

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию
14.10.24. - (15:00 – 16:30)

Классификация генераторов постоянного тока по их схеме соединения обмоток.

По способу возбуждения генераторы постоянного тока делятся на:

- генераторы с независимым возбуждением (рис. а);
- генераторы с самовозбуждением (рис. б, в, г).

В свою очередь генератор с независимым возбуждением делятся:

- генераторы, возбуждаемые электромагнитным путем;
- генераторы, возбуждаемые магнитоэлектрическим путем (при наличии постоянных магнитов).

Генераторы с самовозбуждением в зависимости от способов включения обмотки возбуждения делятся на три типа:

- а) генераторы параллельного возбуждения (шунтовые);
- б) генераторы последовательного возбуждения (серийные);
- г) генераторы смешанного возбуждения (компаундные).

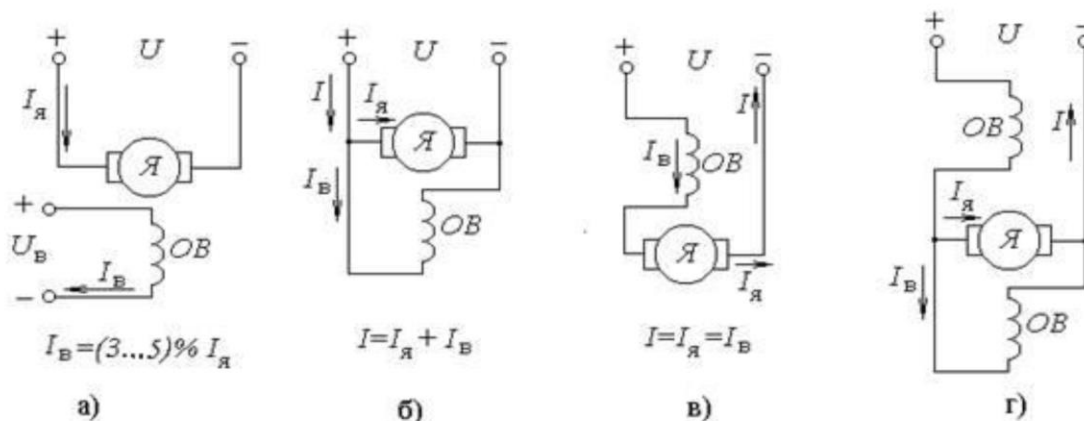


Рис. Схемы способов генераторов постоянного возбуждения тока.

Генератор параллельного возбуждения (шунтовой).

ОВ подключена к зажимам якоря. Ток возбуждения зависит от напряжения на зажимах якоря.

Для получения мощного магнитного потока при небольшом токе возбуждения эта обмотка (ОВ) сделана из большого числа витков тонкой проволоки и поэтому обладает большим сопротивлением. Ток возбуждения при нормальной нагрузке генератора равен 2-3% величины тока якоря ($I_{\text{я}}$).

Генератор с параллельным возбуждением обладает следующими свойствами:

- возбуждается при разомкнутой внешней цепи, и не возбуждается если его якорь замкнут накоротко или на очень малое сопротивление, так происходит потому, что при К.З. якоря ток в обмотку возбуждения не поступает.

- генераторы с параллельным возбуждением не боятся коротких замыканий.

Генератор параллельного возбуждения является распространенным типом генератора постоянного тока, т.к. не требует постороннего источника тока для

возбуждения и дает в пределах номинальной нагрузки достаточно устойчивое напряжение.

Генератор последовательного возбуждения (серийный)

Ток возбуждения равен току якоря, поэтому напряжение генератора изменяется в зависимости от тока нагрузки. ОВ состоит из малого количества витков толстой проволоки и имеет малое сопротивление, поэтому падение напряжения на ней при работе генератора небольшое. Мощный магнитный поток получается, потому что по ОВ проходит большой ток (т.е. ток якоря). При разомкнутой внешней цепи генератор возбуждаться не может. Чтобы генератор возбуждался необходимо замкнуть внешнюю цепь на небольшое сопротивление.

Возрастание напряжения генератора с увеличением нагрузки происходит не беспредельно, и объясняется это следующим:

При определенной величине **И_{возб}** (следовательно и **И_{ягр}**) наступает магнитное насыщение полюсов и **U** генератора больше не возрастает. При дальнейшем увеличении нагрузки генератора **U** начнет резко падать за счет увеличивающегося падения напряжения и реакции якоря.

