

Systeme
electric

Энергия. Технологии. Надежность.

Устройства компенсации реактивной мощности SystemeSet

Каталог 2026



Устройства компенсации реактивной мощности SystemeSet

Введение	2
Руководство по коррекции коэффициента мощности	7
Конденсаторы низкого напряжения	17
Антирезонансные дроссели	23
Контакторы	27
Конденсаторные установки низкого напряжения SystemeSet.....	33
Приложение	49

Ваши задачи...

Оптимизировать энергопотребление

- Сократить расходы на оплату электроэнергии
- Сократить потери электроэнергии
- Сократить выбросы CO₂

Повысить надежность электроснабжения

- Компенсировать вредные для технологического процесса провалы напряжения
- Предотвратить нежелательные аварийные отключения и перерывы электроснабжения

Увеличить эффективность Вашего бизнеса

- Оптимизировать размер установки
- Уменьшить гармонические искажения с целью предотвращения преждевременного старения оборудования и порчи его чувствительных компонентов

... и наши решения...

Компенсация реактивной мощности

Присутствие реактивной энергии в электрической сети приводит к возрастанию линейных токов, передающих нагрузке необходимое количество активной энергии.

Основные последствия этого явления:

- необходимость увеличения сечения проводников линий электропередачи и распределительных сетей;
- частые перепады напряжения в распределительных линиях;
- дополнительные потери мощности.

Для промышленных потребителей это приводит к возрастанию расходов на оплату электроэнергии, что вызвано:

- штрафными надбавками, накладываемыми поставщиками электроэнергии за избыточную реактивную мощность;
- увеличением потребления полной мощности (измеряемой в кВА);
- повышенным энергопотреблением внутри электроустановок.

Цель компенсации реактивной мощности (КРМ) – оптимизация работы электроустановки за счет снижения энергопотребления и увеличения доступной мощности.

Кроме того, КРМ позволяет уменьшить выбросы CO₂ и сократить расходы на электроэнергию в среднем на 5-10%.

Оптимизируйте электрические сети и сократите расходы на электроэнергию

Коррекция коэффициента мощности

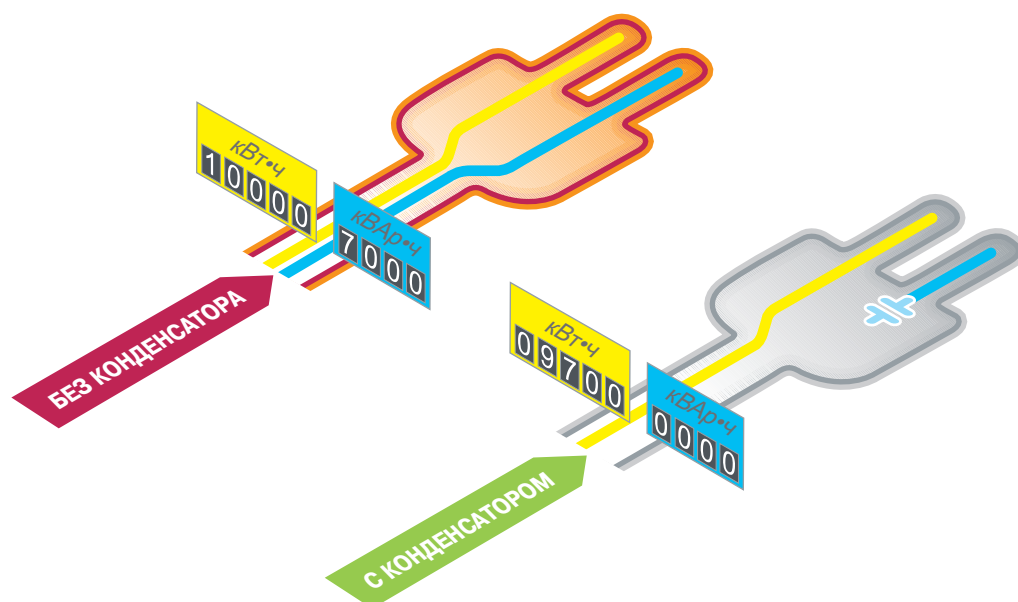
Каждая электрическая машина потребляет или производит активную (измеряемую в кВт) и реактивную (измеряемую в кВАр) мощность. Их векторная сумма является полной мощностью, измеряемой в кВА: $(\text{кВА})^2 = (\text{кВт})^2 + (\text{кВАр})^2$.

