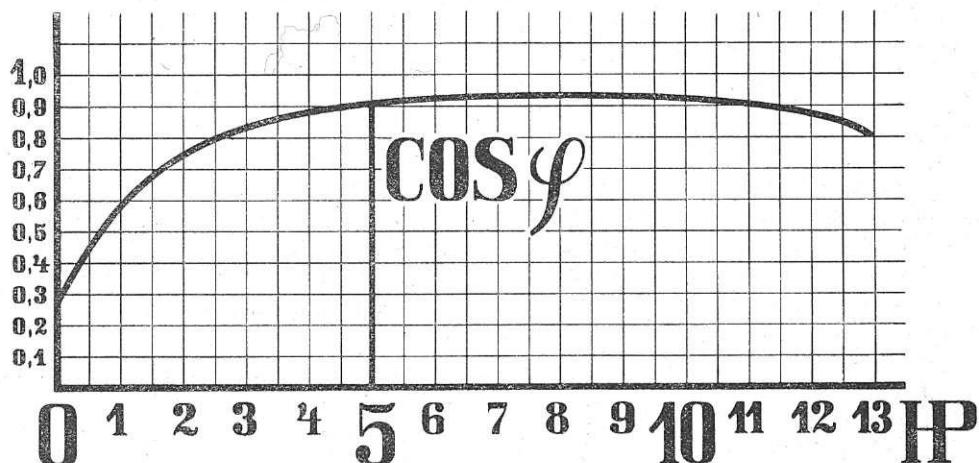
такъ что число ваттъ не равняется, но меныше произведения отдельно взятыхъ амперъ и вольтъ. Вслѣдствіе этого, при двигателяхъ перемѣнного и Т. Ф. токовъ надо, вообще говоря, разсчитывать на болѣшіе амперы при данныхъ вольтахъ, чѣмъ соотвѣтствовало бы данной поглощенной энергіи. Это свойство потому невыгодно, что смотря по большей или меньшей величинѣ этого $\cos \varphi$ надо брать болѣшія динамо и болѣе толстые провода, чѣмъ напр. при той же нагрузкѣ въ формѣ калильныхъ лампъ ($\cos \varphi = 1$).

До недавняго времени значенія $\cos \varphi$ двигателей при полной нагрузкѣ равнялись 0,7 до 0,8. Это обстоятельство принуждало увеличить

ческой устойчивостью). Насколько голословны эти возраженія, можно всего лучше доказать, указавъ на тотъ двигатель, превосходная качества котораго ясно характеризуются кривою на фиг. 3.

Достаточно привести вамъ кривую, показывающую значенія $\cos \varphi$ этого самаго двигателя (фиг. 4) безъ всякихъ дальнѣйшихъ разсужденій.

Намъ удалось также повысить и такъ называемую «электрическую устойчивость» двигателей такъ, что они въ состояніи работать безупречно даже и при сильныхъ колебаніяхъ напряженія. Такъ, напр., можно понизить напряженіе



Фиг. 4.

вать общее сѣченіе проводовъ противъ П. тока при той же процентной потерѣ энергіи, примѣрно на 50%, а динамомашины надо было брать процентовъ на 25 болѣшій мощности, чѣмъ дѣйствующія на нихъ паровыя машины. Точно также страдалъ и ходъ станціи при перемѣнахъ нагрузки отъ колебаній напряженія вслѣдствіе увеличенія реакціи въ динамомашинѣ при сдвигѣ фазы. Кромѣ того, какъ легко можно себѣ представить, и всѣ расчеты значительно усложнились, особенно при отвѣтвленіяхъ съ различнымъ $\cos \varphi$.

Но вотъ уже года 1½—2, какъ фирмѣ А.-Е.-Г. удалось, благодаря пріобрѣтенніи опыта и теоретическимъ выводамъ, въ связи съ образцовой точностью выполненія въ мастерскихъ, построить двигатели съ необыкновенно высокимъ значеніемъ $\cos \varphi$. Этотъ коэффициентъ достигаетъ 0,9 уже при малыхъ двигателяхъ, начиная съ 1 силы; на самомъ же дѣлѣ, это значеніе $\cos \varphi$ бываетъ обыкновено немнго выше, доходя до 0,92—0,93. Противъ этого успѣха, разумѣется, поднялись тотчасъ же возраженія, будто бы столь высокій $\cos \varphi$ можно было достичь, лишь пожертвовавъ прочими достоинствами двигателей, особенно ихъ способностью выносить перегрузки (и электри-

на 30% ниже нормального безъ опасенія остановки при полной нормальной нагрузкѣ). Подобного паденія напряженія конечно не можетъ случиться при правильныхъ остановкахъ, но все же подобная высокая степень „устойчивости“ представляетъ залогъ надежности при всевозможныхъ случайностяхъ.

Рассмотрѣвъ такимъ образомъ всѣ важнѣйшія части Т. Ф. установокъ, начиная съ динамомашинъ и кончая двигателями, можно съ уверенностью утверждать, что подобная, разработанная до мелочей, система должна все болѣе и болѣе завоевывать себѣ поле примѣненій и захватывать понемногу всѣ отрасли промышленности.

Я попробую теперь показать помошью прімѣровъ изъ законченныхъ уже установокъ, дѣйствительно побѣдоносное развитіе Т. Ф. системы.

(Продолженіе следуетъ).

Описание нѣкоторыхъ новыхъ линій электрическихъ желѣзныхъ дорогъ *).

(Окончаніе).

VII. Электрическая тяга съ автоматическимъ включениемъ въ цѣль 3-го рельса по системѣ капитана I. Мерфи **).

Система электрической тяги съ 3-мъ рельсомъ, въ видѣ контактнаго провода, представляя много преимуществъ въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно перемѣщать тяжелые поѣзда, имѣть то неудобство, что 3-й рельсъ, будучи легко доступнымъ, представляетъ нѣкоторую опасность для желѣзодорожныхъ служащихъ и для публики, которая случайно можетъ находиться на путяхъ.

Въ виду этого давно уже возникла мысль раздѣлить 3-й рельсъ на секціи, изолированныя одна отъ другой, уложить възлѣ него по всей длине линіи или подвѣсить на столбахъ фидеръ и устроить такое автоматическое приспособленіе, чтобы токъ, идущій по фидеру, могъ поступать въ каждую изъ секцій 3-го рельса лишь тогда, когда на этой секціи находится поѣздъ или вагонъ.

Въ однихъ С.-А. Соединенныхъ Штатахъ было взято по настоящее время около 500 привилегий на разныя системы, которыя бы такъ или иначе осуществляли изложенную идею. Но практическое выполнение идеи встрѣчало большая трудности, хотя нѣкоторыя системы и могли дѣйствовать сравнительно удовлетворительно.

Мы не будемъ останавливаться на описаніи этихъ различныхъ системъ. Замѣтимъ только, что этимъ вопросомъ занимались какъ заводъ Общества General Electric Co въ Шенектеди, такъ и заводъ Общества The Westinghouse Electric & Manufacturing Co, въ Питтсбургѣ.

