

И.Б. Мандельштам

**Болезни электрических
машин**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
И11

И11 **И.Б. Мандельштам**
Болезни электрических машин / И.Б. Мандельштам – М.: Книга по Требова-
нию, 2020. – 120 с.

ISBN 978-5-518-13853-7

ISBN 978-5-518-13853-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2020

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2020

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Если нам затем удастся, наблюдая ее или исследуя, подметить еще какой-нибудь признак, например, кроме искробразования на коллекторе—пятна на нем, то число болезней, среди которых приходится искать данную болезнь, снова сокращается. И если мы знаем, какого вида пятна отличают каждую из этих немногих болезней, то сразу скажем, например: «это слабина винтов у коллектора».

Эта книжка в каждом из своих четырех разделов сперва описывает неисправности, которые могут постигнуть машину того или иного рода, и выясняет их происхождение; затем учит читателя распознавать неисправности посредством наблюдения и исследования и, в заключение, говорит о способах их устранения.

А. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ОПИСАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ.

1. Искрение щеток.

Искрением щеток сопровождается большинство неисправностей в машинах постоянного тока. Поэтому сам по себе этот несомненный признак какого-то расстройства в машине так же мало говорит электротехнику, как жар у больного говорит врачу. Но стоит нам вдуматься в это явление, спросить себя, что такое электрическая искра, чтобы ответ на этот вопрос указал нам два рода неисправностей, способных вызывать искрение.

Электрическая искра, это — переход электрического тока через воздушный промежуток между проводниками. Чем слабее ток и чем меньше воздушный промежуток, тем слабее и незаметнее искра. Электрическая машина строится так, чтобы при ее исправном состоянии и правильной работе заметного искрения не происходило, потому что это далеко не безобидное явление: искры обжигают медь коллектора и постепенно разрушают его, да и щетки от искр быстро сгорают. Следовательно, если искры под щеткой все-таки замечаются, то либо воздушный промежуток между коллектором и щеткой, либо сила тока стали больше, чем им следует быть.

Таким образом все неисправности, вызывающие искрение, можно свести к двум группам: а) увеличение воздушного промежутка, то есть ослабление „контакта“ (соприкосновения) между щеткою и пластинами коллектора и б) усиление тока, проходящего через щетку.

Неисправности, вызывающие искрение вследствие ослабления контакта.

Когда щетка так плотно прилегает к коллектору, что ее поверхность в каждой своей точке соприкасается с какой-нибудь точкой на поверхности коллектора, иными словами, когда контакт между ними равномерен и совершенен, то воздушного промежутка между ними как бы и вовсе нет.

Но для этого нужно, прежде всего, чтобы обе поверхности имели не только совершенно одинаковую кривизну, но и были совершенно гладки. Вот почему каждую угольную щетку тщательно шлифуют к коллектору, а коллектор обтачивают, шлифуют и полируют так, чтобы он был гладок как зеркало.

Но этого мало. Ведь коллектор все время вращается под щетками. Надо добиться того, чтобы не только при неподвижном коллекторе, но и при его вращении контакт со щеткою ни в одной точке не прерывался и не ослабевал. Достаточно малейшего загрязнения, засорения коллектора, достаточно малейшего дрожания всей машины или какой-нибудь части ее, чтобы щетка начала подпрыгивать на коллекторе, а тогда между ними возникают маленькие воздушные промежутки и в этих промежутках—искорки.

Наконец, необходимо, чтобы коллектор был совершенно круглым и был в совершенстве „центрирован“, то есть чтобы его ось совпадала с осью машины и щеточного ярма. Иначе коллектор при вращении „бьет“, прижимается к щетке од-

ними своими пластинами сильнее, другими слабее, а тогда щетка опять-таки подпрыгивает и искрит.

Если таковы условия хорошего контакта, то нам легко перечислить нарушения этих условий.

1. Трущаяся поверхность щеток находится в неудовлетворительном состоянии. Например, у медных щеток она загрязнена, обожжена, зазубрилась; у щеток угольных — изборождена желобками, куда набилась медная пыль, обломана по краям или плохо пришлифована.

