

2. 4170

НА ДО
НЕ ВЫДАЕ

473

448

423

398

373

348

32

25

Р 2.4170

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



2.4170

Сидоров А.И. Сравнение меха

ПРОВЕРЕНО
1962

З.Т.35

БИБЛИОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
МОСКОВСКАГО
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

3066

Сравненіе механическихъ фабричныхъ приводовъ съ электрической передачей работы къ машинамъ-орудіямъ.

Дѣйств. члена Политехническаго Общества А. И. Сидорова.

Изъ многочисленныхъ примѣненій электричества въ промышленности въ настоящее время получили наибольшее развитіе два: раньше—электрическое освѣщеніе, а въ самое послѣднее время—электрическая передача работы на разстояніе; эта послѣдняя распространяется съ поразительной быстротой, преимущественно для передачи работы на значительныя разстоянія. Но имѣются и примѣры передачъ на небольшія разстоянія, и между прочимъ сдѣланы попытки замѣнить нынѣшніе фабричные и заводскіе приводы—электрическими. Попытки эти можно считать увѣнчавшимися полнымъ успѣхомъ, и поэтому небезынтересно привести нѣкоторые примѣры, тѣмъ болѣе, что при устройствѣ такихъ электрическихъ приводовъ фирмой „Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft“ въ Берлинѣ были продѣланы весьма обстоятельныя и едва ли не первыя измѣренія количества работы, затрачиваемой (конечно, непроизводительно) на преодоленіе вредныхъ сопротивленій нынѣшнихъ механическихъ приводовъ; эти опыты представляютъ большой интересъ и показываютъ намъ, что на преодоленіе вредныхъ сопротивленій тратится гораздо большее (въ процентномъ отношеніи) количество работы, чѣмъ это обыкновенно полагаютъ, и результаты этихъ опытовъ могутъ быть полезны вообще, независимо даже отъ сравненія съ электрическими приводами.

Задавшись вопросомъ, — какіе приводы лучше: механическіе или электрическіе, мы должны сравнить ихъ:

1) относительно стоимости устройства;

2) относительно ихъ степени совершенства (т.-е. сравнить ихъ коэффиціенты полезнаго дѣйствія);

3) относительно удобства установки, легкости и безопасности ухода, способности приспособляться къ данному помещенію, группировкѣ станковъ и проч.

Относительно 1-го пункта въ докладѣ инженера *Hartmann'a* *), сдѣланномъ Берлинскому отдѣленію Общества нѣмецкихъ инженеровъ, откуда заимствованы нижеслѣдующіе примѣры, никакихъ данныхъ не имѣется; но рѣшить вопросъ, какая передача будетъ дешевле въ каждомъ данномъ случаѣ, нетрудно, имѣя подъ руками цѣны всѣхъ принадлежностей и зная рабочую плату. Впрочемъ, если бы электрическая передача оказалась и дороже въ смыслѣ первоначальнаго устройства, слѣд. требующей бѣльшей суммы на погашеніе капитала, то и это можетъ еще окупиться большимъ ея полезнымъ дѣйствіемъ и прочими свойствами по пункту 3-му. Рѣшительныхъ данныхъ тѣмъ не менѣе здѣсь нѣтъ еще.

Зато по 2-му пункту можно рѣшительно высказаться въ пользу электрическаго привода, и выясненіемъ этого-то именно положенія мы теперь и займемся.

Опредѣлить коэффиціентъ полезнаго дѣйствія электрическаго привода не представляетъ никакихъ затрудненій, потому что мы имѣемъ здѣсь возможность прямо видѣть во всякій данный моментъ, сколько силы передается электромотору; стоитъ только прочесть показанія амперометра и вольтметра, вставленныхъ въ цѣпь. Если амперометръ покажетъ I амперовъ, а вольтметръ E вольтъ, то можно сейчасъ же опредѣлить и работу, которую можетъ дать электромоторъ (полагая, что I и E измѣрены вблизи него). Для этого изъ работы $I.E$ (въ уаттахъ), доставляемой электромотору слѣдуетъ вычесть потери работы внутри его. Если назовемъ черезъ L въ уаттахъ работу порожняго хода электромотора, черезъ W_a сопротивление якоря въ омахъ, черезъ W_m сопротивление обмотки электромагнитовъ въ омахъ, то полезная работа на валу электромотора, выраженная въ килограммометрахъ въ секунду, будетъ:

*) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1892, №№ 39 и 40.

$$A = \frac{I \cdot E - \left[\frac{E^2}{W_m} + \left(I - \frac{E}{W_m} \right)^2 \cdot W_a + L \right]}{9,81} \dots (1),$$

