

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 предвѣстниковъ (см. работы Дебре, 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 размышленіями и „возможностями“, она привѣтствуетъ открытія 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 большіе двигатели, у которыхъ индуктированный токъ якоря при пусканіи въ ходъ замыкали постепенно при помощи реостатовъ.

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

*) Настоящій докладъ прочитанъ на 1-мъ Всероссийскомъ Электротехническомъ Сѣздѣ, въ общемъ собраніи 28 декабря 1899 года.

**) Въ дальнѣйшемъ слово «трехфазный» обозначается чрезъ «Т. Ф.», а «постоянный» чрезъ «П».

Точно также уже тогда были показаны вращающіеся трансформаторы для преобразованія Т. Ф. тока въ постоянный съ одною общеою 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 отдѣльных частей.

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

Изъ борцовъ противъ Т. Ф. тока наиболѣе выдавались тогда Свинбурнъ въ Англіи, Дери въ Австріи и Броунъ въ Швейцаріи. Первый придавалъ чрезчуръ 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, предвѣщая успѣхъ однофазному переменному току.

Нельзя отрицать, что авторитетъ, которымъ пользовались противники, значительно замедлилъ первыя примѣненія новой системы. Лишь позже, когда положенныя начала постепенно все-таки завоевали себѣ мѣсто, замолкли столь же постепенно и критики. Противники стали союзниками, и кто возставалъ противъ контактныхъ колець и 3 проводовъ, сталъ самъ ими пользоваться. Вслѣдствіе этого увеличенія числа сотрудниковъ новая вѣтъ электротехники стала быстрѣе 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 какой видъ представляютъ теперешнія Т. Ф. установки. Мы получимъ тогда болѣе ясное представленіе 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 нѣкоторое время на болѣе подробномъ 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 развитіи.

Динамомашины.

Т. Ф. динамо представляетъ собою самый естественный и простѣйшій электромеханический генераторъ. Наши, давно извѣстные, динамо П. тока въ сущности не что иное, какъ машины съ очень большимъ числомъ фазъ переменнаго тока, которыя постепенно выправляются особымъ приспособленіемъ, называемымъ коллекторомъ. Выпустивъ этотъ послѣдній и ограничиваясь малымъ числомъ фазъ, а именно тремя, мы получаемъ Т. Ф. динамомашину. Отсутствие коллектора позволяетъ значительно упростить конструкцию 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, контактныхъ

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 утилизациі 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 способною 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 электрический генераторъ, чѣмъ Т. Ф. машина низкаго напряженія (200 вольтъ) съ обмоткой изъ мѣдныхъ стержней. По отношенію къ экономичности такія машины стоятъ 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 подобныя 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 распредѣлительныхъ щитовъ и приборовъ. Когда наступитъ время, что мы въ состояніи будемъ строить дѣйствительно практичныя распредѣлительныя 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 повидимому преобладаетъ стремленіе строить динамомашины съ вращающимися и отдѣльно обмотанными магнитными полюсами, тогда какъ динамомашины съ совершенно неподвижными обмотками, какъ и вообще съ одной общей магнитной катушкой, сходятъ понемногу со сцены.

*) А.-Е.-Г. — сокращен. «Allgemeine Elektrizitäts-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 въсь подобныхъ машинъ, ихъ полезное дѣйствіе и паденіе потенциала 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 воздушнаго промежутка, часто даютъ поводъ къ жалобамъ особенно при непосредственномъ соединеніи съ паровыми машинами (напр. намагничиваніе оси регулятора). А.-Е.-Г., которая нѣкоторое время строила машины съ неподвижными обмотками, теперь перестала ихъ строить окончательно уже годъ два.

Нѣкоторыя точки зрѣнія при конструкціи машинъ оказались особенно важными на основаніи опыта послѣднихъ лѣтъ, такъ напримѣръ: величина паденія потенциала при нагрузкѣ и, въ извѣстныхъ случаяхъ, „форма кривой“ тока (върнѣе форма отдѣльныхъ перемѣнныхъ токовъ). Въ большинствѣ случаевъ при примѣненіи Т. Ф. тока въ цѣпи имѣются двигатели. Всѣмъ конечно извѣстно, что всѣ „индукционные двигатели“ производятъ нѣкоторый сдвигъ между фазой тока и фазой соотвѣтствующаго напряженія, такъ что произведение изъ числа амперъ на число вольтъ отличается отъ числа дѣйствительно развитыхъ (или поглощенныхъ) ваттъ энергіи. Этотъ коэффициентъ принято выражать черезъ $\cos \varphi$. Еще въ 1891 г. на международномъ электротехническомъ конгрессѣ я показалъ преимущества метода представленія каждаго перемѣннаго тока, какъ разложеннаго на 2 слагаемыя такимъ образомъ, что „рабочая“ совпадаетъ въ фазѣ съ напряженіемъ, а „безваттная“ или „лѣнивая“ слагаемая сдвинута относительно ея 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 противо-дѣйствіе 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 индукционные двигатели, чѣмъ на лампы. Если прибавить къ этому явленію еще и тѣ, часто очень рѣзкія, перемѣны нагрузки, которыя неизбѣжны при распредѣленіяхъ съ двигателями, то легко догадаться, что удовлетворительнаго хода станцій можно только тогда ожидать, если динамомашинны такъ построены, что ихъ напряженіе лишь мало зависитъ отъ величины и рода нагрузки. Въ настоящее время это паденіе потенциала вполнѣ зависитъ отъ конструктора, кото-

рый, примѣняя извѣстныя соотношенія въ размѣрахъ динамомашинъ, можетъ уменьшить это паденіе до весьма небольшой величины. Правда, что динамомашинны съ малой реакціей сравнительно болѣе грузны и обладаютъ сравнительно большимъ вѣсомъ и слѣдовательно дороги. Очевидно, что и здѣсь не слѣдуетъ вдаваться въ крайности. Такъ, въ послѣднее время паденіе считается вполнѣ удовлетворительнымъ, если, при неизмѣнныхъ скорости и возбужденіи, между ходомъ „въ пустую“ и съ полной нагрузкой напряженіе мѣняется на 6—7 процентовъ при $\cos \varphi = 1$ (калильные лампы) и на 25—30% при $\cos \varphi$, равномъ почти нулю (двигатели въ 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 въ $2\frac{1}{2}$ раза сильнѣе нормальнаго.