2. Трущаяся поверхность коллектора находится в неудовлетворительном состоянии, например: а) шероховата (исцарапана ребрами щеток, обожжена искрами), б) волниста (прорыта желобками под щетками), в) над медными пластинами коллектора выступают края слюдяных прокладок, которыми они разобщены.

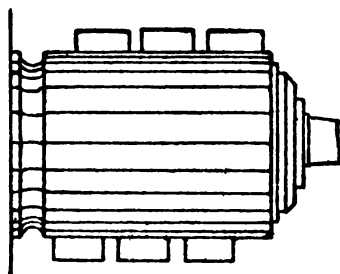


Рис 1. Правильное размещение щеток.

Чтобы не возникла неисправность 2б, коллектор должен при вращении прижиматься к щеткам отдельных щеточных болтов не одними и теми же местами, а чередующимися; тогда щетки будут истирать его по всей ширине, равномерно, и кольцевых углублений в них не образуется. По-

этому отдельные ряды щеток должны быть расположены „в разбежку“, то есть каждый из них должен быть по ширине коллектора смещен относительно соседних, как на рис 1.

Неисправность 2в возникает в том случае, когда медь коллектора мягче слюды и поэтому срабатывается быстрее, чем слюда. Как бы мало слюдяные прокладки ни выступали над медными пластинами, хотя бы это было совсем неза-

метно на глаз или на ощупь, щетки начинают подпрыгивать и искрить.

3. Трущаяся поверхность коллектора загрязнена или засорена. а) Загрязнить ее могут прежде всего угольные щетки, когда они слишком мягки, потому что они крошатся и покрывают коллектор липкою угольной пылью; б) загрязняется также коллектор излишнею смазкою, — применяемое для смазки вещество (масло, парафин, вазелин и т. п.) постепенно образует изолирующий слой, пробиваемый искрами; в) при недостаточном уходе коллектор постепенно засоряется медною, угольной и другою пылью; г) когда помещение содержит кислотные пары или газы (например, газогенераторная электростанция), то медные пластины коллектора химически разлагаются, и он покрывается слоем окиси, даже если машина не работает.

4. Щетки слишком слабо прилегают к коллектору, оттого что не подтянуты нажимные пружины.

5. Коллектор дрожит а) заодно с машиною или б) потому что распатан сам. Связь между его пластинами может постепенно ослабеть, потому что распатываются винты зажимного кольца или потому что размягчается изолирующий материал между пластинами и втулкою коллектора. Тогда тоже выступает изоляция между пластинами, как при неисправности 2в.

6. Щетки дрожат а) заодно с машиною или б) с какой-нибудь частью щеточного аппарата. Распататься может все щеточное ядро, один из его болтов, щеткодержатель на болте, щеточный зажим в щеткодержателе, да и сама щетка в зажиме.

7. Коллектор „бьет“ а) заодно с якорем и валом или б) сам по себе.

Заодно с якорем коллектор бьет, когда сработались подшипниковые вкладыши или когда осела подшипниковая стойка, расположенная не на общей фундаментной плите с машиною.

Причинами неисправности 7б могут быть расшатанность коллектора (см. 5б), неравномерный износ коллекторных пластин, когда они различной твердости, и неправильное центрирование коллектора при его сборке.

Неисправности, вызывающие искрение вследствие усиления тока.

Рассмотрим теперь причины, по которым может усиливаться проходящий через щетку ток. Для этого мы снова должны представить себе физическую картину явлений и вспомнить, в состав каких электрических цепей входит каждая щетка.

Каждая пара щеток имеет, как известно, назначением соединять с внешней цепью через чередующиеся пластины коллектора две или несколько параллельных цепей последовательно включенных проводников. В любой миг обмотку якоря можно представлять себе, как батарею из двух или нескольких параллельных рядов последовательно включенных гальванических элементов. Чередование коллекторных пластин под щетками как бы переводит по одному элементу каждого ряда поочередно в другой, параллельный первому, ряд, изменяя в то же время направление тока в переводимом элементе.

