

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Объ устраненіи вліянія показателя мощности ($\cos\varphi$) на работу паровыхъ машинъ на электрическихъ станціяхъ примѣненіемъ особыхъ альтернаторовъ для нерабочаго тока.

Статья профессора А. А. Воронова.

На эту тему мною было сдѣлано сообщеніе на Третьемъ Всероссийскомъ Электротехническомъ Съѣздѣ, гдѣ я имѣлъ въ виду выяснитъ физическую сторону указаннаго вопроса и подтвердить возможность его рѣшенія прямымъ опытомъ на учебной трехфазной электрической станціи, находящейся въ электротехнической лабораторіи Технологическаго Института. На общеніи этомъ я не могъ входить въ подробности теоретическихъ разъясненій и техническихъ расчетовъ; между тѣмъ, вопросъ этотъ, по важности своей, требуетъ болѣе полного освѣщенія. Поэтому въ настоящей статьѣ я и думаю выяснитъ его съ большей обстоятельностью. Съ самаго начала примѣненія переменныхъ токовъ явленіе отставанія фазы тока отъ фазы напряженія приносило не мало огорченія техникамъ, во-первыхъ, тѣмъ, что вынуждало увеличивать размѣры альтернаторовъ, во-вторыхъ, тѣмъ, что, при сильномъ отставаніи фазы тока, не давало возможности нагружать паровыя машины или другіе двигатели, вращающіе альтернаторы, до нормальной ихъ мощности и, наконецъ, въ третьихъ, тѣмъ, что увеличивало потерю энергіи на нагреваніе сѣти проводовъ.

Явленіе отставанія тока зависитъ, главнымъ образомъ, отъ того, что различные приемники электрической энергіи, находящіеся въ сѣти, требуютъ для своего дѣйствія переменнаго же магнитнаго потока, создаваемого частью тока, посылаемаго со станціи. Величина этого потока въ большинствѣ случаевъ обуславливается не работою приемника, а тѣмъ постояннымъ напряженіемъ, которое поддерживается въ сѣти проводовъ. Поэтому и токъ, идущій на образование этихъ потоковъ, подвергается меньшему измѣненію, чѣмъ тотъ токъ, который идетъ непосредственно на производство какой-либо работы или энергіи. Если примемъ во вниманіе еще то,

что токъ, производящій работу, или рабочей токъ, совпадаетъ по фазѣ съ напряженіемъ въ сѣти, а токъ, идущій на намагниченіе, или нерабочій токъ*), отстаетъ отъ этого напряженія на четверть періода, т. е. на уголъ въ 90° , то и увидимъ, что, съ уменьшеніемъ работы приемниковъ въ сѣти, рабочей токъ будетъ уменьшаться быстрѣе нерабочаго, а потому уголъ отставанія полного тока отъ напряженія при этомъ условіи будетъ увеличиваться.

Такое явленіе и наблюдается какъ на станціяхъ заводскихъ, такъ и на станціяхъ городскихъ. Значеніе этого явленія лучше всего можно уяснитъ на численномъ примѣрѣ.

Положимъ, что у насъ имѣется заводская станція трехфазнаго тока съ тремя альтернаторами по 400 киловаттовъ, и что, при нормальныхъ условіяхъ работы, отставаніе фазы тока опредѣляется величиною $\cos\varphi=0,8$, что соответствуетъ углу $\varphi=36^\circ 50'$. Если мы допустимъ, что отдача альтернатора равна 92% , то дѣйствительная мощность каждой паровой машины должна равняться $400 : 0,92 = 435$ киловаттамъ, или 590 лощ. силамъ; альтернаторъ же долженъ быть рассчитанъ на $400 : 0,8 = 500$ киловольтамперовъ, т. е. на 500 киловаттовъ при $\cos\varphi=1$. Такимъ образомъ, мощность альтернатора должна быть на 25% болѣе той, которой можно было бы ограничиться при полномъ совпаденіи фазъ.

Допустимъ затѣмъ, что напряженіе станціи равно 525 вольтамъ; тогда нормальный токъ каждаго альтернатора долженъ равняться

$$\frac{500000}{1,73 \cdot 525} = \sim 550 \text{ амперамъ.}$$

Допустимъ далѣе, что вслѣдствіе неполной работы завода и слабой нагрузки электродвигателей, отставаніе тока увеличилось на столько, что получился $\cos\varphi=0,6$, что соответствуетъ углу $\varphi=53^\circ 10'$. Тогда мощность альтернатора, при нормальной для него силѣ тока будетъ равна $1,73 \cdot 525 \cdot 550 \cdot 0,6$ ваттамъ, или $500 \cdot 0,6 = 300$ киловаттамъ. Слѣдовательно, паровую машину можно будетъ нагрузить только до $\frac{3}{4}$ ея нормальной силы.

Допустимъ, что, желая увеличить продуктив-

*) Безваттный токъ.

ность паровой машины, мы увеличимъ предѣльную силу тока альтернатора на 10%, тогда количество теплоты въ его обмоткѣ будетъ выдѣляться болѣе въ 1,1² раза или на 21% и даже нѣсколько еще болѣе этой цифры, вслѣдствіе увеличенія температуры обмотки. Но и при такой силѣ тока мы получимъ предѣльную мощность альтернатора только въ 300 киловаттовъ; слѣдовательно, предѣльная нагрузка паровой машины будетъ составлять приблизительно 83% нормальной нагрузки.

Когда нагрузка одного альтернатора дойдетъ до этого предѣла, то придется пустить въ ходъ второй альтернаторъ и, слѣдовательно, нагрузку въ 330 киловаттовъ, которой, при нормальныхъ условіяхъ, мало и для одного альтернатора, придется раздѣлить на два альтернатора, нагрузивъ каждый всего только 165 киловаттами. Само собою разумѣется, что при такихъ условіяхъ паровыя машины не могутъ работать экономично.

Для устраненія всѣхъ указанныхъ неудобствъ долгое время стремились примѣнить конденсаторы, какъ на станціи, такъ и въ самой сѣти проводовъ, но всѣ эти стремленія пока не привели ни къ какимъ положительнымъ результатамъ, такъ какъ конденсаторы выходятъ слишкомъ громоздкими и дорогими. Предлагалось также, для уменьшенія угла отставанія тока, примѣнять въ сѣти и на станціи вмѣстѣ съ общеупотребительными асинхронными двигателями двигатели синхронные, которые въ отличіе отъ первыхъ могутъ работать не отстающимъ, а опережающимъ токомъ. Эти двигатели представляютъ собою обыкновенные альтернаторы, но работающіе лишь въ качествѣ не генераторовъ электрической энергіи, а приемниковъ ея. Они требуютъ, для образованія магнитнаго потока, особаго источника постоянного тока и обладаютъ многими неудобствами, ограничивающими ихъ примѣненіе. Достаточно указать, на примѣръ, на возможность полной остановки при перегрузкѣ и недостаточномъ возбужденіи. Поэтому такіе двигатели хотя и примѣняются, но въ очень рѣдкихъ случаяхъ. Да они и не рѣшаютъ окончательно вопроса, такъ какъ не даютъ возможности управлять угломъ отставанія тока въ генераторахъ по желанію.

Сдѣлавъ это предварительное разъясненіе, я перейду теперь къ тому способу, который, по моему мнѣнію, даетъ полную возможность управлять угломъ отставанія тока въ генераторахъ по желанію и, слѣдовательно, можетъ совершенно устранить то неудобство, которое создается пониженіемъ $\cos\varphi$, или показателя мощности, на станціи.

Способъ этотъ по существу своему не представляетъ особой новости, но тѣмъ не менѣе до сего времени онъ надлежащимъ образомъ не примѣняется.

Онъ заключается въ примѣненіи на электрической станціи особыхъ альтернаторовъ для нерабочаго тока, которые, такимъ образомъ, не

будутъ ни генераторами, ни двигателями, а должны служить для полнаго или неполнаго резонанса того нерабочаго тока, который требуется въ сѣти. Такимъ образомъ, эти альтернаторы должны выполнять ту роль, для которой безуспѣшно предлагались конденсаторы. Такіе альтернаторы, мнѣ кажется, поэтому и можно было бы назвать резонаторами.

Для болѣе нагляднаго представленія объ этомъ способѣ, я постараюсь выяснитъ его на томъ же численномъ примѣрѣ, который былъ приведенъ выше.

Возьмемъ опять тотъ случай, когда сила тока будетъ болѣе на 10% нормальной силы тока для одного альтернатора, т. е. когда она будетъ равна $1,1 \cdot 550 = 605$ амперамъ, а $\cos\varphi$ будетъ равенъ 0,6. При такомъ условіи, чтобы обезпечить безопасную работу альтернаторовъ, придется пустить въ ходъ параллельно два альтернатора и всю нагрузку раздѣлить между ними. При параллельной работѣ альтернаторовъ всегда стараются распредѣлить нагрузку пропорціонально силѣ машинъ и при томъ такимъ образомъ, чтобы и силы токовъ были также ей пропорціональны. При соблюденіи этого условія общая сила тока всей станціи будетъ равна алгебраической суммѣ токовъ всѣхъ параллельно работающих альтернаторовъ, а показатели мощности будутъ равны показателю мощности, общему для всей станціи, а слѣдовательно будутъ равны и между собою. Конечно, на практикѣ въ точности никогда это не достигается, но небольшія отступленія не приносятъ большого вреда, а чѣмъ они будутъ меньше—тѣмъ лучше. Такое распредѣленіе достигается легче, когда всѣ машины одинаковы.

Теперь мы и посмотримъ, какимъ образомъ можно распредѣлить на два альтернатора нагрузку въ 605 амперовъ при $\cos\varphi = 0,6$.

Общаго для всей станціи показателя мощности 0,6 никакими средствами, имѣющимися на самой станціи, измѣнить нельзя. Величина его опредѣляется свойствами и работою приемниковъ, находящихся въ сѣти, слѣдовательно, внѣ распоряженія станціи. Последняя заботится только о томъ, чтобы поддерживалось опредѣленное и постоянное напряженіе, какъ напр., взятомъ нами для расчета случаѣ—525 вольтовъ. Силу тока станція должна давать такую, какая потребуется, а съ $\cos\varphi$ должна мириться съ такимъ, какой онъ получится. Что же касается до силы тока и $\cos\varphi$ каждаго альтернатора въ отдѣльности, то ихъ можно измѣнять по желанію, но это измѣненіе будетъ отзываться на всѣхъ другихъ альтернаторахъ.

