

Лабораторная работа № 11.

Исследование трехфазного синхронного генератора

Цель работы – построение основных характеристик синхронного генератора, исследование влияния реакций якоря при различном характере его нагрузки и определение эксплуатационных параметров.

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Объектом исследования в лабораторной установке, полная электрическая схема которой показана на рисунке 1, является трехфазный неявнополюсный синхронный генератор, который приводится во вращение двигателем постоянного тока.

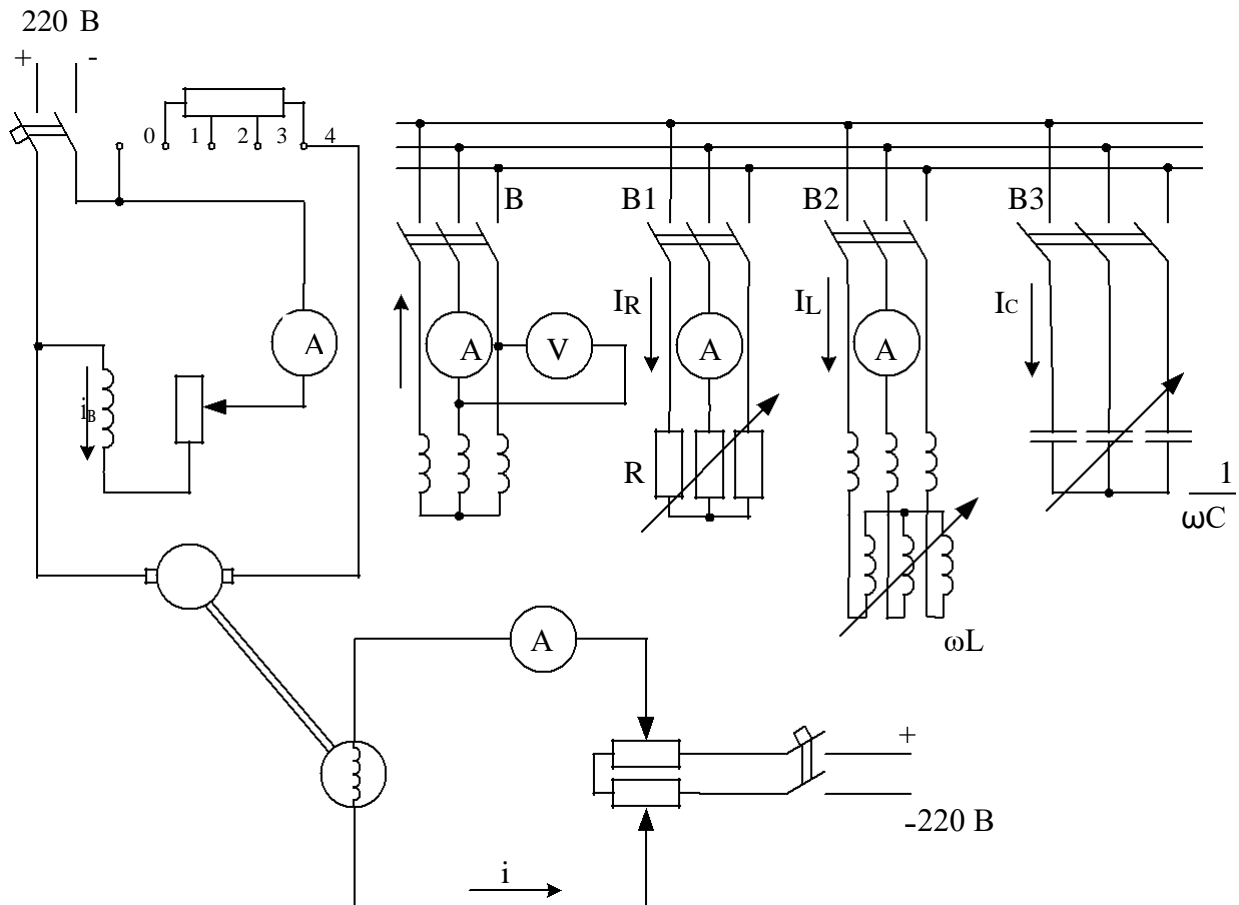


Рисунок 1 - Полная электрическая схема лабораторной установки

Обмотка возбуждения распределена на роторе генератора и через контактные кольца питается постоянным током от независимого источника. ЭДС индуцируется в трехфазной обмотке статора. Таким образом, ротор синхронного генератора является индуктором, а статор – якорем.

