

УДК 621.316.761.2 + 331.45 + 537.622

## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА

*И.С. Окраинская, А.И. Сидоров*

В работе представлены результаты исследования распределения напряженности магнитного поля вблизи статического тиристорного компенсатора, установленного на открытом распределительном устройстве напряжением 500 кВ. Отмечается повышенный уровень магнитного поля в отдельных точках, где может выполнять работы обслуживающий персонал.

Ключевые слова: магнитное поле, защита персонала, статический тиристорный компенсатор.

Персонал, обслуживающий электроустановки сверхвысокого напряжения подвергается воздействию электромагнитного поля промышленной частоты, создаваемого электроустановками сверхвысокого напряжения.

Магнитное поле промышленной частоты индуцирует в теле человека вихревые токи. Согласно современным представлениям индуцирование вихревых токов является основным механизмом биологического действия магнитного поля частотой 50 Гц. Основным параметром, его характеризующим, является плотность вихревых токов. Биологическая эффективность магнитного поля зависит от его интенсивности и продолжительности воздействия.

Магнитное поле вызывает изменения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой и иммунной систем. Имеется вероятность увеличения риска развития лейкозов и злокачественных новообразований центральной нервной системы [1–3].

Предельно допустимые уровни магнитного поля в Российской Федерации устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». В основу нормирования уровня МП положено допустимое значение плотности вихревого тока в организме человека (с разными коэффициентами запаса).

Для персонала, обслуживающего электроустановки, допустимая напряженность  $H$  или индукция  $B$  магнитного поля устанавливается отдельно для условий общего (все тело) и локального (на конечности) воздействия в зависимости от продолжительности пребывания в магнитном поле. Допустимые уровни магнитного поля приведены в табл. 1.

Допустимые уровни магнитного поля внутри временных интервалов определяются интерполяцией (рис. 1).

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Таблица 1

Допустимые уровни магнитного поля

Время пребывания, ч	Допустимые уровни магнитного поля H (А/м)/В (мкТл) при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

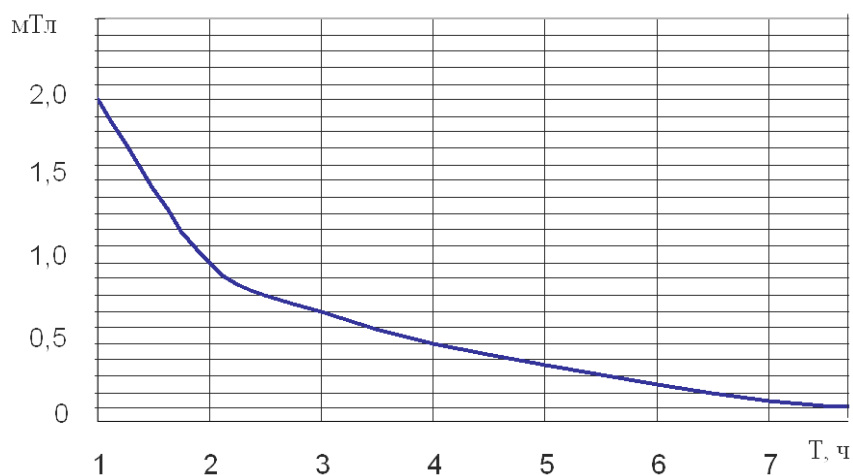


Рис. 1. ПДУ производственных воздействий МП промышленной частоты в зависимости от времени пребывания персонала для условий общего воздействия

Допустимое время пребывания персонала в магнитном поле может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. При изменении режима труда и отдыха (сменная работа) предельно допустимый уровень не должен превышать установленный для 8-часового рабочего дня.

В настоящее время на отдельных подстанциях в Российской Федерации ведется замена синхронных компенсаторов на статические тиристорные компенсаторы. Монтаж и введение в работу нового типа устройств на открытом распределительном устройстве и во вспомогательных помещениях потребовал проведения контроля электромагнитной обстановки для определения условий и режима работы персонала, обслуживающего данное устройство. Исследования были проведены осенью 2013 г.

В состав СТК входят:

- тиристорно-реакторные группы (ТРК) – компенсирующие реакторы с тиристорными вентилями;
- фильтро-компенсирующие устройства (ФКУ) – набор фильтров высших гармоник;
- конденсаторные батареи (КБ).

Во время проведения измерений по оборудованию, входящему в состав СТК-1, протекали токи, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Данные о величинах токов, протекающих по СТК-1  
в момент проведения измерений

Обозначение оборудования	Величины токов в момент измерения, А
Реактор токоограничивающий сухой РТСТ-10-4000-0,14 УХЛ1	3105 ... 3113
Конденсаторная батарея трехфазная КБ-10-75600 УХЛ, включая трансформаторы тока ТОЛ-35, реактор токоограничивающий сухой РТСТГ-10-4000-0,18 УХЛ1	2862 ... 2872
Фильтро-компенсирующее устройство ФКУ-5-10-7200 УХЛ1	259 ... 262
Реактор компенсирующий однофазный сухой сдвоенный РКOC-17500/11 УХЛ-1	44

Измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты в помещении, где размещена система управления статическим тиристорным компенсатором, были выполнены в точках, обозначенных на рис. 2. Полученные в результате измерений значения напряженности магнитного поля промышленной частоты приведены в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что в точках с 7 по 10, находящихся позади шкафов управления устройствами статического тиристорного компенсатора, наблюдается превышение предельно допустимого уровня напряженности магнитного поля для случая общего воздействия на организм работника, составляющего 80 А/м для 8-ми часовой рабочей смены.