а въ лошадиныхъ силахъ:

$$N = \frac{I \cdot E - \left[\frac{E^2}{W_m} + \left(I - \frac{E}{W_m} \right)^2 \cdot W_a + L \right]}{736} \dots (2),$$

Въ механическихъ приводахъ мы лишены удобства—имѣть вставленнымъ въ передачу измѣритель работы. Хотя динамометры и существуютъ, но чрезвычайно неудобно имѣть ихъ постоянно встареленными въ приводъ; такой фабрики нигдѣ не найдется, и даже временно вставлять динамометръ неудобно, ибо приходится прерывать производство, а вставить динамометръ во всякомъ данномъ мѣстѣ иногда прямо невозможно. Поэтому о томъ, сколько работы тратится на преодоленіе вредныхъ сопротивленій приводовъ не имѣется почти никакихъ опытныхъ данныхъ, и обыкновенно о приводахъ думаютъ лучше, чѣмъ они того заслуживаютъ.

Чтобы получить точныя опытыя данныя по этому вопросу вышеупомянутое „*Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft*“ произвело обширныя опыты съ точными динамометрическими измѣреніями, главнымъ образомъ въ собственной мастерской въ Берлинѣ, которая со времени своего основанія въ 1888 г. приводится въ движеніе электрическими приводами въ соединеніе съ механическими. Въ ней нѣтъ главнаго фабричнаго вала, который тянулся бы по всѣмъ мастерскимъ и лежалъ бы въ массѣ опоръ. Вмѣсто него въ мастерскихъ разсѣяны электромоторы (въ общей сложности на 400 лш. силъ), соединенные проводами съ центральной динамо-машиной и получающіе отъ нея работу. Каждый электромоторъ приводитъ въ движеніе при помощи механической передачи (ремнями) небольшой, сравнительно, валъ *), играющій роль главнаго фабричнаго вала для извѣстной группы машинъ орудій.

Приводимъ теперь результаты нѣсколькихъ опытовъ.

*) Для краткости будемъ называть такой валъ „частнымъ валомъ“.

Примѣръ 1-й. Ножницы съ комаромъ и двѣ сверлильныхъ машины для листового желѣза приводятся въ движеніе отъ одного изъ вышеупомянутыхъ частныхъ валовъ; валъ имѣетъ 60 мм. въ діаметрѣ и длину въ 6 метр.; лежитъ въ 3-хъ Селлерсовскихъ подшипникахъ. Валъ приводится въ движеніе электромоторомъ при помощи ремня въ 90 мм. ширины, бѣгушаго со скоростью 6,28 метра въ секунду.

Отъ этого вала приводятся въ движеніе три отдѣльныхъ контръ-шафта, служащіе для движенія ножницъ и 2-хъ сверлильныхъ.

При динамометрическихъ испытаніяхъ эта передача была разбита на три части:

- 1) ременная передача отъ электромотора къ частному валу и самъ частный валъ;
- 2) ременная передача отъ частнаго вала къ контръ-шафтамъ;
- 3) ременная передача отъ контръ-шафтовъ къ машинамъ-орудіямъ.

По измѣреніямъ оказалось, что для движенія требуется работа въ кг.-мт. въ сек.:

- 1) для всего описаннаго устройства при полной работѣ всѣхъ 3-хъ машинъ-орудій 135,5
- 2) для всего устройства при порожнемъ ходѣ машинъ орудій 116,9
- 3) для частнаго вала и контръ-шафтовъ при скинутыхъ машинныхъ ремняхъ 76,2
- 4) для частнаго вала и ремней контръ-шафтовъ на холостыхъ шкивахъ 63
- 5) для частнаго вала и его ремня 32,3

Изъ этихъ данныхъ мы можемъ вычислить, что требуется:

а) для дѣйствія однихъ только машинъ-орудій при полной ихъ работѣ:

$$135,5 - 116,9 = 18,6 \text{ кг.-мт. въ сек.}$$

б) для дѣйствія машинъ и машинныхъ ремней:

$$135,5 - 76,2 = 59,3 \quad " \quad "$$

в) для порожняго хода машинъ и машинныхъ ремней:

$$116,9 - 76,2 = 40,7 \quad " \quad "$$

d) для движенія однихъ контръ-шафтовъ:

$$76,2 - 63 \dots\dots\dots = 13,2 \text{ кг.-мт. въ сек.}$$

e) для движенія ремней, идущихъ отъ контръ-шафтовъ къ частному валу:

$$63 - 32,3 \dots\dots\dots = 30,7 \quad " \quad "$$

f) для движенія машинныхъ ремней (принято равнымъ затратамъ работы на ремни контръ-шафтовъ) $\dots\dots\dots = 30,7 \quad " \quad "$

g) для порожняго хода машинъ орудій:

$$40,7 - 30,7 \dots\dots\dots = 10 \quad " \quad "$$

h) для движенія частнаго вала съ его ремнемъ $\dots\dots\dots 32,3 \quad " \quad "$