Основная группа характеристик синхронного генератора при активной нагрузке по существу не отличается от характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Однако при нагрузке индуктивного или емкостного характера внешние и регулировочные характеристики синхронного генератора могут иметь немаловажные особенности, обусловленные реакцией якоря, которая проявляет себя по-разному в зависимости от рода нагрузки. В качестве трехфазной симметричной нагрузки используются реостат, индукционный регулятор и батарея конденсаторов.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы соблюдать основные правила:

- 1) перед началом работы необходимо убедиться, что все выключатели питания находятся в положении «отключено»;
- 2) при сборке схемы избегать натяжения проводов; обратить особое внимание на количество соединенных проводов, там, где возможно, ставить наконечники проводов под зажим;
- 3) после сборки схемы убрать с рабочего стола лишние провода, приборы, книги и другие предметы, а также освободить проход к рабочему месту;
- 4) запрещается включать схему без проверки ее преподавателем или лаборантом;
- 5) убедиться перед включением схемы, что никто не касается ее токоведущих элементов или подвижных частей машин;
- 6) запрещается включать схему без предупреждения;
- 7) запрещается находиться напротив незакрытых вращающихся соединительных муфт и дисков.

8) при возникновении каких-либо неисправностей немедленно отключить питание схемы и сообщить об этом преподавателю или лаборанту;

9) запрещается производить переключения проводов в схеме, если она находится под напряжением;

10) запрещается оставлять без присмотра включенные схемы.

После завершения работы в первую очередь отключить питание стенда, а затем разобрать схему.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.1. Записать паспортные данные синхронного генератора.

3.2. Снять характеристику холостого хода, $E = f(i)$ при $f = f_n = \text{const}$, $I = 0$.

3.3. Снять внешние характеристики, $U = f(I)$ при $f = f_n = \text{const}$, $i = \text{const}$ с активной нагрузкой R , индуктивной нагрузкой ωL , емкостной нагрузкой $1/\omega C$

3.4. Снять регулировочные характеристики, $i = f(I)$ при $f = f_n = \text{const}$, $U = \text{const}$ при активной R , индуктивной ωL и емкостной нагрузке $1/\omega C$.

3.5. Определить изменение напряжения $\Delta U\%$ при внезапном сбросе номинальной активно-индуктивной нагрузки.

3.6. Снять характеристики трех-, двух- и однофазного короткого замыкания, $I = f(i)$ при $f = f_n = \text{const}$, $U = 0$.

Ход работы

4.1. Одним из важнейших требований к синхронному генератору является стабильность частоты эдс $f = f_n = \text{const}$. Поэтому после запуска агрегата необходимо, изменяя ток возбуждения приводного двигателя i_d , установить номинальную скорость вращения и в любом режиме поддерживать ее постоянной.

4.2. Для снятия характеристики холостого хода следует при разомкнутом выключателе, изменяя ток возбуждения генератора i , установить эдс $E \approx 2U_n$, а затем плавно снижать i до нуля. Результаты измерений записать в таблицу 1 :

Таблица 1 - Результаты измерений опыта холостого хода $f = f_H = \text{const}$, $I = 0$

I[A]	0,85	0,8	0,45	0,35	0,3	0,25	0,15
E[B]	254	200	150	125	100	80	50

4.3. Для снятия внешней характеристики с активной нагрузкой сначала необходимо при разомкнутых **B**, **B1**, **B2** и **B3** установить номинальное напряжение на зажимах генератора U_H . Величину тока возбуждения i , соответствующую U_H , записать и поддерживать в опыте постоянной. Затем замкнуть **B** и **B1** и при $i = \text{const}$ постепенно увеличивать ток нагрузки генератора в пределах $0 \leq I \leq I_H$. Результаты измерений записать в таблицу 2.