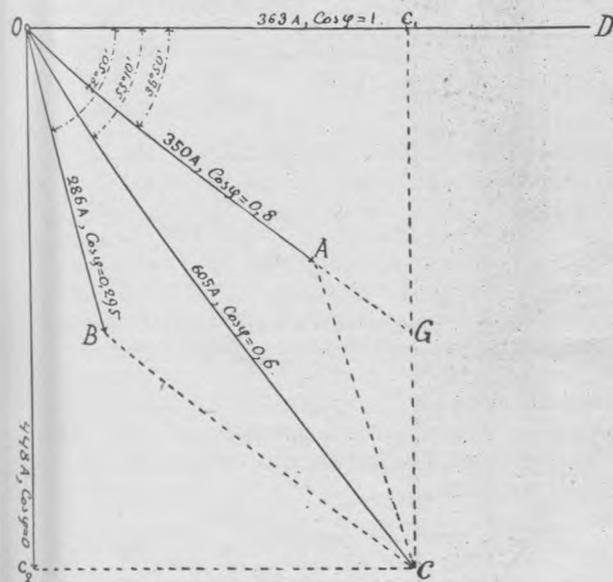
Такимъ образомъ, если мы распредѣлимъ указанную выше нагрузку поровну на два альтернатора и заставимъ ихъ работать при одинаковыхъ условіяхъ, то на каждый альтернаторъ придется 302,5 ампера при $\cos\varphi = 0,6$. Слѣдовательно, каждый альтернаторъ будетъ развивать мощность въ

$$1,73 \times 525 \times 302,5 \times 0,6 = 165 \text{ киловаттов.}$$

Но ту же самую нагрузку мы можем распределить иначе. Напр., мы можем один из альтернаторов заставить работать при $\text{Cos}\varphi = 0,8$, и развивать токъ въ 350 амперовъ. Тогда мощность, развиваемая имъ, будетъ равна

$$1,73 \times 525 \times 350 \times 0,8 = 255 \text{ киловаттов.}$$

Выразимъ этотъ токъ векторомъ OA, отстающимъ отъ вектора OD, выражающаго напряженіе на уголь въ $36^{\circ}50'$ косинусъ котораго равенъ 0,8 (фиг. 1). Другой альтернаторъ, при этихъ условіяхъ, будетъ давать такую силу тока, которая выразится векторомъ OB; она будетъ равна 286 амперамъ, а $\text{Cos}\varphi$ для этого альтернатора будетъ равенъ только 0,29. При этомъ два



Фиг. 1.

(Въесто 448А слѣдуетъ читать 484А).

тока — отъ перваго альтернатора, выражаемый векторомъ OA, и отъ втораго альтернатора, выраженный векторомъ OB, — сложатся геометрически и дадутъ равнодѣйствующій токъ OC, равный 605 амперамъ при $\text{Cos}\varphi = 0,6$, т. е. дадутъ именно тотъ токъ, который требуется внѣшней сѣтью.

Мощность втораго альтернатора будетъ, при этомъ, равна

$$1,73 \times 525 \times 286 \times 0,29 = 75 \text{ киловаттамъ.}$$

Построеніе, показанное на фиг. 1 и служащее для опредѣленія силы тока втораго альтернатора и угла отставанія этого тока отъ общаго напряженія, выражаемаго векторомъ OD, — показываетъ, что, если первый альтернаторъ будетъ работать съ меньшимъ угломъ отставанія, то второй альтернаторъ будетъ работать съ угломъ отставанія еще болѣе значительнымъ, чѣмъ тотъ

уголъ, на который отстаетъ токъ во внѣшней сѣти.

Такое распредѣленіе работы между альтернаторами будетъ менѣе выгодно, чѣмъ первое, т. е. распредѣленіе равномерное съ одинаковыми углами отставанія. Дѣйствительно, во второмъ случаѣ паровая машина втораго альтернатора будетъ работать съ очень незначительной нагрузкой, и, кромѣ того, на нагреваніе обмотки потратится большее количество энергіи. Если обозначимъ черезъ R сопротивление обмотки арматуры каждаго альтернатора, то, при равномерномъ распредѣленіи, мощность, идущая на нагреваніе обмотокъ, будетъ равна $2.302,5^2 R$ или 183, R киловаттамъ, если R будетъ выражено въ омахъ, а во второмъ случаѣ эта мощность будетъ равна $(350^2 + 286^2) \cdot R$ или 205, R киловаттамъ.

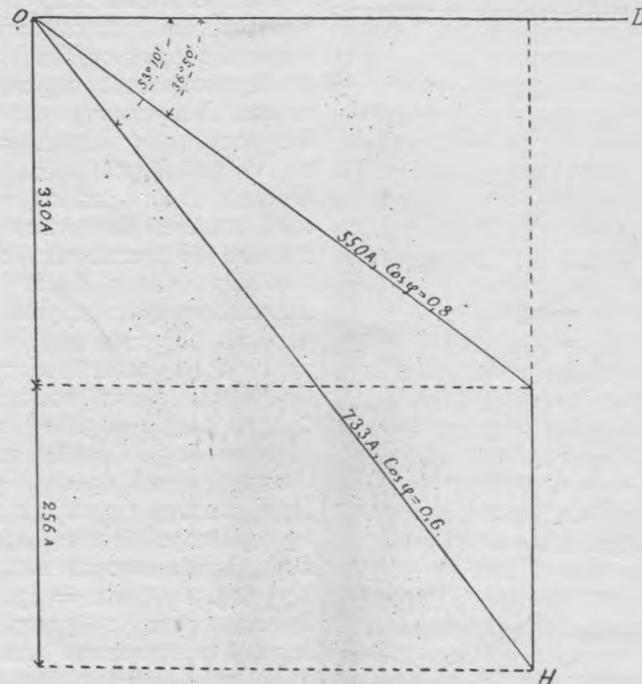
Распредѣленіе нагрузки между двумя альтернаторами можно сдѣлать какое угодно посредствомъ соотвѣстнаго измѣненія возбужденія альтернаторовъ и впуска пара въ паровыя машины. Допустимъ, что мы такъ распредѣлили нагрузку, что одинъ альтернаторъ нагруженъ всѣмъ рабочимъ токомъ, а другой всѣмъ нерабочимъ. Въ этомъ случаѣ весь токъ, отпускаемый станціей во внѣшнюю сѣть, разложится на станціи на два такихъ составляющихъ тока, изъ которыхъ одинъ будетъ совпадать по фазѣ съ напряженіемъ, а другой будетъ отставать отъ него на 90° . Эти два составляющихъ тока выразятся на нашей діаграммѣ векторами Oe_1 и Oe_2 . Силы этихъ токовъ для нашего примѣра будутъ равны $605 \cdot \text{Cos}\varphi$ и $605 \cdot \text{Sin}\varphi$ или $605 \cdot 0,6 = 363$ и $605 \cdot 0,8 = 484$ амперамъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ уголь $\varphi = 53^{\circ}10'$ а $\text{Sin}\varphi = 0,8$. При такомъ распредѣленіи токовъ первый альтернаторъ будетъ давать токъ въ 363 ампера, а развиваемая имъ мощность будетъ равна $1,73 \cdot 525 \cdot 363 \cdot \text{Cos}90^{\circ} = 330$ киловаттамъ, второй же альтернаторъ будетъ давать токъ въ 484 ампера, а развиваемая имъ мощность будетъ равна нулю, такъ какъ какъ показатель мощности для него будетъ равенъ $\text{Cos}90^{\circ} = 0$. А если это такъ, то для втораго альтернатора и не нужна паровая машина. Конечно, для его вращенія, для возбужденія его индукторовъ, для преодоленія всѣхъ его вредныхъ сопротивленій потребуются затраты энергіи, но эта энергія будетъ не велика и можетъ быть заимствована отъ перваго альтернатора, т. е. будетъ развиваться первой же паровой машиной. Такимъ образомъ второй альтернаторъ будетъ работать въ качествѣ синхроннаго электродвигателя, пущеннаго безъ всякой нагрузки; первый же альтернаторъ будетъ давать токъ, составляющій всего лишь 0,66 нормальнаго тока. Слѣдовательно, не будетъ никакихъ препятствій для дальнѣйшаго увеличенія нагрузки какъ этого альтернатора, такъ и вращающей его паровой машины.

Но если съ паровою машиною соединенъ альтернаторъ, рассчитанный на работу съ $\text{Cos}\varphi = 0,8$,

то въ такомъ распредѣленіи токовъ, какое въ послѣднемъ случаѣ нами было принято въ расчетъ, нѣтъ никакой надобности. Совершенно достаточно увеличить показатель мощности перваго рабочаго альтернатора только до 0,8 вмѣсто 1. Распредѣленіе токовъ, соответствующее этому условию, показано также на фиг. 1. При этомъ распредѣленіи на долю перваго альтернатора, который мы будемъ называть генераторомъ, придется токъ, выражаемый векторомъ OG ; сила этого тока будетъ равна $605 \cdot \frac{0,6}{0,8} = 454$ амперамъ. На долю же втораго альтернатора или резонатора, придется токъ, выражаемый векторомъ GC . Этотъ токъ будетъ составлять лишь часть всего нерабочаго тока, равную полному нерабочему току безъ той его части, которую принялъ на себя генераторъ, то есть

равна $550 \cdot \frac{0,8}{0,6} = 733$ амперамъ. При этомъ полный нерабочій токъ будетъ равенъ 733. $\sin 53^{\circ}10' = 733 \cdot 0,8 = 586$ амперамъ, а генераторъ приметъ на себя $550 \cdot \sin 36^{\circ}50' = 550 \cdot 0,6 = 330$ амперовъ, слѣдовательно, на долю резонатора придется $586 - 330 = 256$ амперовъ.

Слѣдовательно, резонаторъ долженъ развивать токъ въ 256 амперовъ при 525 вольтахъ. Такимъ образомъ, кажущаяся мощность его будетъ равна $1,73 \cdot 525 \cdot 256 = 233$ киловольтамперамъ. Если бы, служа генераторомъ и работая при $\cos \varphi = 1$, онъ давалъ отдачу въ 92%, то на всѣ его вредныя сопротивленія потратилось бы 19,6 киловатта. Приблизительно такая же затрата мощности потребуется на вращеніе его и въ томъ случаѣ, когда онъ будетъ работать въ качествѣ резонатора, но получится эта мощность отъ того



Фиг. 2.

$484 - 454 \cdot 0,6 = 211$ амперамъ. Коэффициентъ 0,6 здѣсь равенъ синусу угла отставаніе тока генератора.

Такое распредѣленіе токовъ будетъ болѣе выгоднымъ, такъ какъ резонаторъ потребуется меньшихъ размѣровъ, а генераторъ будетъ работать въ нормальныхъ для него условіяхъ.

Нормальная сила тока нашего генератора равна 550 амперамъ, стало быть теперь онъ допускаетъ увеличеніе силы тока еще на $550 - 454 = 96$ амперовъ.

Посмотримъ, насколько должна увеличиться общая сила тока станціи при общемъ $\cos \varphi = 0,6$, чтобы генераторъ былъ нагруженъ полнымъ токомъ при $\cos \varphi = 0,8$.

На диаграммѣ, показанной на фиг. 2, эта сила тока выражается векторомъ OH . Она будетъ

генератора, который производитъ всю полезную работу, слѣдовательно, за счетъ работы его паровой машины. Очевидно, что и сила тока въ генераторѣ по этой причинѣ будетъ нѣсколько болѣе 550 амперовъ.

Въ этомъ случаѣ вся работа станціи получится отъ одной только паровой машины сплошной нагруженной, между тѣмъ какъ, если бы станція не была снабжена резонаторомъ, то для развитія этой работы потребовалось бы пустить въ ходъ двѣ паровыя машины, которыя стали бы работать съ половинной нагрузкой. Въ этомъ заключается выгода примѣненія резонаторовъ. Я приведу теперь сравненіе тѣхъ работъ, которыя потребовались бы отъ паровыхъ машинъ въ случаѣ параллельной работы двухъ генераторовъ и въ случаѣ работы одного генератора съ резо-

наторомъ для силы тока въ 733 ампера при $\cos\varphi=0,6$.

Допустимъ, что какъ отдача генераторовъ, такъ и каждая отдача резонатора равны 92%.