Изъ этихъ данныхъ вычисляются слѣдующія величины коэффиціентовъ полезнаго дѣйствія:

a) для однихъ машинъ-орудій въ среднемъ:

$$\frac{18,6}{18,6 + 10} = 0,65$$

β) для машинныхъ ремней и контръ-шафтовъ:

$$\frac{18,6 + 10}{18,6 + 10 + 30,7 + 13,2} = 0,394^*) \dots\dots (2_a)$$

δ) для ремней между контръ-шафтами и частнымъ валомъ:

$$\frac{18,6 + 10 + 30,7 + 13,2}{18,6 + 10 + 30,7 + 13,2 + 30,7} = \frac{72,5}{103,2} = 0,70 \dots\dots (3).$$

ε) для частнаго вала и его ремня:

$$\frac{103,2}{103,2 + 32,3} = 0,762 \dots\dots\dots (3_a).$$

Коэффициентъ (α) однихъ машинъ-орудій для насъ здѣсь не интересенъ. Перемноживъ остальные три коэффициента, мы

*) Въ оригиналѣ коэф. (β) вычисляется такъ:

$$\frac{18,6}{72,5} = 0,256$$

что, очевидно, ошибочно; въ числитель должна стоять *вся* работа, которую передаютъ машинные ремни къ машинамъ орудіямъ (т. е. 28,6). Это видно и изъ 2-го примѣра, гдѣ вычисленіе ведется вѣрно и въ оригиналѣ.

Въ вычисленіи коэф. (α) и (δ) въ оригиналѣ есть ариѳметическія ошибки, здѣсь исправленныя.

получимъ полный коэффициентъ полезнаго дѣйствія всей механической передачи между валомъ электромотора и машинами-орудіями. Онъ будетъ:

$$0,394 \times 0,70 \times 0,762 = 0,21 \dots\dots\dots (3_0)$$

Какъ видно, больше всего поглощаютъ работы машинные ремни (к. п. д. = 0,394). Если взять коэффициентъ полезнаго дѣйствія только двухъ первыхъ частей всей передачи, то получится

$$0,70 \times 0,762 = 0,533 \dots\dots\dots (3_1).$$

Примѣръ 2-й. Цѣлая группа въ 51 штуку маленькихъ машинъ-орудій (небольшія самоточки, фрезовыя, сверлильныя, наждачные круги и пр.) приводится въ движеніе отъ частнаго вала въ 40 мм. діаметромъ и 28 метр. длиной, который получаетъ движеніе отъ электромотора въ 6 лош. силъ.

И здѣсь при опытахъ передача была раздѣлена на три части:

1) ременную передачу отъ электромотора къ частному валу;

2) ременную передачу отъ частнаго вала къ контръ-шафтамъ и

3) ременную передачу отъ контръ-шафтовъ къ машинамъ-орудіямъ.

По измѣреніямъ оказалось, что для движенія требуется работа кг.-мт. въ сек.:

1) для всего устройства при полной работѣ всѣхъ машинъ-орудій 494

2) для всего устройства при порожнемъ ходѣ машинъ-орудій 396

3) для частнаго вала и контръ-шафтовъ при скинутыхъ машинныхъ ремняхъ 197

4) для частнаго вала и ремней контръ-шафтовъ на холостыхъ шкивахъ 148

5) для частнаго вала и его ремня 79,7

Изъ этихъ данныхъ вычисляется работа въ кг.-мт. въ сек.:

а) для полезной работы машинъ-орудій при полной нагрузкѣ:
 $494 - 396 \dots\dots\dots = 98$

б) для дѣйствія машинъ и машинныхъ ремней:
 $494 - 197 \dots\dots\dots = 297$

с) для порожняго хода машинъ и машинныхъ ремней:

$$396 - 197 \dots\dots\dots = 199$$

d) для движенія однихъ контръ-шафтовъ:

$$197 - 148 \dots\dots\dots = 49$$

e) для движенія ремней между контръ-шафтомъ и частнымъ валомъ:

$$148 - 79,7 \dots\dots\dots = 68,3$$

f) для движенія машинныхъ ремней (принято, какъ и въ 1 примѣрѣ) $\dots\dots\dots = 68,3$

