

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ЖУРНАЛЬ, ИЗДАВАЕМЫЙ VI ОТДѢЛОМЪ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Подписная цѣна за годъ 6 руб., за полгода 3 руб. 50 коп.

Условія наивыгоднѣйшаго дѣйствія динамо-электрической машины.

Динамо-электрическая машина служитъ для превращенія механической работы двигателя въ энергію электрическаго тока; при этомъ всегда энергія электрической цѣпи будетъ на нѣсколько процентовъ менѣе полной работы двигателя, потому что часть этой работы потратится на треніе и на возбужденіе молекулярныхъ токовъ въ различныхъ частяхъ машины, не входящихъ въ цѣпь. Если мы назовемъ черезъ W число паровыхъ силъ двигателя, чрезъ t время его работы, а m будетъ стоимость одной паровой силы (75 килограмметровъ въ сек.) въ часть, то получимъ стоимость всей работы двигателя Wmt .

Число силъ, затраченныхъ въ электрической цѣпи, положимъ будетъ W_1 меньшее W , такъ что вообще

$$W_1 = kW,$$

гдѣ k меньше единицы и зависитъ отъ принципа и конструкціи машины. Стоимость одной электрической силы (такъ наз. работа тока, равная 75 килограмметровъ въ 1 сек.) будетъ, очевидно, болѣе m , а именно:

$$c = \frac{m}{k}$$

Считать k или c постоянной для данной машины мы не имѣемъ права, такъ какъ на эту величину вліяютъ побочныя электрическія и магнитныя явленія, происходящія въ д. э. машинѣ, которыя, конечно, измѣняются въ зависимости отъ силы тока, циркулирующаго въ машинѣ. Каковы эти измѣненія, мы пока еще не знаемъ, но, во всякомъ случаѣ, они не могутъ быть велики и потому въ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ мы будемъ считать величину c постоянной, тѣмъ болѣе, что всѣ послѣдующія формулы имѣютъ чисто практическій характеръ и въ нихъ, по необходимости, войдутъ величины, не поддающіяся точному опредѣленію.

Рассмотримъ общій случай дѣйствія динамо-электрической машины, когда токъ, доставляемый ею, передается по проводникамъ на нѣкоторое разстояніе и потомъ вступаетъ въ какой нибудь приборъ, утилизирующій электрическую энергію. Въ

какой формѣ будетъ употреблена энергія электрическаго тока для вывода условій наивыгоднѣйшаго дѣйствія д. э. машины, совершенно безразлично. Во всякомъ случаѣ W_1 (равное kW паровыхъ силъ двигателя) будетъ превращаться въ энергію электрическаго тока и эта энергія распределится во всей цѣпи по извѣстнымъ законамъ.

При этомъ часть энергіи, потраченная въ машинѣ, пропадаетъ совершенно бесполезно въ формѣ теплоты, нагревающей машину, а самое нагреваніе даже вредно для машины. Другая часть энергіи будетъ тратиться также въ видѣ тепла и тоже бесполезно, нагревая проводники. И только та часть энергіи, которая остается въ приборѣ, назначенномъ для ея утилизаціи, затрачивается полезно. Она, если можно такъ выразиться, составляетъ предметъ производства машины, и доходъ отъ эксплуатаціи д. э. машины будетъ пропорціоналенъ именно этой послѣдней части. Эта энергія можетъ дать свѣтъ, тепло, химическую энергію, или механическую работу.

Если при работѣ динамо-электрической машины сила тока въ цѣпи будетъ J , а разность потенциаловъ у прибора, утилизирующаго электрическую энергію, будетъ E (*), то, называя черезъ R сопротивление машины и чрезъ R_1 сопротивление проводниковъ, мы можемъ написать:

$$W_1 = \frac{J^2 R}{75g} + \frac{J^2 R_1}{75g} + \frac{EJ}{75g}.$$

Для расхода на эту энергію въ теченіи t часовъ мы будемъ имѣть такое выраженіе:

$$W_1 ct = \frac{J^2 R}{75g} ct + \frac{J^2 R_1}{75g} ct + \frac{EJ}{75g} ct.$$

Только послѣднее слагаемое можетъ считаться производительнымъ расходомъ, а двѣ первыя затраты совершенно бесполезны. Очевидно, чѣмъ больше будетъ величина $\frac{EJ}{75g}$, тѣмъ выгоднѣе будетъ употребленъ капиталъ, затраченный на приобрѣтеніе динамо-электрической машины и прочихъ приборовъ, а также и тѣмъ производительнѣе будутъ расходы по эксплуатаціи динамо-электрической машины.