Система General Electric Co была испытана на пробной вѣткѣ завода въ Шенектеди, расположенной на берегу канала, соединяющаго рѣку Гудзонъ съ озеромъ Эри. Результаты получились не особенно хороши, хотя система дѣйствовала нѣкоторое время исправно.

Электрическій заводъ Вестингауза также примѣнилъ свою систему на вѣткѣ въ нѣсколько километровъ, соединяющей электрическій заводъ съ заводомъ, на которомъ изготавляются всемирно извѣстные тормаза.

Во времія посѣщенія заводовъ Вестингауза намъ пришлось проѣхать по этой вѣткѣ, и дѣйствіе ея, повидимому, вполнѣ удовлетворительное.

Вдоль этой вѣтви, противъ каждой секціи былъ расположенъ рядъ электрическихъ лампо-

чекъ, заключенныхъ въ ящики съ красными стеклами.

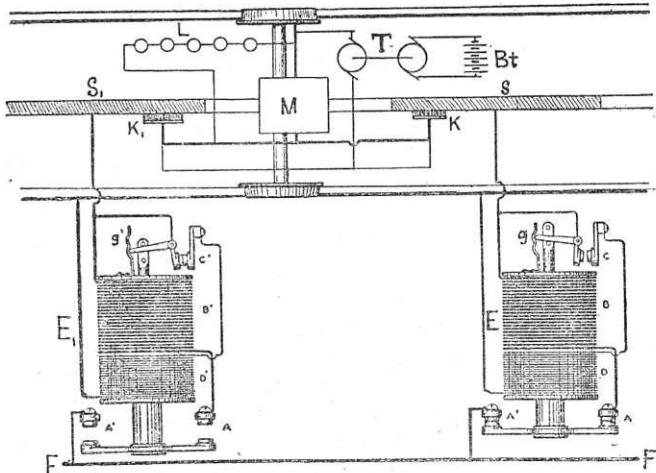
При вступлении вагона на каждую новую секцію соответствующая лампочка зажигалась и оставалась зажженной все время, пока вагонъ находился на этой секціи, послѣ чего лампочка потухала.

Такимъ образомъ очень наглядно можно было слѣдить, какъ, по мѣрѣ слѣдованія вагона, токъ включался и выключался изъ соответствующихъ секцій 3-го рельса.

Слабымъ мѣстомъ системы все-таки явились автоматические выключатели, которые страдаютъ отъ сильныхъ токовъ въ виду того, что прерываніе главнаго тока линіи происходитъ въ нихъ самихъ.

Въ концѣ марта текущаго года намъ пришлось быть на первыхъ испытаніяхъ новой системы съ секціоннымъ 3-имъ рельсомъ, предложеніемъ капитаномъ Мерфи (I. Murphy) и обратившей на себя всеобщее вниманіе.

Испытанія производились на только что выстроенной небольшой вѣткѣ, длиною около 0,5 километра, расположенной въ мѣстности Манхаттанъ-Бичъ, на берегу острова Лонгъ-Эйлендъ, близъ Нью-Йорка.



Фиг. 5

Въ системѣ капитана Мерфи прерываніе линейнаго тока производится не въ автоматическихъ выключателяхъ, а между 3-имъ рельсомъ и ползуномъ, такъ что автоматические выключатели не портятся даже при очень сильныхъ токахъ.

Идея системы заключается въ слѣдующемъ.

Каждая секція 3-го рельса, играющая роль контактнаго провода, соединена съ автоматическимъ выключателемъ.

Послѣдній представляетъ собою соленоидъ (фиг. 5) съ двумя обмотками, одной В, В' состоящей изъ небольшого числа оборотовъ толстой проволоки и другой D, D' изъ большаго числа оборотовъ тонкой проволоки. Концы толстой об-

* См. „Электричество“ № 3.

**) Система эта вкратцѣ описана въ статьѣ „Электрическія желѣзныя дороги съ поверхностными контактами“ („Электричество“, 1899 г., № 17, стр. 232).

мотки соединены соответственно с фидеромъ и съ данной секціей 3-го рельса. Концы же тонкой—съ данной секціей и путевыми рельсами. Внутри соленоида помѣщается жѣлѣзный стержень, могущій перемѣщаться въ вертикальномъ направлениі.

Въ нормальномъ своемъ положеніи, когда тока ни въ одной изъ обмотокъ соленоида нѣтъ, стержень, подъ вліяніемъ собственного вѣса, опущенъ (лѣв. положеніе) и въ этомъ случаѣ, благодаря перерыву въ А, А' толстая обмотка В' соленоида не образуетъ непрерывнаго соединенія между данной секціей 3-го рельса и фидеромъ.

Напротивъ, тонкая обмотка D' соленоида при опущенномъ положеніи стержня соединяетъ секцію 3-го рельса съ путевыми рельсами непрерывнымъ образомъ, благодаря тому, что одинъ изъ концовъ колѣнчатаго рычажка g' соприкасается съ контактомъ С'.

Если же затѣмъ какимъ-либо образомъ пропустить токъ, опредѣленного напряженіемъ въ тонкую обмотку В, соленоидъ втянетъ въ себя же лѣзный стержень и возстановитъ черезъ толстую проволоку непрерывное сообщеніе между секціей 3-го рельса и фидеромъ, такъ какъ перерывовъ въ мѣстахъ F больше не бѣдетъ.

Если въ это время на данной секціи имѣется вагонъ или электровозъ, то двигатели его будутъ получать токъ, и вагонъ начнетъ двигаться *).

При этомъ однако рычажокъ g' поднятиемъ жѣлѣзного стержня будетъ повернутъ около оси и колѣно его, соприкасавшееся съ контактомъ С, отойдетъ отъ послѣдняго.

Вслѣдствіе этого тонкая обмотка соленоида утратитъ свою непрерывность и токъ въ ней прекратится.

Непрерывность эта затѣмъ возстановится только тогда, когда линейный токъ, идущій черезъ толстую обмотку соленоида, прекратится, и жѣлѣзный стержень, подъ дѣйствіемъ только собственного вѣса, опустится.

При этомъ движеніи внизъ жѣлѣзный стержень повернетъ рычажокъ g' въ обратномъ направлениі и произведетъ опять соприкасаніе одного изъ его колѣнъ съ контактомъ С. Положеніе прибора въ этотъ моментъ будетъ такое же, какъ въ началѣ описанной операции и эта операциѣ можетъ начаться снова, повторяясь непрерывно въ теченіе любого времени.

Но для совершенія этой операции необходимо, чтобы сначала токъ извѣстнаго напряженія прошелъ черезъ тонкую обмотку D' соленоида, чтобы затѣмъ черезъ толстую обмотку В' прошелъ токъ изъ линіи и, наконецъ, чтобы этотъ токъ изъ линіи опять прервался. Затѣмъ надо, чтобы такое распределеніе тока повторялось автоматически непрерывнымъ образомъ.

Достигается это слѣдующимъ образомъ.

*) Обратно на центральную станцію токъ пойдетъ чрезъ скаты колесъ и путевые рельсы.