g) для порожняго хода машинъ-орудій

$$199 - 68,3 \dots\dots\dots = 130,7$$

h) для движенія частнаго вала съ его ремнемъ . 79,7

Отсюда вычисляются слѣдующія величины коэффиціентовъ полезнаго дѣйствія:

b₁) для однихъ машинъ-орудій:

$$\frac{98}{98 + 130,7} = \frac{98}{228,7} = 0,43$$

c₁) для машинныхъ ремней и контръ-шафтовъ:

$$\frac{228,7}{228,7 + 68,3 + 49} = \frac{228,8}{346} = 0,66 \dots\dots\dots (4)$$

d₁) для ремней между контръ-шафтами и частнымъ валомъ:

$$\frac{346}{346 + 68,3} = \frac{346}{414,3} = 0,835 \dots\dots\dots (5)$$

e₁) для частнаго вала и его ремня

$$\frac{414,3}{414,3 + 79,7} = \frac{414,3}{494} = 0,84 \dots\dots\dots (6)$$

Полный коэффиціентъ полезнаго дѣйствія всей передачи будетъ:

$$0,66 \times 0,835 \times 0,84 = 0,46 \dots\dots\dots (7)$$

а коэффиціентъ полезнаго дѣйствія первыхъ 2-хъ частей передачи (т. е. безъ машинныхъ ремней):

$$0,835 \times 0,84 = 0,70 \dots\dots\dots (8).$$

Примѣръ 3-й. Группа (141 штука) разныхъ машинъ (само-точки, сверлилки, долбежныя, строгалки, фрезовыя, для загиба листовъ и пр.) приводится въ движеніе отъ частнаго вала діаметромъ въ 50 мм. и 74 метра длиною, густо усаженнаго

шкивами; валъ получаетъ движеніе отъ электромотора въ 30 силъ.

По измѣреніямъ оказалось, что требуется работа въ кг.-мтр. въ сек.:

1) для движенія всего устройства при полной работѣ машинъ. 2243

2) для движенія всего устройства при порожнемъ ходѣ машинъ 1783

3) для движенія частнаго вала, контръ-шафтовъ и машинныхъ ремней (всей передачи цѣликомъ) 763

4) для движенія частнаго вала и ремней, идущихъ отъ него къ контръ-шафтамъ, но исключая самые контръ-шафтные валы 654

5) для движенія частнаго вала и его ремня 504

Изъ этихъ данныхъ вычисляется работа въ кг.-мтр. въ сек.:

а) для полезной работы машинъ-орудій при полной нагрузкѣ:

$$2243 - 1783 \dots\dots\dots = 460$$

б) для порожняго хода машинъ только (безъ машинныхъ ремней):

$$1783 - 763 \dots\dots\dots = 1020$$

в) для движенія машинныхъ ремней и контръ-шафтовъ:

$$763 - 654 \dots\dots\dots = 109$$

г) для движенія ремней, идущихъ отъ контръ-шафтовъ къ частному валу:

$$654 - 504 \dots\dots\dots = 150$$

е) для движенія частнаго вала и его ремня, идущаго къ мотору 504

Отсюда вычисляются слѣдующія величины коэффиціентовъ полезнаго дѣйствія:

а) для машинъ орудій только:

$$\frac{460}{460 + 1020} = \frac{460}{1480} = 0,31$$

б) для машинныхъ ремней и контръ-шафтовъ:

$$\frac{1480}{1480 + 109} = \frac{1480}{1589} = 0,93 \dots\dots\dots (9)$$

8) для ремней между контръ-шафтами и частнымъ валомъ:

$$\frac{1589}{1589 + 150} = \frac{1589}{1739} = 0,914 \dots (10)$$

ε) для частнаго вала съ ремнемъ:

$$\frac{1739}{1739 + 504} = \frac{1739}{2243} = 0,775 \dots (11)$$

Полный коэффициентъ полезнаго дѣйствія всей передачи будетъ:

$$0,93 \times 0,914 \times 0,775 = 0,659 \dots (12),$$

а коэффициентъ полезнаго дѣйствія части передачи отъ мотора до машинныхъ ремней:

$$0,914 \times 0,775 = 0,71 \dots (13)$$

Если мы возьмемъ среднее изъ коэффициентовъ полезнаго дѣйствія этой части передачи во всѣхъ трехъ примѣрахъ, т. е. среднее изъ величинъ (3_с), (8) и (13), то получимъ:

$$\frac{0,533 + 0,70 + 0,71}{3} = 0,647 \dots (13_a),$$

среднее значеніе коэффициента полезнаго дѣйствія для 2-хъ ременныхъ передачъ.