Дело в том, что с возрастанием тока после насыщения полюсов магнитный поток якоря продолжает расти, а т.к. магнитный поток дополнительных полюсов остается неизменным, то поток якоря будет размагничивать основные полюсы, что приведет к уменьшению индуктированной ЭДС

генератора. Т. о. генератор дает постоянное по величине **U** только при постоянной нагрузке. Генератор последовательного возбуждения боится К.З. и практически не применяется.

Генератор смешанного возбуждения (компаундный)

Имеет две обмотки: параллельную и последовательную. Как правило главную роль играет параллельная обмотка. Наличие двух обмоток позволяет поддерживать требуемое напряжение на зажимах генератора.

Обмотка, включенная параллельно, служит для создания основного магнитного потока полюсов, а обмотка, включенная последовательно – для поддержания постоянного напряжения на зажимах генератора при повышении нагрузки.

При повышении нагрузки генератора напряжение на его зажимах должно было бы понизиться, но благодаря прохождению тока якоря по последовательной обмотке, магнитное поле возрастет и, следовательно, компенсирует уменьшение напряжения генератора за счет падения напряжения в обмотке якоря.

При холостом ходе у генератора со смешанным возбуждением действует только одна обмотка, включенная параллельно, поэтому при отсутствии нагрузки генератор ведет себя как генератор с параллельным возбуждением.

При нагрузке генератора действуют обе обмотки, благодаря чему напряжение на зажимах изменяется не значительно (2-3%) .

Генератор со смешанным возбуждением возбуждается как при разомкнутой, так и при замкнутой внешней цепи.

Генератор независимого возбуждения

Ток возбуждения зависит только от напряжения на зажимах цепи возбуждения и сопротивления этой цепи.

Мощность, затрачиваемая на возбуждение, не превышает 1-3% мощности генератора. Независимое возбуждение является очень распространенным и применяется в

генераторах низкого напряжения до 12В и высокого более 500В, и там где требуется широкий диапазон регулирования напряжения.

Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.

Рассмотрим условие самовозбуждения генератора постоянного тока на примере генератора с параллельным возбуждением в режиме холостого хода.

Если привести якорь генератора во вращение с номинальной скоростью, то под действием остаточного магнитного потока в обмотках якоря возникает ЭДС равная 1-3% от номинальной. Под действием этой ЭДС по цепи возбуждения протекает небольшой ток, создающий некоторый магнитный

поток. Процесс самовозбуждения генератора может протекать в том случае, если возникнет магнитный поток совпадающий по направлению с остаточным магнитным потоком.

В этом случае результирующий магнитный поток увеличивается, что приводит к увеличению наводимой в обмотке якоря ЭДС, а она в свою очередь увеличивает ток возбуждения.

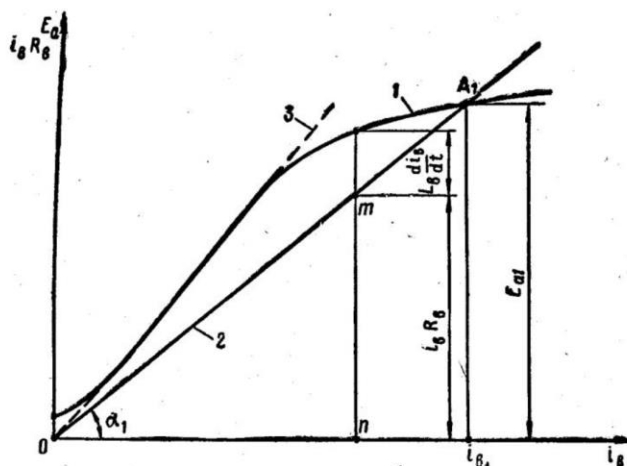


Рис. Процесс самовозбуждения ГПТ с параллельным возбуждением. Зависимость $I_a R_a = f(I_b)$.

Процесс самовозбуждения с одной стороны определяется характеристикой холостого хода (1) с другой характеристикой цепи возбуждения (2).

Пересечение характеристики цепи возбуждения (луча сопротивления №2) с характеристикой холостого хода (1) определяет точку установившегося режима A_1 .

Положение точки A_1 на кривой (1) зависит от наклона луча сопротивления (2).

$$R_b = \frac{L_b \cdot R_b}{I_b} = \operatorname{tg} \alpha$$

В положение (3), когда луч сопротивления становится касательным к характеристике холостого хода генератор не возбуждается.