При этой отдачѣ, какъ мы уже опредѣлили выше, для вращения нашего генератора въ 400 киловаттовъ потребуется паровая машина въ 435 киловаттовъ. Слѣдовательно, 35 киловаттовъ пойдет на преодоленіе вредныхъ сопротивленій генератора. Всю эту потерю, составляющую 8% полной мощности генератора, мы можемъ разбить на слѣдующія вѣроятныя величины: 2% на нагреваніе обмотки арматуры, 2% на нагреваніе обмотки индукторовъ и остальные 4% на потери на треніе, гистересисъ, токи Фуко и проч. Разбивъ, такимъ образомъ, потерю въ 35 киловаттовъ, мы получимъ слѣдующія потери, выраженные въ ваттахъ:

на нагреваніе обмотки арматуры . . .	8750
на » » индукторовъ . . .	8750
на остальные потери	17500

Отсюда мы получимъ какъ вѣроятную величину сопротивленія одной фазы обмотки арматуры $\frac{8750}{3550^2} = 0,0097$ ома.

Изъ всѣхъ указанныхъ потерь послѣднія двѣ мало измѣняются при разныхъ условіяхъ работы машинъ, и мы будемъ считать ихъ постоянными; первая же измѣняется пропорціонально квадрату силы тока.

Основываясь на показанныхъ цифрахъ, мы получимъ, для правильной параллельной работы двухъ генераторовъ, полезную мощность каждаго изъ нихъ

$$1,73 \cdot 525 \cdot \frac{733}{2} \cdot 0,6 = 200 \text{ киловаттовъ.}$$

Сумма же потерь одного генератора будетъ $3,0,0097 \cdot \left(\frac{733}{2}\right)^2 + 8750 + 17500 = 30,2$ квт.

Слѣдовательно, при этомъ должны работать двѣ паровыя машины и развивать всего 460,4 киловаттовъ.

Для работы же одного генератора съ резонаторомъ получимъ полезную мощность генератора, равную $1,73 \cdot 525 \cdot 550 \cdot 0,8 + 19,6 = 419,6$ киловатта.

Сила тока этого генератора будетъ нѣсколько болѣе 550 амперъ, приблизительно она будетъ равна

$$\frac{419,6 \cdot 1000}{1,73 \cdot 525 \cdot 0,8} = 577 \text{ амперамъ.}$$

Сумма же всѣхъ потерь въ генераторѣ будетъ равна

$$3,0,0097 \cdot 577^2 + 8750 + 17500 = 36 \text{ киловаттовъ.}$$

Слѣдовательно, при этомъ должна работать одна паровая машина и развивать 455,6 киловатта, что для машины, нормальная мощность которой равна 435 киловаттамъ, представляетъ перегрузку около 5%.

Такимъ образомъ, этотъ расчетъ показываетъ, что съ примѣненіемъ резонатора расходъ работы будетъ не болѣе того, который получается безъ его примѣненія, расходъ же пара будетъ значительно менѣе, такъ какъ паровыя машины будутъ работать при болѣе выгодныхъ условіяхъ.

Альтернаторъ, служащій въ качествѣ резонатора, по существу своего устройства, можетъ совершенно не отличаться отъ генератора. Онъ долженъ только имѣть болѣе сильную обмотку на индукторахъ, такъ какъ реакція токовъ арматуры будетъ дѣйствовать въ немъ сильнѣе, чѣмъ въ генераторѣ, какъ это будетъ выяснено далѣе.

Отсюда же слѣдуетъ, что резонаторъ можетъ служить также и генераторомъ тока, если онъ будетъ соединенъ съ соотвѣтственнымъ двигателемъ, напр., съ паровой машиной, и обратно, каждый генераторъ можетъ служить резонаторомъ, если, по приведеніи въ синхроническое вращеніе безъ нагрузки, онъ будетъ разцѣпленъ съ паровой машиной. Если же резонаторомъ долженъ служить совершенно особый альтернаторъ, то онъ долженъ быть снабженъ приспособленіемъ для приведенія его въ синхроничное вращеніе, напр., асинхроннымъ двигателемъ, достаточнымъ для приведенія его во вращеніе безъ возбужденія индукторовъ. Въ послѣднемъ случаѣ резонаторъ можетъ быть болѣе быстроходнымъ и, слѣдовательно, можетъ имѣть меньшіе размѣры, чѣмъ соотвѣтственный генераторъ. Я не буду входить далѣе въ подробности того вопроса, какимъ образомъ можно осуществить подобное устройство. Рѣшеніе этого вопроса доступно всякому инженеру.

Для управленія работой генераторовъ вмѣстѣ съ резонаторами уже нельзя будетъ ограничиться примѣненіемъ только амперметровъ и вольтметровъ на распредѣлительной доскѣ станціи, но необходимо будетъ дополнить ее или ваттметрами или фазометрами. Оба эти прибора являются необходимыми только при генераторахъ, при резонаторахъ же они будутъ совершенно излишними.

Примѣненіе тѣхъ или другихъ приборовъ обусловливаетъ и способъ управленія альтернаторами.

Въ случаѣ примѣненія ваттметровъ, кромѣ амперметровъ, генераторы должны нагружаться обыкновеннымъ способомъ до тѣхъ поръ, пока амперметры ихъ не покажутъ нормальную силу тока. Если при этомъ ваттметры покажутъ нормальную нагрузку, то въ резонаторахъ не будетъ надобности. Если же ваттметры покажутъ нагрузку менѣе нормальной, то для возможности дальнѣйшаго ея увеличенія необходимо будетъ пустить въ ходъ резонаторъ и передавать на него такую часть нерабочаго тока, чтобы токъ генераторовъ не превышалъ нормальной величины. Слѣдовательно, при этомъ мощность генераторовъ $V J \cos\varphi$ должна увеличиваться путемъ увеличенія не силы тока J , а $\cos\varphi$.

Управленіе работой генератора должно производиться, при этомъ, обычнымъ путемъ, т. е.

измѣненіемъ впуска пара и силы возбуждающаго тока. Постѣдній будетъ увеличиваться лишь въ меньшей степени. Управление же резонаторомъ должно производиться только однимъ измѣненіемъ возбуждающаго тока.

Когда мощность, развиваемая работающими генераторами, доидетъ до нормальной величины, соотвѣтствующей полной нагрузкѣ паровыхъ машинъ, то при дальнѣйшемъ ея увеличеніи, конечно, необходимо будетъ пустить въ ходъ слѣдующій генераторъ и нагрузку распределить между всѣми генераторами. Если, при этомъ, не получится избытка нерабочаго тока, то резонаторъ можетъ быть остановленъ.

Въ другомъ изъ упомянутыхъ выше двухъ случаевъ, именно, въ случаѣ примѣненія фазометра, указывающаго уголъ отклоненія фазы тока генератора, удобнѣе поддерживать на генераторахъ нормальный уголъ отклоненія и отводить въ резонаторъ излишнюю часть нерабочаго тока при увеличеніи этого угла сверхъ нормальной величины. Напримѣръ, если генераторы рассчитаны на работу съ $\cos\varphi = 0,85$, соотвѣтствующій этому уголъ $\varphi = 32^\circ$. Этотъ уголъ и долженъ поддерживаться на генераторѣ. Очевидно, что при первомъ способѣ время дѣйствія резонаторовъ будетъ менше, чѣмъ при второмъ, а потому первый способъ будетъ болѣе выгоднымъ, такъ какъ при одной и той же продолжительности дѣйствія паровыхъ машинъ, работа вредныхъ сопротивленій резонатора будетъ менше.

Выше было упомянуто, что нерабочій токъ подвергается меньшему измѣненію, чѣмъ токъ рабочій. Рассмотримъ, напримѣръ, условія работы заводской станціи. Когда заводъ работаетъ съ малой производительностью, то многіе двигатели будутъ работать лишь съ незначительной нагрузкой; но, между тѣмъ, они потребуютъ того нерабочаго тока, который обусловливается напряженіемъ въ сѣти и служитъ для образования магнитнаго потока, создающаго обратную электродвижущую силу. Величина этого нерабочаго тока будетъ зависѣть главнымъ образомъ отъ числа и размѣровъ двигателей приведенныхъ въ дѣйствіе, а не отъ той мощности, которую они развиваютъ. Короче можно сказать, что нерабочій токъ будетъ зависѣть, главнымъ образомъ, отъ числа номинальныхъ силъ двигателей, пущенныхъ въ ходъ, рабочій же токъ будетъ зависѣть, главнымъ образомъ, отъ мощности, дѣйствительно развиваемой двигателями. Отсюда ясно, что при неполной работѣ завода отношеніе нерабочаго тока къ рабочему или $\tan\varphi$ будетъ болѣе, а слѣдовательно $\cos\varphi$ будетъ менше. Это явленіе и наблюдается всегда на заводахъ. Подобное же явленіе происходитъ и на станціяхъ городскихъ, гдѣ вмѣсто двигателей будутъ болѣе или менше нагруженные трансформаторы.

Такимъ образомъ, между силою тока, посылаемаго всей станціей въ сѣть проводовъ и угломъ отставанія этого тока отъ напряженія будетъ нѣкоторая зависимость. Если соотвѣствен-

но измѣненію силы тока и угла отставанія, будетъ измѣняться также длина и уголъ наклона вектора, выражающаго этотъ токъ, то конецъ этого вектора опишетъ кривую линію, которая и выразитъ законъ зависимости между силою тока и угломъ отставанія. Такая кривая будетъ подобна кривой АВ, показанной на фиг. 3. Конечно, ни въ какомъ частномъ случаѣ кривая эта не будетъ имѣть одного вполне опредѣленнаго вида, такъ какъ для одной и той же силы тока при разныхъ условіяхъ могутъ получаться нѣсколько различные углы отставанія.

Если бы можно было для каждой данной силы тока отложить наибольшій и наименьшій углы, опредѣляемые практикой станціи, то можно было бы построить двѣ кривыя, которыя опредѣлили бы предѣлы измѣненія угловъ отставанія для каждаго даннаго тока и предѣлы измѣненія тока для каждаго даннаго угла. Но такъ какъ это обстоятельство не измѣняетъ разсужденія, то я ограничиваюсь здѣсь приведеніемъ одной только кривой, показанной на фиг. 3. Допустимъ теперь, что наша станція состоитъ изъ тѣхъ же трехъ генераторовъ по 400 киловаттовъ каждый, которые взяты были нами ранѣе для примѣрнаго расчета. Наибольшія силы тока, которыя могутъ дать одинъ, два и три такихъ генератора, равны 550, 1100 и 1650 амперамъ. Опишемъ радіусами Oa , Oc и Ob , выражающими эти силы токовъ, дуги до пересѣченія съ кривой АВ. Проведемъ затѣмъ прямую линію подъ угломъ, соотвѣтствующимъ $\cos\varphi = 0,8$, для котораго рассчитаны генераторы. Черезъ точки пересѣченія этой прямой съ упомянутыми выше дугами, т. е. черезъ точки g , h и p , проведемъ линіи, перпендикулярныя къ горизонтальной оси OD . Эти линіи будутъ lb , ml и np . Онѣ отдѣлятъ на горизонтальной оси OD отрѣзки ol , lm и mn , которыя могутъ быть приняты за мѣру нормальной мощности генераторовъ.

Дѣйствительно мощность трехфазнаго генератора будетъ равна $1,73 \cdot VJ \cos\varphi$. Въ нашемъ примѣрѣ $J \cdot \cos\varphi = 550 \cdot 0,8$ или 440 амперъ. Эта величина, представляющая нормальный рабочій токъ одного генератора, выразится на нашей діаграммѣ отрѣзками ol , lm и mn , если ихъ измѣрять масштабомъ токовъ. Мощность же генераторовъ выразится произведеніемъ рабочаго тока на напряженіе; но такъ какъ оно будетъ постоянно и представляетъ общую величину для всѣхъ генераторовъ, то, слѣдовательно, надо только отыскать тотъ масштабъ, въ которомъ тѣ же отрѣзки выразятъ не рабочіе токи, а соотвѣтствующія имъ мощности. Въ нашемъ примѣрѣ нормальная мощность одного генератора будетъ $1,73 \cdot 525 \cdot 440 = 400$ киловаттамъ. Слѣдовательно, отрѣзокъ ol долженъ соотвѣтствовать 400 киловаттамъ. Такимъ образомъ, на оси OD мы можемъ построить масштабъ для измѣренія мощности, развиваемой генераторами.