Примѣръ 4-й. Приведемъ описаніе еще одного опыта, произведеннаго въ большихъ размѣрахъ и безъ электрическихъ измѣреній, а съ помощію индикатора и динамометра Прони.

Одна хорошо устроенная фабрика приводится въ дѣйствіе паровой машиной въ 250 лош. силъ и тремя турбинами въ 80, 40 и 35 силъ. Паровая машина помогаетъ турбинамъ, смотря по высотѣ уровня воды, и можетъ, въ случаѣ нужды, одна двигать всю фабрику.

Передъ началомъ испытаній всѣ приводы были тщательно осмотрѣны, провѣрены и приведены въ наилучшее состояніе; затѣмъ съ паровой машиной были произведены индикаторныя испытанія, была опредѣлена работа, потребная для дѣйствія фабрики при наибольшей ея производительности и при нормальной производительности, была опредѣлена работа порожняго хода всей фабрики и работа, потребная для каждой мастерской въ отдѣльности.

Оказалось, что требуется работа въ лош. силахъ:

- | | |
|---|-----|
| 1) для дѣйствія фабрики при наибольшей ея производительности. | 250 |
| 2) для дѣйствія фабрики при нормальной производительности. | 175 |
| 3) для порожняго хода всѣхъ приводовъ. | 80 |

Затѣмъ вмѣсто паровой машины были пущены турбины, и помощью динамометра еще разъ было провѣрено, что на порожній ходъ тратится опять таки же 80 лош. силъ. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія всей фабрики будетъ: при наибольшей производительности:

$$\frac{250 - 80}{250} = 0,68. \quad (14)$$

а при нормальной:

$$\frac{175 - 80}{175} = 0,543. \quad (15)$$

Величина (14) близко подходитъ къ величинѣ (13a), найденной изъ прежнихъ опытовъ.

Величина же (15) показываетъ, что почти половина всей работы двигателя тратится даромъ на движеніе приводовъ, а потому повышение полезнаго дѣйствія приводовъ въ цѣляхъ экономіи весьма желательно.

Не слѣдуетъ забывать, что средняя величина коэффициента полезнаго дѣйствія 0,647 была опредѣлена для полной работы всѣхъ машинъ. Если же, по характеру производства, машины часто стоятъ или работаютъ не во всю силу (напр., механискій заводъ), то коэффициентъ полезнаго дѣйствія приводовъ, очевидно, понижается и можетъ спуститься до 0,50.

Кромѣ ременныхъ передачъ были испытаны и другія передачи, какъ-то зубчатая цилиндрическая и червячная. На валу электромотора, работа котораго и коэффициентъ полезнаго дѣйствія были точно опредѣлены, сидѣло цилиндрическое зубчатое колесо, сцѣпившееся съ другимъ колесомъ, сидѣвшимъ на другомъ валу и воспринимавшимъ работу отъ перваго колеса. Работа на этомъ второмъ валу измѣрялась динамометромъ Брауера или поглощалась динамо-машиной. Подобнымъ способомъ испытывались и двойная зубчатая и червячная передачи.

Оказалось слѣдующее:

а) для одной пары цилиндрическихъ зубчатыхъ колесъ съ зубьями, нарѣзанными на зуборѣзной машинѣ, получился коэффициентъ полезнаго дѣйствія 0,97; при необработанныхъ зубьяхъ — около 0,90;

б) для двойной передачи изъ 2-хъ паръ зубчатыхъ колесъ 0,90 для нарѣзныхъ зубьевъ и отъ 0,65 до 0,70 для необработанныхъ *).

Вслѣдствіе низкаго полезнаго дѣйствія необработанныхъ колесъ въ передачахъ отъ электромотора всегда употребляются фрезованныя зубчатые колеса, которые иногда для уменьшенія металлическаго звона наполняются свинцомъ. Примѣняютъ также колеса съ винтовыми зубьями, сажая рядомъ два колеса, съ наклоненными въ разныя стороны зубьями. Посадить одно обыкновенное винтовое колесо, съ зубьями идущими наклонно въ разныя стороны отъ середины — нельзя, такъ какъ такое колесо слишкомъ неудобно фрезовать. При такихъ предосторожностяхъ удается получать довольно спокойный ходъ даже при 6000 оборотахъ въ минуту.