При том же значении $i = \text{const}$ опыты следует повторить с индуктивной нагрузкой, когда разомкнуты **B1** и **B3**, и с емкостной нагрузкой, когда разомкнуты **B1** и **B2**. После опыта с емкостной нагрузкой батарею конденсаторов следует разрядить на реостат. Для этого необходимо при разомкнутом **B** замкнуть **B1** и **B3**. Результаты измерений записать в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты измерений внешней характеристики при $f = f_H = \text{const}$, $i = \text{const}$

$Z=R$; $\varphi=0$							
I[A]	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3
U[B]	105	100	95	90	85	70	50,5
$Z=\omega L$; $\varphi=\pi/2$							
I[A]	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3
U[B]	105	100	95	90	85	70	50,5
$Z=1/\omega C$; $\varphi=-\pi/2$							
I[A]	0,2	0,65	0,9	1,15	1,4	1,7	2
U[B]	150	170	200	210	220	240	250

4.4. Для снятия регулировочных характеристик необходимо сначала при холостом ходе генератора установить заданное преподавателем значение напряжения (обычно $U \approx U_n$). Затем включить нагрузочный реостат и постепенно увеличивать ток якоря генератора I до номинального значения; напряжение поддерживать постоянным, изменяя i . При том же значении напряжения опыты повторить с индуктивной и емкостной нагрузкой. После опыта с емкостью конденсаторы следует разрядить на реостат. Результаты измерений записать в таблицу 3:

Таблица 3 - Результаты измерений регулировочной характеристики при $f = f_n = \text{const}$, $U = \text{const}$

$Z=R$; $\varphi=0$							
$I[A]$	0,7	1	1,5	1,7	0,22	0,2	0,17
$U[B]$	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,75	0,8
$Z=\omega L$; $\varphi=\pi/2$							
$I[A]$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
$U[B]$	0,45	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65
$Z=1/\omega C$; $\varphi=-\pi/2$							
$I[A]$	0,2	0,5	0,65	0,7	0,8	0,9	1
$U[B]$	0,3	0,35	0,25	0,2	0,15	0,15	0,1

4.5. Для определения величины $\Delta U\%$ необходимо установить номинальный режим генератора при активно-индуктивной нагрузке: f_n , U_n , I_n , $\cos \varphi_n$. Затем замкнуть B и установить $f = f_n$, измерить эдс $E_{он}$ на зажимах генератора. Результат измерений записать в табл. 11.4.

Таблица 4 - Результаты измерений для определения величины $\Delta U\%$
($f = f_n$; $U = U_n$; $I = I_n$; $\cos \varphi = \cos \varphi_n$)

$I_R [A]$	$I_L [A]$	$i [A]$	$\cos \varphi$	$E_{он} [B]$	$U\%_{\text{расч.}}$	$U\%_{\text{опыт.}}$
1,3	2,3	0,75	0,89	225	77,1	72,3

$$\Delta U\% = \frac{E_{\text{оН}} - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{225 - 127}{127} = 77,1$$

4.6. Схема соединений обмоток статора в опытах трех-, двух- и однофазного короткого замыкания показаны на рисунке 2:

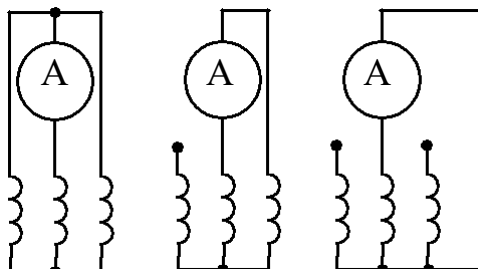


Рисунок 2 - Схемы соединений обмоток статора при коротком замыкании

Перед каждым опытом необходимо устанавливать $i \ll I_n$. Магнитная цепь машины в режиме короткого замыкания не насыщена. Поэтому при снятии характеристик в любом случае достаточно трех замеров в пределах $0 \leq I \leq I_n$. Результат измерений записать в таблицу 5 :

Таблица 5 - Результаты измерений опыта короткого замыкания при $f = f_n$, $U = 0$

Трехфазное к.з.					
$i[A]$	0	0,21	0,25	0,25	0,3
$I[A]$	0	0,5	1	1,3	1,7
Двухфазное к.з.					
$i[A]$	0,1	0,15	0,22	0,3	0,35
$I[A]$	0,5	1	1,3	1,7	2
Однофазное к.з.					
$i[A]$	0,1	0,12	0,25	0,2	0,25
$I[A]$	0,5	1	1,3	1,7	2

5. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

5.1. На рисунке 3 показаны внешние характеристики синхронного генератора при активной, индуктивной и емкостной нагрузке, совмещенных для удобства сравнения.