Прежде всего обратим внимание на это чередование пластин. Когда при вращении якоря и коллектора из-под щетки выходит одна пластина, и на смену ей под щетку входит следующая, то на короткое мгновение щетка замыкает накоротко часть обмотки, подведенную к этим пластинам. Проводники, образующие эту замыкаемую накоротко часть обмотки, должны проходить в этот миг через так называемую нейтральную зону, то есть через такое место между полюсами, где бы они не пересекали силовых линий, а лишь скользили вдоль них. Только тогда в короткозамкнутой цепи не возникнет по индукции электродвижущая сила и не по-

родит сильного тока (сильного потому, что сопротивление слабо).

Однако нейтральная зона не занимает постоянного места. Она смещается в зависимости от нагрузки машины. Пока

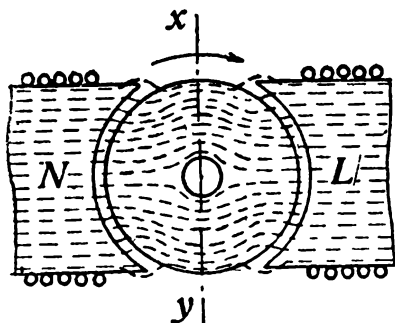


Рис 2. Поле холостого хода

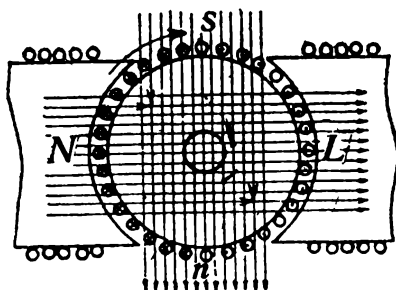


Рис. 3. Продольное главное поле и поперечное поле якоря.

машина работает в холостую, в ней действуют силовые линии одного только главного магнитного поля, создаваемого магнитными полюсами (рис. 2). Но как только машина нагру-

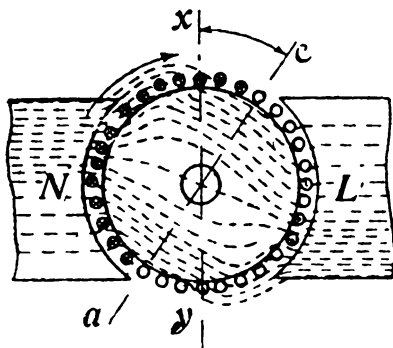


Рис. 4. Общее поле.

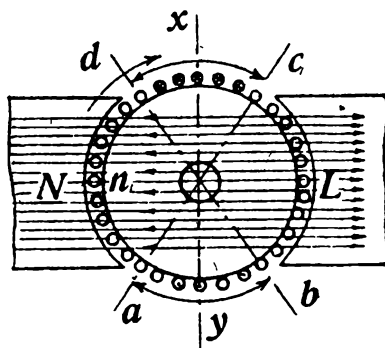


Рис. 5 Продольное главное поле и продольное поле якоря.

жается и ток начинает проходить по якорной обмотке, к полю полюсов NS присоединяется поперечное поле якоря ns (рис. 3). Оба они складываются в общее поле, представлен-

ное на рис 4, и тогда нейтральная зона смещается из xu в ca . Если мы передвинем щетки на такой же угол xs , ay , то по всем проводникам, находящимся в двойном углу dc , ab ток будет проходить в таком направлении, что начнет создавать продольное поле якоря (рис. 5), противоположное главному и ослабляющее его. Тем не менее, их необходимо передвинуть, иначе, находясь уже не в нейтральной зоне, они бы недопустимо искрили. Мало того, если их передвинуть только на угол xs , ay , то и в этом случае в короткозамкнутых проводниках возникала бы электродвижущая сила, правда, уже не вследствие индукции, а

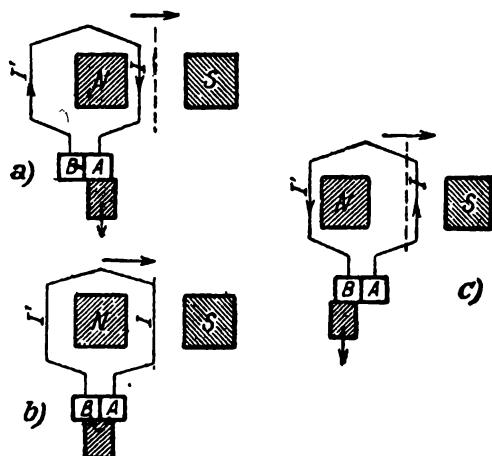


Рис 6. Катушка якорной обмотки в трех последовательных положениях.