Такое значение сопротивления возбуждения называется **критическим сопротивлением**.

Таким образом, условием самовозбуждения генератора является:

- 1 Наличие остаточного магнетизма
- 2 Правильное присоединение ОВ к обмотке якоря (появляющийся в цепи возбуждения ток должен усиливать поле остаточного магнетизма)

3 Сопротивление в цепи возбуждения должно быть меньше критического.

Характеристики генераторов постоянного тока.

Способы возбуждения генераторов определяют их свойства, которые выражаются графически в виде кривых и называются характеристиками генератора.

Обычно рассматривают зависимость какой-нибудь одной величины характеризующую работу генератора, от другой при постоянных остальных величинах.

Номинальным параметром называется тот режим, при котором предназначена работа машины заводом-изготовителем.

Обозначения:

P_n – номинальная мощность;

U_n – номинальное напряжение;

I_n – номинальный ток;

Значение этих номинальных параметров необходимо для правильной технической эксплуатации, обеспечивает, хорошую работу в пределах установленного срока.

Так как генераторы обычно работают при неизменной частоте вращения, то их характеристики рассматривают при условии $n = \text{const}$. Рассмотрим основные характеристики генераторов постоянного тока.

Характеристики генератора параллельного возбуждения.

Характеристика холостого хода – зависимость $E=f(I_b)$ при $n=\text{const}$ и $I=0$, характеристика снимается, так же как и Х.Х. генератора независимого возбуждения, но только при одном направлении тока в ОВ. При увеличении тока возбуждения получается восходящая ветвь(1) характеристики, а при уменьшении – нисходящая (2) с общими точками на оси ординат и при наибольшем токе возбуждения.

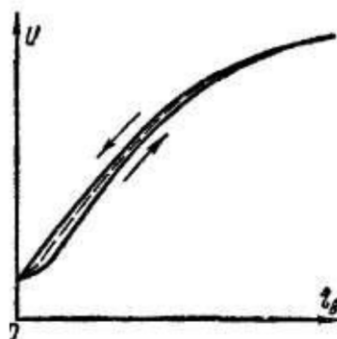


Рис. Характеристика холостого хода ГПТ параллельного возбуждения.

При холостом ходе генератора параллельного возбуждения по обмотке якоря протекает ток $I_2=I_b$, то возникает:

1) падение напряжения в цепи якоря;

2) реакция якоря, но ток I_b обычно не превышает 1-3% номинального тока

генератора и поэтому характеристика холостого хода генератора параллельного возбуждения практически совпадает с характеристикой холостого хода генератора независимого возбуждения.

Внешняя характеристика – это зависимость $U=f(I_n)$ при $n=\text{const}$ и $I_b=\text{const}$.

Характеризует изменение U генератора при изменении нагрузки.

Получается так же, как и для генератора с независимым возбуждением и имеет такой же вид. Однако процентное изменение напряжения $U\%$ здесь получается больше. Причина в том, что ОВ этого генератора присоединена к зажимам якоря. При сбросе нагрузки напряжение растет и ток возбуждения равен $I_B = U/g_B$ поэтому магнитный поток и ЭДС генератора увеличиваются больше, чем в генераторе независимого возбуждения.

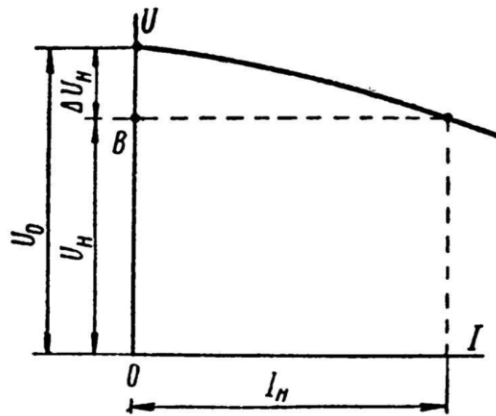


Рис. Внешняя характеристика ГПТ параллельного возбуждения.