Отношение активной мощности (кВт) к полной (кВА) называется коэффициентом мощности (КМ).

$$\text{КМ} = (\text{кВт}) / (\text{кВА}).$$

Задачей КРМ является увеличение КМ или «коррекция коэффициента мощности».

Обычно она решается путем подключения к сети конденсаторных батарей, производящих реактивную энергию в количестве, достаточном для компенсации реактивной мощности, возникающей в нагрузке.



Увеличьте надежность и безопасность Ваших электроустановок

Качество и надежность

- Непрерывность работы благодаря высоким характеристикам и длительному сроку службы конденсаторов.
- Заводские испытания 100% продукции.
- Разработка и проектирование в соответствии со строгими международными стандартами.

Безопасность

- Испытанные защитные устройства, встроенные в каждую фазу конденсатора.
- Предохранитель с мембраной избыточного давления для безопасного отсоединения конденсатора в конце срока службы.
- Все используемые материалы и компоненты не содержат полихлорированных бифенилов (ПХБ).

Эффективность и производительность

- Инновационная эргономичная конструкция, обеспечивающая удобство установки и подключения.
- Специальная конструкция компонентов, сокращающая время монтажа и обслуживания.
- Все компоненты и решения доступны через сеть наших дистрибьюторов и партнеров.



Новый подход к созданию электроустановок



Всестороннее предложение

Оборудование КРМ и фильтрации гармоник входит в комплексное предложение продуктов, полностью скоординированных для решения всех задач по распределению электроэнергии среднего и низкого напряжения.

Все эти продукты совместимы по механическим, электрическим и коммуникационным характеристикам.

Это позволяет оптимизировать электроустановку и сделать её более эффективной за счет:

- непрерывности электроснабжения;
- уменьшения потерь мощности;
- гарантированной возможности расширения;
- эффективного управления и контроля.

Таким образом, у Вас есть всё необходимое для создания оптимизированной электроустановки – надежной, расширяемой и соответствующей действующим стандартам.

Инструменты для проектирования и конфигурирования электроустановок

Используя продукты Systeme Electric, Вы получаете полный набор инструментов для работы и настройки нашего оборудования в соответствии с действующими стандартами и общепринятой инженерной практикой. К таким инструментам относятся регулярно обновляемые технические описания и руководства, конфигурационное программное обеспечение и учебные курсы.

Поскольку каждая электроустановка уникальна, то универсального решения не существует. Многочисленные комбинации оборудования позволят Вам добиться полной персонализации технических решений.

Тем самым Вы сможете выразить свой творческий потенциал и подчеркнуть свой опыт в проектировании, разработке и эксплуатации электрооборудования.



Знания Systeme Electric, объединенные с Вашим опытом и творческим потенциалом, позволят Вам создавать оптимальные по составу, надежные и расширяемые установки, соответствующие действующим нормам.

Руководство по коррекции коэффициента мощности

Содержание

Зачем нужно компенсировать реактивную мощность?

Принцип компенсации реактивной мощности.....	8
Преимущества компенсации реактивной мощности	9

Методика выбора компенсации

Шаг 1: Расчет требуемой реактивной мощности	10
Шаг 2: Выбор режима компенсации	12
Шаг 3: Выбор типа компенсации	13
Шаг 4: Учет условий эксплуатации и содержания гармоник в сети.....	14

Конденсаторы низкого напряжения с антирезонансными дросселями

15

Номинальное напряжение и ток

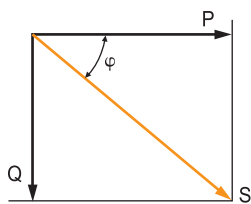
16



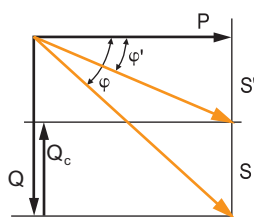
Зачем нужно компенсировать реактивную мощность?