Что касается формы кривой токовъ, то объ этомъ предметѣ было уже много споровъ, но по большей части въ 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 абсолютно необходимо строго выполнить при работѣ съ высокими напряженіями на кабели, въ прочихъ же случаяхъ эта кривая потому желательна, что она представляетъ 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 въ цѣпи есть электростатическая емкость (кабели), можетъ легко случиться, что, при не-синусоидальной кривой, явленія такъ называемаго резонанса смогутъ остановить правильный ходъ всей станціи. Подобное явленіе, которое мнѣ пришлось разъ наблюдать и „приводить въ порядокъ“, случилось на одной большой станціи: резонансъ „высшихъ гармоническихъ членовъ“ увеличивалъ силу тока въ кабеляхъ примѣрно вътрое при неизмѣнномъ напряженіи, какъ только выключали одинъ или два изъ многихъ выходящихъ со станціи кабелей (фидеровъ). Это явленіе наступало лишь тогда, когда токъ развивали помощью 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 періодичности была сильно развита, тогда какъ машины фирмы А.-Е.-Г. были тщательно приспособлены къ правильной синусоидѣ.

Упреку ненадежности и трудности параллельнаго соединенія и хода машинъ переменнаго и Т. Ф. тока положенъ конецъ, благодаря собранному матеріалу и опытности. Въ настоящее время доискались до причины тѣхъ колебаній или качаній, которыя 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 спеціальнаго. Въ настоящее время общезвѣстно, что при Т. Ф. токѣ требуется значительно меньше матеріала проводниковъ, чѣмъ при простомъ переменномъ 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. Длиннѣйшія теоретическія разсужденія о томъ, что двухъ или 4-хъ фазнымъ токомъ можно столь же хорошо передавать двигательную силу, должны были капитулировать, сдаться 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 неискренности 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 призывали къ трехпроводной системѣ, благодаря ея частому примѣненію. При переменныхъ токахъ съ большимъ числомъ амперъ часто приходится дѣлать 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 переменномъ (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 различіе въ стоимости прокладки (монтажъ) отстываетъ на второй планъ въ сравненіи съ выгодой въ вѣсѣ проволоки, особенно при передачѣ значительной электрической энергіи.

Что касается предпочитаемаго рода проводовъ, то надо констатировать, что теперь стремятся 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 отдѣльныхъ проводниковъ концентрическаго кабеля и большія неудобства соединеній и отвлеченій. Если же брать „скрученные“ кабели, то они гораздо лучше располагаются при 3, нежели 2 проводахъ, вслѣдствіе менѣе полной утилизации внутренняго пространства при послѣднихъ; кромѣ 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 потенциала и электрическихъ колебаній высокой періодичности. Я съ удовольствіемъ могу сообщить, что во многихъ установкахъ, несмотря на болѣе чѣмъ стократную длину проложенныхъ 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 правильнаго хода дѣйствія при воздушныхъ проводахъ нельзя оказать помощи, такъ какъ они обуславливаются самой природой этихъ проводовъ; тѣмъ не менѣе въ послѣднее время удалось значительно обезопасить установки противъ атмосферныхъ разрядовъ, благодаря нашему лучшему знакомству съ фактомъ ихъ высокой періодичности. При новейшихъ громоотводахъ всегда включаютъ ин-

дуктивные катушки въ ту цѣпь, 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 переменныхъ токахъ. Какъ извѣстно, они состоятъ вмѣсто двухъ изъ трехъ сердечниковъ, такъ между собой соединенныхъ, что получаютъ 3 магнитныхъ сцепленныхъ 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 подобнаго расположенія сердечниковъ со стороны одного очень извѣстнаго швейцарскаго конструктора повидимому побѣждены, такъ какъ послѣ нѣсколькихъ лѣтъ употребленія отдѣльныхъ и лишь рядомъ поставленныхъ „обыкновенныхъ“ трансформаторовъ, онъ теперь перешелъ къ моей системѣ сцепленныхъ магнитныхъ потоковъ.

Въ послѣднее время выдвинулся вопросъ постройки трансформаторовъ гигантской величины для большихъ передачъ энергіи. Такъ, напримѣръ, у фирмы А.-Е.-Г. находится въ работѣ для одной установки, которую я потомъ опишу, рядъ Т. Ф. трансформаторовъ по 1300 киловаттъ каждый. При аппаратахъ подобнаго размѣра вопросъ охлажденія играетъ чрезвычайную роль. Въ самомъ дѣлѣ: мощность трансформатора растетъ быстрѣе, 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 рѣшается обыкновенно искусственнымъ охлажденіемъ помощью струи воздуха или же циркуляціей масла. Фирма А.-Е.-Г., равно какъ и Компанія Вестингауза отпускаютъ трансформаторы въ большіе резервуары съ изолирующимъ масломъ, причемъ наружныя стѣнки послѣднихъ состоятъ изъ волнистаго желѣза; такимъ образомъ получается очень большая поверхность охлажденія и не требуется никакихъ движущихся приборовъ.

Электродвигатели.

Разсмотримъ главные стадіи новѣйшаго развитія техники Т. Ф. тока по отношенію къ его производству и передачѣ, мы дошли теперь до предмета, который главнымъ образомъ придавалъ 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 тысячъ лошадиныхъ силъ въ Т. Ф. двигателяхъ работаютъ въ настоящее время въ промышленности прямо въ соединеніи съ генераторами низкаго напряженія, причемъ слѣдовательно специфическое свойство переменныхъ токовъ (трансформировка) совсѣмъ не затрагивается.

Принципъ, открытый Феррарисомъ, равно какъ и образъ дѣйствія многофазныхъ и, спеціально 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 расположеніемъ частей, способнымъ сдѣлать двигатель практически пригоднымъ. Наоборотъ, конструкція Н. Тесла съ ея нерациональнымъ расположеніемъ „отдѣльныхъ“ магнитныхъ полюсовъ, причемъ на каждомъ была насажена большая катушка соотвѣтственной фазы, была одной изъ главныхъ причинъ, почему первые успѣхи или, скажемъ вѣрнѣе, дѣйствительное рожденіе 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 представленій 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 стоятъ теперь въ числѣ первыхъ.