Червячная передача мало пригодна для передачи очень большихъ силъ. При передачѣ малыхъ и среднихъ силъ, напротивъ, червячная передача употребляется съ большимъ успѣхомъ; слѣдуетъ только позаботиться о томъ, чтобы не было слишкомъ сильнаго изнашиванія; а для этого берутъ хорошій, крѣпкій матеріалъ, — лучше всего стальной червякъ и фрезованное колесо изъ фосфористой бронзы, и стараются объ увеличеніи величины трущихся поверхностей. Одно-оборотный червякъ съ малымъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія (отъ 0,40 до 0,60) рѣдко употребляется; напротивъ, червяки съ большимъ угломъ наклона (до 45°) винтовой линіи, обыкновенно двухъ и трехъ-оборотные, даютъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія до 0,84 и даже до 0,86, слѣд., представляютъ одну изъ весьма совершенныхъ механическихъ передачъ.

Теперь обратимся къ электрическимъ приводамъ. Прежде всего мы здѣсь встрѣчаемся съ драгоцѣннымъ свойствомъ,

*) Къ сожалѣнію *Hartmann* не приводитъ передаточнаго числа у испытанныхъ колесъ и окружной ихъ скорости.

какъ разъ обратнымъ свойству механическихъ приводовъ, а именно:

При уменьшеніи нагрузки машинъ-орудій коэффициентъ полезнаго дѣйствія электрическаго привода будетъ увеличиваться, тогда какъ для механическаго онъ уменьшается.

Причина этому очень простая и зависитъ отъ самой сущности электрической передачи. Въ то время какъ при механическомъ приводѣ во время холостого хода машинъ-орудій мы все-таки должны затрачивать работу на движеніе валовъ, ремней и пр., причемъ эта работа почти не зависитъ отъ того, работаетъ машина-орудіе или стоитъ, въ электрической передачѣ, если нужно остановить работу, мы прерываемъ токъ, и все время, пока онъ прерванъ, затрата работы будетъ = нулю. Если же нужно остановить не всѣ машины, движимыя однимъ моторомъ, а только нѣкоторыя, или если придется уменьшить ихъ нагрузку, то сообразно этому уменьшится и сила тока въ цѣпи; а такъ какъ потеря работы въ электрической передачѣ выражается черезъ

$$A_v = I^2 \cdot W,$$

гдѣ I — сила тока въ цѣпи, а W — сопротивленіе проводовъ, то съ уменьшеніемъ силы тока потеря работы въ проводахъ уменьшится пропорціонально *квадрату* силы тока, слѣд., полезное дѣйствіе повысится.

Уже это одно свойство даетъ электрическому приводу большой перевѣсъ надъ механическимъ тамъ, гдѣ работа производится съ паузами или вообще сильно измѣняется.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія электрической передачи будетъ состоять изъ произведенія трехъ коэффициентовъ полезнаго дѣйствія: динамо-машины, проводовъ и электромотора.

Что касается полезнаго дѣйствія проводовъ, то, увеличивая ихъ сѣченіе или повышая напряженіе тока, мы всегда можемъ довести его до весьма высокой величины; — внутри фабрикъ, при небольшихъ сравнительно длинахъ проводовъ, можно принять его около 0,97—0,98.

Что касается динамо-машины, то она обыкновенно будетъ служить, какъ для передачи работы, такъ и для электрическаго освѣщенія, и во всякомъ случаѣ будетъ не меньше средней величины, а для машинъ среднихъ силъ можно принять

коэффициентъ полезнаго дѣйствія 0,90 (для большихъ машинъ еще выше).

Электромоторы, напротивъ, могутъ быть различные, начиная отъ самыхъ малыхъ, непосредственно вращающихъ машинки-орудія, до значительныхъ, двигающихъ группы машинъ.

По даннымъ „*Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft*“, коэффициентъ полезнаго дѣйствія самыхъ малыхъ моторовъ этой фирмы, на $\frac{1}{3}$ лошадиной силы, можно принять въ 0,70; для большихъ моторовъ, въ 10 лш. силъ, коэфф. полез. дѣйствія будетъ уже 0,89, при 60-ти сильномъ моторѣ болѣе 0,90. Если нагрузка мотора уменьшится до $\frac{2}{3}$ нормальной, то коэфф. полез. дѣйствія понизится для самыхъ малыхъ моторовъ на 7%, а для большихъ и того меньше. Если нагрузка будетъ только $\frac{1}{2}$ нормальной, то и тогда коэфф. полез. дѣйствія уменьшится только на 9—10%.

Итакъ, мы видимъ, что съ точки зрѣнія совершенства передачи электрической приводъ стоитъ значительно выше механическаго.

Изъ нижеслѣдующаго примѣра, взятаго изъ практики, видно ясно это его совершенство.

Примѣръ 5-й. Требуется привести въ дѣйствіе мельницу, требующую 7 лш. силъ, при помощи электрической передачи отъ центральной динамо-машины, служащей для электрическаго освѣщенія пивнаго погреба.