На электровозѣ или вагонѣ-двигателѣ имѣется небольшая батарея аккумуляторовъ и кромѣ того двѣ, на саженные на общую ось, небольшія динамомашины.

Обмотка одной изъ нихъ разсчитана для напряженія, имѣющагося въ линіи, т. е. обыкновенно около 500 вольтъ, обмотка же другой — для напряженія, имѣющагося у зажимовъ батареи аккумуляторовъ (около 20—30 вольтъ).

Система обѣихъ динамомашинъ представляетъ такимъ образомъ не что иное, какъ вращающейся трансформаторъ постояннаго тока, благодаря чему возможно ограничиться въ батареѣ аккумуляторовъ небольшимъ числомъ элементовъ.

Далѣе электровозъ или вагонъ - двигатель снабженъ 2-мя ползунами для собирания тока съ секцій 3-го рельса.

Предположимъ, что вагонъ находится на пути надъ одной изъ секцій и что желательно пустить его въ ходъ.

Поворотомъ ручки особаго выключателяпускаютъ токъ изъ батареи аккумуляторовъ въ одну изъ упомянутыхъ небольшихъ динамомашинъ, на саженныхъ на общую ось. Она тогда начинаетъ вращаться какъ двигатель, увлекая съ собою другую динамомашину, у зажимовъ которой появляется напряженіе въ 500 вольтъ, т. е. напряженіе, которое имѣеть мѣсто въ линіи. Но вѣнчанія цѣпь ея, въ которую входитъ тонкая обмотка D' соленоида, разомкнута, и тока въ этой цѣпіи нѣтъ.

Всѣ части автоматическаго выключателя при этомъ находятся въ лѣвомъ положеніи.

Поворотомъ ручки контроллера одновременно со включеніемъ въ линію двигателей вагона (тока въ линіи еще нѣтъ, такъ какъ данная секція 3-го рельса разобщена отъ фидера) вѣнчанія цѣпь маленькой динамомашины замыкается, и слабый токъ, напряженіемъ въ 500 вольтъ, пропускается черезъ обмотку D' соленоида. Благодаря большому числу витковъ тонкой обмотки, этотъ токъ вполнѣ достаточенъ, чтобы втянуть въ соленоидъ жѣлѣзный стержень.

Всѣ части автоматическаго выключателя слѣдовательно принимаютъ тогда правое полож., между данной секціей 3-го рельса и фидеромъ получается непосредственное сообщеніе черезъ толстую обмотку В соленоида; токъ изъ линіи слѣдовательно поступаетъ въ двигатели, и вагонъ начинаетъ двигаться.

Съ этого момента нѣтъ болѣе надобности въ токѣ, доставляемомъ небольшой динамомашиной, и послѣдня можетъ быть остановлена, тѣмъ болѣе, что благодаря положенію рычажка g, имѣющему мѣсто въ правомъ положеніи, въ тонкой обмоткѣ D соленоида тока нѣтъ, ибо цѣпь, въ которую входитъ эта тонкая обмотка, разомкнута.

Въ этомъ положеніи автоматическій выключатель данной секціи находится все время, пока вагонъ движется по этой секціи.

Всѣ же другіе автоматическіе выключатели, обслуживающіе другія секціи 3-го рельса, и въ

числѣ ихъ автоматическій выключатель секціи, непосредственно слѣдующей за той, по которой движется вагонъ, находятся въ начальномъ положеніи и тока въ этихъ секціяхъ нѣтъ.

Но въ тотъ моментъ, когда передній ползунъ вступить на секцію, непосредственно слѣдующую, часть линейного тока, но только часть его *), пройдетъ черезъ цѣпь тонкой обмотки D автоматическаго выключателя этой секціи и выведеть его изъ начального положенія,

Секція эта, слѣдовательно, также будетъ соединена съ фидеромъ и въ теченіе короткаго времени, пока задній ползунъ будетъ находиться на предыдущей секціи, двигатели вагона будутъ получать необходимый для себя токъ съ обѣихъ секцій.

Затѣмъ, когда задній ползунъ оставитъ предыдущую секцію, линейный токъ, проходившій черезъ двигатели по толстой обмоткѣ В автоматическаго выключателя этой секціи, прервется **), жалѣзный стержень упадетъ и эта секція будетъ находиться въ такомъ же положеніи, въ какомъ находятся всѣ остальные, за исключеніемъ слѣдующей смежной съ ней, и въ какомъ она находилась до начала движения. Эта секція будетъ опять выключена изъ цѣпи.

На слѣдующей, смежной съ ней секціи, по которой происходитъ движеніе, произойдетъ тотъ же циклъ явленій и т. д.

При непрерывномъ движеніи вагона впередъ, действующей секціей слѣдовательно будетъ въ каждый моментъ лишь та, по которой происходитъ движеніе. Остальная будуть выключения изъ цѣпи и посему опасности для людей не представляютъ.

При этомъ, какъ легко можно видѣть, во время движения не приходится пользоваться батареей аккумуляторовъ и обѣими маленькими динамомашинами. Къ нимъ прибѣгаютъ только при троганіи съ места.

Но во время движения можно по желанію пользоваться линейнымъ токомъ для заряженія батареи аккумуляторовъ, конечно, черезъ посредство маленькой динамомашины. Но роль каждой изъ этихъ двухъ машинъ при этомъ измѣняется. Та, которая была генераторомъ, дѣлается двигателемъ, получая токъ въ 500 вольтъ изъ линіи; та же, которая раньше была двигателемъ, дѣлается генераторомъ и посыпаетъ токъ въ 20—30 вольтъ въ батарею аккумуляторовъ.

Какъ легко было видѣть, линейный токъ, поступающій въ двигатели и достигающій иногда весьма большой силы, проходитъ черезъ толстую обмотку соленоида, ибо послѣдняя находится въ цѣпи, соединяющей данную секцію 3-го рельса съ фидеромъ.

Замыканіе этой цѣпи, соединяющей данную секцію 3-го рельса съ фидеромъ, вообще не

представляетъ никакихъ затрудненій и можетъ быть сдѣлано автоматически весьма различными способами.

Но размыканіе ея сопряжено съ болѣшими трудностями. Почти во всѣхъ другихъ системахъ размыканіе происходитъ у концовъ толстой обмотки соленоида *).

Размыканіе это, вслѣдствіе сравнительно сильныхъ токовъ, проходящихъ черезъ толстую обмотку соленоида (эти токи, поступающіе въ двигатели, достигаютъ иной разъ нѣсколькихъ сотъ амперъ), сопровождается образованіемъ весьма сильныхъ и разрушительнымъ образомъ дѣйствующихъ дугъ между контактами въ моментъ размыканія.

Контакты, несмотря на всѣ принимаемыя мѣры, быстро приходитъ въ негодность, и въ этомъ обстоятельствѣ заключался неуспѣхъ почти всѣхъ раньше предложенныхъ системъ. Въ рассматриваемой же системѣ этого нѣтъ.