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

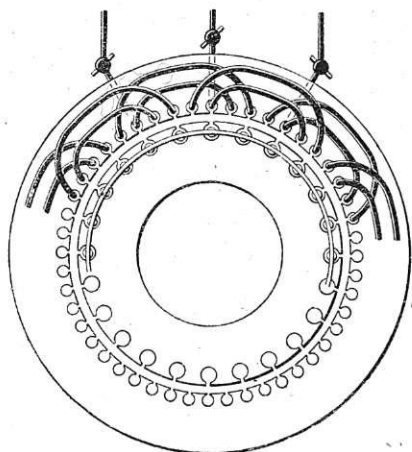
Простѣйшая форма якоря—это такъ назыв. „замкнутый якорь“ съ обмоткой, напоминающей извѣстное колесо для бѣлокъ. Подобные якоря можно строить какъ изъ массивнаго, такъ и пластинчатаго желѣза, во всякомъ случаѣ нѣтъ надобности изолировать мѣдные стержни. Они представляютъ идеаль простоты устройства и надежности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

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

Замкнутый якорь представляет при извест-ныхъ 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

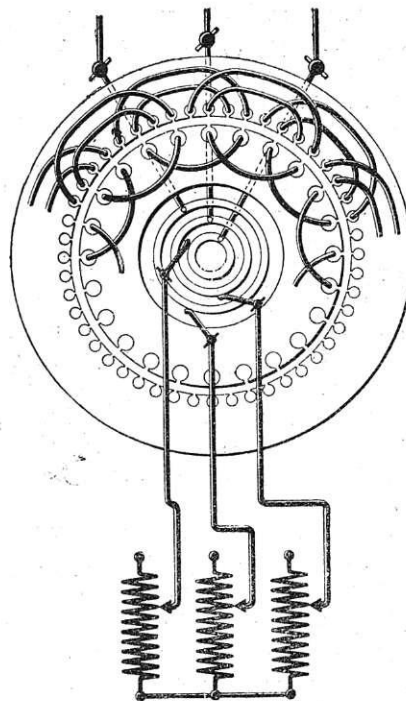


Фиг. 1.

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, гдѣ обыкновенно бываетъ лишь одинъ большой двигатель, соединенный съ насосомъ и получающій свой токъ отъ специально для него одного предназначенной динамомашины на поверхности земли.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда двигатель питается отъ данныхъ распределительныхъ сѣтей, надо при пусканіи въ ходъ замкнутыхъ якорей имѣть въ виду значительно болѣе 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 вѣншей 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 помощью реостатовъ постепенно замыкать якор-



Фиг. 2.

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

Въ послѣднее время придумано для якорей съ контактными 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 контактныхъ колецъ; разумѣется, что послѣ этого уже нѣтъ надобности въ щеткахъ и ихъ можно приподнять съ колецъ (второю рукояткой). Такой двигатель, послѣ того какъ пущенъ, уже не имѣетъ 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 гдѣ $\frac{1}{2}$ минуты лишнихъ при пусканіи въ ходъ не имѣютъ значенія.

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

сопротивлением, которая позволяет двигателю легко начать вращение, и вторую с малым. Эту вторую обмотку замыкают рукояткой лишь послѣ того, какъ двигатель приблизился къ нормальной скорости; благодаря своему малому сопротивленію, эта обмотка позволяет двигателю выносить полную нагрузку безъ перегрѣванія. Подобную комбинацію различныя фирмы строятъ каждая по своему; кромѣ того ее можно сдѣлать и автоматическѣ дѣйствующей, напримѣръ, при посредствѣ маленькаго центробѣжнаго регулятора.

Смотря по величинѣ генераторной станціи, по сѣченію и длинѣ проводовъ, мощности трансформатора и, наконецъ, смотря по условіямъ работы, можно выбрать разные способы пуска двигателя. Во всякомъ случаѣ, лежитъ внѣ задачи моего сегодняшняго доклада описывать всѣ возможные способы и правила для пуска и регулированія Т. Ф. двигателей.

Каково бы ни было специальное устройство его, во всякомъ случаѣ Т. Ф. двигатель представляется собой машину необыкновенной надежности. Первичная обмотка, которая только одна включена во внѣшнюю цѣпь, неподвижна и слѣдовательно можетъ быть прекрасно изолирована; она не нуждается ни въ какихъ толыхъ металлических частяхъ кромѣ 3 зажимовъ, да и эти, въ случаѣ надобности, можно закрыть. Въ этомъ отношеніи нашъ двигатель существенно отличается отъ двигателя П. тока, у котораго, по меньшей мѣрѣ, коллекторъ съ его массой спаекъ точно такъ же, какъ и щетки, должны быть толыми, обмотанными. По этой именно причинѣ и можно сдѣлать изоляцію Т. Ф. двигателя гораздо тщательнѣе и непроницаемѣе. Несомнѣнно, что это завело бы безъ нужды далеко, еслибы каждый двигатель заливать и пропитывать лакомъ такъ, чтобъ 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 разныхъ случайностяхъ. Мнѣ извѣстны 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 повышение ихъ температуры вслѣдствіе этой закупорки можетъ быть уравновѣшено усиленнымъ охлажденіемъ снаружи или же уменьшеніемъ нагрузки. Т. Ф. двигатели для крановъ часто закрываютъ совершенно герметически безъ потери мощности, такъ какъ безпрестанные перерывы работы достаточно предохраняютъ двигатель отъ перегрѣванія.

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

какъ якорная обмотка не имѣетъ никакого соображенія или связи съ внѣшней цѣпью, которая лишь одна можетъ быть высокаго напряженія. Якорную обмотку устраиваютъ съ совершенно произвольно выбранной электродвижущей силой, смотря по тому, какъ это для даннаго типа двигателя удобнѣе, цѣлесообразнѣе, и, при коей легче достигъ надежной изоляціи. Необходимо добавить, что напряженія въ якорѣ Т. Ф. двигателя существуютъ лишь при пусканіи въ ходъ, тогда какъ потенциалы доходятъ до нуля при полной скорости. Насколько важно это различіе 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 теченіемъ времени нечему другому стереться, какъ только подшипникамъ. Якори съ контактными кольцами, но съ описаннымъ выше приспособленіемъ для подъема щетокъ, принадлежатъ очевидно по отношенію къ износу вполне къ типу съ замкнутымъ якоремъ. Дѣйствительное изнашиваніе частей можетъ наступить лишь у двигателей, которые, вслѣдствіе, особенностей работы, должны всегда идти 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 избѣжать какихъ бы то ни было искръ, тогда какъ при коллекторахъ изнашиваніе всегда главнымъ образомъ происходитъ отъ неизбежнаго, хотя бы и очень слабаго, искробразованія, 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 неоцѣнны, 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.

