

621.313.2
9807

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

Аспирант И.Д. ЯСЕНЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА
ПРИ НАЛАДКЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

(Специальность 05.281 - Электрификация
отраслей производства)

05.02.03

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Челябинск
1971

ЧПИ

621.313.2:621.34

Работа выполнена на кафедре "Электропривод и автоматизация промышленных установок" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола и в Пуско-наладочном управлении треста "Южуралэлектромонтаж".

Научный руководитель - доцент, кандидат технических наук С.Д. ЛЕВИНТОВ.

Официальные оппоненты:
заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук С.П. ЛЕБЕДЕВ,
доцент, кандидат технических наук В.А. ЛИФАНОВ.

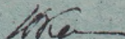
Ведущее предприятие - Орско-Халиловский металлургический комбинат (г. Новотроицк Оренбургской области).

Автореферат разослан " // " марта 1971 г.
Защита диссертации состоится 14 апреля 1971 г. на заседании Совета по присуждению ученых степеней энергетического и приборостроительного факультетов ЧПИ.

Отзывы и замечания просим направлять по адресу:
г. Челябинск, 44, проспект им.В.И.Ленина, 76, Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета -
доцент, кандидат технических наук



Жороленко Ю.А./



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

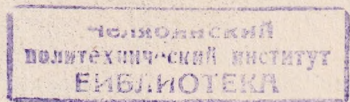
Аспирант Ю.Д. ЯСЕНЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА
ПРИ НАЛАДКЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

(Специальность 05.281. - „Электрификация
отраслей производства“)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук



Челябинск
1971

Работа выполнена на кафедре "Электропривод и автоматизация промышленных установок" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола и в Пуско-наладочном управлении треста "Куралалэлектромонтаж".

Научный руководитель - доцент, кандидат технических наук С.Д. ЛЕВИНТОВ.

Официальные оппоненты:

заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук С.П. ЛЕБЕДЕВ,
доцент, кандидат технических наук В.А. ЛИФАНОВ.

Ведущее предприятие - Орско-Халиловский металлургический комбинат (г. Новотроицк Оренбургской области).

Автореферат разослан " " марта 1971 г.
Защита диссертации состоится 14 апреля 1971 г. на заседании Совета по присуждению ученых степеней энергетического и приборостроительного факультетов ЧПИ.

Отзывы и замечания просим направлять по адресу:
г. Челябинск, 44, проспект им.В.И.Ленина, 76, Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета-
доцент, кандидат технических
наук

Мен

/Короленко Е.А./

Интенсификация производства сопровождается ростом нагрузок, а также кратковременных перегрузок электрических машин. Перегрузочная способность машин постоянного тока ограничивается в первую очередь условиями их коммутации. В переходных режимах ограничивается также максимальная скорость нарастания и спадания тока. Характеристики перегрузочной способности машин постоянного тока, получаемые от заводов-изготовителей, не являются полными и требуют уточнения в процессе наладки электропривода. Только в этом случае можно достаточно точно выбрать ограничения токов в установившемся и переходных режимах, уставки защиты и т.п.

Основные задачи данной работы:

1. Анализ методов оценки перегрузочной способности машин постоянного тока и рассмотрение возможности применения их при наладке промышленного электрооборудования. Отбор способов и приборов, пригодных для использования при наладке.

2. Отработка методики оценки перегрузочной способности машин постоянного тока с помощью приборов объективной оценки коммутации применительно к условиям наладки.

3. Исследование качества коммутации машин постоянного тока при значительных перегрузках в установившихся режимах.

4. Исследование и создание методики расчета качества коммутации машин постоянного тока в переходных режимах. Разработка методики определения предельных нагрузок машин постоянного тока в переходных режимах.

5. Исследование особенностей коммутации двигателей постоянного тока в широком диапазоне скоростей вращения и разработка методики определения их перегрузочной способности.

Экспериментальная часть работы выполнена на лабораторной установке в Пуско-наладочном управлении треста "Дж-

уралэлектромонтаж". Часть экспериментов была поставлена в лаборатории электропривода Челябинского политехнического института и в электроремонтном цехе Орско-Халиловского металлургического комбината (ОХМФ).