Размыканіе тока здѣсь производится не въ контактахъ А, А' автоматическаго выключателя, а между заднимъ ползуномъ и концомъ той секціи 3-го рельса, которую въ данный моментъ ползунъ оставляетъ.

И притомъ еще здѣсь происходитъ перерывъ лишь части тока, проходящаго чрезъ двигатели, ибо токъ этотъ въ это время проходить уже и чрезъ передній ползунъ.

Стержень падаетъ внизъ подъ дѣйствіемъ собственного вѣса въ тотъ моментъ, когда тока въ толстой обмоткѣ уже нѣтъ и потому никакого образованія дуги и никакого разрушающаго дѣйствія въ контактахъ здѣсь также не имѣется.

Правда, размыканіе цѣпи съ тонкой обмоткой соленоида происходитъ въ то время, какъ въ послѣдней проходитъ токъ, но токъ этотъ настолько слабъ, что никакого вреднаго и разрушающаго дѣйствія на рычажекъ g и kontaktъ С не производитъ.

Опыты, произведенныя съ системой Мерфи, оказались настолько удачными, что Общество линіи Балтимора-Огайо рѣшило примѣнить ее на своей линіи, проходящей черезъ городъ Балтимору, которая была описана выше.

Въ самомъ близкомъ будущемъ начнется перестройка линіи контактныхъ проводовъ. Воздушная система вся будетъ разобрана и вместо нея будетъ примѣнена система съ 3-мъ рельсомъ, разделеннымъ на секціи подобающей длины, снабженная каждой автоматическимъ выключателемъ Мерфи.

Автоматическіе выключатели для названной линіи, спроектированные для громадныхъ токовъ въ 2.000 и болѣе амперъ, уже строятся теперь, и намъ удалось видѣть 2 изъ нихъ, послѣ осмотра пробной линіи, въ Манхаттанъ-Бичѣ.

Что касается этой пробной линіи, то дѣйствуетъ она во всѣхъ отношеніяхъ превосходно.

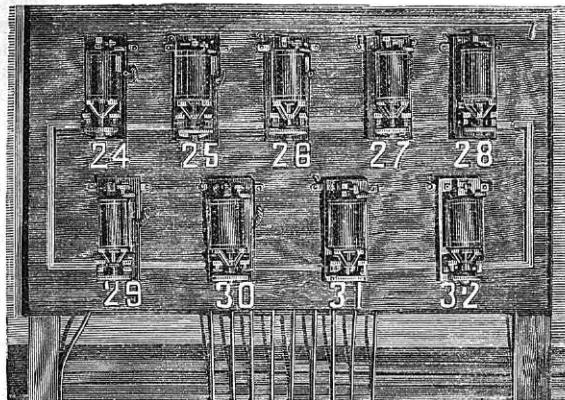
Автоматическіе выключатели группы нѣсколь-

*) Большая часть тока идетъ въ двигатели.

**) Ибо цѣпь, въ которой находится толстая обмотка соленоида, размыкается съ уходомъ заднаго ползуна съ этой секціи.

*) Соленоидъ является составною частью почти всѣхъ подобныхъ системъ.

кихъ смежныхъ секцій здѣсь расположены въ одномъ мѣстѣ на особой доскѣ, благодаря чему получалась весьма наглядная картина послѣдовав-



Фиг. 6.

тельного дѣйствія всѣхъ выключателей по мѣрѣ того, какъ вагонъ проходилъ по соотвѣтствующимъ секціямъ 3-го рельса.

Мы однако здѣсь не будемъ останавливаться на описаніи этой пробной вѣтви, такъ какъ намъ кажется, что все, что было сказано, даетъ достаточное и вполнѣ ясное представление о систѣмѣ.

Замѣтимъ только, что вообще автоматические выключатели располагаются въ особыхъ ящикахъ вдоль пути и что они въ постоянномъ присмотрѣ не нуждаются.

Что же касается стоимости новой системы, то мы никакихъ определенныхъ данныхъ отъ строителей получить не могли. Кажется достовѣрнымъ впрочемъ, что эта система не слишкомъ много дороже системы съ контактными воздушными проводами.

А. И. Смирновъ. Если кто-нибудь желаетъ сдѣлать вопросы докладчику, то не угодно ли предложить ихъ.

Г. К. Мерчингтъ. Въ дополненіе къ выслушанному нами краине интересному докладу о тѣхъ данныхъ, которыя докладчику удалось собрать въ Америкѣ относительно электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, я хотѣлъ просить его сообщить еще нѣсколько другихъ данныхъ.

Первый вопросъ, который мнѣ представляется, есть вопросъ о тѣхъ мѣрахъ, которыя принимаются въ Америкѣ при скрещиваніи электрическихъ путей, въ которыхъ обратный токъ падѣтъ по рельсамъ, съ другими желѣзодорожными путями. Мнѣ припоминается, что въ 1893 году въ Вашингтонѣ я видѣлъ скрещивание въ одномъ уровне линіи паровозной съ линіями электрическаго трамвая. Изъ вашихъ фотографій можно было усмотреть такое скрещиваніе во многихъ мѣстахъ. Итакъ, мой первый вопросъ состоитъ въ томъ, принимаются ли въ настоящее время въ Америкѣ какія-либо особы мѣры къ тому, чтобы при перекрещиваніи электрическихъ желѣзодорожныхъ путей съ не-электрическими не происходило вреднаго электролиза и разрушенія рельсовъ. Если такія мѣры у нихъ принимаются, то въ какомъ размѣрѣ, и вообще какъ это дѣло тамъ поставлено?

Затѣмъ второе дополнительное свѣдѣніе, которое меня заинтересовало изъ всѣхъ тѣхъ краине интересныхъ данныхъ, которыя вы сообщили въ докладѣ, касается вопроса о примѣненіи секціоннаго принципа съ

третиимъ рельсомъ на линіи Манхаттанъ-Бичъ. Вы только вскорѣ сообщили, что эта дорога длиною $\frac{3}{4}$ километра. Вотъ кромѣ этой дороги нѣть ли въ Америкѣ еще другой линіи съ секціоннымъ третиимъ рельсомъ? Если не предполагается построить въ ближайшемъ будущемъ какой-нибудь болѣе значительной линіи съ секціоннымъ третиимъ рельсомъ, то, во всякомъ случаѣ, эта новинка мнѣ представляется крайне интересной,—не сть теоретической точки зрѣнія, потому что, несомнѣнно, система будетъ дѣйствовать, но съ практической точки зрѣнія, съ точки зрѣнія болѣе сложной эксплоатации. Если будетъ устроена болѣе длинная линія, разсчитанная на тяжелые поѣзда, и если, слѣдовательно, нуженъ очень сильный токъ, то будутъ ли всѣ эти контактныя приспособленія всегда исправно дѣйствовать на всемъ протяженіи линіи? Если это будетъ линія въ 10 верстъ длиною и если ограничить секцію третьаго рельса 100 саженями, то на линіи будетъ не менѣе 50 контактныхъ приспособленій. Итакъ, кромѣ той линіи, о которой вы говорили, имѣется ли въ Америкѣ практическій опытъ такой сложной эксплоатации, гдѣ были бы въ постояннѣмъ дѣйствіи всѣ эти контактныя приспособленія?