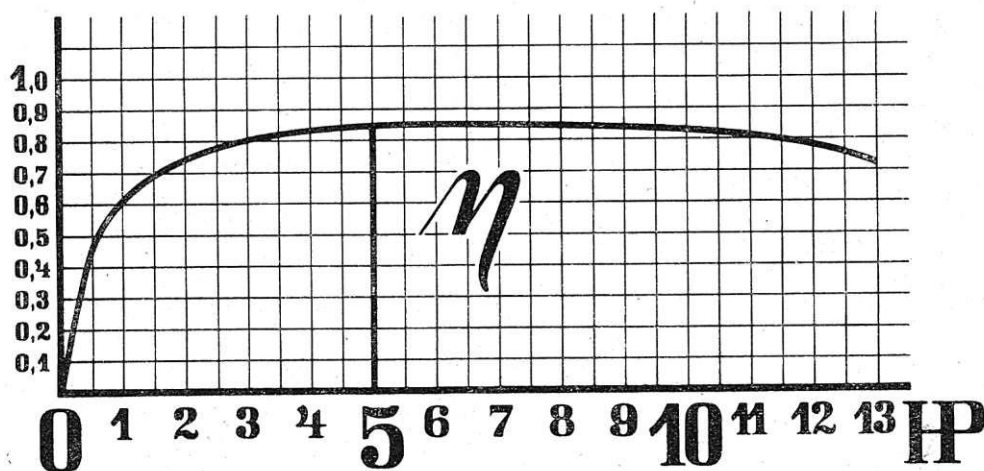
Слѣдующее важное качество Т. Ф. двигателей новѣйшей конструкціи—это ихъ способность выносить на короткое время очень значительныя перегрузки. Правда, что шунтовой двигатель П. тока тоже въ состояніи, по крайней мѣрѣ теоретически, вынести нагрузку, въ нѣсколько разъ превышающую нормальную; но суть въ томъ, что всякая значительная перегрузка оставляетъ свой слѣдъ на коллекторѣ. Искробразованіе при перегрузкѣ скоро портитъ 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. двигателѣ 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 успѣетъ перегрѣться, то это обходится безъ малѣйшаго вреда для него. При очень переменнѣй нагрузкѣ, напр. при кранахъ, прокатныхъ вальцахъ и т. п. можно поэтому всегда выбрать двигатель по „средней“ величинѣ нагрузки; при этомъ выигрывается не только въ среднемъ полезномъ дѣйствіи, но и главнымъ образомъ въ требуемомъ помѣщеніи и въ стоимости.

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

хорошо извѣстныхъ, 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 нормальнаго. Особенно хороши въ этомъ отношеніи двигатели съ контактными кольцами (съ приспособленіемъ для подъема щетокъ или безъ таковаго), 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 переменныя направленія 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 полезнаго дѣйствія, при которой оно бы оставалось въ широкихъ предѣлахъ нагрузки возможно постояннымъ. Приведенная здѣсь (фиг. 3) кривая полезнаго 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 KD_{50} , 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 превосходныя 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 желанію и, въ случаѣ нужды, обойтись безъ механическаго тормоза. Надежность Т. Ф. двигателя въ этомъ отношеніи такова, что, на примѣръ, подъемная машина въ „Riebeck'sche Montanwerke“ была допущена послѣ весьма успѣшныхъ опытовъ и испытаній для подъема и спуска людей въ рудникъ.

Мое описаніе современнаго 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 $\cos \varphi$ при переменныхъ токахъ и о томъ, что „индукціонные“ двигатели (каковы и обыкновенные Т. Ф.) производятъ сдвигъ фазъ силы тока съ напряженіемъ,

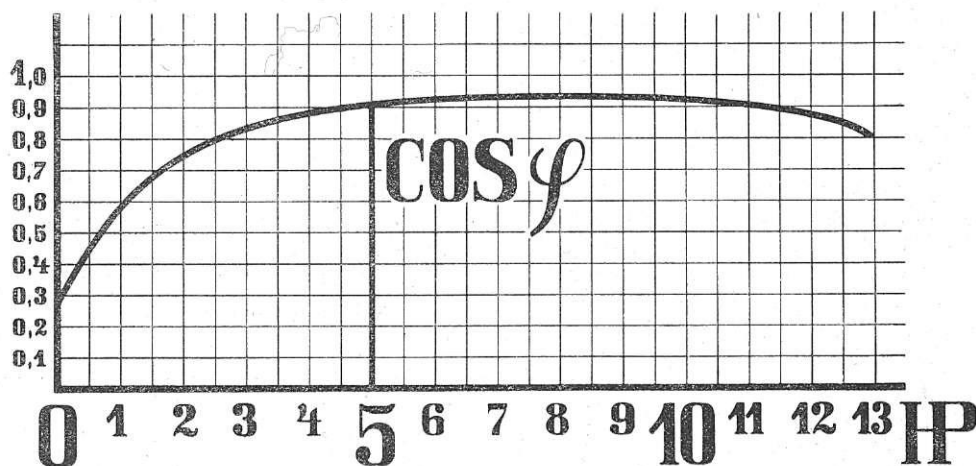
такъ что число ваттъ не равняется, но меньше произведенія отдѣльно взятыхъ амперъ и вольтъ. Вслѣдствіе этого, при двигателяхъ переменнаго и Т. Ф. токовъ надо, вообще говоря, рассчитывать на большіе амперы при данныхъ вольтъ, чѣмъ соответствовало бы данной поглощенной энергіи. Это свойство потому невыгодно, что смотря по большей или меньшей величинѣ этого $\cos \varphi$ надо брать большія 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 увеличи-

ческой устойчивостью). Насколько голословны эти возраженія, можно всего лучше доказать, указавъ на тотъ двигатель, превосходныя 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 динамомашинъ надо было брать процентовъ на 25 большей мощности, чѣмъ дѣйствующія на нихъ паровыя машины. Точно такъ же страдалъ и ходъ станціи при переменныхъ нагрузкахъ 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 отвлѣченіяхъ съ различнымъ $\cos \varphi$.

Но вотъ уже года 1½—2, какъ фирмѣ А.-Е.-Г. удалось, благодаря пріобрѣтенной опытности и теоретическимъ выводамъ, въ связи съ образцовой точностью выполненія въ мастерскихъ, построить двигатели съ невѣроятно 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 обыкновенно немного 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 нормальнаго безъ опасенія остановки при полной нормальной нагрузкѣ. Подобнаго паденія напряженія конечно не можетъ случиться при правильныхъ остановкахъ, но все же подобная высокая степень «устойчивости» представляетъ залогъ надежности при всевозможныхъ случайностяхъ.