Опредѣлимъ коэффициенты полезнаго дѣйствія электрической передачи:

- 1) для динамо-машины, сидящей на валу паровой . . = 0, 90
 - 2) для проводовъ = 0, 98
 - 3) для мотора въ 7 силъ = 0,865
 - 4) для зубчатой передачи отъ мотора къ мельницѣ = 0, 97
- Полный коэфф. пол. дѣйст. всей передачи будетъ

$$0,90 \times 0,98 \times 0,865 \times 0,97 = 0,74.$$

На самомъ дѣлѣ устроенъ былъ механической приводъ, который, какъ оказалось изъ измѣреній, потребляетъ лошадиныхъ силъ:

- 1) на движеніе ремней отъ мельницы къ
1-му валу 0,2

2) на движеніе этого вала вмѣстѣ съ ремнемъ, идущимъ съ него на главный валъ (діаметръ 1-го вала 40 мм., длина 26 метр.).	2,7
3) на движеніе главного вала (40 мм. діаметръ, 60 метр. длина) съ ремнемъ.	3,8
Всего. . .	6,7 лош. силъ.

Коэфф. полезнаго дѣйствія всего привода будетъ

$$\frac{7}{7 + 6,7} = \frac{7}{13,7} = 0,51.$$

Устройство электрической передачи сберегло бы

$$100 \cdot \frac{0,74 - 0,51}{0,74} = 31\% \text{ полезной работы.}$$

Такихъ случаевъ, гдѣ вполне цѣлесообразно устройство электрической передачи для движенія машинъ, удаленныхъ отъ центра фабрики, много, напр. далекія водокачки, подъемники, особенно машины съ большимъ числомъ оборотовъ, которыя могутъ быть прямо сдѣланы съ валомъ электромотора, какъ то: вентиляторы для вентиляціи разбросанныхъ помѣщеній, центрофуги, кузнечные вентиляторы, фрикціонные молота въ кузницахъ, переносныя сверлилки, дерево-строгальныя машины, круглыя пилы и проч.

Устройство электрическихъ приводовъ ко *всѣмъ* отдѣльнымъ станкамъ завода или фабрики можетъ оказаться не всегда удобнымъ, и совершенно изгнать механическій приводъ имъ, можетъ быть, никогда не удастся. Но весьма раціональнымъ является замѣна электрическимъ приводомъ главного фабричнаго вала, самаго тяжелаго и длиннаго, лежащаго во множествѣ подшипниковъ и требующаго ухода. Мы упоминали уже вначалѣ о такой системѣ передачи. Теперь приведемъ данныя относительно двухъ заводовъ, гдѣ имѣется такая смѣшанная система передачи.

1) Вышеупомянутыя мастерскія фирмы „*Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft*“ имѣютъ 2 паровыя машины вмѣстѣ съ динамо-машиной, каждая по 150 силъ, и 1 паровую машину вмѣстѣ съ динамо-машиной въ 300 силъ; токъ отъ этихъ

3-хъ машинъ служить для электрическаго освѣщенія и для движенія всѣхъ станковъ въ мастерскихъ. Двигатели распределены такъ:

1) въ механической, кузницѣ, столярной и въ отдѣленіи для навивки якорей.	21	электромоторъ въ	91 л. с.
2) въ арматурной.	7	моторовъ на	61 " "
3) въ кабельной.	3	" "	22 " "
4) въ гуттаперчевомъ отдѣлѣ.	1	" "	80 " "
5) на испытательной станціи.	8	" "	156 " "
Всего		40 моторовъ на	410 л. с.

II) На заводѣ „*Aktien-Gesellschaft für Fabrication von Eisenbahnmaterial zu Görlitz*“ имѣются:

2 электромотора въ	30 л. с.	}	для движенія столярной и
1 " "	20 " "		лѣсопилки,
1 " "	15 " "	}	для строгальной и новой
1 " "	1,5 " "		слесарной,
1 " "	1 " "		для краскотерки,
1 " "	1 " "		для переносной сверлильной.

Другой случай, гдѣ устройство электрическаго привода будетъ умѣстно, представляется тамъ, гдѣ въ отдаленномъ зданіи, куда неудобно провести приводъ, устанавливають свою маленькую паровую машину, часто питаемую паромъ изъ центральнаго котла. Такая машина обыкновенно работаетъ безъ охлажденія, паръ достигаетъ до нее съ значительнымъ содержаніемъ воды и сильной потерей давленія, и коэффиціентъ полезнаго дѣйствія такой небольшой машины не высокъ, а коэффиціентъ экономичности (т. е. число лош. силъ, даваемое однимъ килограмм. пара) будетъ весьма низокъ сравнительно съ хорошей большой центральной машиной съ конденсаторомъ.