Максимальное зафиксированное значение составляет 270 А/м, что в 3,4 раза выше предельно допустимого уровня 80 А/м. Согласно указанным ранее Правилам [4] напряженность магнитного поля такой величины требует ограничения времени воздействия на работника пятью часами (напряженность магнитного поля 270 А/м соответствует магнитной индукции 337,5 мкТл).

Измерения напряженности магнитного поля на открытой территории проводились вдоль ограды, по периметру площадки, на которой установлено оборудование статического тиристорного компенсатора и под токопроводами из алюминиевых шин (рис. 3а и б).

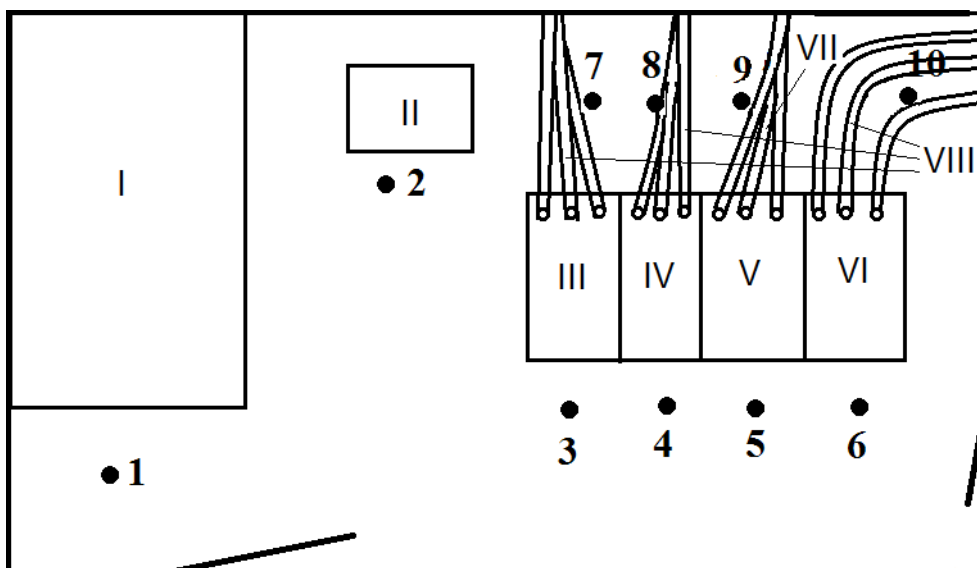


Рис. 2. Схема размещения точек измерения напряженности электрического поля в помещении, где расположена система управления статическим тиристорным компенсатором: I – высоковольтные тиристорные вентили ВТСВ-1600/11; II – насосный агрегат системы охлаждения АВОР; III – шкаф отходящей линии ТРГ; IV – шкаф отходящей линии КБ; V – шкаф отходящей линии; VI – шкаф ввода; VII – пофазно-изолированный алюминиевый токопровод типа SIS,  $I_n=1250$  А; VIII – пофазно-изолированный алюминиевый токопровод типа SIS,  $I_n= 4000$  А

Таблица 3

Результаты измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты в помещении 1 этажа блока вспомогательных устройств

№ точки измерения	Напряженность магнитного поля, А/м		
	0,5 м от уровня земли	1,5 м от уровня земли	1,8 м от уровня земли
1	6,83	9,89	11,33
2	11,37	13,74	14,82
3	19,81	26,71	24,74
4	22,42	33,76	35,09
5	14,55	15,21	21,82
6	13,16	10,12	13,59
7	47,09	75,09	83,50
8	110,30	112,40	181,45
9	126,13	209,02	270,03
10	99,20	137,88	216,91

На рис. За цифрой I обозначены компенсирующие реакторы наружной установки типа РКOC (реактор компенсирующий сухой (без масла) наружной установки); цифрой II– реакторы РТСТГ, (реакторы сухие токоограничивающие с естественным воздушным охлаждением, горизонталь-

ным конструктивным исполнением), являющиеся катушками индуктивности, предназначенными для последовательного включения в электрические сети с целью ограничения токов короткого замыкания и сохранения уровня напряжения в электроустановках в случае короткого замыкания; цифрой III на рис. 3а обозначены конденсаторные батареи (КБ), предназначенные для компенсации реактивной мощности. На рис. 3б цифрой IV обозначен сухой токоограничивающий реактор РТСТ с воздушным охлаждением, подключенный к отходящей линии. Результаты измерения напряженности магнитного поля представлены в табл. 4.

Согласно данным табл. 4 напряженность магнитного поля промышленной частоты на открытой территории вблизи тиристорного статического компенсатора превышает предельно допустимый уровень 80 А/м в точках 1, 2, 4, 6, 7, 17.