Практическая проверка и внедрение разработанной методики проведены на генераторах главного электропривода бляминга "1120" ОХМФ. В результате осуществления ряда мер достигнуто улучшение коммутации генераторов и повышение производительности бляминга, что дает экономию 22,9 тыс. рублей в год.

1. Факторы, ограничивающие перегрузочную способность машин постоянного тока

Кратковременные перегрузки машин постоянного тока ограничены следующими факторами: механическими, технологическими, тепловыми и по условиям коммутации.

В современных электрических машинах постоянного тока решающая роль в ограничении перегрузок принадлежит коммутации. Именно вследствие ухудшения коммутации приходится ограничивать перегрузочную способность машин при возрастании нагрузки и скорости вращения, а также в быстропротекающих переходных процессах.

П. Способы и приборы для объективной оценки коммутации машин постоянного тока

Способ оценки искрения щеток на глаз, принятый как основной в стандартах на электрические машины во всех странах мира, в том числе и в Советском Союзе (ГОСТ 183-66), неточен, поскольку оценка степени искрения с его помощью зависит от ряда факторов, в том числе субъективных. Несовершенство оценки искрения работающих машин по видимому искрению привело к разработке многочисленных приборов, действующих на разных принципах, но в той или иной степени оценивающих интенсивность искрения, т.е. энергию дуг искрения. Способы и приборы для оценки степени искрения могут быть разделены по принципу действия следующим образом.

1. Зрительные и фотографические способы. К их числу может быть отнесен способ светового клина: наблюдение искрения через пластинку с градуированной переменной прозрачностью. Этот способ существенно не улучшает способ визуальной оценки. Фотографический способ дает возможность достаточно объективно отличать лишь более сильное искрение от более слабого путем сличения фотографий, сделанных в одинаковых условиях. Для регистрации искрения в переходных режимах эти способы непригодны.

2. Фотоэлектрические приборы. Действие этих приборов основано на оценке интенсивности световых импульсов искрящей щетки с помощью фотоэлектрических датчиков. Фотоэлектрические приборы описаны в трудах советских (С.Б.Юдицкий, М.Ф.Карасев, Л.Л.Лавринович) и иностранных (Дж.Хиндмарш и Н.К.Гай) исследователей. Показания этих приборов удается в некоторых условиях связать с баллами ГОСТ. Приборы могут регистрировать искрение как в установившихся, так и в переходных режимах.

3. Приборы, реагирующие на уровень радиопомех. Искрящие щетки создают радиопомехи, причем с искрением связаны частоты радиопомех выше 20 + 30 кГц. Приборы С.Руманиса (США), Л.Л.Лавриновича и А.С. Курбасова (СССР) подцепляются к зажимам якоря. В других конструкциях: И.Щепинского (ПНР) и В.Ценцалы (ЧССР) использована в качестве датчика направленная антенна: магнитная или рамочная. Показания приборов удается связать с искрением в баллах ГОСТ, они позволяют также регистрировать искрение в переходных режимах.

4. Приборы, измеряющие напряжение под сбегающим краем щетки. При разрыве остаточного тока секции у сбегающего края щетки возникают импульсы напряжения, амплитуда и длительность которых зависит от степени искрения щеток. Разработкой приборов, основанных на измерении напряжения под сбегающим краем щетки занимались многие советские (М.Ф.Карасев, Л.Л.Лавринович, О.Г.Вегнер, Б.П.Суворов,

В.П. Парамзин, И.Д. Кабанов) и зарубежные (М.Пори, Г.Х. Гунно, Р.М. Дунайский) исследователи. Наибольший вклад в разработку и исследование приборов этой группы сделан коллективом Омского инст тута инженеров железнодорожного транспорта, руководимым профессором М.Ф. Карасевым. Прибор с дополнительной щеткой, предложенный этими учеными, следует признать наиболее удачным из всех известных.