Регулировочная характеристика.

$$I_B = f(I_H) \text{ при } U = \text{const и } n = \text{const}$$

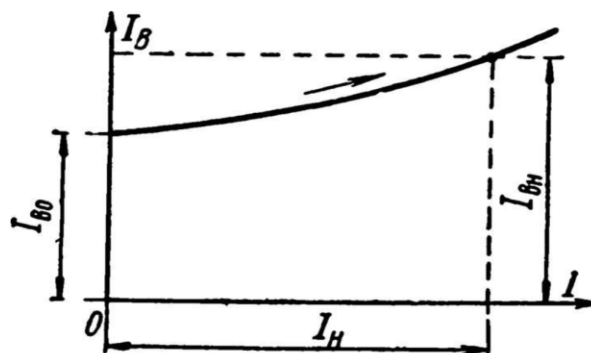


Рис. Регулировочная характеристика ГПТ параллельного возбуждения.

Так как эта характеристика снимается при $U = \text{const}$ на зажимах генератора, то для компенсации размагничивающего действия реакции якоря при увеличении нагрузки, ток возбуждения необходимо так же увеличивать.

Характеристики генератора смешанного возбуждения

Магнитный поток, соответствующий номинальному напряжению на зажимах генератора при холостом ходе обычно создается параллельной обмоткой возбуждения. Последовательную ОВ рассчитывают таким образом, что ее намагничивающая сила компенсирует размагничивающее действие реакции якоря и падение напряжения в цепи якоря при номинальной нагрузке, т.е. обеспечивает автоматическую стабилизацию напряжения.

Характеристика холостого хода



Зависимость $E=f(I_g)$. Ток в последовательной обмотке и ее намагничивающая сила при холостом ходе генератора равны нулю, поэтому характеристика холостого хода генератора смешанного возбуждения не отличается от характеристики генератора параллельного возбуждения.

При токе возбуждения I_g равным нулю, ЭДС наведенная потоком остаточной индукции называется остаточной $E_{ост}$. Уменьшая сопротивление R_g увеличиваем I_g , а следовательно и магнитный поток Φ .

В результате этого ЭДС (E) растет. Нарастание ЭДС (E) замедляется с увеличением тока возбуждения I_g из-за намагничивания полюсов до насыщения.

Величина остаточной ЭДС $E_{ост}$ составляет 2-4% от U_n .

Внешняя характеристика – это зависимость $U=f(I_n)$ при $n=const$ и $R_g=const$. Она характеризует изменение напряжения при изменении нагрузки. Для получения внешней характеристики, якорь вращают с постоянной скоростью $n=n_n$ и возбуждают машину при х.х. до $U=(1.1-1.2)U_n$.

Получают точку a на графике.

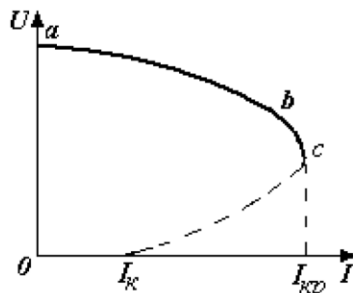


Рис. Внешняя характеристика ГПТ со смешанным возбуждением.

Подключив нагрузку, постепенно уменьшают сопротивление нагрузки R_n (увеличивают нагрузку генератора), в результате напряжение U уменьшается.

Уменьшение напряжения объясняется следующими причинами:

$$(U = E - I_a * R_a = C E * n * \Phi - I_a * R_a)$$

1. Увеличением падение напряжения в якоре ($I_a * R_a$)
2. Уменьшением ЭДС (E) в результате размагничивающегося действия реакции якоря (уменьшение потока Φ).

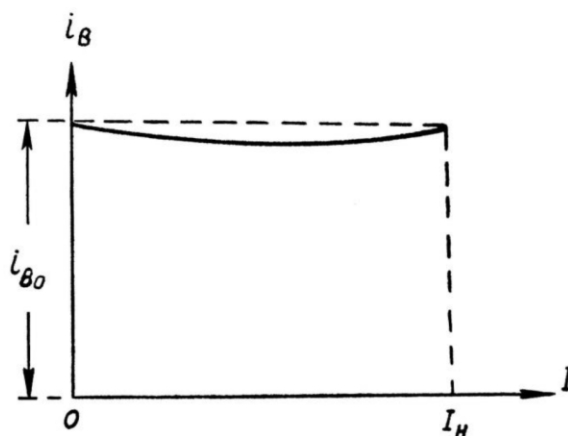
3. Уменьшением тока возбуждения $I_b = \frac{U}{R_b}$, который зависит от напряжения U , т.е. от тока нагрузки.