Наконецъ, третій вопросъ касается допустимости значительныхъ скоростей на дорогахъ съ воздушной проводкой. Вы сообщили очень цѣнныи и интересныи материалъ съ точки зрѣнія той силы тока, которая при допускаемой скорости можетъ давать извѣстную силу тяги; эти цифры представляютъ крайне важныи материалъ при проектированіи. Но мнѣ кажется, что отсюда заключать безусловно о допустимости весьма высокой скорости на линіи съ воздушными проводами, т. е. скорости 70—80 верстъ, при коммерческой эксплоатации пути—я подчеркиваю слово „коммерческой“—можетъ быть, нѣсколько затруднительно, потому что, хотя, несомнѣнно, американскіе опыты доказываютъ, что можно поддерживать движеніе поѣздовъ при скорости 70—80 верстъ, и при томъ вполнѣ правильное, но есть одинъ факторъ, о которомъ вы тоже говорили, а именно быстрое изнашиваніе и замѣна контактныхъ роликовъ. Если контактный роликъ приходится замѣнять иногда чрезъ 2—3 дн., то хотя ролики и не особенно дороги, и я не боюсь излишнаго расхода, но, во всякомъ случаѣ, это представляетъ предметъ для коммерческаго замѣшательства въ эксплоатации, тѣмъ болѣе, что для того, чтобы линія работала при большой скорости, необходимо, чтобы эти ролики были сдѣланы болѣе прочно. Вѣдь, замѣна роликовъ требуетъ нѣкоторой дополнительной работы, дополнительныхъ приспособленій, рабочихъ и т. п. Поэтому, мнѣ кажется, что такую высокую скорость, при системѣ съ воздушными проводами, для коммерческой эксплоатации пути, можетъ быть, лучше было бы ограничить 40 верстами.

Г. О. Графтіо. Что касается первого вопроса—относительно дѣйствія электролиза на электрическихъ дорогахъ, пересѣкающихъ съ паровыми, и вопроса о томъ, принимаются ли въ этомъ случаѣ въ Америкѣ какія-либо мѣры при пересѣченіи электрическихъ дорогъ паровыми, то на основаніи того, что мнѣ пришло видѣть, я могу отвѣтить на это отрицательно, т. е. что въ этихъ случаяхъ никакихъ мѣръ не принимается виѣ городовъ. Напримеръ, на линіи Тонаванда-Локпортъ есть пересѣченіе въ уровне электрической линіи съ паровой,—пересѣченіе, въ которомъ не принято никакихъ мѣръ. Тамъ рельсы электрической дороги соединены непосредственно съ рельсами паровой дороги, имѣются крестовины и тому подобныи детали пересѣченія обыкновенного желѣзодорожнаго пути, на которомъ никакихъ мѣръ не принято къ устраненію электролиза. Впрочемъ, нужно сказать, что тамъ полотно уложено въ балластѣ, рельсы уложены на шпалахъ, путь въ нормальныхъ условияхъ желѣзодорожнаго полотна, такъ что тамъ не предвидится вреднаго вліянія электролиза. Затѣмъ, что касается такихъ пересѣченій собственно въ городахъ, то вѣдь причина возможнаго электролиза не въ пересѣченіи одной дороги другою, а въ наличности самой электрической дороги въ городахъ, гдѣ по улицамъ проложены подъ землей трубы различ-

ныхъ систем; теперь тамъ принимаются серьезныя мѣры къ тому, чтобы улучшить обратные провода, т. е. установить наилучшее соединеніе рельсъ въ стыкахъ.

Наиболѣе совершеннымъ типомъ такого соединенія въ Америкѣ считается типъ Chicago bond, который теперь въ большомъ ходу. А затѣмъ, кромѣ этого, тамъ предложена масса другихъ гибкихъ соединеній, состоящихъ изъ цѣлой системы пластинокъ, которыхъ могутъ сгибаться и разгибаться при расширѣніи рельсъ, потому что происходит расширѣніе, если соединеніе жесткое. Но для городскихъ дорогъ расширѣніе рельсъ не имѣетъ большого значенія, потому что въ послѣднее время рельсъ ставится очень большого сеченія, и ихъ укладываются настолько плотно, что отъ дѣйствія температуры они не могутъ выгибаться въ стороны, а получается только добавочное напряженіе, и стыки разстраиваются тѣмъ менѣе. Затѣмъ одно время примѣнялся еще способъ стыкового соединенія, именно получая непрерывные рельсы. Но этотъ способъ не нашелъ особенно большого примѣненія, потому что оказалось, что больше 3—4 звеньевъ спаивать неудобно, и при морозѣ были неоднократные случаи лопанія рельсъ отъ толчковъ и даже безъ всякихъ видимыхъ причинъ, а прямо отъ дѣйствія внутреннихъ силъ. Затѣмъ, недавно начали примѣнять еще другой способъ, именно залипку стыковъ спаружи чугуномъ. Этотъ способъ примѣнялся также въ Гаврѣ. Каковы результаты этого способа, я не знаю, но, по видимому, тамъ его считаютъ хорошимъ стыкомъ. Что касается устройства стыковъ, то я видѣлъ еще стыкъ нового типа въ Швейцаріи, но не на линіи съ постояннымъ токомъ, а на линіи съ трехфазнымъ токомъ. Тамъ на мѣстныхъ линіяхъ тоже принять типъ Chicago bond, а на этой линіи устроено такимъ образомъ: здѣсь имѣется обыкновенная фасонная накладка, вообще примѣняемая на желѣзныхъ дорогахъ, причемъ въ тѣхъ мѣстахъ, где накладка соприкасается съ соотвѣтствующей частью рельса, она особымъ приборомъ очищается отъ ржавчины, а затѣмъ на мѣстахъ соприкасания накладывается мазь, состоящая изъ обращенного въ порошокъ цинка съ вазелиномъ, и накладки прямо стягиваются; никакихъ мѣдныхъ поясовъ нѣтъ. Не знаю, что покажетъ практика, но отъ этихъ стыковъ ожидаютъ довольно хорошихъ результатовъ, и настолько увѣренъ въ нихъ, что не поставили мѣдныхъ проводовъ. Затѣмъ руководствуются еще тѣмъ соображеніемъ, что если проводимость такого стыка уменьшится значительно, то его очень легко привести въ надлежащій видъ, тѣмъ болѣе, что на желѣзныхъ дорогахъ, кромѣ электрическихъ стыковъ, приходится выправлять путь, подбивать шпалы и т. п. Но что касается электролиза, то въ Америкѣ примѣняется единственная мѣра—возможно лучшее устройство обратныхъ проводовъ; на это обращено очень серьезное вниманіе.