Циркуляция реактивной энергии в распределительных цепях приводит к увеличению тока, что вызывает:

- перегрузку трансформаторов;
- перегрев силовых кабелей;
- дополнительные потери;
- сильное падение напряжения;
- увеличение энергопотребления и расходов на оплату электроэнергии;
- уменьшение распределяемой активной мощности.



В векторном представлении коэффициент мощности (P/S) равен $\cos\varphi$



Принцип компенсации реактивной мощности

Во всех сетях переменного тока потребляется два вида мощности – активная и реактивная.

- **Активная мощность P (кВт)** – это полезная мощность, потребляемая нагрузками, такими как электродвигатели, лампы, нагреватели, компьютеры и т. д. Она полностью переходит в механическую мощность (работу), тепло или свет.
- **Реактивная мощность Q (кВАр)** расходуется только на создание магнитных полей в сердечниках электрических машин, двигателей и трансформаторов.

Полная мощность S (кВА) является векторной суммой активной и реактивной мощности.

Циркуляция реактивной мощности в электрической сети приводит к серьезным последствиям в техническом и экономическом плане. Увеличение реактивной мощности при передаче одной и той же активной мощности P означает увеличение полной мощности, а следовательно – возрастание протекающего тока.

Активная энергия – это активная мощность, переданная за единицу времени (кВт·ч). Реактивная энергия – это реактивная мощность, переданная за единицу времени (кВАр·ч).

В электрической сети реактивная энергия передается вместе с активной.



Энергосбытовая компания поставляет реактивную энергию и выставляет счет за её потребление

По этой причине можно получить большое преимущество, создав источник реактивной энергии на стороне нагрузки для предотвращения ненужной циркуляции энергии в сети. Эта операция называется **«коррекцией коэффициента мощности»**. Она заключается в подключении конденсаторов, производящих реактивную энергию со знаком, противоположным знаку энергии, потребляемой нагрузками (такими, как электродвигатели).

На диаграмме слева видно, что в результате полная мощность S' уменьшается, а коэффициент мощности P/S' увеличивается.

Сети генерации и передачи электроэнергии частично разгружаются, потери мощности сокращаются, что приводит к увеличению пропускной способности линий электропередачи.



Реактивная энергия производится конденсаторами.
Энергосбытовая компания не выставляет счет за реактивную энергию.

Зачем нужно компенсировать реактивную мощность?

Оптимизация коэффициента мощности (КМ) приносит ряд технических и экономических преимуществ.

Преимущества компенсации реактивной мощности

Экономия на оплате электроэнергии

- Отсутствие штрафов за потребление значительной реактивной мощности, сокращение потребления полной мощности.
- Сокращение потерь в сердечниках трансформаторов и проводниках электроустановки.

Пример:

При КМ = 0,7 потери в трансформаторе номинальной мощностью 630 кВА составляли 6500 Вт.

После компенсации реактивной мощности был достигнут КМ = 0,98, а потери сократились до 3316 Вт, то есть на 49%.

Увеличение доступной мощности

Высокий КМ способствует оптимизации электроустановки, позволяя более эффективно использовать её компоненты. При установке устройств КРМ на стороне низкого напряжения можно «разгрузить» трансформатор СН/НН и, таким образом, увеличить мощность, доступную на его вторичной обмотке.

В таблице ниже показано, как возрастает доступная мощность на выходе трансформатора при увеличении КМ с 0,7 до 1.

Коэффициент мощности	Увеличение доступной мощности
0,7	0%
0,8	+ 14%
0,85	+ 21%
0,90	+ 28%
0,95	+ 36%
1	+ 43%

Уменьшение размера установки

Использование устройств КРМ позволяет уменьшить сечение проводников, так как при той же активной мощности установка будет потреблять меньший ток.

В таблице ниже приведены коэффициенты, на которые следует умножить сечение проводников при различных значениях КМ.