Увеличение нагрузки может быть только до некоторого максимального значения тока $I_{кр}$ (точка б на графике). При дальнейшем уменьшении сопротивления нагрузки (увеличение нагрузки генератора) ток $I = \frac{U}{R_n}$ начнет уменьшаться, т.к. напряжение U падает быстрее, чем уменьшается R_n . Работа на участке (б-в) внешней характеристики неустойчива. В этом случае генератор переходит в режим к.з., соответствующий точке (в) на графике.

Регулировочная характеристика – это зависимость $I_b = f(I_n)$ при $U = \text{const}$, $n = \text{const}$. Она показывает, как надо регулировать ток возбуждения, чтобы поддерживать постоянным напряжение генератора при изменении нагрузки.

Для получения характеристики якорь вращают с постоянной частотой $n = n_n$, при выключенной нагрузке устанавливают напряжение $U = U_n$ при токе нагрузки $I = I_n$ получают точку (2) на графике. Затем уменьшая ток нагрузки (увеличивая сопротивление R_n) разгружают генератор до холостого хода, одновременно уменьшая ток возбуждения I_b так, чтобы напряжение U оставалось неизменным, получают точку (1) на графике.

33



Регулировочная характеристика генератора постоянного тока со смешанным возбуждением

Характеристики генератора последовательного возбуждения.

Обмотка возбуждения OB этого генератора включена последовательно с нагрузкой, поэтому ток возбуждения равен току нагрузки $I_b = I_n$.

При сохранении схемы включения обмотки якоря $OЯ$ с обмоткой возбуждения OB у этого генератора может быть снята только внешняя характеристика.

Внешняя характеристика – это зависимость напряжения генератора U от тока нагрузки I при $n = \text{const}$ и сопротивление цепи возбуждения R_b то есть

$$U = f(I_n) \text{ при } n = \text{const} \text{ и } R_b = \text{const}.$$



Она характеризует изменение напряжения генератора при изменении нагрузки.

В начальной части характеристики напряжения на зажимах генератора изменяется почти пропорционально току нагрузки, т.к. магнитный поток и ЭДС увеличивается пропорционально току в ОВ. При значениях тока близких к номинальному, напряжение остается почти постоянным, и при дальнейшем увеличении тока напряжение уменьшается, т.к. магнитный

поток вследствие насыщения не увеличивается, а реакция якоря и падение напряжения в цепи якоря продолжают расти.

Генератор последовательного возбуждения применяется очень редко и только в специальных установках, т.к. не удовлетворяет требованиям большинства потребителей эл.энергии в отношении постоянства напряжения.

Характеристики генератора независимого возбуждения.

Характеристика холостого хода – это зависимость ЭДС от тока возбуждения при отсутствии нагрузки при постоянной частоте вращения:

$$E = f(I_B) \text{ при } n = \text{const и } I_a = 0.$$

Эта характеристика снимается при отключенной нагрузке.

При снятии характеристики холостого хода Х.Х. изменение тока (реостата) следует производить только в одном направлении, для того чтобы точки соответствовали одной и той же гистерезисной петли.

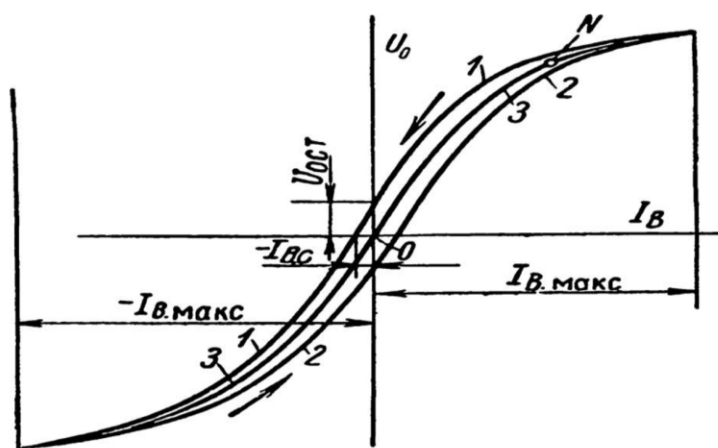


Рис. Характеристика холостого хода ГПТ независимого возбуждения.

Для практических целей используется линия 3 расположенная между восходящей 2 и нисходящей 1 ветвями.