Что касается примѣненія системы съ секціоннымъ третьимъ рельсомъ капитана Мѣрфи, то около 20 марта этого года была устроена пробная вѣтка въ Мангаттанъ-Бичъ. Это было первое примѣненіе его системы, которое было решено тогда, и устроены были секціонные выключатели на линіи Балтимора-Огайо, где хотѣть замѣнить сложную воздушную установку третьимъ рельсомъ системы Мѣрфи. Затѣмъ маленькая движущаяся модель была установлена въ Нью-Йоркѣ, въ зданіи конторы, но она, конечно, не можетъ имѣть практическаго значенія. Что касается вѣтки, устроенной на Мангаттанъ-Бичъ, то въ практическомъ отношеніи она, конечно, интересна, такъ какъ выясняетъ надежность секціонныхъ выключателей. Тамъ они дѣйствовали очень хорошо; и хотя установка сравнительно нова, но по существу дѣла оказывается, что не было причинъ къ тому, чтобы секціонные выключатели портились. Затѣмъ самая система была устроена примѣнительно къ городскому трамваю, и поэтому секціи третьего рельса были очень коротки. Кромѣ того, для трамваевъ удобнѣе укладывать третий рельсъ выше уровня земли. Но на линіи въ Мангаттанъ-Бичъ приходилось укладывать почти въ уровень съ землей, причемъ отдѣльные участки обкладывались изолирующимъ веществомъ, и между отдѣльными частями рельсъ опять приходилось изоли-

ровать ихъ, такъ что, по общему впечатлѣнію, снаружи это имѣло видъ не особенно изящный. Мѣрѣ казалось бы, что настоюще мѣсто этой системы не на городскихъ трамваяхъ, а на междугороднѣхъ линіяхъ. Затѣмъ были произведены опыты съ выключателями стъ очень сильными токами, такъ что они гарантировали до 2,100 амперъ, т. е. для всѣхъ условій, которыхъ встречаются на линіи Мангаттанъ-Бичъ. Кромѣ этой линіи, нигдѣ болѣе не была примѣнена эта система; не знаю, можетъ быть, теперь она еще гдѣ-нибудь примѣнена.

Наконецъ, что касается третьаго вопроса—относительно скорости, то, можетъ быть, американцы вообще дѣйствуютъ въ этомъ отношеніи смѣлѣ, чѣмъ другія націи. У насъ, равно какъ и въ Западной Европѣ, при такой скорости обратили бы внимание на то, что при этомъ быстро изнашиваются колесики троллеевъ, и на томъ подобный ненормальный явленія. Относительно скорости они, конечно, пошли дальше. Кроме линіи, которая идетъ около Ниагарскаго водопада, системы линіи Буффало-Топаванда-Локпортъ, у нихъ есть еще нѣсколько системъ линій, такъ сказать пучковъ, какъ напримѣръ, линіи около Кливленда. На всѣхъ этихъ линіяхъ также нормальная средняя скорость на перегонахъ 50 миль, что составляетъ около 80 верстъ въ часъ. Конечно, это представляетъ извѣстныя неудобства. Колесико приходится часто замѣнять другимъ. Но стоимость такого колесика для электровоза линіи Тонаванда-Локпортъ составляетъ всего около 75 центовъ, т. е. 1 руб. 50 коп. на наши деньги. На электровозахъ этой линіи они смѣняются черезъ 3—4 дня, а на другихъ линіяхъ они служатъ отъ 5 дней до двухъ недѣль. Затѣмъ въ смыслѣ плавности прохода черезъ мѣста подвѣски никакихъ неудобствъ не испытывается при современномъ устройствѣ контактныхъ линій, потому что это очень важный вопросъ въ способѣ подвѣски и вообще въ строительной сторонѣ дѣла; можетъ быть, вопросъ о скоростяхъ въ значительной степени зависитъ отъ этой стороны дѣла.

По предложенію предсѣдательствующаго, собраніе выразило благодарность Г. О. Графтію за его въ высшей степени интересный докладъ.

ОБЗОРЪ.

Электролитическая гальванизація же-лѣзныхъ предметовъ.—Гальванизація, т. е. покрытие цинкомъ желѣзныхъ предметовъ производится обыкновенно погружениемъ ихъ въ расплавленный цинкъ. Но при этомъ желѣзные предметы часто изгибаются и вообще меняютъ свою форму. Въ тѣхъ случаяхъ, где такое измѣненіе формъ нежелательно, обыкновенная гальванизація можетъ быть съ успѣхомъ замѣнена электролитической. Такая замѣна въ послѣднее время все больше распространяется, напримѣръ, на англійскихъ верфяхъ, где работаютъ, главнымъ образомъ, по способу Конеръ-Кольса (Cowper-Coles). Для успѣшного осажденія цинка въ плотномъ, чисто-металлическомъ видѣ нужно, чтобы электролизуемый растворъ не заключалъ въ себѣ слишкомъ много свободной кислоты и чтобы онъ былъ механически чистъ, т. е. свободенъ отъ пыли и т. п. Конеръ-Кольсъ достигаетъ этого, заставляя растворъ циркулировать между электролизаторомъ и особымъ фильтромъ. Пористая масса такого фильтра состоитъ изъ смѣси измельченного кокса или песка съ цинковой пылью (содержащей до 97% металлическаго цинка). Проходя черезъ эту смѣсь, растворъ очищается механически и, растворяя цинкъ, теряетъ кислую реакцію, появляющуюся въ электролизаторѣ при осажденіи цинка на катодѣ. Такъ, растворъ цинковаго купороса, содержащий въ себѣ до прохожденія черезъ пористую массу цинка, 12,59% свободной сѣрной кислоты, выступалъ изъ фильтра съ содержаніемъ лишь 0,08% H_2SO_4 ; пористая масса фильтра заключала въ себѣ

при этомъ 10% цинковой пыли. Въ качествѣ электролита Коперь-Кольсъ рекомендуется употреблять растворъ цинковаго купороса уд. в. 1,177 (т. е. содержащий въ себѣ 27,5 гр. соли на 1 литръ).

Аноды изготовлены изъ свинца, превращающагося при электролизѣ по поверхности въ перекись. Электролизъ производится токомъ плотностью въ 160 ами. на 1 кв. м., что требуетъ довольно значительной электродвижущей силы въ 6 вольтъ. Для гальванизаций желѣзныхъ трубъ Коперь-Кольсъ употребляется особый длинный, вертикальный ванны, въ которыхъ и трубы, конечно, расположены вертикально. Если трубы должны быть покрыты цинкомъ изнутри, то аноды,—соответственныхъ размѣровъ стержни,—вводятся въ ихъ полость.

Успѣхъ операции, кроме чистоты состава и хорошей циркуляціи электролита, обусловливается также тщательнымъ очищеніемъ поверхности обрабатываемыхъ желѣзныхъ предметовъ до ихъ поступлѣнія въ ванны. Жиръ съ поверхности удаляется лучше всего обработкой 25%-нымъ растворомъ ёдкаго натра. Ржавчина и механическая нечистоты легко снимаются помошью песочного поддувала.

БИБЛІОГРАФІЯ.