по другой причине,— вследствие так называемой самоиндукции.

В самом деле, в тот миг, когда эти проводники, находящиеся в нейтральной зоне, замыкаются щеткою накоротко перед тем, как войти в состав другой параллельной цепи последовательно соединенных проводников, направление тока в них

должно измениться. Как это происходит,— это видно из рис. 6 *a*, *b* и *c*, где одна и та же катушка якорной обмотки представлена в трех последовательных положениях. Читатель должен ее представить себе движущуюся перед полюсами N и S вправо, тогда, под влиянием полюсов, в сторонах катушки I и I' , возникают токи в направлении стрелок (это направление легко установить по правилу правой руки), показанные на рис. 6 *a* и *c*. Мы видим, что напра-

вление тока на втором из этих рисунков противоположно его направлению на первом. Коммутация тока (изменение его направления) совершилась в промежуточное между этими двумя положениями время, когда щетка переходила с пластины *A* на пластину *B*. Но ток мог изменить свое направление, лишь сойдя предварительно на нуль, что и произошло в положении *b*. Таким образом, ток в катушке, а с ним вместе и число силовых линий пошли в это время на убыль, но это немедленно породило электродвижущую силу самоиндукции в том же направлении, какое показано стрелками на рис. 6 *a*. Эта последняя нашла перед собою короткозамкнутую цепь в тот миг, когда щетка соприкоснулась с обеими пластинами и должна была вызвать в ней сильный ток, который способен накаливать край щетки, покидающий пластину *A*, и оставить на пластине окалину.

Значит, сместить щетки настолько же, насколько сместилась нейтральная зона, — недостаточно для того, чтобы предотвратить искрение. Надо передвинуть их по коллектору еще на больший угол. Тогда короткозамыкаемые проводники будут рассекают силовые линии, исходящие из следующего полюса, и в них, при определенном положении щеток, будет возникать по индукции электродвижущая сила, направленная против электродвижущей силы самоиндукции, совершенно равная ей и поэтому ее уничтожающая. Только при этом условии ток в короткозамкнутых проводниках будет совершенно подавлен, и щетки не смогут искрить.

Но и при таком положении щеток искрение может опять возобновиться, если главное магнитное поле ослабевает, потому что нейтральная зона тогда опять передвинется. Ослабеть же оно может только при уменьшении возбуждающего магниты тока. Этот ток часто уменьшают умышленно: в динамомашине — когда она делает слишком большое число оборотов, потому что при прежней силе магнитного поля она бы давала слишком большое напряжение; в электродвига-

теле — когда от него нужно получить большее число оборотов, потому что в ослабленном магнитном поле он стремится вращаться быстрее, чтобы уравнивать свою противо-электро-движущую силу с приложенным к нему напряжением.

Искрение как следствие токов короткого замыкания.

Из сказанного выше ясно, что возможны следующие неисправности, вызывающие искрение, как следствие таков короткого замыкания:

8. Повышенная скорость машины.

9. Неправильное положение: а) всего щеточного ярма или б) отдельных щеток.

Далее обратим внимание на то, что щетки создают параллельное соединение двух (или нескольких) цепей последовательно соединенных проводников. Если бы в одной из этих цепей ток был сильнее, чем в другой, то часть более сильного тока, так называемый уравнивательный ток, прошла бы в другую цепь через ту же щетку в поперечном направлении. Опять произошло бы усиление тока, проходящего через щетку, и возникло бы искрение. Но сила тока, как это известно из закона Ома, определяется электродвижущей силой и сопротивлением цепи. Значит, чтобы он был одинаково силен во всех параллельных цепях, необходимы два условия: у всех параллельных цепей одинаковы должны быть: а) сумма электродвижущих сил, возникающих вследствие индукции в последовательно включенных проводниках каждой цепи, и б) общее сопротивление.

Рассмотрим первое условие. Естественно, что оно может быть соблюдено только при полной равномерности магнитного поля. Иначе, при вращении якоря в этом поле, проводники одной из цепей в каждый миг рассекают больше силовых линий, чем проводники другой, так что у первых