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

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

(Продолженіе слѣдуетъ).

Описание некоторых новых линий электрических желѣзныхъ дорогъ *).

(Окончаніе).

VII. Электрическая тяга съ автоматическимъ включеніемъ въ цѣпь 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, имѣетъ то неудобство, что 3-й рельсъ, будучи легко доступнымъ, представляетъ нѣкоторую опасность для желѣзнодорожныхъ служащихъ и для публики, которая случайно можетъ находиться на пути.

Въ виду этого давно уже возникла мысль раздѣлить 3-й рельсъ на секціи, изолированныя одна отъ другой, уложить возлѣ него по всей длинѣ линии 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 привилегій на разныя системы, которыя бы такъ или иначе осуществляли изложенную идею. Но практическое выполненіе идеи встрѣчало большія 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 хорошіе, хотя система дѣйствовала нѣкоторое время исправно.

Электрическій заводъ Вестингауза также применилъ свою систему на вѣткѣ въ нѣсколько километровъ, соединяющей электрическій заводъ съ заводомъ, на которомъ изготовляются всемирно извѣстные тормоза.

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

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

чекъ, заключенныхъ въ ящики съ красными стеклами.

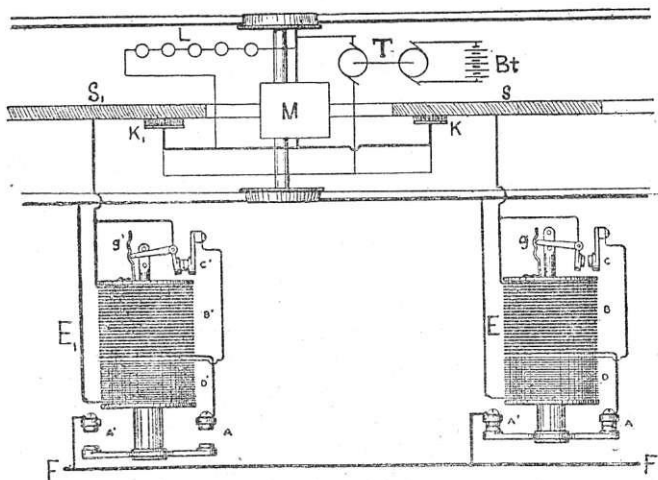
При вступленіи вагона на каждую новую секцію соотвѣтствующая лампочка зажигалась и оставалась зажженной все время, пока вагонъ находился на этой секціи, послѣ чего лампочка потухала.

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

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

Въ концѣ марта текущаго года намъ пришлось быть на первыхъ испытаніяхъ новой системы съ секціоннымъ 3-имъ рельсомъ, предложенной 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 Мангаттанъ-Бичъ, на берегу острова Лонгъ-Эйландъ, 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 автоматическіе 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 съ фидеромъ и съ данной секціей 3-го рельса. Концы же тонкой—съ данной секціей и путевыми рельсами. Внутри соленоида помѣщается желѣзный стержень, могущій перемищаться въ вертикальномъ направленіи.

Въ нормальномъ своемъ положеніи, когда тока ни въ одной изъ обмотокъ соленоида нѣтъ, стержень, подъ вліяніемъ собственнаго вѣса, опущенъ (лѣв. положеніе) и въ этомъ случаѣ, благодаря перерыву въ A , A' толстая обмотка B' 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 C' .

Если же затѣмъ какимъ-либо образомъ пропустить токъ, опредѣленнаго напряженія въ тонкую обмотку B , соленоидъ втянетъ въ себя желѣзный стержень и возобновитъ черезъ толстую проволоку непрерывное сообщеніе между секціей 3-го рельса и фидеромъ, такъ какъ перерывовъ въ мѣстахъ F больше не будетъ.

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' поднятіемъ желѣзнаго стержня будетъ повернутъ около оси и колѣно его, соприкасавшееся съ контактомъ C , отойдетъ отъ послѣдняго.

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

Непрерывность эта затѣмъ возобновится только тогда, когда линейный токъ, идущій черезъ толстую обмотку соленоида, прекратится, и желѣзный стержень, подъ дѣйствіемъ только собственнаго вѣса, опустится.

При этомъ движеніи внизъ желѣзный стержень повернетъ рычажокъ g' въ обратномъ направленіи и произведетъ опять соприкосаніе одного изъ его колѣнъ съ контактомъ C . Положеніе прибора въ этотъ моментъ будетъ такое же, какъ въ началѣ описанной операціи и эта операція можетъ начаться снова, повторяясь непрерывно въ теченіе любого времени.

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

Достигается это слѣдующимъ образомъ.

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

Обмотка одной изъ нихъ рассчитана 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 динамомашинокъ представляетъ такимъ образомъ не что иное, какъ вращающійся трансформаторъ постояннаго тока, благодаря чему возможно ограничиться въ батареѣ аккумуляторовъ небольшимъ числомъ элементовъ.

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

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

Поворотомъ ручки особаго выключателя пускаютъ токъ изъ батареи аккумуляторовъ въ одну изъ упомянутыхъ небольшихъ динамомашинокъ, насаженныхъ 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 имѣетъ мѣсто въ линіи. Но внѣшняя цѣпь ея, въ которую входитъ тонкая обмотка D' соленоида, разомкнута, и тока въ этой цѣпи 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) внѣшняя цѣпь маленькой динамомашинны замыкается, и слабый токъ, напряженіемъ въ 500 вольтъ, пропускается черезъ обмотку D' соленоида. Благодаря большому числу витковъ тонкой обмотки, этотъ токъ вполне достаточенъ, чтобы втянуть въ соленоидъ желѣзный стержень.

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

Съ этого момента нѣтъ болѣе надобности въ токѣ, доставляемомъ небольшою динамомашинной, и послѣдняя 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

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

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 вступитъ на секцію, непосредственно слѣдующую, часть линейнаго тока, но только часть его *), пройдетъ черезъ цѣпь тонкой обмотки D автоматическаго выключателя этой секціи и выведетъ 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 **), желѣзный 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 движенія. 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, дѣйствующей секціей слѣдовательно будетъ въ каждый моментъ лишь та, по которой происходитъ движеніе. Остальные будутъ выключены изъ цѣпи и посему опасности для людей не представляютъ.