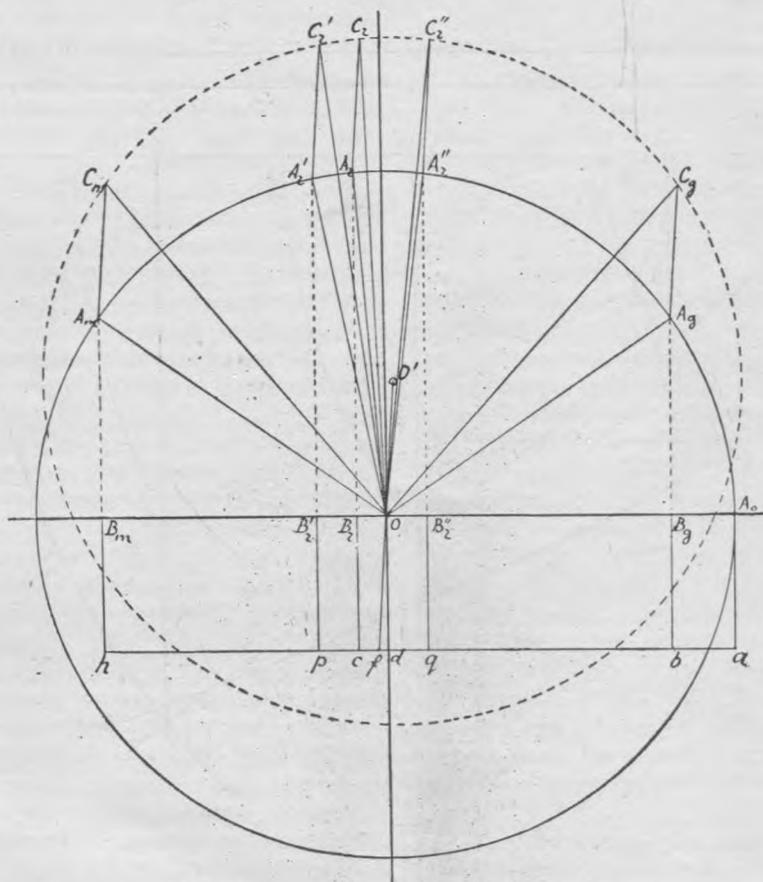
Теперь мы рассмотримъ работу станціи при

нормальной мощности, какъ самихъ генераторовъ, такъ и паровыхъ машинъ.

Соответствующее этому случаю построение показано на фиг. 3 пунктирными линиями. Нормальные токи одного, двухъ и трехъ генераторовъ при полной ихъ нагрузкѣ выражаются, при этомъ, векторами og' , oh' и ok' , а дѣйствие резонатора выразится при одномъ генераторѣ площадью $a'g'b$ при двухъ — площадью $c'h'd$ и при трехъ — площадью $e'k'f$.

Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ дѣйствие

и допустимъ, что направленіе этого вектора будетъ OA_0 . Величину этого вектора мы возьмемъ такую, чтобы она выражала намъ то постоянное напряженіе, которое должно быть у зажимовъ альтернатора. Очевидно, что, если токъ совпадаетъ по фазѣ съ напряженіемъ, то оно выразится векторомъ OA_0 ; если не совпадаетъ, то векторъ напряженія будетъ имѣть ту же величину, но какое-либо иное направленіе. При всевозможныхъ положеніяхъ этого вектора, концы его будутъ всегда находиться на окружности,



Фиг. 4.

резонатора будетъ болѣе сильнымъ и болѣе продолжительнымъ, а кажущаяся его мощность должна соответствовать силѣ тока въ 375 амперовъ и равняется $1,73 \cdot 525 \cdot 375 = 340$ киловольт-амперамъ. Слѣдовательно, кажущаяся мощность резонатора увеличена на 107, а генераторовъ уменьшена на 175 киловольтамперовъ.

Теперь мы перейдемъ къ вопросу о свойствахъ резонатора и объ отличіи его дѣйствія отъ дѣйствія генератора и двигателя.

Для выясненія этого вопроса обратимся къ диаграммѣ, показанной на фиг. 4. Для построения этой диаграммы мы примемъ постояннымъ по направленію векторъ не напряженія, какъ было принято въ предыдущихъ диаграммахъ, а силы тока рассматриваемого нами альтернатора,

описанной радиусомъ OA_0 и показанной сплошной линіей.

Какъ бы нашъ альтернаторъ ни работалъ, въ его арматурѣ всегда будетъ развиваться электродвижущая сила самоиндукціи, которая будетъ отставать отъ тока на 90° . Допустимъ, что при нормальной силѣ тока эта электродвижущая сила выразится векторомъ Od . Кроме этого, отъ омическаго сопротивленія обмотки арматуры въ ней явится потеря напряженія, которую мы тоже можемъ считать нѣкоторой электродвижущей силой. Она выразится векторомъ, прямо противоположнымъ вектору тока. Пусть это будетъ векторъ df . Геометрическая сумма этихъ двухъ векторовъ Od и df дастъ векторъ Of , который выразитъ полную реакцію арматуры.

Если мы будем разсматривать все явления при нормальной силе тока, то вектор Of будет иметь постоянную величину и направление.

Постоянное напряжение, величина которого определяется радиусом OA_0 , будет представлять равнодействующую от геометрического сложения электродвижущей силы, создаваемой индукторами, и указанной выше реакции арматуры. Но, если векторы равнодействующей и один из составляющих нам известны, то другой составляющий вектор может быть определен.

Допустим, например, что ток данного альтернатора отстает от напряжения на угол A_0OA_0 , тогда напряжение выразится вектором OA_0 ; реакция арматуры выразится вектором C_0A_0 , равным и параллельным Of ; следовательно, электродвижущая сила, создаваемая индукторами, должна выразиться вектором OC_0 .

Подобным же образом можно определить этот вектор и для всякого другого угла отставания тока. Не трудно видеть, что если точки A располагаются по окружности, то и точки C также располагаются по окружности; только центр этой окружности будет отстоять от центра O на расстоянии равном Of , отложенном по другую его сторону на продолжении линии Of , а именно, будет находиться в точке O' . Если мы выберем такой масштаб для силы тока, чтобы величина его выражалась длиной Od , то полезная мощность, развиваемая альтернатором, может быть выражена площадью $OdbV_0$, т. е. площадью прямоугольника, построенного на сторонах Od , равной J , и OV_0 , равной $VCos\varphi$. Если бы ток совпадал с напряжением, то мощность альтернатора выразилась бы площадью $OdaA_0$. Поэтому эта площадь будет выражать кажущуюся мощность альтернатора в киловольтамперах.

Если наш альтернатор должен работать в качестве двигателя, то он будет получать мощность, а не отдавать ее, следовательно в этом случае она будет отрицательна и выразится площадью прямоугольника $OdhV_m$, построенного на сторонах Od , равной J , и OV_m , равной $OA_mCos\angle A_0OC_m$. Следовательно, напряжение теперь выразится вектором OA_m , реакция арматуры — вектором C_mA_m , а электродвижущая сила, создаваемая индукторами, — вектором OC_m .

Наконец, если альтернатор должен работать в качестве резонатора, то мощность, развиваемая им, будет также отрицательна, т. е. она также будет получаться от генераторов, но пойдет только на преодоление вредных сопротивлений и на нагревание обмотки. Например, если на все это пойдет 8% от номинальных киловольтамперов альтернатора, то отрицательная мощность, идущая на преодоление его вредных сопротивлений, выразится площадью $OdcV_r$, которая равна 0,08 площади $OdaA_0$. Сторона OV_r этого прямоугольника бу-

дет проекцией вектора OA_r , который выразит напряжение резонатора. Реакция арматуры выразится вектором C_rA_r , а электродвижущая сила, создаваемая индукторами, выразится вектором OC_r . Этот вектор больше векторов OC_0 и OC_m ; следовательно, и магнитный поток, создаваемый обмоткой индукторов, в этом случае, должен быть больше сильным, а намагничение индукторов должно быть больше значительным. Угол отставания тока будет A_0OA_r . Он будет немного больше прямого и тем ближе будет подходить к нему, чем меньше будут вредные сопротивления резонатора. Мощность резонатора будет равна $VJCos\angle A_0OA_r$. Величина $JCos\angle A_0OA_r$ представит рабочую составляющую тока, т. е. проекцию его на направление вектора V . Другая же составляющая его, нерабочая, которая в данном случае и требуется нам, будет равна $JSin\angle A_0OA_r$. Она будет очень мало отличаться от J . В нашем примере $Cos\angle A_0OA_r = 0,08$; следовательно, угол этот равен $94^{\circ}40'$, а Sin его будет равен 0,9967. Следовательно и нерабочий ток будет составлять такую же часть общего тока резонатора.

Резонатор может работать параллельно с генераторами вполне исправно, так как в нем отсутствуют причины, нарушающие синхронность вращения. Кроме того, он может несколько способствовать равномерности хода генераторов. Допустим, например, что только один генератор работает с резонатором и что угловая скорость вращения этого генератора изменяется. Тогда при увеличении скорости его, фаза напряжения будет забегать вперед, а при уменьшении — будет отставать. На резонаторе это отразится тем, что в первом случае вектор OA_r сильнее опередит вектор OC_r , отчего мощность, поглощаемая резонатором увеличится, а во втором случае произойдет обратное явление и мощность эта уменьшится и даже может изменить свой знак, т. е. будет не поглощаться, а отдаваться резонатором. Очевидно, что эти изменения мощности могут происходить лишь за счет живой силы вращающихся частей резонатора, которая, таким образом, как бы увеличивает живую силу маховика генератора. На диаграмме буквами с одним значком наверху обозначено построение соответствующее увеличению угловой скорости генератора, а буквами с двумя значками — построение, соответствующее уменьшению ее.

Все приведенные здесь соображения, мне кажется, дают право сказать, что применение особых альтернаторов для нерабочего тока может оказать весьма существенную пользу на многих электрических станциях.

А. Воронцов

Третій Всероссійскій Електротехнічскій Съѣздъ въ С.-Петербургѣ.

(Продолженіе)*.

Обзоръ докладовъ.