*) Конечно, мы вездѣ будемъ употреблять единицы измѣренія: амперъ, вольтъ, омъ и пр.

Самый поверхностный взгляд укажет нам, что увеличивая разность потенциалов E при постоянстве прочих величин, мы будем получать и больше выгоды; кроме того, очевидно, полезно сдѣлать и расходъ на проводники по возможности малымъ, уменьшая R_1 . Что же касается силы тока J , то еще вопросъ полезно ли ее увеличивать; хотя вмѣстѣ съ ней также возрастаетъ величина полезной энергии, но за то и вредная работа тоже будетъ возрастать. Пояснимъ это примѣромъ.

Положимъ, что мы, имѣя машину, которая была бы въ состояніи зажигать параллельно 40 лампъ съ накаливаніемъ, употребляли ее только для 20 лампъ. Если для каждой лампы нужна сила тока j и разность потенциалов E , то расходъ на энергію при 20 лампахъ будетъ

$$W_1 ct = \frac{(20j)^2 R}{75g} ct + \frac{(20j)^2 R_1}{75g} ct + \frac{20jE}{75g} ct.$$

Посмотримъ, что будетъ если зажечь еще 20 лампъ, предполагая, что для нихъ проведены новые проводники, одинаковые съ прежними. Для расхода на энергію мы будемъ имѣть:

$$W_2 ct = \frac{(40j)^2 R}{75g} ct + 2 \cdot \frac{(20j)^2 R_1}{75g} ct + \frac{40jE}{75g} ct.$$

Полезная энергія удвоилась, расходъ на проводники также, но расходъ на машину увеличился въ 4 раза, и на первый взглядъ казалось бы лучше поставить еще такую же машину, потому что тогда бы все расходы только удвоились, но за то прибавляется новый расходъ въ видѣ процентовъ на капиталъ, затраченный на новую машину.

Чтобы опредѣлить какая сила тока будетъ наиболѣе выгодной для данной, машины постараемся найти критерій выгодности дѣйствія динамо-электрической машины.

Въ практикѣ существуетъ ясно установившееся понятіе о коэффициентѣ полезнаго дѣйствія, которымъ характеризуютъ качество, напр., всевозможныхъ двигателей, способовъ передачи силы и т. п.

По аналогіи съ этимъ мы введемъ понятіе объ экономическомъ полезномъ дѣйствіи, называя такъ величину отношенія производительнаго расхода ко всей суммѣ израсходованной на эксплуатацію машины, и намъ кажется, что мы не ошибемся, если будемъ считать величину этого отношенія характеристикой совершенства употребленія капитала. Его максимумъ укажетъ намъ условія, при которыхъ наилучшимъ образомъ будетъ употребленъ капиталъ, расходуемый на эксплуатацію машины.

Мы уже видѣли, что производительный расходъ представляется въ видѣ $\frac{EJ}{75g} ct$; намъ остается детально рассмотреть расходъ при эксплуатаціи машины, — онъ составитъ изъ слѣдующихъ частей:

Процентъ на капиталъ, выражающій стоимость д. э. машины, считая по 6% годовыхъ.

5% съ этого же капитала на амортизацію половины его въ 10 лѣтъ, предполагая, что машина, совершенно испортившись все-таки сохранить половину своей стоимости въ видѣ металлическаго материала.

Процентъ на капиталъ, затраченный на проводники.

Процентъ на капиталъ, затраченный на прочіе приборы и на амортизацію этого капитала.

Уходъ за машиной — включая сюда прислугу, смазку, чистку и ремонтъ.

Расходъ на энергію, представляемый выраженіемъ $W_1 ct$.

Если мы, составляя отношеніе, опредѣляющее экономическое полезное дѣйствіе, введемъ все эти статьи расхода, то получимъ сложное выраженіе, которое, будучи общимъ, все-таки не принесетъ никакой пользы. Для упрощенія анализа этого выраженія, мы разобьемъ все расходы на три группы:

1) A руб. = все расходы, не зависящіе отъ силы тока.

2) BJ руб. = расходы, пропорціональные силѣ тока.

3) CJ^2 руб. = расходы, пропорціональные квадрату силы тока.