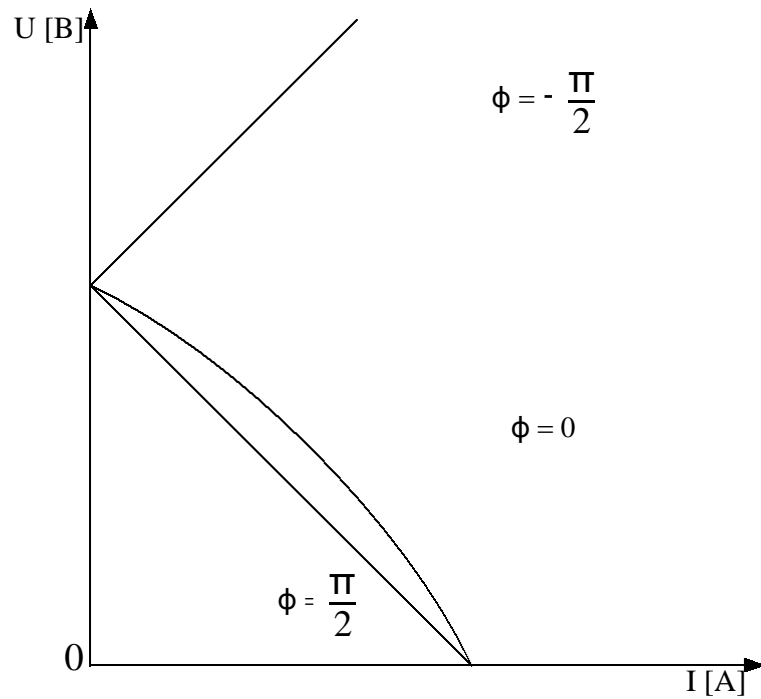


Рисунок 3 - Внешние характеристики синхронного генератора

5.2. Регулировочные характеристики также необходимо совместить. Вид этих характеристик показан на рисунке 4:

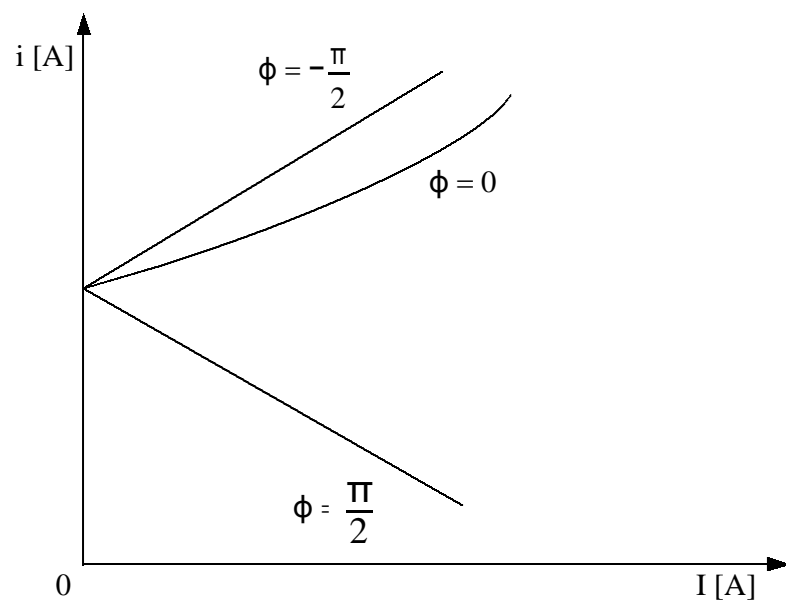


Рисунок 4 - Регулировочные характеристики синхронного генератора

5.3. На рисунке 5 совмещены характеристики одно-, двух- и трехфазного короткого замыкания (соответственно кривые 1, 2 и 3).