Къ разработкѣ вопроса о приравнаніи электрической обработки металловъ какъ по надзору, такъ и по приему, къ правиламъ, установленнымъ для металлических издѣлій, обработанныхъ огневымъ путемъ. (1 отд., 3 янв. 1904 г.). Высочайше утвержденная Постоянная Совѣщательная Контора желѣзнодорожниковъ, письмомъ, переданнымъ въ Постоянный Комитетъ Всероссійскихъ Электротехническихъ Съѣздовъ, обращая вниманіе на повсемѣстное по русскимъ заводамъ распространеніе электрической обработки металловъ по способамъ Бенардоса и Славянова и на отсутствіе официального разрѣшенія на приемку казенными учреждениями предметовъ, обработанныхъ такимъ способомъ, — предлагаетъ Съѣзду войти въ Министерство Путей Сообщенія съ ходатайствомъ объ отмѣнѣ циркулярнаго распоряженія о непримѣненіи электрической сплавки для казенныхъ заказовъ по способамъ Бенардоса и Славянова. При обмѣнѣ мнѣній по поводу этого письма, Секретаремъ Съѣзда былъ доложенъ ходъ работъ Постояннаго Комитета по данному вопросу, возбуждавшему уже и на первыхъ двухъ Съѣздахъ; изъ его доклада видно, что еще на Первомъ Съѣздѣ инж. Яшневымъ былъ сдѣланъ докладъ объ электротехнической мастерск. на Александровск. заводѣ Николаевск. жел. дор.; по этому докладу Съѣздъ постановилъ — ходатайствовать предъ Правительствомъ о приравнаніи электрической обработки металловъ какъ по надзору, такъ и по приему къ правиламъ, установленнымъ для металлических издѣлій, обработанныхъ огневымъ путемъ, т. е. отливкой, сваркой и кузнечной работой. Такъ какъ изъ доклада Яшнева можно думать, что Съѣздъ подразумѣвалъ лишь способы Бенардоса и Славянова, то целесообразнѣе было бы ходатайствовать лишь объ этихъ способахъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ дѣло затянулось бы на весьма продолжительное время въ виду того, что для мотивировки ходатайства о примѣненіи и другихъ электрическихъ способовъ обработки металловъ, пришлось бы заняться собираніемъ матеріаловъ о примѣненіи этихъ способовъ въ Россіи и за границей. Въ подтвержденіе вышеупомянутаго ходатайства могли бы служить слѣдующіе матеріалы: Труды Комиссіи по выработкѣ правилъ для приемки предметовъ, обработанныхъ по способамъ Бенардоса и Славянова, образованной при И. Р. Т. Обществѣ изъ представителей Министерствъ и Отдѣловъ Общества; Комиссія эта постановила (11 мая 1901 г.), что обработка такими способами допустима и выработала правила приемки; затѣмъ Труды Комиссіи для ознакомленія съ изобрѣтеніями Славянова, образованной Артиллерійскимъ Вѣдомствомъ, которое признало возможнымъ примѣнять способъ Славянова въ нѣкоторыхъ случаяхъ.

Послѣ обмѣна мнѣній, Собраніе приняло постановленіе, помѣщенное въ № 1 журнала за т. г., стр. 16.

А. И. Ольденборгеръ. Нѣкоторыя данныя къ вопросу объ устройствѣ пути городскихъ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ (IV отдѣлъ, 4 янв. 1904 г.). Устройство пути городскихъ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ представляетъ большія затрудненія, чѣмъ устройство обыкновеннаго желѣзнодорожнаго пути. Это вполне понятно, если принять во вниманіе, что къ условіямъ

послѣдняго въ городскихъ дорогахъ присоединяются еще и мѣстныя-городскія; кромѣ того, принимая во вниманіе, что рельсы эл. жел. дор. должны служить обратнымъ проводомъ электрическаго тока, мы видимъ, что они должны, кромѣ хорошаго механическаго соединенія (необходимое условіе прочности всякаго жел. дор. пути), имѣть также и хорошее электрическое, т. е. должны представлять по возможности непрерывный проводникъ тока.

Въ своемъ докладѣ инж. Ольденборгеръ ставитъ себѣ задачу — наметить способы устройства наиболее совершеннаго пути, отвѣчающаго, по возможности, всѣмъ предъявляемымъ къ нему требованіямъ.

При проектированіи какой либо городской линіи, уже въ нанесеніи самого направленія являются нѣкоторыя затрудненія, обусловливаемые тѣмъ обстоятельствомъ, что въ городахъ съ установившейся жизнью желательныя направленія указываются самой жизнью города, между тѣмъ, благодаря техническимъ условіямъ не всегда является возможность проложить линію эл. жел. дор. по такому необходимому направленію, напр., этому препятствуютъ кривизна улицъ, подземныя сооружения различнаго рода и тому подобн. Затѣмъ, серьезнымъ вопросомъ является вопросъ о выборѣ типа рельса. Въ последнее время при конной тягѣ рельсы были весьма легкими. Въ настоящее время при эл. ж. д. съ тяжелыми вагонами очевидно и рельсы должны быть тяжелѣе; отнositельно типа рельса можно остановиться лишь на типѣ желобчатого, такъ какъ типъ этотъ выработался изъ виньольскаго, который долженъ былъ снабжаться контръ-рельсомъ при городскихъ дорогахъ для возможности предохраненія реборды колеса отъ соприкосновенія съ мостовой; преимущества же желобчатого рельса предъ Виньольскимъ съ контръ-рельсомъ, вполне ясны; между прочимъ, при устройствѣ повышенія наружнаго рельса на кривыхъ, при примѣненіи желобчатого рельса является возможность устройства этого повышенія частью помощью уменьшенія желоба, что позволяетъ поднимать наружный рельсъ меньше — условіе имѣющее большое значеніе для пути въ городѣ. Что касается вѣса рельса, то таковой можетъ быть выясненъ достаточно, если принять во вниманіе тѣ условія, которыя даетъ электрическая тяга для пути. Именно:

1) Рельсъ долженъ быть настолько проченъ, чтобы подъ дѣйствіемъ вліяющихъ на него силъ напряженіе въ металлѣ не превышало допускаемыхъ нормъ; при этомъ необходимо принять во вниманіе особенность нагрузки рельса электрическихъ дорогъ, гдѣ почти всѣ оси вагоновъ являются ведущими; частое энергичное тормаженіе вагоновъ; значительно большую силу тяги, необходимую при электрическихъ дорогахъ (до 20 кгр. на тонну, тогда какъ на желѣзныхъ дорогахъ сила тяги составляетъ не болѣе 6 кгр. на тонну); сравнительное загрязненіе рельса, поперечную ѣзду черезъ рельсы тяжелыхъ экипажей и проч. обстоятельства.

2) Рельсы должны быть не только прочны, но и долговѣчны; поэтому размѣры частей, подвергающихся непосредственному износу, должны быть спроектированы соотвѣтственно частотѣ движенія по нимъ.

3) Рельсъ долженъ при принятомъ типѣ основанія давать возможно меньшій прогибъ, чтобы не разстраивать прилегающую къ нему уличную одежду.

Практика показала правильность этихъ основаній: докладчикъ приводитъ данныя, указывающія, что наиболее легкимъ рельсомъ является типъ въ 46 кгр. п. м. (Рига) наиболее тяжелымъ — въ 53 кгр. п. м. (Гамбургъ). Кромѣ того, болѣе тяжелый типъ, допуская меньшія деформации пути, обезпечиваетъ тѣмъ самымъ меньшій ремонтъ и болѣе спокойную ѣзду. При сравненіи желобчатыхъ рельса съ Виньольскими необходимо вычитать вѣсъ закраины желоба рельса; такъ, напр., если взять желобчатый рельсъ въ 47,6 кгр. п. м. приняты въ проектѣ СПбургскихъ

* См. Э—во, т. г., № 3.

Резюмируя прения, председатель указал, что изъ объёма мнѣній можно заключить о желательности разсмотрѣнія вопроса о выработкѣ нормъ не только для городскихъ дорогъ съ сильнымъ (въ большихъ городахъ), но и съ слабымъ движеніемъ. Поэтому оставя положенія докладчика не утверждёнными, слѣдовало бы разсмотрѣть заявленіе, внесенное группою членовъ Съѣзда, заявленіе, касающееся электрической тяги на городскихъ желѣзныхъ дорогахъ и имѣющее по этому отношенію къ докладу инж. А. И. Ольденборгера.

Заявленіе это слѣдующее:

Въ виду недостаточной и несистематической разработки различныхъ насущныхъ вопросовъ въ связи съ электрической тягой, нижеподписавшіеся предлагаютъ послѣдовать примѣру заграничныхъ Съѣздовъ и ввести рядъ мѣръ, перечисленныхъ ниже, которыя помогутъ непрерывно готовить работу къ каждому послѣдующему Съѣзду и сдѣлать послѣдніе выразителями тѣхъ техническихъ запросовъ, которые намѣчаются въ теченіи двухъ лѣтъ, протекающихъ между двумя Съѣздами Русскихъ электротехниковъ. Собранный такимъ образомъ матеріалъ послужитъ основаніемъ для технического контроля и различныхъ требованій, налагаемыхъ на техническія предприятия въ области электрической тяги. Предлагаемые мѣры суть слѣдующія:

1. Въ помощь Постоянному Комитету Съѣздовъ избирается по 2 докладчика по слѣдующимъ отдѣламъ.

А. Путь, какъ съ точки зрѣнія механической, такъ и обезпеченія городскихъ сооружений отъ вреднаго вліянія электролиза.

В. Электрическое оборудование путей. Рабочій проводъ, отсасываніе тока, прокладка питательной сѣти.

С. Центральныя силовыя станціи и подстанціи.

Д. Подвижной составъ.

Е. Мѣры предосторожности отъ несчастныхъ случаевъ и статистика послѣднихъ.

2. Докладчики, назначенные Съѣздомъ, намѣчаютъ рядъ вопросовъ, по которымъ желательно было бы собрать свѣдѣнія (если вопросы эти не были уже намѣчены Съѣздомъ) готовятъ вопросные листы и передаютъ ихъ на обсужденіе и утвержденіе Постояннаго Комитета Съѣздовъ.

3. Въ виду невозможности собирать подобныя свѣдѣнія неофициальнымъ путемъ предлагается ходатайствовать передъ Городскими Управленіями Петербурга и Москвы и просить принять на себя собираніе этихъ свѣдѣній въ виду тождественности задачъ Съѣзда и Городскихъ Управленій въ связи съ вопросомъ объ электрической тягѣ для городовъ.

4. Весь полученный Городскими Управленіями матеріалъ обрабатывается докладчикомъ по тому вопросу, который онъ выбралъ и по мѣрѣ обработки матеріала послѣдній печатается въ электротехническихъ журналахъ или литографируется и разсылается лицами его доставившими, а также членамъ Съѣзда.

5. Окончательныя заключенія докладчика и весь обработанный матеріалъ по данному вопросу печатаются отдѣльнымъ изданіемъ и разсылаются членамъ бывшаго Съѣзда по крайней мѣрѣ за мѣсяцъ до начала Съѣзда.

6. Работа докладчиковъ считается бесплатной, но для механической части ея, какъ-то: переписка, копированіе чертежей, а также печатаніе, предоставляются по мѣрѣ возможности необходимыя средства Постояннымъ Комитетомъ. (слѣдуютъ подписи).

По объѣмъ мнѣній по поводу этого заявленія разработку вопросовъ: пункта А взяли на себя гг. А. Л. Линева и А. И. Ольденборгеръ;

пункта В.—С. Д. Гефтеръ, Г. О. Графто, П. А. Ковалевъ, Н. М. Соколовскій, Н. И. Сушкинъ и И. А. Шварцъ.

пункта С.—С. Д. Гефтеръ, В. В. Дмитріевъ, Л. В. Дрейеръ, Т. Ф. Макарьевъ, Г. П. Марковичъ и М. К. Поливановъ.

пункта Д.—А. Г. Коганъ и Е. Я. Шульгинъ.

пункта Е.—А. А. Вежбицкій.