Практический учебникъ нѣмецкаго языка для самообученія, составилъ **Вл. Щавинскій**. Издание А. Гартлебена. Вѣна. Цѣна 2 марки (1 р. 20 к.).

Настоящій трудъ представляетъ 63-й томъ обширнаго собрания самоучителей новыхъ языковъ (*Die Kunst der Polyglottie*), предпринятаго извѣстной книгоиздательской фирмой А. Гартлебенъ.

„Руководимы (?) убѣждениемъ, что при настоящихъ оживленныхъ политическихъ и торговыхъ спошенияхъ двухъ великихъ народовъ, русскаго и нѣмецкаго, потребность знанія ихъ языковъ дѣлается все болѣе и болѣе чувствительной, надѣемся, что предлагаемый нами учебникъ будетъ принять съ радостью, а можетъ быть даже съ благодарностью“. Такъ нѣсколько смѣло и не совсѣмъ складно указываетъ составитель на причины, побудившія его къ составленію поименованнаго выше труда.

Несомнѣнно, что мы, русскіе, испытываемъ болѣе дружихъ пождѣ въ хоромахъ самоучителяхъ, которыхъ у насъ такъ мало и которыхъ такъ много и при томъ очень удовлетворительныхъ издано для нѣмцевъ, французовъ и англичанъ. Но предлагаемое А. Гартлебеномъ изданіе едва ли увеличитъ число хорошихъ руководствъ для русскихъ, желающихъ безъ помощи учителя научиться читать и писать по-нѣмецки, и тѣмъ болѣе понимать живую рѣчь.

Прежде всего, въ руководствѣ Щавинскаго очень много опечатокъ, нежелательныхъ вообще въ учебникахъ новыхъ языковъ, и особенно неизвѣнительныхъ въ книгахъ для самообученія. Затѣмъ, статья о произношеніи изложена далеко не удовлетворительно: слово *Bâche* едва ли правильно читать: „баймъ“, *Leute* — „лойтѣ“, *Jungling* — „юнлингъ“; нѣтъ указаній, какъ читается „ie“. Статья „о гласоудареніи“ (?) изложена совершенно непонятно.

Далѣе, въ терминологіи г. Щавинскаго не придерживается никакой послѣдовательности: на одной страницѣ онъ называетъ *die schwache Conjugation*—слабымъ спряженіемъ, на другой—*я г и мъ*; вмѣсто наименования надежей онъ ввелъ обозначеніе ихъ цифрами: 1-ый, 2-ой и т. д.; но затѣмъ, по необходимости, прибегаетъ и къ общепринятой терминологіи.

Наконецъ, примѣры для перевода съ одного языка на другой не отличаются тщательностью выборомъ и далеко не блещутъ правильностью русскаго текста. Такія фразы, какъ: „дверь коричнева“, „сынъ ли этотъ дранъ“, „коричневое (?) пиво“, „мы ждемъ мальчика (сына ?) сестры крестьянина“, „сестра жены крестьянина“...—далеко не рѣдкость въ учебнике. Недурны и

такія фразы: „мать умираетъ дитяти, а отецъ умираетъ всѣхъ“, „глупцы неумно поступаютъ“ и т. под.

Н. Д.

Систематический указатель русской технической литературы книжного магазина Г. В. Гольстена. С.-Петербургъ. 1900 г.

Этотъ указатель, выходящій 8—10 разъ въ годъ, можетъ сослужить пользу желающимъ ознакомиться съ существующею на русскомъ языкѣ литературою по какомунибудь техническому вопросу. Составленъ онъ полно и систематично.

Annuaire pour l'an 1900, publіé par le Bureau des Longitudes. Prix: 1 fr. 50 c. Paris. Gauthier-Villars, imprimeur-libraire. 628+133 стр. in 16°.

Ежегодникъ на 1900 г., издаваемый Бюро Измѣреній. Парижъ.

Этотъ ежегодникъ издается съ 1795 г. Онъ содержитъ въ себѣ подробныя таблицы астрономической, математической (какъ таблица смертности), географической, физической и иѣкоторыя другія, какъ, напр., таблица монетъ. Редакція членовъ Бюро Измѣреній ручается за точность данныхъ, приведенныхъ въ этихъ таблицахъ.

Содержаніе ежегодника изъ года въ годъ подвергается измѣненіямъ, пополненіямъ согласно прогрессу наукъ. Съ 1900 г. во всѣхъ данныхъ времени введенъ счетъ часовъ отъ 0 до 24 ч. Кроме таблицъ Ежегодника 1900 г., какъ и предыдуще вышли Ежегодники, украшенъ дополненіями; наибольшее изъ нихъ: „Машины производящія электрическій токъ“ Академика Корню—представляетъ собою общепонятное изложеніе основныхъ принциповъ дѣйствія динамомашины. Затѣмъ слѣдуютъ: „Новые газы въ атмосфѣре“ акад. Липпмана, и обычный отчетъ Жансена о дѣятельности обсерваторіи на вершинѣ Монблана за истекшій годъ.

Издание, присланное въ редакцію для отзыва.

Общедоступный техникъ. Ежемѣсячный популярно-научный, технический и литературный журналъ для самообразованія. Москва. 1900 г. Годъ изданія IV-й. Подписьная цѣна на годъ—6 руб.

Лекціи по Термодинамикѣ Макса Планка, профессора теоретической физики при Берлинскомъ Университетѣ. Переводъ съ нѣмецкаго В. А. Кашериновой. Подъ редакціей профессора С.-Петербургскаго Университета И. И. Боргмана. С.-Петербургъ. 1900 г. IV + 234 стр. Цѣна 2 р. 40 к.

Краткій курсъ Физики для медиковъ, естественниковъ и техниковъ, составилъ **О. Д. Хвольсонъ**. С.-Петербургъ. 1900 г. Издание К. Риккера.

Часть I. 342 стр. 242 рис. въ текстѣ. Ц. 2 р. 50 коп.
" II. 305 " 166 " " " Ц. 2 " 50 "
" III. 350 " 307 " " " Ц. 2 " 50 "

Les machines dynamo-électriques à courant continu et à courants alternatifs, par **Gisbert Kapp**. Traduit sur la Troisième édition allemande par P. Lecler, ingénieur des Arts et Manufactures. Avec 200 gravures dans le texte. Paris. Librairie polytechnique Ch. Béranger, éditeur. 1900. Цѣна 16 франк.

Biblioteca dell'Ellettricità. Vol. XI. Ing. E. Barni. Il Montatore Elettricista. 5-a edizione, reveduta ed aumentata. Illustrata con 227 incisioni. Milano. Editori della Rivista L'Elettricità. 1900. Цѣна 3 лиры.

РАЗНЫЯ ИЗВЕСТИЯ.