5. Приборы, реагирующие на высокочастотную составляющую коммутационной реакции якоря. В качестве датчика в приборах использована дополнительная катушка на главном полюсе. С помощью таких приборов Л.С. Гришуковым (СССР), Е.И. Шобертом и Дж.Е. Дилом (США) исследовалась коммутация автомобильных генераторов. Использование их для более мощных машин не описано. В работах М.Ф. Карасева и других авторов отмечается сомнительность основных положений метода.

6. Оценка коммутации по характеристикам машин. В качестве характеристик, по которым можно судить о качестве коммутации, используются потенциальные щеточные диаграммы и кривые подпитки добавочных полюсов по методу В.Т. Касьянова. При разработке новых методов настройки коммутации и оценки степени искрения доказательством их применимости служит совпадение результатов нового метода с результатами, полученными методом В.Т. Касьянова.

Все рассмотренные приборы для объективной оценки степени искрения (измерители искрения) требуют предварительной тарировки на месте установки. Удобнее всего тарировку приборов совмещать со снятием кривых подпитки добавочных полюсов испытуемой машины.

III. Исследование измерителей искрения

Рассмотрение известных способов и приборов для объективной оценки искрения позволило выделить четыре конструкции измерителей искрения, в наибольшей степени пригодных для использования при наладке электроприводов:

1) фотоэлектрический измеритель искрения (ФП), реагирующий на свечение искрящих щеток, снабженный двумя фотодатчиками,

2) измеритель искрения с дополнительной щеткой (ДЩ), измеряющий импульсы напряжения под сбегающим краем щетки,

3) измеритель искрения с магнитной антенной (МА), измеряющий радиопомехи в зоне искрения щеток,

4) упрощенный прибор конструкции А.С.Курбасова (УК), измеряющий уровень радиопомех от искрящих щеток при подключении прибора к зажимам якоря машины.

Для сопоставления и выбора наилучшей конструкции измерителя искрения все четыре прибора были изготовлены и исследованы экспериментально по одинаковой программе. Показания приборов сравнивались между собой и с уровнем искрения по ГОСТ. В программу испытаний входили испытания измерителей искрения в следующих условиях:

1. При снятии безыскровых зон. Эксперимент дает возможность оценить качества измерителей искрения при регистрации малых уровней искрения.

2. При снятии кривых равных степеней искрения — для выяснения точности измерителей искрения при оценке большого уровня искрения.

3. В режиме разных нагрузок и скоростей машины.

4. При смене полярности питания испытуемой машины.

5. При разном потоке главных полюсов, но при неизменных нагрузках и скоростях машины.

6. При работе коллектора с разными температурами.

7. При изменениях температуры окружающей среды.

Испытания измерителей искрения по изложенной программе производились на машинах постоянного тока мощностью от 3,3 до 2900 квт. Для каждого из измерителей искрения в результате испытаний даны рекомендации об их использовании.

1. Измеритель искрения ФП. К числу важнейших недостатков прибора, не позволяющих рекомендовать его для исполь-

зования в практике наладки электроприводов, следует отнести: нечувствительность измерителя к искрению в глубине клиновидного пространства щетки, большую разницу в показаниях в зависимости от полярности дуги, повышенную чувствительность фотодатчиков к изменениям окружающей температуры.

2. Измеритель УИ. Основные его недостатки: чувствительность к внешним радиопомехам, а также зависимость показаний измерителя искрения от схемы соединения главных цепей электрической машины и от скорости вращения машины. Достоинством измерителя УИ является его простота как в изготовлении, так и в эксплуатации. Измеритель УИ может быть рекомендован в качестве подручного средства, когда не имеется более надежного прибора.

3. Измеритель МА. Измеритель удобен в эксплуатации, но имеет недостатки: методическую ошибку, зависящую от скорости вращения машины и слабую защищенность от низкочастотных помех, что ограничивает область его использования: только на генераторах мощностью до нескольких десятков квт.

4. Измеритель ДЩ. Показания измерителя в наибольшей степени соответствуют баллам ГОСТ при любых условиях работы машины. Некоторую трудность представляет подготовка и установка дополнительной щетки. Несмотря на это, измеритель ДЩ рекомендуется как наилучший для регистрации уровня искрения как в стационарных, так и в переходных режимах машин постоянного тока.