В. С. Мелентьевъ (отъ имени К. Н. Кашкина).—**Электрическія желѣзныя дороги подвѣсной системы, какъ наиболѣе рациональныя для быстрого передвиженія.** (IV отд. 4 янв. 1904). Указавъ въ краткихъ словахъ на преимущества электрической тяги предъ паровой, докладчикъ переходитъ къ типу подвѣсныхъ жел. дорогъ, въ коихъ центръ тяжести вагона и перевозимаго имъ груза находится ниже точки опоры, т. е. рельса; это-то условіе, дающее весьма большую устойчивость, и представляетъ главное отличіе подвѣсныхъ жел. дорогъ. Благодаря этой устойчивости, желѣзная дорога подвѣсной системы можетъ быть устроена однорельсовой. Слѣдствіемъ этого являются два преимущества подвѣсной системы:

1. Вся конструкция подвѣснаго вагона, въ которомъ большая часть матеріала работает на разрывъ (на растяженіе), т. е. въ самыхъ выгодныхъ условіяхъ, можетъ быть сдѣлана гораздо легче конструкции вагона обыкновенныхъ желѣзныхъ дорогъ при той же подъемной силѣ. Эта легкость подвижнаго состава, въ свою очередь, дастъ возможность облегчить конструкцию всего строения дороги, т. е. дастъ экономію матеріала и удешевленіе самаго сооруженія.

2. Достиженію той же цѣли, т. е. экономіи матеріала, способствуетъ и принципъ устройства подвѣсной дороги по однорельсовой системѣ.

Всѣ эти преимущества становятся еще болѣе значительными при примѣненіи къ такимъ жел. дорогамъ электрической тяги.

Затѣмъ, докладчикъ переходитъ къ системѣ И. В. Романова. Изъ схематическихъ чертежей подвѣсной желѣзной дороги системы Романова видно, что путь состоитъ изъ рельса, поддержаннаго на всемъ протяженіи раскосной фермой съ прямыми поясами. По этому рельсу бѣгутъ колеса, несущіе весь грузъ вагона, а съ боковъ ферма обхватывается горизонтальными колесами или роликами, ненагруженными, которыя должны препятствовать сходу вагона съ рельса, причѣмъ они замѣняютъ реборды колесъ вагоновъ и паровозовъ обыкновенныхъ жел. дорогъ. Фермы, поддерживающія колеса прикрѣпляются къ металлическимъ горизонтальнымъ кронштейнамъ, которые въ свою очередь прикрѣплены къ вершинамъ металлическихъ столбовъ, составляющихъ опоры пути; конечно, фермы могутъ быть какой угодно системы, а стойки—какой угодно высоты и вида. Въ дальнѣйшемъ, докладчикъ описываетъ другія системы подвѣсныхъ жел. дор., съ которыми читатели нашего журнала знакомы по статьѣ „Электрическая подвѣсная жел. дор. Бармень-Эльберфельдъ“ *). Что касается выбора электрическаго оборудования, то докладчикъ останавливается на трехфазномъ токѣ, подобно линіи Лекко-Колико **).

Предметомъ слѣдующей части доклада является сравненіе стоимости линіи для быстрого сообщенія по подвѣсной и обыкновенной системамъ. Докладчикъ дѣлаетъ подсчетъ для четырехъ случаевъ подвѣсной дороги: при разстояніи между опорами въ 10 и 15 м. и высотѣ вагона въ 3 и 5 м. надъ поверхностью земли.

Въ таблицахъ, приводимыхъ докладчикомъ, описывается, что вѣсъ фермъ и опоръ въ пудахъ на 1 п. версту пути выражается соответственно слѣдующими числами—27000, 23550, 29700 и 31920; при высотѣ 1 м.—соответственно—24700 и 27700 пудовъ***).

*) См. Э—во, 1901 г., № 21, стр. 300.

**) См. Э—во, 1903 г., № 5, стр. 71.

***) При болѣе точныхъ подсчетахъ этотъ вѣсъ уменьшится приблизительно на 15%.

Затѣм докладчикъ приводитъ результаты расчета моментовъ, вертикальныхъ силъ, усилий и напряженій, проявляющихся въ различныхъ частяхъ луты жел. дор. системы Романова. Для обезпеченія правильного дѣйствія двигателей поѣзда подвѣсной дороги, необходимо имѣть возможность имѣть развивать при нормальныхъ условіяхъ до 1000 силъ; такъ что, считая до 40 силъ на тону вѣса двигателей, что дастъ 25 тоннъ, и предполагая пять вагоновъ въ поѣздѣ, получаемъ вѣсъ двигателей на каждый вагонъ равнымъ 5 тон. Поэтому всѣ оси нужно дѣлать движущими и считать вѣсъ вагона = 15 т. Принимая вѣсъ металла на версту пути подвѣсной жел. дороги равнымъ 3800 пуд., стоимость его, при 3 р. за пудъ, будетъ равняться 114 т. руб. на версту; прибавляя сюда стоимость фундаментовъ для опоръ (13—15 т. р. на версту) получаемъ 136—139 т. руб. на версту.

Для сравненія съ обыкновенной желѣзной дорогой той же скорости докладчикъ пользуется проектомъ инж. Филиппи и Грибеля жел. дор. линіи Берлинъ—Гамбургъ. По даннымъ этого проекта, земляныя работы, 15000 куб. с. на версту, будутъ стоить 45000 руб. верста; прибавляя сюда стоимость искусственныхъ сооружений—45000 руб. на версту, и отчужденія—12000 руб. на версту,—получимъ 102000 руб. на версту; стоимость верхняго строенія — оказывается = 50000 руб. на версту; такимъ образомъ, жел. дорога, выстроенная по принципу проекта Филиппи и Грибеля, будетъ стоить 152000 руб. верста.

Переходя затѣмъ къ преимуществамъ эксплуатаціи подвѣсной жел. дороги, докладчикъ указываетъ, между прочимъ, на слѣдующія: легкость ремонта, отсутствие снѣжныхъ заносовъ, свободный пропускъ всѣхъ текучихъ водъ. Докладъ оканчивается указаніемъ на возможность замѣны городскихъ возвышенныхъ дорогъ подвѣсными.

При обмѣнѣ мнѣній было указано, что у упомянутой докладчикомъ подвѣсной жел. дор. Барментъ-Эльберфельдъ замѣчается качаніе вагона, въ особенности при входѣ на кривую и сходѣ съ нея, такъ что въ настоящее время скорость ея уменьшена до 25 кил. въ часъ. Кромѣ того, такъ какъ инж. Кашкинъ въ своемъ докладѣ VIII отдѣлу И. Р. Т. Общества предлагалъ систему Романова для замѣны существующей Николаевской жел. дор., то этотъ вопросъ былъ возбужденъ и при описываемыхъ преніяхъ. По этому поводу было указано, что нельзя судить о достоинствахъ подобной системы безъ предварительныхъ опытовъ, да еще при такой скорости, 200 в. въ часъ, каковая предлагается: статическій расчетъ является въ данномъ случаѣ недостаточнымъ, необходимъ и динамическій, тѣмъ болѣе, что послѣдніе опыты скораго передвиженія на линіи Берлинъ—Цоссенъ показали, что при большихъ скоростяхъ развиваются въ верхнемъ строеніи дополнителныя напряжения, предварительному расчету не поддающіяся.

По обмѣнѣ мнѣній, собраніе благодарило докладчика.

В. С. Мелентьевъ (отъ имени **К. Н. Кашкина**). — **Электропередачи силы воды въ Туркестанскомъ краѣ и ихъ мѣстныя особенности. Примѣръ для г. Ташкента.** (IV отд., 4 янв. 1904 г.). Присутствіе большихъ водныхъ потоковъ въ Туркестанскомъ краѣ, могущихъ быть использованными въ качествѣ источниковъ энергіи, побуждаетъ инж. К. Н. Кашкина обратить на это вниманіе Съѣзда. Вопросъ объ использованіи силы воды получаетъ еще большее значеніе, благодаря мѣстнымъ условіямъ: дороговизна топлива *, возможность пользоваться отработавшей въ турбинахъ водой для орошенія нижележащихъ земель. Кромѣ рѣкъ, является возможность воспользоваться

* Такъ, цѣна угля доходить до 34 к. пудъ, дровъ до 50 руб. куб. саж., нефти 30—34 к. пудъ.

арыками, т. е. оросительными каналами, въ изобиліи прорѣзающими Туркестанскій край. Въ видѣ примѣра, докладчикъ указываетъ г. Ташкентъ.

Въ 7 верст. отъ города протекаетъ многоводный притокъ Сыръ-Дарья, р. Чирчикъ, питающій рядъ арыковъ—Босъ-су, Захъ и др., устройство коихъ относится ко времени Тамерлана. Уклонъ рѣки Чирчикъ около 0,002. По измѣреніямъ 19 ноября 1903 г. у головы ар. Босъ-су расходъ трехъ рукавовъ Чирчика = 6375,11 куб. фут. въ сек., максимальный же, при таянн снѣговъ — 30226,51 куб. фут. въ сек. (при расчетѣ отверстія моста таковой былъ принятъ = 76175 куб. фут.). Переходя къ вопросу объ использованіи отработавшей воды, докладчикъ приводитъ нижеслѣдующія интересныя данныя. Стоимость неорошенной земли—нуль, орошенной—около 200 руб. десятина; принимая расходы по орошенію = 100 руб., получаемъ, что орошеніе создаетъ цѣнность въ 100 руб.; принимая, по мѣстнымъ даннымъ, что 1 куб. м. воды въ сек. можетъ оросить около 1100 десят. земли, получаемъ цѣнность въ 110000 руб., кромѣ того, при 10 м. паденія *, 1 куб. метръ воды проходя чрезъ турбины, съ отдачей въ 75%, дастъ еще до 100 л. с. $\left(\frac{0,75 \cdot 1000 \times 10}{75} \text{ л. с.} \right)$. Переводя

эту работу на стоимость топлива, получаемъ 6000 руб. въ годъ (1 кгр. угля на л. с.—часъ, 1 кгр. угля стоитъ 2 коп., число рабочихъ часовъ—3000). Такимъ образомъ капитализируя эту цифру изъ 5% годовыхъ, получаемъ, что 1 куб. м. воды, падающій съ высоты десяти метровъ и употребленный затѣмъ для орошенія, можетъ создать цѣнность 110 тыс. рублей и избавить отъ расходовъ эквивалентныхъ процентамъ съ капитала въ 120 тыс. руб. Другими словами, каждый куб. м. воды стоитъ 230000 руб. Переходя къ потребленію той электрической энергіи, которая могла бы получаться при посредствѣ этой силы воды, необходимо обратить вниманіе на то, что гор. Ташкентъ, благодаря своему большому протяженію, давно нуждается въ электрическомъ освѣщеніи и тягѣ, кромѣ того, значительное количество энергіи, могли бы брать существующія мастерскія Средне-Азіатск. ж. д. и строящіяся—Оренбургъ-Ташкентск. ж. д. Къ сѣверу отъ Ташкента на протяженіи почти 120 в. строящаяся жел. дорога проходитъ по безводной пустынѣ; если на этомъ участкѣ ввести электрическую тягу, то необходимая мощность = 4500 квт. или въ 100 л. с.; при отдачѣ турбинъ = 75%, энергія воды = 610000 кгр. м., что при высотѣ напора = 10 м. дастъ необходимый расходъ воды 61 куб. м. въ сек.; по прежнимъ даннымъ такое количество отработавшей воды можетъ оросить 67100 десят. земли, т. е. создать цѣнность въ 6710000 руб. Переходя къ г. Ташкенту докладчикъ приводитъ слѣдующія данныя. Въ настоящее время длина освѣщаемыхъ улицъ = 10; верст., всего имѣется 1700 фон., разставленныхъ чрезъ 30 саж.; каждый фонарь стоитъ городу 13 руб., а все освѣщеніе до 22 т. руб. въ годъ. Предполагая освѣтить половину улицъ электричествомъ, дугвыми фонарями, разставленными чрезъ 80 саж., получаемъ необходимое число фонарей = 312 фон.; если взять данныя городской комиссіи, 240 фон., то необходимая мощность на станціи = 120 квт.; принимая, по даннымъ комиссіи, 8 лампъ накалив. на городск. квартиру, получаемъ около 300 квт.; предполагая длину трамвая 15 в., скорость 10 в. въ часъ, промежутокъ между отправлениями 6 м., число вагоновъ = 30, количество потребляемой энергіи около 6 квт. на вагонъ, получаемъ 180 киловатт. Полную мощность станціи можно принять равной 1500 квт. **, предполагая, что до 500 квт. будутъ брать желѣзнодорожныя мастерскія.