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

Но во время движенія можно по желанію пользоваться линейнымъ токомъ для заряженія батареи аккумуляторовъ, конечно, черезъ посредство маленькой динамомашинки. 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 посылаетъ 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 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 большими 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.

Контактъ, несмотря на всѣ принимаемыя мѣры, быстро приходитъ въ негодность, и въ этомъ обстоятельствѣ заключался неуспѣхъ почти всѣхъ раньше предложенныхъ системъ. Въ разсматриваемой 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 прерывъ лишь части тока, проходящаго чрезъ двигатели, ибо токъ этотъ въ это время проходитъ уже и черезъ передній ползунъ.

Стержень падаетъ внизъ подъ дѣйствіемъ собственнаго 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 контактъ С не производитъ.

Опыты, произведенные 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 вмѣсто нея будетъ примѣнена система съ 3-мъ рельсомъ, раздѣленнымъ на секціи подобающей длины, снабженныя каждая 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 Мангаттанъ-Бичъ.

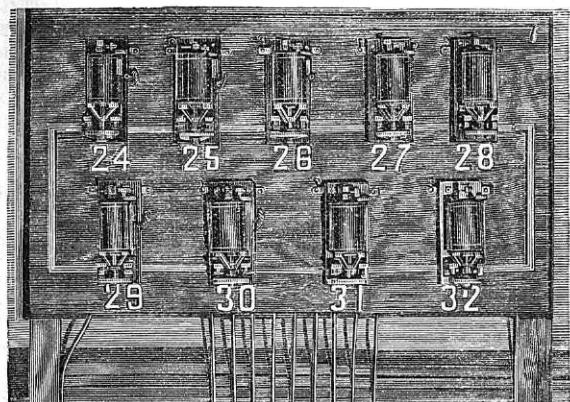
Что касается этой пробной линіи, то дѣйствуетъ она во всѣхъ отношеніяхъ превосходно. Автоматическіе выключатели группы нѣсколь-

*) Большая часть тока идетъ въ двигатели.

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

*) Соленоидъ является составною частью почти всѣхъ подобныхъ системъ.

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



Фиг. 6.

тельного дѣйствія всѣхъ выключателей по мѣрѣ того, какъ вагонъ проходилъ по соответствующимъ 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 вполне ясное представленіе о системѣ.

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

Что же касается стоимости новой системы, то мы никакихъ опредѣленныхъ 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. Мерчингъ. Въ дополненіе къ выслушанному нами крайне 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 идетъ по рельсамъ, съ другими желѣзнодорожными путями. Мнѣ припоминается, что въ 1893 году въ Вашингтонѣ я видѣлъ скрещиваніе въ одномъ уровнѣ линій паровозной съ линіями электрическаго трамвая. Изъ вашихъ фотографій можно было усмотрѣть такое скрещиваніе во многихъ мѣстахъ. Итакъ, мой первый вопросъ состоитъ въ томъ, принимаютъ ли въ настоящее время въ Америкѣ какія-либо особыя мѣры къ тому, чтобы при перекрещиваніи электрическихъ желѣзнодорожныхъ 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 крайне интересныхъ данныхъ, которыя вы сообщили въ докладѣ, касается вопроса о примѣненіи секціоннаго принципа съ

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

Наконецъ, третій вопросъ касается допустимости значительныхъ скоростей на дорогахъ съ воздушной проводкой. Вы сообщили очень цѣнный и интересный матеріалъ съ точки зрѣнія той силы тока, которая при допускаемой скорости можетъ давать извѣстную силу тяги; эти цифры представляютъ крайне важный матеріалъ 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 эксплуатаціи 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 вполне 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 дня, то хотя ролики и не особенно дороги, и я не боюсь излишняго расхода, но, во всякомъ случаѣ, это представляетъ предметъ для коммерческаго замѣшательства въ эксплуатаціи, 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 эксплуатаціи пути, можетъ быть, лучше было бы ограничить 40 верстами.

Г. О. Графтіо. Что касается перваго вопроса — относительно дѣйствія электролиза на электрическихъ дорогахъ, пересекающихся 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 пришлось видѣть, я могу отвѣтить на это отрицательно, т. е. что въ этихъ случаяхъ никакихъ мѣръ не принимается въ городахъ. Напримѣръ, на линіи Тонаванда-Локпортъ есть пересѣченіе въ уровнѣ 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 подобныя детали пересѣченія обыкновеннаго желѣзнодорожнаго 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 условіяхъ желѣзнодорожнаго 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 системъ; 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 дѣлой системы пластинокъ, которыя могутъ сгибаться и разгибаться при расширеніи рельсъ, потому что происходитъ распатываніе, если соединеніе жесткое. Но для городскихъ дорогъ расширеніе рельсъ не имѣетъ большого значенія, потому что въ послѣднее время рельсы ставятся очень большого сѣченія, и ихъ укладываютъ настолько плотно, что отъ дѣйствія температуры они не могутъ выгибаться въ стороны, а получается только добавочное напряженіе, и стыки разстраиваются тѣмъ меньше. Затѣмъ одно время примѣнялся еще способъ стыкового соединенія, именно получая непрерывные рельсы. Но этотъ способъ не нашелъ особенно большого примѣненія, потому что оказалось, что болѣе 3—4 звеньевъ сплавлять неудобно, и при морозѣ были неоднократные случаи зазора рельсъ отъ толчковъ и даже безъ всякихъ видимыхъ причинъ, а прямо отъ дѣйствія внутреннихъ силъ. Затѣмъ, недавно начали примѣнять еще другой способъ, именно заливку стыковъ снаружки чугуномъ. Этотъ способъ примѣнялся также въ Гаврѣ. Каковы результаты этого способа, я не знаю, но, повидимому, тамъ его считаютъ хорошимъ стыкомъ. Что касается устройствъ стыковъ, то я видѣлъ еще стыкъ новаго 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, гдѣ накладка соприкасается съ соотвѣтствующей частью рельса, она особымъ приборомъ очищается отъ ржавчины, а затѣмъ на мѣстахъ соприкасанія накладывается мазь, состоящая изъ обращеннаго въ порошокъ цинка съ вазелиномъ, и накладки прямо стягиваются; никакихъ мѣдныхъ полосъ нѣтъ. Не знаю, что покажетъ практика, но отъ этихъ стыковъ ожидаютъ довольно хорошихъ результатовъ, и настолько увѣрены 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 Мерфи, то около 20 марта этого года была устроена пробная вѣтка въ Мангата-Вичѣ. Это было первое примѣненіе его системы, которое было рѣшено тогда, и устроены были секціонные выключатели на линіи Балтимора-Огайо, гдѣ хотѣли замѣнить сложную воздушную установку третьимъ рельсомъ системы Мерфи. 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 Мангата-Вичѣ, 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 испортились. Затѣмъ самая система была устроена примѣнительно къ городскому трамваю, и поэтому секціи третьяго рельса были очень коротки. Кромѣ того, для трамвая удобнѣе укладывать третій рельсъ выше уровня земли. Но на линіи въ Мангата-Вичѣ 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, снаружки это имѣло видъ не особенно изысканный. Мнѣ казалось бы, что настоящее мѣсто этой системы не на городскихъ трамваяхъ, а на междугородныхъ линіяхъ. Затѣмъ были произведены опыты съ выключателями съ очень сильными токами, такъ что они гарантировали до 2,100 амперъ, т. е. для всѣхъ условій, которыя встрѣчаются на линіи Мангата-Вичѣ. Кромѣ этой линіи, нигдѣ болѣе не была примѣнена эта система; не знаю, можетъ быть, теперь она еще гдѣ-нибудь примѣнена.