Таблица 4

Результаты измерения напряженности магнитного поля  
промышленной частоты на открытой территории  
вблизи оборудования статического тиристорного компенсатора

№ точки измерения	Напряженность магнитного поля, А/м	№ точки измерения	Напряженность магнитного поля, А/м
1	118,73	<b>10</b>	49,35
2	154,70	<b>11</b>	56,36
3	66,44	<b>12</b>	52,34
4	138,52	<b>13</b>	22,90
5	78,58	15	10,47
6	148,31	16	14,37
7	156,29	17	127,65
8	75,19	18	10,47
9	32,03	19	14,37

Наибольшая величина напряженности магнитного поля на открытом пространстве составляет 156,3 А/м что почти в 2 раза превышает предельно допустимый уровень и требует ограничения времени воздействия шестью с половиной часами (рис. 1, учитывая, что 156,3 А/м соответствует 195,4 мкТл).

СанПиН 2.2.4.1191-03 устанавливает, что при необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью, поэтому, если работник будет выполнять работы как в помещении блока вспомогательных устройств так и на открытой территории вблизи статического тиристорного компенсатора общее время работы не должно превышать 5 часов. Максимально допустимое время должно быть указано в инструкциях по охране труда для соответствующего персонала.

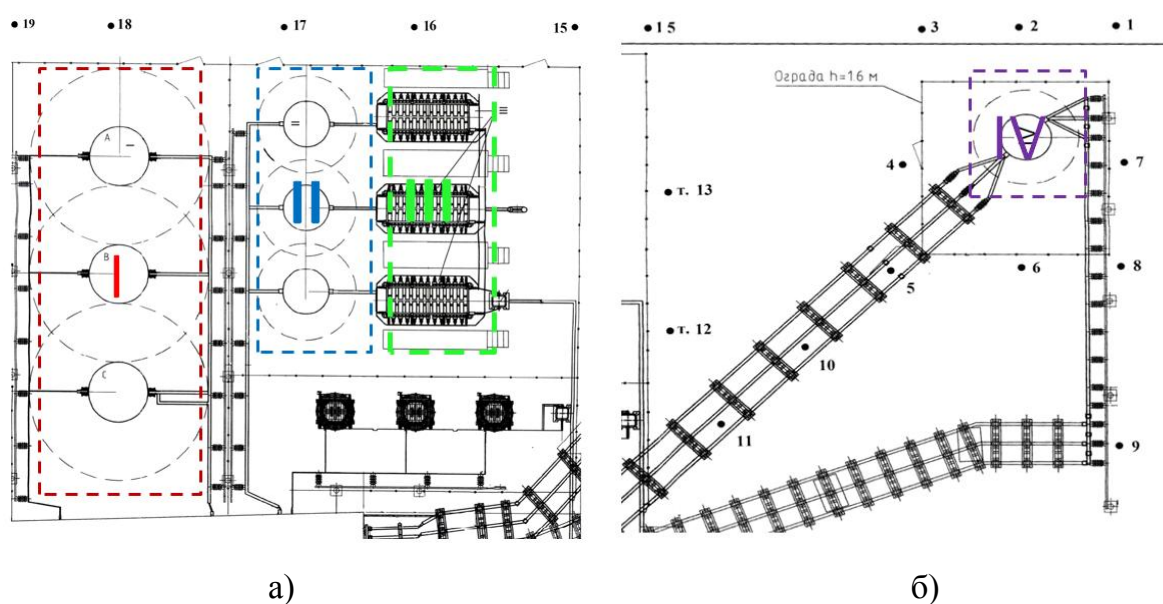


Рис. 3. Схема размещения точек измерения напряженности электрического поля на открытом распределительном устройстве, где расположено основное оборудование статического тиристорного компенсатора: а) часть I б) часть II

Таким образом, были сделаны следующие выводы:

1. Результаты измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты на открытом распределительном устройстве напряжением 500 кВ показали, что предельно допустимый уровень 80 А/м превышаетея только возле оборудования статического тиристорного компенсатора.

2. Максимальный уровень напряженности магнитного поля вблизи тиристорного статического компенсатора на открытой территории составляет 156,3А/м, а в помещении блока вспомогательных устройств – 270 А/м. Столь высокие уровни напряженности магнитного поля промышленной частоты требуют ограничения времени контакта с вредным фактором не более чем пятью часами за рабочую смену.

#### Библиографический список

1. Bernhardt J.H. Assesment of experimentally observed bioeffects in view of their electrically relevance and the exposure at work place. BGA-Shriften, 1986, № 3, pp. 235–238.
2. Bernhardt J.H. at all. Limits for electric and magnetic fields in DIN VDE standartsconsideration for the range 0 to 10 kHz. SIGRE Session, 1986, pp. 36–10.
3. W T Kaune Introduction to power-frequency electric and magnetic fields Environ Health Perspect. Dec 1993; 101(Suppl 4): 73–81.
4. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Министерства здравоохранения и соцразвития, 2003. – 17 с.

[К содержанию](#)