Коэффициент мощности	Повышающий коэффициент для сечения проводников
1	1
0,80	1,25
0,60	1,67
0,40	2,50

Повышение стабильности напряжения в электроустановке

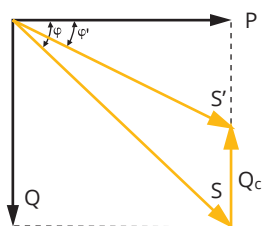
Подключение конденсаторов позволяет стабилизировать напряжение на вышерасположенном участке цепи. Это предотвращает перегрузку сети и уменьшает содержание гармоник, благодаря чему Вам не придется завышать номинал электроустановки.



Методика выбора компенсации

Процесс выбора оборудования КРМ разбит на **четыре шага**.

- **Расчет требуемой реактивной энергии**
- **Выбор режима компенсации:**
 - централизованная – для всей электроустановки;
 - секционнная – для групп нагрузок;
 - индивидуальная – для отдельных нагрузок, таких как крупные электродвигатели.
- **Выбор типа компенсации:**
 - нерегулируемая – путем подключения конденсаторной батареи фиксированной емкости;
 - автоматическая – путем включения различного количества ступеней регулирования для подачи требуемого количества реактивной энергии;
 - динамическая – для компенсации сильно и быстро изменяющихся нагрузок.
- **Учет условий эксплуатации и содержания гармоник в сети**



Шаг 1: Расчет требуемой реактивной мощности

Задача – определить реактивную мощность Q_c (кВАр), которую следует подать, чтобы обеспечить заданное увеличение коэффициента мощности $\cos \varphi$ и уменьшение полной мощности S .

Для $\varphi' < \varphi$, мы получаем: $\cos \varphi' > \cos \varphi$ и $\tan \varphi' < \tan \varphi$.

Это показано на диаграмме.

Как видно из диаграммы, Q_c можно рассчитать по формуле $Q_c = P * (\tan \varphi - \tan \varphi')$.

Q_c = реактивная мощность конденсаторной батареи (кВАр).

P = активная мощность нагрузки, кВт.

$\tan \varphi$ = отношение реактивной мощности к активной до компенсации.

$\tan \varphi'$ = отношение реактивной мощности к активной после компенсации.

Параметры φ и $\tan \varphi$ рассчитываются исходя из ежемесячного потребления активной и реактивной энергии (по счетам за электроэнергию) или измеряются непосредственно на электроустановке.

Определить реактивную мощность можно по следующим таблицам:

До компенсации		Реактивная мощность (кВАр), подаваемая на 1 кВт нагрузки для достижения требуемого $\cos \varphi'$ или $\tan \varphi'$							
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi'$	0,75	0,62	0,48	0,41	0,33	0,23	0,00
		$\cos \varphi'$	0,80	0,85	0,90	0,925	0,95	0,975	1,000
1,73	0,5		0,98	1,11	1,25	1,32	1,40	1,50	1,73
1,02	0,70		0,27	0,40	0,54	0,61	0,69	0,79	1,02
0,96	0,72		0,21	0,34	0,48	0,55	0,64	0,74	0,96
0,91	0,74		0,16	0,29	0,42	0,50	0,58	0,68	0,91
0,86	0,76		0,11	0,24	0,37	0,44	0,53	0,63	0,86
0,80	0,78		0,05	0,18	0,32	0,39	0,47	0,57	0,80
0,75	0,80			0,13	0,27	0,34	0,42	0,52	0,75
0,70	0,82			0,08	0,21	0,29	0,37	0,47	0,70
0,65	0,84			0,03	0,16	0,24	0,32	0,42	0,65
0,59	0,86				0,11	0,18	0,26	0,37	0,59
0,54	0,88				0,06	0,13	0,21	0,31	0,54
0,48	0,90					0,07	0,16	0,26	0,48

Пример. Имеется электродвигатель мощностью 1000 кВт с $\cos \varphi = 0,8$ ($\tan \varphi = 0,75$).

Чтобы получить $\cos \varphi = 0,95$, необходимо установить конденсаторную батарею с реактивной мощностью, равной $k \times P$, то есть: $Q_c = 0,42 \times 1000 = 420$ кВАр.

Методика выбора компенсации

Расчет требуемой реактивной мощности: таблица выбора

По таблице можно найти коэффициент в зависимости от $\cos \varphi$ электроустановки до и после компенсации реактивной мощности. Умножив этот коэффициент на активную мощность, можно найти реактивную мощность устройства компенсации реактивной мощности.