*) Что весьма легко получить по мѣстнымъ условіямъ.

***) Энергія, необходимая въ случаѣ примѣненія электрической тяги на указанномъ участкѣ жел. дор., — не принимается во вниманіе.

Для получения подпора можно устроить плотину, высотой до 7 с. и толщиной 2,50 с., что даст 350 куб. с. или по 150 руб. куб. — 55000 руб.; предполагая устройство водослива и водоспуска, мы увеличиваем стоимость плотины до 80—90 т. руб., что даст 50—60 руб. на квт. Мощность турбин — 3000 л. с., с запасом — 4000. На валы турбин помещаются альтернаторы трехфазного тока в 2000 в. — 4 по 375 квт. и 2 по 750. Получаемый ток трансформируется 10 трансформаторами по 375 квт. каждый, до 20000 в. и проводится в Ташкент (15 км.). Полная стоимость оборудования станции, принимая цены двойные против заграничных, — 500 т. руб., здание 70000 руб., — всего стоимость станции 570000 руб. На городской станции напряжение тока понижается до 500 в. Стоимость линии передачи 120000 руб. Следовательно, полная стоимость всей установки 770000 руб. или 513 руб. на киловатт. Предполагая 4000 раб. ч. в год, 10% на уплату % и погашение капитала, получаем стоимость 1 квт.-часа при входе в город = 1,28 к. (не полная); затѣм, прибавляя стоимость проводки и понижения напряжения, получаем стоимость 1 квт.-ч. = 1,5 коп., наконец, прибавляя 0,83 коп. на квт.-час, эксплуатационные расходы, получаем полную стоимость — 2,33 к. Сравнивая стоимость устройства гидравлической установки с паровой, получаем 462 руб. 50 коп. на квт. без стоимости зданий. Произведя детальный подсчет, получаем, что паровая установка обойдется в 2½ раза дороже водяной.

Резюмируя всѣ подсчеты, докладчик приходит къ слѣдующимъ выводамъ. Обезпечивая подачу воды в арык Босъ-су устройствомъ каменной головы, что обойдется в 150000 руб., получаемъ полную стоимость станции — 920 т. руб.; выпуская же изъ подпруды 9,5 куб. м. воды, мы оросимъ 10450 десят. земли, что создастъ цѣнность в 1.045000 руб., т. е. на 125 т. руб. больше стоимости всего устройства. Вслѣдствие этого, стоимость установки сводится къ нулю, а стоимость киловатт-часа = 0,83 к.

Заканчивая докладъ, инж. Кашкинъ указываетъ, что использование водяныхъ силъ в Туркестанскомъ краѣ является вопросомъ государственной важности, поднимая культуру страны и способствуя колонизации края.

При обмѣнѣ мнѣній, по поводу доклада, было указано, между прочимъ, на возможность созданія цѣлой системы орошенія различныхъ мѣстностей Россіи при помощи передачъ электрической энергіи, подобно описанной.

(Постановленіе по докладу, см. Э-во, т. г. № 2, стр. 23).

ОБЗОРЪ.

Теорія остаточныхъ токовъ. Остаточными токами („Restströme“) называются тѣ слабые токи, которые проходятъ черезъ электролиты при напряженияхъ, лежащихъ ниже напряженій, вычисляемыхъ по извѣстной формулѣ Томсонъ-Гельмгольца. По теоріи Нернста эти токи обязаны своимъ возникновеніемъ диффузіи ионовъ отъ одного электрода къ другому и связанной съ этимъ деполаризации электродовъ. Эта теорія даетъ возможность, на основаніи извѣстнаго напряжения тока и коэффициента диффузии, вычислять силу остаточнаго тока. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Саломонъ, измѣряя остаточные токи, получилъ для ихъ силы величины значительно большія, чѣмъ тѣ, какія требуются теоріей Нернста. Въ виду такого противорѣчія Грасси повторилъ недавно опыты Саломона, измѣнивъ, однако, ихъ постановку. Въ опытахъ Саломона электроды имѣли вертикальное положеніе, вслѣдствие чего въ электролитѣ между электродами не могло образоваться по-

стоянное, правильное и линейное паденіе концентрации ионовъ. Повторивъ поэтому опыты съ горизонтальными электродами, расположенными одинъ надъ другимъ, Грасси получилъ для силы остаточныхъ токовъ величины, уже только въ шесть разъ превышающія теоретическія. Но и при такомъ способѣ конвекція въ электролитѣ не была еще вполне исключена. Для уничтоженія ея Грасси работалъ въ слѣдующемъ рядѣ опытовъ съ растворами, желатинированными при помощи агаръ-агара. Электролитомъ служило азотнокислое серебро; катодъ помещался надъ анодомъ. При этомъ получались числа, вполне точно совпадающія съ требуемыми теоріей Нернста, какъ видно изъ слѣдующей таблички:

Напряжение.	Сила остаточнаго тока (въ 10 ⁻⁵ ампера).	
	Вычислено.	Найдено.
0,097 влт.	12,8	12,15
0,164 „	15,9	15,5

(Zt. physik. Chemie. 1903, т. 44).

Къ вопросу о сравненіи электрической тяги постояннымъ и переменнымъ токами на междугородныхъ линияхъ. Вопросъ о преимуществахъ того или другого тока для цѣлей электрической тяги давно уже служитъ предметомъ обсужденія въ технической литературѣ. Американскіе инженеры отдають предпочтеніе постоянному току, европейскіе же — примѣняютъ большей частью асинхронные двигатели многофазнаго тока.

Въ замѣткѣ, помѣщенной въ журналѣ „Electr. World“, П. Линкольнъ приводитъ тѣ доводы, коими руководствуются американскіе инженеры, отдавая предпочтеніе постоянному току.

1. Асинхронный двигатель многофазнаго тока, благодаря постоянству скорости, не годится для тяги. Отдача его хороша лишь при опредѣленной скорости; при всякой другой отдача всегда не больше отношенія этой послѣдней къ скорости синхронизма. Для избѣжанія этихъ потерь прибѣгаютъ къ каскадному соединенію двигателей, т. е. питають первичную обмотку одного двигателя изъ вторичной другого на томъ же вагонѣ. Если оба соединенные такимъ образомъ двигателя имѣютъ равное число полюсовъ, то посредствомъ каскаднаго соединенія понижаютъ на половину скорость синхронизма каждой группы двигателей; такимъ образомъ получается экономія между нулевой и половинной скоростью, но зато увеличивается вѣсь электрическаго оборудования. Въ Европѣ помѣщаютъ обыкновенно на каждый вагонъ 4 электродвигателя, изъ которыхъ два главныхъ, а два работаютъ лишь при скоростяхъ ниже половинной. Когда скорость перешла этотъ предѣлъ эти два послѣдніе работаютъ въ холостую, такимъ образомъ для большихъ путей такой способъ является невыгоднымъ, такъ какъ можетъ случиться, что энергія, потребляемая на перевозку дополнительнаго груза, можетъ превысить экономію при пусканіи въ ходъ.

2. При индукціонныхъ двигателяхъ переменнаго тока необходимо, по меньшей мѣрѣ, два воздушныхъ провода, причѣмъ изолировка таковыхъ при высокомъ напряженіи является затруднительной. Вопросъ является болѣе простымъ, когда полюсами проводки являются однимъ — воздушный проводъ, а другимъ — земля, — случай примѣненія однофазнаго распределенія. Американскіе инженеры оставили, такимъ образомъ, въ сторонѣ индукціонный двигатель, какъ негодящийся для тяги, и обратились къ двигателю съ послѣдовательнымъ соединеніемъ съ коллекторомъ, питаемому однофазнымъ токомъ, кривыя вращающаго момента и скорости коего весьма близки къ двигателю постояннаго тока. Приводя эти данныя, Линкольнъ предсказываетъ будущность этимъ двигателямъ для тяги. Вообще говоря, пере-

мѣнный токъ имѣеть слѣдующія преимущества предъ постояннымъ:

1. Напряженіе питающаго тока можетъ быть, сколь угодно большимъ.
2. Отсутствуютъ реостатическія потери.
3. Избѣгается примѣненіе вращающихся преобразователей.
4. Подстанція не требуетъ надзора.
5. Отсутствуютъ явленія электролиза отъ возвратнаго тока.

Съ другой стороны, въ смыслѣ примѣненія къ электрической тягѣ переменный токъ имѣеть слѣдующія неудобства:

1. Болѣе тяжелый подвижной составъ.
 2. Трудность эксплуатаціи существующихъ линій.
 3. Большія потери въ рельсахъ.
 4. Самоиндукція въ индуктирующей цѣпи.
 5. Возможныя дѣйствія на телефонныя сѣти.
- Разсмотримъ болѣе подробно эти послѣдніе пункты.

1. Болѣе тяжелый подвижной составъ.—Двигатель переменнаго тока опредѣленной мощности является необходимо болѣе тяжелымъ и дорогимъ противъ двигателя постояннаго тока той же мощности. Кроме того, для возможности воспользоваться выгодой проводки высокаго напряженія въ рабочей проводъ, нужно устанавливать въ вагонѣ понижающій трансформаторъ.

Наконецъ, для избѣжанія потерь въ реостатѣ, приходится устанавливать въ вагонѣ приборъ для регулировки напряженія. Вслѣдствіе этихъ трехъ причинъ подвижной составъ при переменномъ токѣ является болѣе тяжелымъ, чѣмъ при постоянномъ.

2. Трудности эксплуатаціи существующихъ линій.—Всѣ существующія междугородныя линіи проходятъ чрезъ большіе города, гдѣ энергія должна доставляться изъ сѣтей постояннаго тока, уже существующихъ. Слѣдовательно, необходимо, чтобъ двигатели могли работать постояннымъ токомъ въ городѣ, а переменнымъ внѣ его. Во-первыхъ, необходимо, чтобъ двигатели могли быть приспособлены къ этому: однофазный двигатель съ послѣдовательнымъ соединеніемъ удовлетворяетъ этому требованію; затѣмъ, необходимо помѣщать въ вагонѣ вторую систему регуляторовъ напряженія. (Конечно, можно бы было регулировать напряженіе реостатомъ при переменномъ токѣ такъ, какъ и при постоянномъ, но, такимъ образомъ, терялась бы выгода переменнаго тока — отсутствіе потерь въ реостатѣ). Наконецъ, нужно имѣть возможность выводить изъ цѣпи всѣ трансформаторы при переходѣ съ переменнаго тока на постоянный. Всего этого можно достигнуть путемъ усложненій системы.

3. Большія потери въ рельсахъ.—Опытъ показываетъ, что при переменныхъ токахъ въ 16—25 периодовъ въ сек., потеря въ рельсахъ, при данной силѣ тока, въ 3—5 разъ больше, чѣмъ при постоянномъ токѣ той же силы. Но, благодаря высокому напряженію питающаго тока, возвратный токъ слабѣе при распредѣленіи переменнымъ токомъ, чѣмъ при постоянномъ, такъ что потери этого порядка могутъ быть меньше въ первомъ случаѣ.