Очевидно, что въ этихъ трехъ рубрикахъ будутъ заключаться всевозможные расходы на эксплуатацію д. э. машины. Назовемъ еще для удобства множитель $\frac{ct}{75g}$ черезъ Q . Тогда коэффициентъ экономического полезнаго дѣйствія будетъ:

$$U = \frac{QEJ}{A + BJ + CJ^2}$$

Прежде чѣмъ идти далѣе, мы должны сказать, что вопросъ рѣшается легко только въ томъ случаѣ, когда разность потенциалов E будетъ величиной постоянной, а это въ большинствѣ случаевъ имѣетъ мѣсто. Мы еще ранѣе указали, что выгодно брать величину E по возможности большой. Полагая же постояннымъ E легко найдемъ максимумъ U , приравнивая $\frac{dU}{dJ}$ нулю

$$\frac{dU}{dJ} = \frac{EQ(A + BJ + CJ^2) - EQJ(B + 2CJ)}{(A + BJ + CJ^2)^2} = 0.$$

откуда

$$A - CJ^2 = 0.$$

Это уравненіе выражаетъ, что въ случаѣ *внепредъ заданной разности потенциалов E , работа машины будетъ наиболѣе выгодной, если расходы, пропорціональные квадрату силы тока, будутъ равны расходамъ отъ силы тока независимымъ.*

Пра этомъ:

$$U_{\max.} = \frac{QE \sqrt{\frac{A}{C}}}{2A + B \sqrt{\frac{A}{C}}} = \frac{QE}{2\sqrt{AC} + B}.$$

Не переходя пока къ частнымъ приложеніямъ этого вывода, мы рассмотримъ подробнѣе расходъ на проводники, такъ какъ этотъ расходъ общій для всевозможныхъ приложеній динамо-электрической машины.

Само собой разумѣется, что, если мы можемъ уменьшить какую нибудь *бесполезную* часть расхода въ эксплуатаціи д. э. машины, не вліяя при этомъ на другія части, то тѣмъ самымъ улучшимъ употребленіе динамо-электрической машины. Коэффициентъ U при этомъ увеличится для какой угод-

по силы тока. Именно къ такимъ статьямъ расхода принадлежитъ расходъ на проводникъ.

Вопросъ о наименьшей тратѣ на проводникъ уже рѣшенъ *) и намъ остается только привести здѣсь его рѣшеніе, чтобы сдѣлать нѣкоторые выводы, необходимые для насъ.

Увеличеніе поперечнаго сѣченія проводника для меньшей затраты энергіи на него имѣетъ свои предѣлы, вслѣдствіе большой цѣнности мѣди. Называя чрезъ b годовой процентъ на капиталъ, выражающій стоимость мѣднаго проводника въ 1 □ мм. сѣченія и въ 1 метръ длины, а чрезъ r сопротивление такого проводника—получимъ для годового расхода на проводникъ l метровъ длины и s миллиметровъ сѣченія при силѣ тока J величину:

$$A = bls + \frac{J^2 r l}{s^2 75 g} ct.$$

Опредѣляя условія minimum'a A при измѣненіяхъ s , по правиламъ дифференціального исчисления, получимъ для опредѣленія наивыгоднѣйшаго поперечнаго сѣченія проводника такое уравненіе:

$$bls - \frac{J^2 r l}{s^3 75 g} ct = 0$$

выражающее, что s должно быть выбрано такъ, чтобы годовые проценты со стоимости проводника равнялись расходу на бесполезно затраченную энергію при нагреваніи проводника. Опредѣляя s получимъ:

$$s = J \sqrt{\frac{r ct}{b 75 g}}$$

Длина не имѣетъ никакого вліянія на s , но мы оставили ее въ уравненіи, чтобы имѣть полный годового расходъ на проводники.

Величина s , какъ видно, должна мѣняться пропорціонально силѣ тока, такъ что данныя экономическія условія опредѣляютъ собственно плотность тока, т. е. число амперовъ на 1 квадратный миллиметръ поперечнаго сѣченія проводника.

(До слѣд. №)

А. Поповъ.

Международная электрическая выставка.

Вѣна, 12-го (24-го) августа.