Наконецъ, что касается третьяго вопроса—относительно скорости, то, можетъ быть, американцы вообще дѣйствуютъ въ этомъ отношеніи смѣлѣе, чѣмъ другія націи. У насъ, равно какъ и въ Западной Европѣ, при такой скорости обратили бы вниманіе на то, что при этомъ быстро изнашиваются колесики троллеевъ, и на тому подобныя ненормальныя явленія. Относительно скорости они, конечно, пошли дальше. Кромѣ линіи, которая идетъ около Ниагарскаго водопада, системы линіи Буффало-Тонаванда-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 чрезъ 3—4 дня, а на другихъ линіяхъ они служатъ отъ 5 дней до двухъ недѣль. Затѣмъ въ смыслъ плавности прохода чрезъ 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 председательствующаго, собраніе выразило благодарность Г. О. Графтіо за его въ высшей степени интересный докладъ.

О Б З О Р Ы.

Электролитическая гальванизація желѣзныхъ предметовъ.—Гальванизація, т. е. покрытие цинкомъ желѣзныхъ предметовъ производится обыкновенно погруженіемъ ихъ въ расплавленный цинкъ. Но при этомъ желѣзные предметы часто изгибаются и вообще мѣняютъ свою форму. Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ такое измѣненіе формъ нежелательно, обыкновенная гальванизація можетъ быть съ успѣхомъ замѣнена электролитической. Такая замѣна въ послѣднее время все болѣе распространяется, напримѣръ, на англійскихъ верфяхъ, гдѣ работаютъ, главнымъ образомъ, по способу Коперъ-Кольса (Copper-Coles). Для успѣшнаго 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. Коперъ-Кольсъ достигаетъ этого, заставляя растворъ циркулировать между электролизаторомъ и особымъ фильтромъ. Пористая масса такого фильтра состоитъ изъ смѣси измельченнаго кокса или песка съ цинковой пылью (содержащей до 97% металлическаго цинка). Проходя черезъ эту смѣсь, растворъ очищается механически и, растворяя цинкъ, теряетъ кислотную реакцію, появляющуюся въ электролизаторѣ при осажденіи цинка на катодѣ. Такъ, растворъ цинковаго купороса, содержащій 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 Коперъ-Кольсъ рекомендуетъ употреблять растворъ цинковаго купороса уд. в. 1,177 (т. е. содержащій 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 амп. на 1 кв. м., что требуетъ довольно значительной электродвижущей силы въ 6 вольтъ. Для гальванизации желѣзныхъ трубъ Коперъ-Кольсъ употребляетъ особыя длинныя, вертикальныя ванны, въ которыхъ и трубы, конечно, расположены вертикально. Если трубы должны быть покрыты цинкомъ изнутри, то аноды, — соответственныхъ размѣровъ стержни, — вводятся въ ихъ полости.

Успѣхъ операций, кромѣ чистоты состава и хорошей циркуляціи электролита, обуславливается также тщательнымъ очищеніемъ поверхности обрабатываемыхъ желѣзныхъ предметовъ до ихъ поступления въ ванны. Жиръ съ поверхности удаляется лучше всего обработкой 25%-нымъ растворомъ жѣдкаго натра. Ржавчина и механическія нечистоты легко снимаются помощью песочнаго поддувала.

БИБЛІОГРАФІЯ.

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

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

„Руководимы (?) убѣжденіемъ, что при настоящихъ оживленныхъ политическихъ и торговыхъ сношеніяхъ двухъ великихъ народовъ, русскаго и нѣмецкаго, потребность знанія ихъ языковъ дѣлается все болѣе и болѣе чувствительной, надѣемся, что предлагаемый нами учебникъ будетъ принятъ 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 дружныхъ пущу въ хорошихъ самоучителяхъ, которыхъ у насъ такъ мало и которыхъ такъ много и притомъ очень удовлетворительныхъ издано для нѣмцевъ, французовъ и англичанъ. Но предлагаемое А. Гартлебенемъ изданіе едва ли увеличитъ число хорошихъ руководствъ для русскіихъ, 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 неизвинительныхъ въ книгахъ для самообученія. Затѣмъ, статья о произношеніи изложена далеко не удовлетворительно: слово *Baume* едва ли правильно читать: „баймэ“, *Leute* — „лойте“, *Jungling* — „юллингъ“; нѣтъ указанія, какъ читается „ie“. Статья „о глагодуареніи“ (?) изложена совершенно непонятно.

Далѣе, въ терминологіи г. Щавинскій не придерживается никакой послѣдовательности: на одной страницѣ онъ называетъ *die schwache Conjugation* — слабые мѣ спряженіемъ, на другой — *м я г е м ѣ*; вмѣсто наименованія падежей онъ ввелъ обозначеніе ихъ цифрами: 1-ый, 2-ой и т. д.; по затѣмъ, по необходимости, прибѣгаетъ къ общепринятой терминологіи.

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

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

Н. Д.

Систематическій указатель русской технической литературы книжнаго 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 какому нибудь техническому вопросу. Составленъ онъ полно и систематично.