Если положить потерю теплоты и давленія въ паропроводѣ въ 15% и принять расходъ пара для небольшой машины безъ охлажденія въ 18 килограмм. на 1 дѣйствительную силу въ часъ, то расходъ пара, принимая во вниманіе потерю паропровода, будетъ въ килограмм. въ часъ на 1 дѣйств. силу:

$$\frac{18}{1 - 0,15} = 21,2 \text{ кг.}$$

Если устроить электрическую передачу отъ центральной машины, то можно принять:

Полезное дѣйствіе короткаго паропровода	= 0,95
„ „ паровой машины	= 0,85
„ „ динамо-машины	= 0,90
„ „ проводовъ	= 0,96
„ „ электромотора	= 0,85

Принимая расходъ пара на одну индикаторную силу паровой машины въ 6,5 кг. въ часъ, мы получимъ расходъ пара на одну дѣйствительную силу на валу электромотора

$$\frac{6,5}{0,95 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,96 \times 0,85} = 10,98 \text{ кг.}$$

Экономія въ расходѣ пара будетъ, при употребленіи электрической передачи

$$100 \cdot \frac{21,2 - 10,98}{21,2} = 48\%.$$

Замѣтимъ еще, что мы приняли весьма умѣренную цифру 18 кг. для расхода пара; часто въ маленькихъ машинкахъ онъ доходитъ до 25 кг., и тогда экономія въ расходѣ пара выразится цифрой около 60%.

Весьма удобной и выгодной является электрическая передача работы еще въ одномъ случаѣ, — а именно для дѣйствія большихъ набережныхъ крановъ и катающихся балокъ въ мастерских *). Разсмотрѣніе этихъ устройствъ не входитъ въ содержаніе настоящей статьи, и мы замѣтимъ только, что, по видимому, краны съ канатной передачей Рамсботома и пр. вскорѣ будутъ вытѣснены электрическими. Эти послѣдніе не будутъ стѣснены, какъ канатные краны, максимальной работой каната, позволяющей большіе грузы подымать съ весьма малой, нежелательной скоростью.

Обращаясь теперь къ третьему пункту нашего сравненія, мы по этому пункту безусловно должны будемъ отдать предпочтеніе электрическому приводу.

*) Устройство электрической передачи къ катающемуся крану въ недалекомъ будущемъ имѣетъ быть въ мастерскихъ Коломенскаго машиностроительнаго завода.

Вмѣсто тяжелыхъ валовъ, требующихъ толстыхъ стѣнъ, массивныхъ фундаментовъ, крѣпкихъ колоннъ, массы опоръ,—мы имѣемъ легкіе электрическіе провода.

Валы нужно установить очень точно, повѣрять въ послѣдствіи; нужно ихъ смазывать и чистить, что нерѣдко еще и нынѣ сопряжено съ опасностью для жизни рабочихъ. Электрическій приводъ не требуетъ ни вывѣрки, ни смазки, и уходъ за нимъ очень простъ.

Механическій приводъ черезъ свои опоры передаетъ стѣнамъ сотрясенія, часто производитъ шумъ и запутываетъ помещеніе ремнями и валами, очень часто тамъ, гдѣ это вовсе не желательно. Электрическій приводъ уютенъ и гибокъ; его можно провести гдѣ угодно.

Благодаря этой гибкости, при устройствѣ новой фабрики мы не стѣснены, какъ теперь, при размѣщеніи станковъ, прямыми линіями приводныхъ валовъ; мы можемъ ставить станки такъ, какъ это наиболѣе удобно для производства.

Расширеніе фабрики можно произвести безъ всякаго стѣсненія, тогда какъ при механическомъ приводѣ соображенія о его наращиваніи могутъ существенно вліять на планъ пристройки въ неудобномъ для нея смыслѣ.

Электрическій приводъ можетъ свободно идти черезъ воду и, если понадобится, можно конструировать электромоторъ, который можетъ работать подъ водой.

Полезное дѣйствіе электрическаго провода не зависитъ отъ внимательности рабочаго, тогда какъ плохо смазанный или сильно затянутый подшипникъ можетъ быть источникомъ значительной потери работы.

Таковы свойства электрическихъ приводовъ. Весьма вѣроятно, что въ непродолжительномъ времени оправдаются слова Волькера:

„Настанетъ день, когда на передаточные валы и ремни будутъ смотреть какъ на варварство“.

Въ нашъ вѣкъ электричества это вполне возможно.

Инженеръ-механикъ А. Сидоровъ.