Положение на характеристике точке N, соответствует номинальному напряжению, определяет степень насыщения магнитной цепи т.к. $E=\Phi$ – это характеристика х.х. для проверки расчетных данных магнитной цепи, графических построений и называется магнитной характеристикой машины.

Внешняя характеристика генератора – это зависимость $U=f(I_{нагр})$ при $I_b = const$. Характеризует изменение напряжения генератора при изменении нагрузки.

Путем изменения сопротивления внешней цепи изменяется и ток $I_{нагр}$. генератора. При увеличении нагрузки напряжение на зажимах генератора уменьшается под влиянием 2-х причин:

-реакция якоря и падения напряжения в цепи якоря.

По внешней характеристике определяется изменение напряжения генератора: повышение напряжения при снятии нагрузки и понижение при увеличении нагрузки.

Относительное изменение напряжения равно разности напряжения при х.х. и напряжения при номинальной нагрузке в долях номинального напряжения.

Для получения характеристики якорь вращают с $n=p_n$ и возбуждают генератор при х.х. до $U=(1.1-1.2)U_n$. Затем включив нагрузку постепенно уменьшают сопротивление нагрузки r , регулируют одновременно ток возбуждения так, чтобы при $I=I_n$ установилось $U_{ном}$. Это будет первая точка характеристики при U_n и I_n (рис). Затем, поддерживая неизменным I_b и n постепенно увеличивают сопротивление r и измеряют значение U и I , разгружая генератор до х.х.

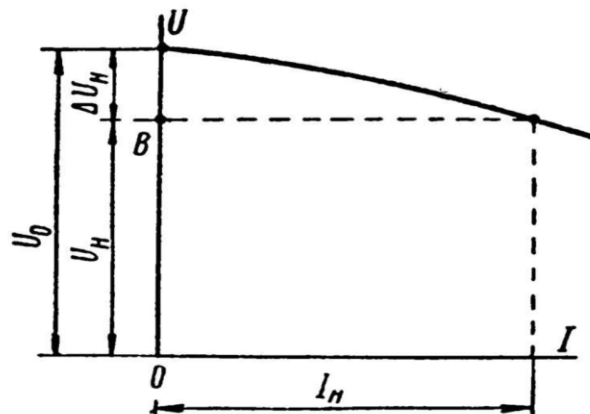


Рис. Внешняя характеристика ГПТ независимого возбуждения.

При разгрузке уменьшается:

- ток якоря I ;
- падение в цепи якоря $I r_a$;
- размагничивающее действие якоря.

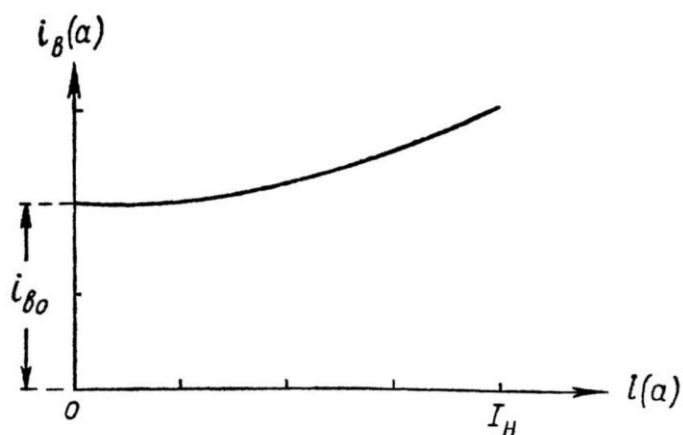
Поток Φ машины возрастает, а с ним и ЭДС (E). т.к. $U=E-Ir$, то напряжение машины U растет.

Величина
$$\Delta U\% = \frac{U_0 - U_n}{U_n} * 100\%$$

Регулировочная характеристика – называют зависимость I_b от $I_{нагр}$ при $U=const$ и $n=const$.
$$I_b=f(I_n)$$

Из внешней характеристики следует, что для поддержания постоянства U на зажимах генератора при уменьшении нагрузки требуется также уменьшить ток возбуждения, а при увеличении нагрузки увеличить ток возбуждения.

На рисунке показана регулировочная характеристика, снятая при увеличении нагрузки от нуля до номинальной.



**Регулировочная характеристика генератора
постоянного тока с независимым возбуждением**

В этом случае изменение тока возбуждения определяется отношением:

$$\Delta I_B = I_{BH} - I_{B0} / I_{BH}$$