Annuaire pour l'an 1900, publié 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 астрономическія, математическія (какъ таблица смертности), географическія, физическія и нѣкоторые 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. Кромѣ таблицъ Ежегодникъ 1900 г., какъ и предыдущіе выпуски Ежегодника, украшенъ дополненіями; наибольшее изъ нихъ: „Машины производящія электрическій токъ“ Академика Корню — представляетъ собою общепонятное изложеніе основныхъ принциповъ дѣйствія динамомашинъ. Затѣмъ слѣдуютъ: „Новые газы въ атмосферѣ“ акад. Липпмана, и обычный отчетъ Жансена о дѣятельности обсерваторіи на вершинѣ Монблана за истекшій годъ.

Изданія, присланныя въ редакцію для ОТЗЫВА.

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

Лекціи по Термодинамикѣ Макса Планка, профессора теоретической физики при Берлинскомъ Университетѣ. Переводъ съ нѣмецкаго В. А. Камерининовой. 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. Изданіе 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 франкъ.

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

РАЗНЫЯ ИЗВѢСТІЯ.

Даръ Электротехническому Институту.

По закрытіи Выставки при 1-мъ Всероссийскомъ Электротехническомъ Съѣздѣ часть экспонатовъ, бывшихъ на ней, была принесена въ даръ Электротехническому Институту Императора Александра III. Наибольше цѣнный даръ полученъ отъ Общества „Гелиосъ“, которое еще ранѣе установило въ электротехнической лабораторіи Института особый трансформаторъ въ 25 киловаттъ и предоставило Институту право безплатнаго пользованія энергіею отъ станціи Общества, для научныхъ цѣлей. Въ настоящее время Общество „Гелиосъ“ 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-Электрическій заводъ прислалъ двѣ дуговья лампы, постоянного и переменнаго тока, и счетчикъ Арона новѣйшей системы. Всеобщая Компанія Электричества подарила двигатель трехфазнаго тока. Инженеръ Л. Р. Шведе—новый счетчикъ Русско-Германскаго Общества. Наконецъ, Франко-Русское Общество производства аккумуляторовъ прислало и установило цѣлую аккумуляторную батарею.

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

Автоматическія телефонныя станціи.

Лѣтомъ минушаго года во всѣхъ почтовыхъ отдѣленіяхъ Берлина, во многихъ гостиницахъ и магазинахъ установлены, въ особыхъ помѣщеніяхъ, автоматическіе телефонные аппараты, которые, при опусканіи въ особый ящикъ 10 пфенниг. (4,5 коп.), для городскихъ сообщеній, или 20 пфенниг. (9 коп.) для сообщеній съ пригородами, даютъ вызывной сигналъ на центральной станціи. Каждый разговоръ, по правиламъ Управленія телефонною сѣтью, не долженъ продолжаться болѣе трехъ минутъ.

Новый приборъ для пожарныхъ сигналовъ, системы Кейзера.

Приборъ этотъ состоитъ изъ двойнаго стекляннаго сосуда, въ формѣ песочныхъ часовъ, нижняя часть котораго наполнена ртутью. Въ средней узкой части помѣщаются двѣ платиновыя проволоочки, причемъ концы ихъ проходятъ сквозь стеклянныя стѣнки внутрь. Эти двѣ проволоочки включены въ цѣпь электрическаго звонка; снаружи имѣется кнопка для того, чтобы въ каждый данный моментъ можно было убѣдиться въ исправномъ дѣйствіи прибора. При повышеніи температуры ртуть поднимается и замыкаетъ цѣпь. Приборчики эти разсчитываются обыкновенно для температуры въ 28° Р. но могутъ быть приоровлены для какой угодно температуры. Для этого ставятъ приборъ въ воду, нагрѣтую до желаемой степени и опредѣляютъ количество ртути, необходимой для замыканія цѣпи при этой температурѣ.

Стеклянная часть прибора защищена металлической крышкою съ отверстиями.

Работа аккумуляторной батареи подъ водой.—Во время послѣднихъ наводненій въ Баваріи была затоплена между прочимъ электрическая станція въ г. Мюнхенѣ. Аккумуляторныя батареи были затоплены первыми; уравнительная батарея (системы Поллака), работавшая на трамвай, была выключена изъ цѣпи, такъ какъ трамвай прекратили работу.

Но въ виду того, что паровыя машины, за исключеніемъ двухъ, были уже на половину покрыты водой, 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 водой. Опытъ увѣнчался громаднымъ успѣхомъ. Батарея, построенная на 6.000 амперъ-часовъ при разрядномъ токтъ въ 600 амперъ, дала эту ночь 4.500 амперъ-часовъ, остальное 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 наконецъ стала спадать, что дало возможность проникнуть въ аккумуляторное помѣщеніе. Оказалось, что плотность кислоты повысилась съ 22° по Боде до 20°. Не считая слоя пла 55 мм. на верхнихъ краяхъ пластинъ, на аккумуляторныхъ ящикахъ и соединительныхъ пластинкахъ, — наводненіе не оставило никакихъ слѣдовъ. Раньше думали, что придется перемѣнить кислоту, что было бы сопряжено съ большими расходами, такъ какъ всего въ батареѣ находится 62.000 литровъ кислоты, но анализъ показалъ, что это совершенно излишне.

Электрическая энергія на золотыхъ приискахъ.

Въ настоящее время примѣненіе электрической энергіи на золотыхъ приискахъ получило большое распространеніе въ особенности въ Австраліи. „L'Electricien“ указываетъ на такіе прииски въ Кальгуріи, гдѣ почти всѣ владѣльцы перешли на электричество; удобство примѣненія электрической энергіи увеличивается тѣмъ, что центральная станція питаетъ мѣстность на 1,5 миліи вокругъ себя. Раньше двигательную силу давали паровыя машины въ 4.000 лощ. силъ, но затѣмъ перешли на газовыя двигатели, что дало большую экономію, такъ какъ хотя въ окрестностяхъ и имѣется много воды, но она сильно соленая и требуетъ выпариванія, тогда какъ при газовыхъ двигателяхъ можетъ употребляться такая вода непосредственно.

Новое примѣненіе эбонита.—Гамбургское общество Harburger Gummi-Kamm Co выпустило въ продажу эбонитовые гвозди.

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

Электрическіе кабы въ Лондонѣ.—Финансовыя результаты эксплуатаціи электрическихъ кабовъ въ Лондонѣ оказались весьма печальны. Имущество компаніи, эксплуатирующей эти кабы, назначено къ аукціонной продажѣ для уплаты кредиторамъ долга.