4. Самоиндукція въ индуктирующей цѣпи.—Пространство, которое могутъ занимать двигатели для тяги, весьма мало. Это неудобство, замѣтное при двигателяхъ постояннаго тока, является еще болѣе значительнымъ при переменномъ, такъ какъ двигатели болѣе тяжелы и болѣе громоздки, а также потому, что электродвижущая сила самоиндукціи между индуктирующими витками заставляетъ изолировать ихъ болѣе тщательно. Но, зато, можно питать двигатель переменнаго тока подъ низкимъ напряженіемъ, устанавливая понижающій трансформаторъ въ вагонѣ,—благодаря чему уменьшается число индуктирующихъ витковъ и имѣется болѣе мѣста для изоляціи.

5. Вліяніе на телефонныя линіи.—

Является вопросъ, не будутъ ли переменныя токи, возвращающіеся по рельсамъ, вліять на телефонныя сообщенія сильнѣе, чѣмъ постоянный. Во всякомъ случаѣ, сила возвратнаго тока можетъ быть уменьшена сколько угодно примѣненіемъ высокихъ напряженій, т. е. можно уменьшить до желаемой степени причину указаннаго вліянія. Кроме того, для распредѣленія переменнаго тока предполагались неоднократно различныя системы для того, чтобы препятствовать обратнымъ токамъ уходить изъ нормальной цѣпи. Такимъ образомъ, можно думать, что передача переменными токами будетъ вносить меньше разстройствъ въ телефонныя сообщенія.

Въ заключеніе, для того, чтобы имѣть правильное сужденіе о преимуществахъ той или другой системы тяги, нужно сравнить ихъ съ экономической точки зрѣнія. Задаваясь примѣромъ междугородной линіи и подсчитывая для нея расходы по постройкѣ и эксплуатаціи для случая постояннаго тока (съ первичной линіей трехфазнаго тока) и для случая однофазнаго тока, П. Линкольнъ показываетъ, что во-второмъ случаѣ получается 18% по постройкѣ и 8% при эксплуатаціи. (R. Electr. № 2).

БИБЛИОГРАФІЯ.

Cours de la Faculté des sciences de Paris. Cours d'électricité, par H. Pellat. Tome II. Electrodynamique. — Magnétisme: — Induction. — Mesures électromagnétiques. Paris. Gauthier-Villars, impr.-libr. 1903. 554 pp.

Курсъ электричества. Пелла. Томъ II. Электродинамика. — Магнетизмъ. — Индукція. — Электромагнитныя измѣренія. 554 стр. въ 8 д. л. Цѣна 18 фр.

О первомъ томѣ этого труда Сорбоннскаго профессора Пелла было сказано въ нашемъ журналѣ за 1901 г. (стр. 356). Общій характеръ настоящаго, второго тома, заключающаго курсъ тотъ же, что и первого: тщательность и ясность *) изложенія; строгое слѣдованіе опредѣленной программѣ, недопускающее никакого отклоненія въ сторону взглядовъ другихъ авторитетовъ; происходящее вслѣдствіе этого изящество, соединенное съ нѣкоторою ускуостью; и явно «французское» направленіе этой программы.

Авторъ начинаетъ съ опытовъ Ампера надъ электродинамическими дѣйствіями; подкрѣпляетъ эти опыты „простые въ принципѣ, но недопускающіе большой точности“ (р. 8) опытами Вебера, а также нѣкоторыми простыми соображеніями (рр. 9, 36, 37) и обходя сложную часть математическихъ выкладокъ Ампера и Вебера, убѣждаетъ читателя въ возможности установити понятія магнитнаго поля и количества магнетизма изъ наблюденій надъ дѣйствіемъ токовъ на токи. Такимъ образомъ Пелла, напротивъ, кажется, всѣмъ современнымъ авторамъ курсовъ по электромагнетизму, становится строгимъ послѣдователемъ чистаго Амперовскаго взгляда.

Вторая глава „Магниты“ трактуетъ о томъ фиктивномъ количествѣ, которое называется количествомъ магнетизма; въ самомъ ея началѣ утверждается: „магнитъ во всѣхъ отношеніяхъ (en tous points) сравнимъ съ пучкомъ соленоидовъ безконечно малаго диаметра...“ въ эту глубоко отвлеченную теорію вкладываются и свойства ферромагнитныхъ тѣлъ, съ ихъ коэффициентомъ намагниченія, зависящимъ отъ величины намагничивающаго поля; вкладываются формально, безъ всякихъ попытокъ дать объясненіе этихъ свойствъ, облегчающее ихъ представленіе. Сообразно этому, не дается никакого объясненія, что

*) Неясны только чертежи, въ которыхъ существенную роль играютъ три координальныя направленія, какъ фигура 34.

должно понимать под полосами земли „гдѣ магнитное поле вертикально“, и для которыхъ дается точное географическое положеніе (р. 389).

Считая магнетизмъ всегда кажущимся, авторъ признаетъ (въ I томѣ) въ ученіи объ электричествѣ, наоборотъ, лишь истинный зарядъ; отсюда происходитъ характерное различіе въ примѣненіи основной теоремы Гаусса къ этимъ классамъ явленій (р. 160).

Въ ученіи объ электромагнитной индукціи авторъ слѣдуетъ Ф. Нейману, излагая его теоремы въ обратномъ порядкѣ: онъ начинаетъ съ вывода окончательнаго результата Неймана [по Гельмгольцу и Томсону, исправленнымъ, однако въ существенномъ пунктѣ (р. 168)] и оканчиваетъ его элементарною формулою.

Затѣмъ слѣдуютъ главы: „Электрическая передача работы“, „Электрическія колебанія“ и „Электромагнитныя измѣренія“.

Трудно представить себѣ, какой выводъ объ электромагнитныхъ явленіяхъ долженъ получить читатель, изучившій ихъ только по курсу Пелла; но во всякомъ случаѣ этотъ выводъ не можетъ привести къ электромагнитной теории свѣта; она настолько далека отъ идей курса, что авторъ упоминаетъ о ней лишь въ прибавленіи (Note A), какъ о результатѣ „гипотетической теории Максвелла“ (р. 519).

Одностороннее пользованіе специальною литературою неприятно поражаетъ въ такихъ мѣстахъ, какъ описание индукціонной катушки (рр. 323 sqq.), гдѣ сильно пострадала научная достовѣрность, но приводитъ къ интереснымъ результатамъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ читатель можетъ ознакомиться съ тѣми работами французскихъ ученыхъ, которыя обыкновенно опускаются въ курсахъ англійскихъ и нѣмецкихъ авторовъ; сюда относятся: описаніе чудовища-электромагнита въ Сорбоннѣ (р. 139), работъ Кюри по магнетизму (р. 402 sqq.), гальванометровъ Вейса и Брока (р. 419—420), абсолютнаго электродинамометра Пелла (р. 433), Липпмановскаго измѣненія способа Лоренца для измѣренія сопротивленія (р. 465), реостата особаго типа (р. 481); методы вывода различныхъ теоремъ (рр. 522, 534, 538); оригинальные опыты (р. 366).

По всему курсу разсѣяны численные примѣры теоретическаго подсчета размѣровъ явленій и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ подобно тому, какъ это сдѣлано и въ первомъ томѣ, даются указанія относительно постановки опыта (напр. р. 331) В. Л.

La Revue Électrique. Publiée sous la direction de J. Blondin. Paraissant deux fois par mois: Prix d'abonnement pour un an—union postale—30 fr. Gauthier-Villars, editeur. Paris.

Съ новаго года въ Парижѣ подъ редакціей проф. Блондена *) издается известной фирмой Готье-Вилларъ новый журналъ, посвященный электричеству. Носить онъ названіе „Revue Électrique“. Присланный намъ № 2 содержитъ рядъ статей какъ оригинальныхъ, такъ и компилятивныхъ, по различнымъ вопросамъ электротехники. Между ними слѣдуетъ указать статью Адіамъ „Трансформаторъ постоянного тока съ переменнымъ напряженіемъ“. Затѣмъ слѣдуютъ обзоръ періодическихъ изданій по электротехникѣ, перечень привилегій и библиографія.

Изданіе съ вѣншей стороны—хорошее.

НОВЫЯ КНИГИ.

E. Sartiaux et M. Aliamet. Principales découvertes et Publications concernant l'Elec-

tricity de 1562 à 1900. Illustré de 29 portraits, de 278 fig. et de 9 autographes. Paris. J. Rueff, éditeur. XII + 226 стр. въ 8 б. д. л.

L'Electricité et ses applications par A. Rebourd. Deuxième partie. Les machines d'induction. Avec 190 fig. dans le texte. 1 volume in 8° de 377 pages. Prix.

Die Elektrometallurgie der Alkalimetalle, von H. Becker. Mit 83 Figuren und 3 Tabellen im Text. Halle-a-s. Verlag von Wilhelm Knapp. 1903. Preis 6 м. 134 стр. въ 4 д. л.

Elektromechanische Konstruktionselemente. Skizzen herausgegeben von Dr. C. Klingenberg. 4 Lieferung (Apparate) Blatt 31—40. Berlin. Julius Springer. 1904. Цѣна 2 м. 40 (=1 р. 20 к.).

Письмо въ Редакцію.

Выставка электричества 1904 г. въ Варшавѣ. Правленіе Выставки Электричества 1904 г. въ г. Варшавѣ проситъ Редакцію помѣстить ниже слѣдующія свѣдѣнія о Выставкѣ.

Въ виду предстоящаго въ 1905 г. устройства центральной электрической станціи въ г. Варшавѣ, явилась необходимость съ одной стороны дать возможность публикѣ ознакомиться ближе съ этимъ родомъ освѣщенія, съ другой — дать возможность фабрикантамъ представить послѣднія изобрѣтенія и примѣненія электричества къ требованіямъ обыденной жизни. Цѣли этой можно достигнуть единственно при устройствѣ выставки, обнимающей всѣ отдѣлы электротехники, начиная съ источниковъ силы, кончая примѣненіемъ электричества ко всѣмъ отдѣламъ науки, промышленности и т. п.

Устройствомъ этой Выставки занялся въ Варшавѣ специальный Комитетъ, который намѣренъ въ зданіи Филармоніи и на предоставленныхъ городомъ площадяхъ и улицахъ устроить выставку въ самомъ широкомъ размѣрѣ. Съ цѣлью доставить возможность принять участіе въ Выставкѣ и заграничнымъ фирмамъ Комитетъ выхлопоталъ у Министра Финансовъ разрѣшеніе допустить на Выставку заграничные экспонаты безъ пошлины, а также обратился къ здѣшнимъ и заграничнымъ желѣзнымъ дорогамъ съ ходатайствомъ объ уменьшеніи провозной платы для экспонатовъ.

По настоящее время много здѣшнихъ и заграничныхъ фирмъ уже согласилось участвовать въ Выставкѣ, которая конечно имѣетъ значеніе не для одной только Варшавы, но и для всей Имперіи, такъ какъ примѣненіе электричества для освѣщенія, фабричныхъ и научныхъ цѣлей получаетъ все большее и большее распространеніе у насъ.

Независимо отъ электричества, Выставка устраивается для сравненія отдѣлы для газа, нефти, керосина, спирта и другихъ источниковъ свѣта и силы.

Для развлеченія публики предполагается устроить электрической балетъ, а также рядъ лекцій объ электричествѣ. Надо надѣяться, что Выставка, устраиваемая своевременно, оправдаетъ возлагаемыя на нее надежды.

Адресъ Правленія: Варшава. Улица Монюшки, 5.

*) Бывшій редакторъ журнала «L'Eclairage Électrique».