1У. Исследование коммутации машин постоянного тока в установившихся режимах

Подпитка добавочных полюсов током I_n вызывает при разных значениях тока якоря I_a отклонение коммутирующего потока Φ_k от величины Φ_{k0} , соответствующей данному току I_a :

$$\Delta\Phi_k = \Phi_k - \Phi_{k0} \quad (1)$$

В работе предложена методика расчета коммутирующего потока Φ_k при заданных токах якоря I_a и добавочных полюсов I_n .

В другой своей части методика устанавливает зависимость между нагрузкой машины и отклонением коммутирующего потока с одной стороны и показателем коммутации A — с другой. В качестве показателя A могут быть использованы оценка искрения в баллах ГОСТ 183-66 или показания одного из измерителей искрения.

Решение задачи нахождения потока Φ_k производится обычно с помощью трехзвенной схемы замещения магнитной цепи добавочных полюсов, предложенной академиком М. П. Костенко (рис. 1). На схеме обозначены (в относительных единицах):

$\bar{F}_a = \bar{I}_a$ — н.с. якоря,

$\bar{F}_\theta = \theta \bar{I}_a$ — н.с. добавочных полюсов,

θ — отношение н.с. добавочных полюсов к н.с. якоря,

\bar{r}_k — магнитное сопротивление воздушного зазора под добавочными полюсами и зубцового слоя якоря,

$\Phi_k, \Phi_\theta, \Phi_\sigma$ — магнитные потоки: коммутирующий, добавочных полюсов и рассеяния,

$\Delta \bar{F}_\theta (\bar{\Phi}_\theta)$ и $\Delta \bar{F}_\sigma (\bar{\Phi}_\sigma)$ — падения магнитных напряжений в добавочных полюсах и на путях рассеяния потока $\bar{\Phi}_\sigma$, в общем случае нелинейно зависящие от соответствующих потоков.

Трехзвенная схема замещения не учитывает насыщения стали в зубцовом слое якоря, а также потока рассеяния,

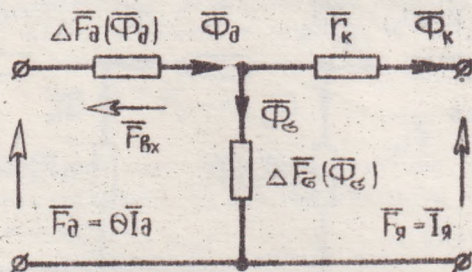


Рис. 1.

замыкающегося по кромкам зубцов якоря машины. Это ведет к тому, что при подпитке добавочных полюсов в пределах, больших, чем $(2 + 3)I_{ян}$, результаты расчета потока $\bar{\Phi}_k$ существенно расходятся с экспериментом. Для расчета потока $\bar{\Phi}_k$ в подобных случаях предложена уточненная (пятизвенная) схема замещения магнитной цепи, содержащая два дополнительных нелинейных элемента: $\Delta\bar{F}'_k(\bar{\Phi}'_k)$ и $\Delta\bar{F}'_g(\bar{\Phi}'_g)$, учитывающих насыщение стали в зубцовом слое якоря и поток рассеяния вдоль кромок зубцов якоря (рис. 2).

Уточненная схема замещения необходима для расчетов лишь в случае очень широкого диапазона изменения токов \bar{I}_a и \bar{I}_g . Для большинства практических случаев удовлетворительная точность получается и при обычной, трехзвенной схеме замещения.

Параметры обеих схем замещения могут быть определены расчетным путем лишь на стадии проектирования машины. В условиях наладки параметры можно получить экспериментально, используя общие методы определения параметров четырехполюсников. Для измерения потоков $\bar{\Phi}_g$ и $\bar{\Phi}_k$ при этом используются датчики Холла, либо измерительные катушки, уложенные в соответствующих местах добавочного полюса. Определение параметров можно производить и на невращающейся машине.