Даръ Электротехническому Институту.—По закрытии Выставки при 1-м Всероссийскомъ Электротехническомъ Съездѣ часть экспонатовъ, бывшихъ на ней, была привезена въ даръ Электротехническому Институту Императора Александра III. Наиболѣе цѣнныи даръ полученъ отъ Общества „Геліосъ“, которое еще ранѣе установило въ электротехнической лаборатории Института особый трансформаторъ въ 25 киловаттъ и предоставило Институту право бесплатнаго пользованія энергию отъ станицы Общества, для научныхъ цѣлей. Въ настоящее время Общество „Геліосъ“ прислало въ Институтъ по одному экземпляру всѣхъ машинъ и приборовъ, которыми оно пользуется на своихъ установкахъ, какъ то: два двигателя въ 3 и 4 силы; три трансформатора, дуговую лампу, счетчикъ электрической энергіи, образцы кабелей, муфты и пр. С.-Петербургскій Арматурно-Электрический заводъ прислалъ двѣ дуговые лампы, постоянного и переменного тока, и счетчикъ Адона новѣйшей системы. Всеобщая Компания Электричества подарила двигатель трехфазного тока. Инженеръ Л. Р. Шведе—новый счетчикъ Русско-Германского Общества. Наконецъ, Франко-Русское Общество производства аккумуляторовъ прислало и установило цѣлую аккумуляторную батарею.

Подобные факты указываютъ, что и въ Россіи нѣкоторые электротехническіе фирмы начинаютъ интересоваться электротехническимъ образованіемъ, и надо надѣяться, что и у насъ, какъ это дѣлается всюду за границей, всѣ фирмы станутъ въ недалекомъ будущемъ присыпать въ Электротехническій Институтъ свои издѣлія, съ цѣлью заблаговременно ознакомить съ ними будущихъ инженеръ-электриковъ.

Автоматическая телефонная станція.—Лѣтомъ минувшаго года во всѣхъ почтовыхъ отдѣленіяхъ Берлина, во многихъ гостиницахъ и магазинахъ установлены, въ особыхъ помѣщеніяхъ, автоматические телефонные аппараты, которые, при опускании въ особый ящикъ 10 пфеніевъ. (4,5 коп.), для городскихъ сообщеній, или 20 пфеніевъ. (9 коп.) для сообщеній съ пригородами, даютъ вызывной сигналъ на центральную станцію. Каждый разговоръ, по правиламъ Управления телефонною сѣтью, не долженъ продолжаться болѣе трехъ минутъ.

Новый приборъ для пожарныхъ сигналовъ, системы Кайзера.—Приборъ этотъ состоитъ изъ двойного стеклянного сосуда, въ формѣ песочныхъ часовъ, нижняиа часть которого наполнена ртутью. Въ срединѣ узкой части помѣщаются двѣ платиновые проволочки, причемъ концы ихъ проходятъ сквозь стеклянныи стѣнки внутрь. Эти двѣ проволочки включены въ цѣпь электрическаго звонка; спаружи имѣется кнопка для того, чтобы въ каждый данный моментъ можно было убѣдиться въ исправномъ дѣйствии прибора. При повышеніи температуры ртуть поднимается и замыкаетъ цѣпь. Приборчики эти разсчитываются обыкновенно для температуры въ 28° Р. но могутъ быть принаровлены для какой угодно температуры. Для этого ставить приборъ въ воду, нагрѣтую до желаемой степени и опредѣлять количество ртути, необходимой для замыкания цѣпей при этой температурѣ.

Стеклянная часть прибора защищена металлической крышкой съ отверстіемъ.

Работа аккумуляторной батареи подъ водой.—Во время послѣдніхъ наводненій въ Баваріи была затоплена между прочимъ электрическая станція въ г. Мишненѣ. Аккумуляторныи батареи были затоплены первыми; управляющая батарея (системы Поллака), работавшая на трамвай, была выключена изъ цѣпей, такъ какъ трамвай прекратили работу.

Но въ виду того, что паровыи машины, за исключеніемъ двухъ, были уже на половину покрыты водою, а освѣщеніе было желательно поддерживать хотя бы только въ лучшихъ частяхъ города, рѣшили испробовать, будетъ ли батарея аккумуляторовъ Финдора, служившая для освѣщенія города, работать и подъ водою. Опытъ увѣличился громаднымъ успѣхомъ. Батарея, построенная на 6.000 амперъ-часовъ при разрядномъ токѣ въ 600 амперъ, дала эту ночь 4.500 амперъ-часовъ, осталось терялось вслѣдствіе разрядовъ чрезъ воду, покрывавшую аккумуляторы. Несмотря на то, что вода не спадала, батарея была снова заряжена и затѣмъ разряжена съ тѣмъ же успѣхомъ. Послѣ 2-хъ-дневнаго наводненія, вода паконецъ стала спадать, что дало возможность проникнуть въ аккумуляторное помѣщеніе. Оказалось, что плотность кислоты понизилась съ 22° по Боме до 20°. Не считая слоя ила 55 мм. па верхнихъ краяхъ пластинъ, па аккумуляторныхъ ящикахъ и соединительныхъ пластинахъ, — наводненіе не оставило никакихъ слѣдовъ. Раньше думали, что придется перемѣнить кислоту, что было бы сопряжено съ большими расходами, такъ какъ всего въ батареѣ находятся 62.000 литровъ кислоты, но анализъ показалъ, что это совершиенно излишне.

Электрическая энергія на золотыхъ пріискахъ.—Въ настоящее время примѣненіе электрической энергіи на золотыхъ пріискахъ получило большое распространеніе въ особенности въ Австралии. „L'Electricien“ указываетъ на такие пріиски въ Кальгуріи, где почти всѣ владѣльцы перешли на электричество; удобство примѣненія электрической энергіи увеличивается тѣмъ, что центральная станція питаетъ мѣстность на 1,5 мили вокругъ себя. Раньше двигательную силу давали паровыи машины въ 4.000 лош. силъ, но затѣмъ перешли на газовые двигатели, что дало большую экономію, такъ какъ хотя въ окрестностяхъ и имѣется много воды, но она сильно соленая и требуетъ выпаривания, тогда какъ при газовыхъ двигателяхъ можетъ употребляться такая вода непосредственно.

Новое примѣненіе эbonита.—Гамбургское общество Hargisger Guitté-Kamm Co выпустило въ продажу эbonитовые гвозди.

Эти гвозди обладаютъ крѣпостью металлическихъ и представляютъ то удобство, что могутъ быть примѣнены во всѣхъ тѣхъ многочисленныхъ случаяхъ, где употребленіе металлическихъ гвоздей почемулибо нежелательно. Они противостоятъ кислотамъ, щелочамъ и не подвергаются никакимъ магнитнымъ вліяніямъ. Эbonитовые гвозди должны получить большое распространеніе, напримѣръ, для аккумуляторныхъ ящиковъ, для химическихъ приборовъ и т. п. Кроме того, употребленіе такихъ гвоздей на пороховыхъ фабрикахъ и складахъ вполнѣ безопасно, такъ какъ отъ удара металлическаго молотка они не даютъ искры.

Электрические кабы въ Лондонѣ.—Финансовые результаты эксплоатации электрическихъ кабовъ въ Лондонѣ оказались весьма печальны. Имущество компаний, эксплуатирующей эти кабы, назначено къ аукціонной продажѣ для уплаты кредиторамъ долга.