Вчера вечеромъ, въ 7 ч., въ первый разъ публика была допущена въ ротонду при электрическомъ освѣщеніи. Раньше этого, 10-го августа, частнымъ образомъ посѣтила выставку августѣйшая императрица и въ русскомъ отдѣлѣ сказала нѣсколько любезныхъ словъ нашему комиссару; въ этотъ же день посѣтилъ выставку нашъ министръ финансовъ, г. Бунге, и король сербскій Миланъ. Публика, должно быть, съ нетерпѣніемъ ожидала электрическаго освѣщенія, потому что ранѣе посѣщала выставку мало, между тѣмъ какъ вчера вечеромъ посѣтителей отъ 7 до 11 ч. было болѣе десяти тысячъ. Внутренность ротонды, вообще, была освѣщена хорошо; кое-гдѣ оставались мѣста, менѣе освѣщенные вслѣдствіе того, что не всѣ экспоненты успѣли окончательно устроиться. Наружное освѣщеніе было еще слабо по той же причинѣ.

Внутри ротонды, въ верхнемъ куполѣ, горѣло 9 лампъ-регуляторовъ Шверда, каждая въ 4 т. свѣчей.

На средней галлерей свѣтили 82 лампы-регуляторы, каждая по 1,000 свѣчей; изъ нихъ 40 лампъ Брѣша и 42 лампы Крицка.

Кольцеобразная галлерей ротонды внизу освѣщалась лампами разныхъ системъ, по участкамъ, сообразно съ мѣстами самихъ экспонентовъ.

То же самое относится и къ машинной галлерей. Помѣщеніе для паровыхъ котловъ освѣщалось лампами Брѣша. Изящныя апартаменты, представляющіе собою: картинную галлерей, кабинетъ, столовую, будуаръ, спальню и т. д., освѣщались лампочками съ накаливаніемъ въ красивыхъ канделябрахъ и люстрахъ. Хотя всякая система лампъ и машинъ можетъ давать достаточный свѣтъ, но вчера не всѣ комнаты были одинаково хорошо освѣщены. Лучшая комбинація была—лампы Свана съ машиной Ганца, затѣмъ Эдисона и слабѣе—лампы Максима съ машинами Вестона и Свана съ машинами Кременецкаго.

Ресторанъ прекрасно былъ освѣщенъ люстрами съ лампочками Эдисона и Сименса.

Снаружи, надъ южными воротами, были помѣщены два морскихъ прожектора съ лампами-регуляторами Максима, каждая въ 10,000 свѣчей, которые, вращаясь, отбрасывали далеко на городъ конусъ блестящихъ лучей, что было довольно эффектно въ темную южную ночь. Спереди на площади поставлены были двѣ желѣзныя мачты, высотой около 12 сажень, на которыхъ въ одномъ мѣстѣ по дугѣ круга расположены были по шесть регуляторовъ съ большими плоскими бѣлыми абажурами. Не смотря на то, что только одна мачта была приспособлена уже къ освѣщенію и, вмѣсто шести лампъ, горѣли только четыре, освѣщеніе площади было эффектное. Вообще же, вся ротонда представляла темную массу, въ которой ярко обозначались окна, освѣщенные изнутри.

Публика толпилась, главнымъ образомъ, въ машинномъ отдѣленіи, въ отдѣленіи „изящныхъ апартаментовъ“, въ телефонномъ помѣщеніи, гдѣ слушали оперу Большаго театра и, конечно, въ ресторанахъ выставки. Осматривать выставку было трудно. Какъ и вездѣ, конечно, встрѣчались и комическія сценки. Тамъ, напримѣръ, въ русскомъ отдѣлѣ, около витрины экспедиціи заготовленія государственныхъ бумагъ, одинъ господинъ объяснялъ публикѣ, что главное достоинство гальванопластическихъ осадковъ экспедиціи заключается въ томъ, что они осаждены на бумагѣ и т. п. Дамы, конечно, болѣе интересовались отдѣлкой русскаго помѣщенія въ русскомъ стилѣ. Со вчерашняго дня публика регулярно допускается: утромъ отъ 10—5 ч. и вечеромъ отъ 7 до 11. Внутри ротонды, однако, жарко. Грандіозный фонтанъ въ центрѣ ротонды, въ саду, еще не готовъ. Онъ будетъ освѣжать воздухъ, выбрасывая массу воды, которая будетъ изнутри освѣщаться знакомыми намъ фонарями Яблочкова, выставленными францужской компаніей.

(Новости)

В. Ф.

*) См. „Электричество“ 1881 г. № 20, статья У. Томсона и 1883 г. № 3—4 статьи Чиколева.