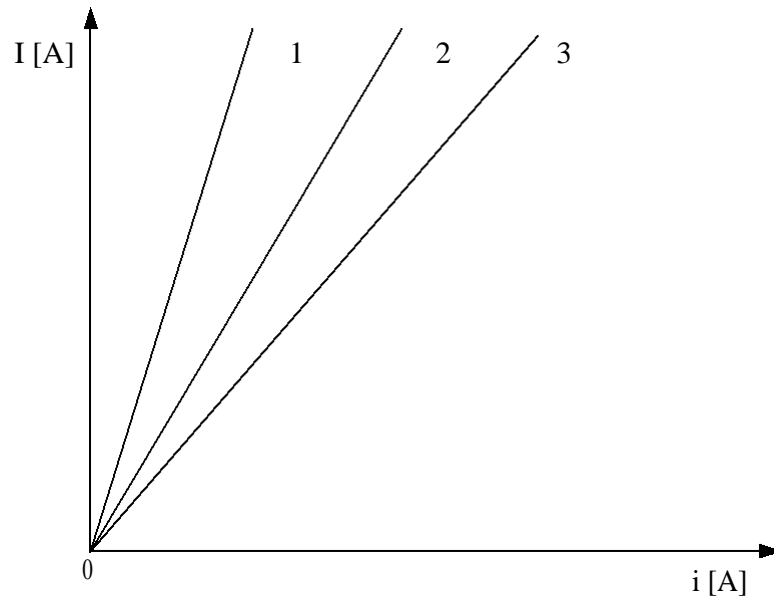


Рисунок 5 - Характеристики короткого замыкания синхронного генератора

5.4. Расчетная величина $\Delta U\%$ вычисляется графическим методом. Для этого необходимо воспользоваться характеристиками холостого хода и трехфазного короткого замыкания, совмещенными на рисунке 6 :

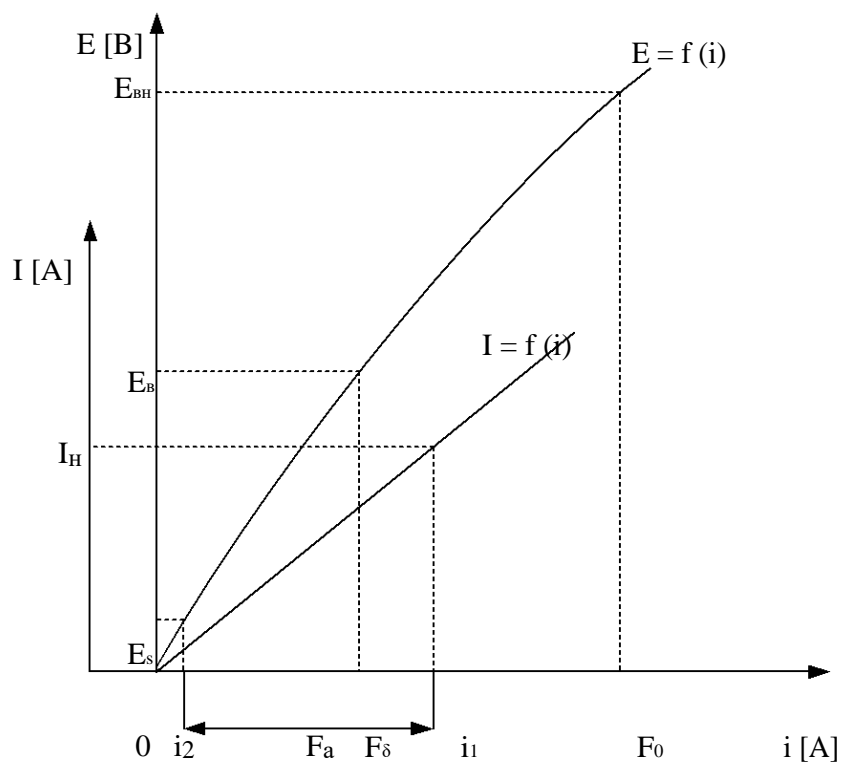


Рисунок 6 - Совмещение характеристик холостого хода и короткого замыкания

Здесь \dot{i}_1 – ток возбуждения, необходимый для создания \dot{I}_H в режиме короткого замыкания. Ток якоря \dot{I}_H вызывает падение напряжения $\dot{I}_H x_s$ на индуктивном сопротивлении рассеяния x_s ; для создания соответствующей эдс $\dot{E}_s = \dot{I}_H x_s$ необходим ток возбуждения \dot{i}_2 . Отрезок $\dot{F}_a = \dot{i}_1 - \dot{i}_2$ в масштабе тока возбуждения равен намагничивающей силе, компенсирующей реакцию якоря, обусловленную током \dot{I}_H .