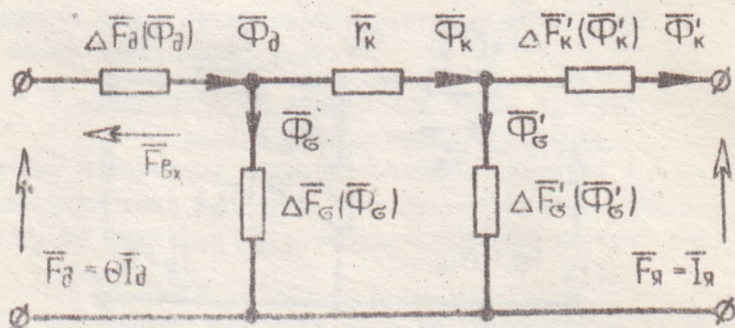


Рис. 2.

Коммутационные свойства машины постоянного тока характеризуются кривыми равной степени искрения (равных значений A). Кривые снимаются экспериментально и могут быть построены в координатах $(\bar{I}_я; \bar{I}_п)$, либо $(\bar{I}_я; \Delta\bar{\Phi}_к)$.

Таким образом, с помощью экспериментальных данных: параметров схемы замещения магнитной цепи добавочных полюсов и кривых равной степени искрения можно рассчитывать показатель коммутации A в зависимости от тока якоря $\bar{I}_я$ и отклонения коммутирующего потока $\Delta\bar{\Phi}_к$ или тока подпитки $\bar{I}_п$.

У. Исследование коммутации машин постоянного тока в переходных режимах

Основной причиной ухудшения коммутации машин постоянного тока в переходных режимах является размагничивающее действие вихревых токов в добавочных полюсах и массивных частях станины. Размагничивающая н.с. $\bar{F}_{вх}$ при возрастании тока $\bar{I}_я$ направлена против н.с. $\bar{F}_я = \theta \bar{I}_я$ (рис.2) и учитывается как в трех-, так и в пятизвенной схемах замещения через параметр $T_к$ - постоянную времени вихревых токов:

$$T_к = \frac{w_я^2}{r_{эк} R} \cdot \frac{\Phi_{ан}}{I_{ан}} \quad (2)$$

Здесь:

$w_я$ - число витков катушки добавочного полюса,

$r_{эк}$ - эквивалентное электрическое сопротивление контура вихревых токов с числом витков $w_я$,

$$\bar{R} = \bar{r}_я + \frac{\bar{r}_к \bar{r}_я}{\bar{r}_к + \bar{r}_я} \quad (3)$$

- эквивалентное магнитное сопротивление, определяемое для начальной части кривых намагничивания добавочного полюса и якоря,

$\Phi_{ан}$, $I_{ан}$ - номинальные значения потока и тока добавочного полюса.

Постоянная времени $T_к$ может быть определена одним из

известных методов, в частности, с помощью измерителя постоянного времени электромагнитных элементов типа 'И-3' или прибора для определения логарифмических частотных характеристик типа ИЛЧХ-5, разработанных на кафедре электропривода и автоматизации промышленных установок ЧПИ.

После определения T_k и сопротивлений магнитной цепи добавочных полюсов (см. гл. 1У) может быть решена первая часть задачи: нахождение отклонения коммутирующего потока $\Delta\bar{\Phi}_k(t)$ в зависимости от тока якоря $\bar{I}_a(t)$. Для определения $\Delta\bar{\Phi}_k(t)$ по заданному $\bar{I}_a(t)$ необходимо совместно решить систему уравнений и нелинейных зависимостей:

$$\theta\bar{I}_a = \Delta\bar{F}_\theta + \bar{I}_k \bar{R} \frac{d\bar{\Phi}_\theta}{dt} + \Delta\bar{F}_\sigma, \quad (4)$$

$$\bar{\Phi}_\theta = f'(\Delta\bar{F}_\theta), \quad (5)$$

$$\bar{I}_a = -\Delta\bar{F}'_k - \bar{\Phi}_k \bar{r}_k + \Delta\bar{F}'_\sigma, \quad (6)$$

$$\bar{\Phi}'_k = f''(\Delta\bar{F}'_k), \quad (7)$$

$$\bar{I}_a = -\Delta\bar{F}'_k + \Delta\bar{F}'_\sigma, \quad (8)$$

$$\bar{\Phi}'_\sigma = f'''(\Delta\bar{F}'_\sigma), \quad (9)$$

$$\bar{\Phi}_k = \bar{\Phi}'_k + \bar{\Phi}'_\sigma, \quad (10)$$

$$\bar{\Phi}_\theta = \bar{\Phi}_k + \bar{\Phi}_\sigma. \quad (11)$$

В данной работе для решения системы уравнений (4 + 11) использовалась электронная моделирующая установка типа МН-7.

Решение второй части задачи - нахождение показателя коммутации $A(t)$ при известных $\Delta\bar{\Phi}_k(t)$ и $\bar{I}_a(t)$ - производится аналогично описанному выше определению $A(\bar{I}_a; \Delta\bar{\Phi}_k)$ в установившихся режимах.

Сопоставление расчета и эксперимента показывает удовлетворительную точность расчета показателя коммутации $A(t)$ в переходных режимах при различных нагрузочных диаграммах $\bar{I}_a(t)$ для генераторов постоянного тока мощностью 3,3 и 2900 вт.

Методика расчета показателя коммутации $A(t)$ по заданному току якоря $\bar{I}_a(t)$ дает возможность рассчитать в нуль характеристику машины постоянного тока — допустимый ток якоря $\bar{I}_{a\text{доп}}$ в зависимости от скорости нарастания тока $\frac{d\bar{I}_a}{dt}$. Такая диаграмма (рис.3) рассчитана для генераторов ПН-45 (3,3 квт) — кривая 1 и А 65-74/1.0 (2900квт) — кривая 2. Из диаграммы видно, что предельно допустимые скорости изменения нагрузки различны для разных машин постоянного тока и неодинаковы для наброса и сброса нагрузки. Диаграмма перегрузочной способности позволяет для каждой машины определить технически обоснованные допустимые токи и скорости их изменения.

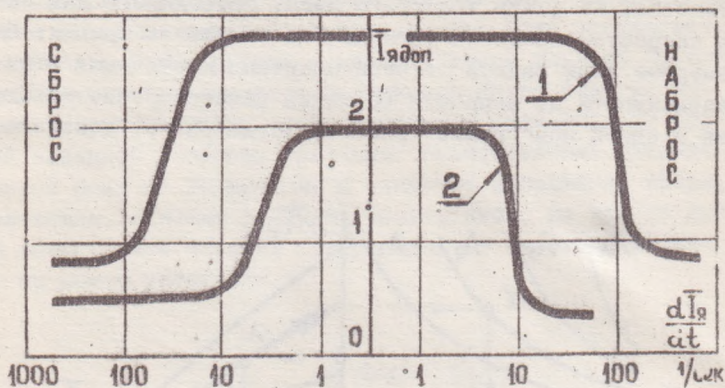


Рис.3.

У1. Особенности коммутации двигателей постоянного тока в установившихся и переходных режимах.

Главный вопрос при исследовании коммутации двигателей постоянного тока — влияние скорости на коммутацию, количественная оценка этого влияния. Из теории оптимальной коммутации профессора М.Ф.Карасева известно, что зоны

равной степени искрения с возрастанием скорости вращения уменьшаются в размерах и отклоняются в сторону отпиток. Экспериментальное исследование, проведенное в ходе данной работы, показало, что отклонение зон равной степени искрения от взаимного подобия, особенно при больших степенях искрения, не превышает ошибки, вызванной разбросом показателя A , имеющим место даже при постоянной скорости вращения машины. Результаты опытов для всех скоростей вращения оказалось возможным объединить в виде безразмерного поля кривых равной степени искрения. В целях упрощения такое поле можно получить при одной какой-либо скорости вращения, а величину A для каждой из скоростей вращения установить из опыта холостого хода, проводимого для разных скоростей вращения машины. Оба семейства кривых: безразмерные зоны равной степени искрения и значения этих зон в зависимости от скорости вращения целесообразно объединить в одной номограмме (рис.4). Тогда расчет показате-