Выбрав масштабы напряжения, тока якоря и намагничивающей силы, следует построить векторную диаграмму, соответствующую режиму работы генератора перед внезапным сбросом нагрузки, которая называется диаграммой Потье (рисунок 7)

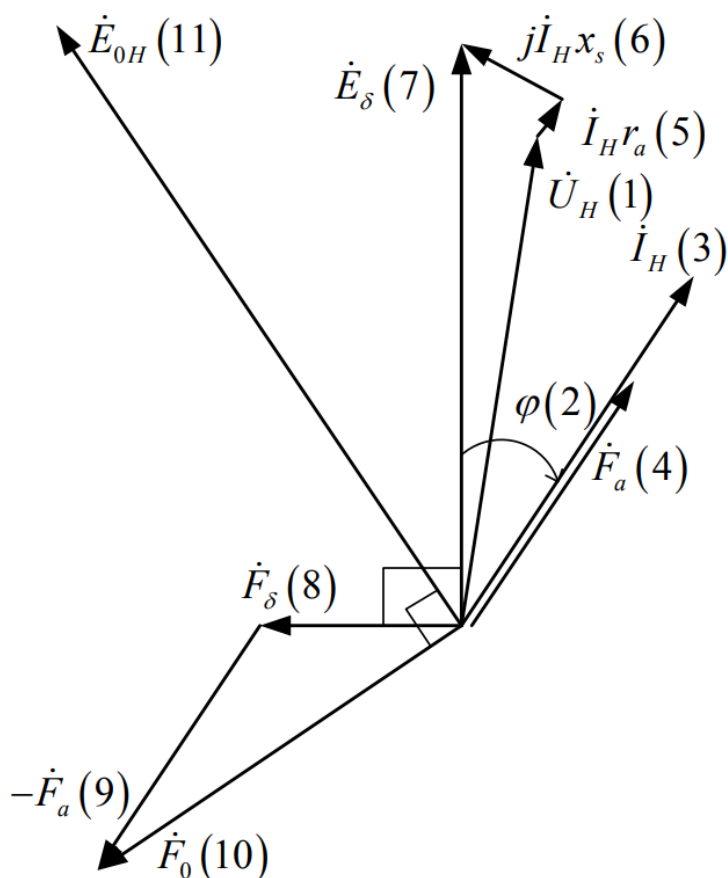


Рисунок 7 - Диаграмма Потье синхронного генератора

Вектор \dot{U}_H откладывается на плоскости произвольно, а вектор \dot{I}_H – под известным углом φ . Затем к вектору \dot{U}_H достраиваются векторы падений напряже-

ния $\mathbf{I}_n \mathbf{r}_a$ и $j\mathbf{I}_n \mathbf{x}_s$ для получения вектора эдс \mathbf{E}_δ , которая на рис. 11.6 соответствует намагничивающей силе \mathbf{F}_δ в масштабе тока возбуждения. На векторной диаграмме эта намагничивающая сила опережает вектор \mathbf{E}_δ по фазе на угол $\pi / 2$.

Для получения намагничивающей силы обмотки возбуждения \mathbf{F}_0 в масштабе \mathbf{i} , необходимо к вектору \mathbf{F}_δ достроить вектор $-\mathbf{F}_a$, находящийся в противофазе с вектором \mathbf{I}_n . На рис. 11.6 намагничивающей силе \mathbf{F}_0 – соответствует эдс холостого хода \mathbf{E}_{0n} . На векторной диаграмме эта эдс отстает по фазе от \mathbf{F}_0 на угол $\pi / 2$. Изменение напряжения генератора $\Delta U\%$ является относительной величиной. Для ее расчета достаточно при известной длине вектора \mathbf{U}_n подставить найденную длину вектора \mathbf{E}_{0n} в формулу $\Delta U\% = \frac{E_{0n} - U_n}{U_n} \cdot 100\%$
По данной формуле вычисляется $\Delta U\%$ на основе опытных данных