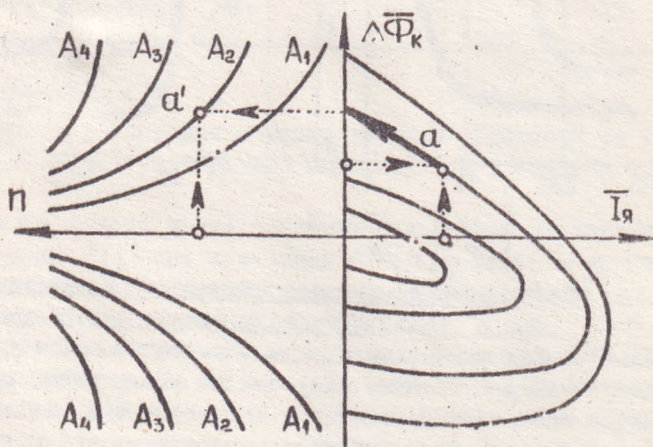


Рис. 4.

для коммутации производится следующим образом: по заданной нагрузочной диаграмме $\bar{T}_я(t)$ для данного момента времени t определяется величина $\Delta\bar{\Phi}_к$ (точка α) по методике, изложенной в гл. V. По известной скорости двигателя n находится точка α' , определяющая значение A для кривой, на которой находится точка α .

Таким образом, для двигателя постоянного тока по известным $\bar{T}_я(t)$ и $n(t)$ можно определить показатель коммутации $A(t)$. Точность расчета показателя коммутации при этом получается такого же порядка, как для случая $n = \text{const}$ ($\pm 20\%$), несмотря на использование усредненных кривых равной степени искрения.

С целью снятия в производственных условиях кривых равной степени искрения двигателей постоянного тока предлагается использовать режим работы с малым потоком главных полюсов. В этом случае при снижении напряжения якоря удастся добиться загрузки машины током близким к номинальному при любой заданной скорости вращения. Пренебрежение влиянием главного поля на коммутацию и снижение напряжения якоря, естественно, снижают точность результатов, но все же имеется возможность оценить коммутационные свойства двигателя на месте установки.

0400484

Основные выводы и результаты
диссертационной работы

1. В результате сопоставительного анализа и экспериментального исследования измерителей искрения: фотоэлектрического (ФП), с дополнительной щеткой (ДЩ), с магнитной антенной (МА) и упрощенного, измеряющего уровень радиопомех (УК), установлено, что наилучшее совпадение показаний измерителей искрения со степенью искрения машины в различных условиях обеспечивается при использовании прибора с дополнительной щеткой (ДЩ), измеряющего импульсы напряжения у сбегающего края щетки. Показания измерителя с магнитной антенной (МА) также достаточно точны. Его недостатком является методическая ошибка, зависящая от скорости вращения машины, которая, однако, может быть учтена. Использование в наладочной практике других двух измерителей: ФП и УК затруднено из-за воздействия внешних мешающих факторов: осеженность, изменение температуры окружающей среды, внешние радиопомехи. Измерители искрения ДЩ и МА, построенные в Пуско-наладочном управлении треста "Кжуралэлектромонтаж" по разработке автора, успешно используются при наладке машин постоянного тока. Они экспонировались на ВДНХ СССР в 1969 году и удостоены бронзовой медали.

2. Все рассмотренные измерители искрения требуют предварительной тарировки на машине, где они установлены.

3. Показатель коммутации A является основной величиной, от которой зависит перегрузочная способность машины постоянного тока и ограничения в режимах работы электропривода. Задача расчета показателя коммутации и коммутирующего потока решается с помощью схемы замещения магнитной цепи добавочных полюсов и явных равной степени искрения. Параметры схемы замещения определяются из опытов, которые могут быть проведены и на невращающейся машине. Предложена уточненная (пятязвенная) схема замещения магнитной цепи

добавочных полюсов, учитывающая насыщение стали в зубцовом слое якоря и поток рассеяния вдоль кромок зубцов якоря.

4. Для расчета перегрузочной способности машины постоянного тока в переходных режимах используются кривые равных степеней искрения и схема замещения магнитной цепи добавочных полюсов, учитывающая (в отличие от схемы замещения для установившихся режимов) действие вихревых токов в массивных частях магнитопровода добавочных полюсов. Действие вихревых токов характеризуется постоянной времени T_K , для определения которой используются методы и приборы, разработанные на кафедре электропривода и автоматизации промышленных установок Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола. Работы автора по внедрению этих методов и приборов в практику наладочных работ отмечены в 1967 г. золотой медалью ВДНХ СССР.

Решение системы нелинейных уравнений, определяющих коммутирующий поток по заданному току якоря, может быть выполнено любым известным методом, с помощью аналоговых вычислительных машин.

Отличие предлагаемой в настоящей работе методики расчета $\Phi_K(t)$ и $A(t)$ от известных ранее состоит в том, что она позволяет рассчитать показатель $A(t)$ при изменении тока якоря $I_a(t)$ по любому закону.

5. Разработана методика построения диаграммы перегрузочной способности машин постоянного тока, позволяющая определить технически обоснованные ограничения допустимого тока якоря в зависимости от скорости его изменения.

6. С помощью разработанной методики расчета можно решать ряд практических задач улучшения коммутации электрических машин постоянного тока: производить перенастройку добавочных полюсов с учетом характера переходных процессов, проходящих в машине, формировать переходные процессы с учетом коммутационных свойств машины, рассчитывать устройства для улучшения коммутации с автоматической подпиткой добавочных полюсов и др.

7. Для двигателей постоянного тока установлено, что отклонение формы зон равной степени искрения, особенно при большом искрении, при разных скоростях вращения сравнительно невелико. Для расчета показателя коммутации в переходных процессах двигателей постоянного тока разработана номограмма с безразмерными кривыми равной степени искрения.

8. Предложен способ снятия кривых подпитки двигателей в производственных условиях при отсутствии нагрузки на валу.

9. Сочетание расчета с экспериментом, проводимым в условиях производства, дает возможность использовать предложенную методику определения перегрузочной способности при наладке электроприводов, сокращая этим сроки наладки сложного оборудования.

Материалы диссертации были доложены:

1. На семинаре "Измерители искрения и методы улучшения коммутации машин постоянного тока" в Пуско-наладочном управлении треста "Куралэлектромонтаж" с участием представителей металлургических предприятий Южного Урала.

Ноябрь 1968 года.

2. На XXIII научно-технической конференции Челябинского политехнического института, посвященной 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. Апрель 1970 года.

3. На заседании Технического Совета и Совете НТО Пуско-наладочного управления треста "Куралэлектромонтаж".

Февраль 1971 года.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Яценев Ю.Д. Применение электронных моделей при производстве наладочных работ. Информационный сборник Госмонтажспецстроя СССР. Серия 2. Монтаж промышленного электрооборудования и автоматики. Вып. 1 (19), 1963.

2. Ясенев Ю.Д. Измерители искрения электрических машин. Реферативная информация о передовом опыте Минмонтажспецстроя СССР. Серия П. Монтаж и наладка электрооборудования. Вып. 7 (61), 1969.

3. Горбунов А.П., Ясенев Ю.Д. Улучшение коммутации машин постоянного тока. Реферативная информация о передовом опыте Минмонтажспецстроя СССР. Серия П. Монтаж и наладка электрооборудования. Вып. 8 (70), 1970.

4. Ясенев Ю.Д., Левинтов С.Д. Перегрузочная способность машин постоянного тока в переходных режимах. Реферативная информация о передовом опыте Минмонтажспецстроя СССР. Серия П. Монтаж и наладка электрооборудования. Вып.5 (79), 1971.

ББ 02102 Подписано и печати 2/III-71г. Сдано 3/III-71г.
Формат 60х90 1/16. Объем 1,25п.л. Тираж 120 экз.
Отпечатано на ротационн. ЧПИ. Заказ № 69