До компенсации		Реактивная мощность (кВАр), подаваемая на 1 кВт нагрузки для достижения требуемого $\cos \varphi$ или $\tan \varphi$													
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	0.75	0.59	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.25	0.20	0.14	0.00
		$\cos \varphi$	0.8	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
2.29	0.40		1.541	1.698	1.807	1.836	1.865	1.896	1.928	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2.291
2.22	0.40		1.475	1.631	1.740	1.769	1.799	1.829	1.862	1.896	1.933	1.974	2.022	2.082	2.225
2.16	0.42		1.411	1.567	1.676	1.705	1.735	1.766	1.798	1.832	1.869	1.910	1.958	2.018	2.161
2.10	0.43		1.350	1.506	1.615	1.644	1.674	1.704	1.737	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2.100
2.04	0.44		1.291	1.448	1.557	1.585	1.615	1.646	1.678	1.712	1.749	1.790	1.838	1.898	2.041
1.98	0.45		1.235	1.391	1.500	1.529	1.559	1.589	1.622	1.656	1.693	1.734	1.781	1.842	1.985
1.93	0.46		1.180	1.337	1.446	1.475	1.504	1.535	1.567	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1.930
1.88	0.47		1.128	1.285	1.394	1.422	1.452	1.483	1.515	1.549	1.586	1.627	1.675	1.736	1.878
1.83	0.48		1.078	1.234	1.343	1.372	1.402	1.432	1.465	1.499	1.536	1.577	1.625	1.685	1.828
1.78	0.49		1.029	1.186	1.295	1.323	1.353	1.384	1.416	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1.779
1.73	0.5		0.982	1.139	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.590	1.732
1.69	0.51		0.937	1.093	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
1.64	0.52		0.893	1.049	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
1.60	0.53		0.850	1.007	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.458	1.600
1.56	0.54		0.809	0.965	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
1.52	0.55		0.768	0.925	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1.518
1.48	0.56		0.729	0.886	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229	1.276	1.337	1.479
1.44	0.57		0.691	0.848	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191	1.238	1.299	1.441
1.40	0.58		0.655	0.811	0.920	0.949	0.969	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1.405
1.37	0.59		0.618	0.775	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118	1.165	1.226	1.368
1.33	0.6		0.583	0.740	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333
1.30	0.61		0.549	0.706	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299
1.27	0.62		0.515	0.672	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265
1.23	0.63		0.483	0.639	0.748	0.777	0.807	0.837	0.873	0.904	0.941	1.082	1.030	1.090	1.233
1.20	0.64		0.451	0.607	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
1.17	0.65		0.419	0.672	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169
1.14	0.66		0.388	0.639	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
1.11	0.67		0.358	0.607	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
1.08	0.68		0.328	0.576	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.878	0.828	0.875	0.936	1.078
1.05	0.69		0.299	0.545	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
1.02	0.7		0.270	0.515	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.99	0.71		0.242	0.485	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.96	0.72		0.214	0.456	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.665	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.94	0.73		0.186	0.427	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.91	0.74		0.159	0.398	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.88	0.75		0.132	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.86	0.76		0.105	0.343	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.83	0.77		0.079	0.316	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.80	0.78		0.052	0.289	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.574	0.511	0.552	0.559	0.660	0.802
0.78	0.79		0.026	0.262	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776
0.75	0.8			0.235	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750
0.72	0.81			0.209	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.70	0.82			0.183	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.67	0.83			0.157	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672
0.65	0.84			0.131	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.62	0.85			0.105	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.59	0.86			0.079	0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593
0.56	0.87			0.053	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.53	0.88			0.029	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.51	0.89				0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512
0.342	0.90					0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.48	0.484



Методика выбора компенсации

Шаг 2: Выбор режима компенсации

Расположение конденсаторов низкого напряжения в электроустановке определяет режим компенсации, который может быть централизованным (одна конденсаторная батарея на всю установку), посекционным (по батарее на группу нагрузок) или представлять собой комбинацию двух указанных выше способов. Теоретически, идеальной является компенсация, при которой в любой момент времени на требуемый уровень иерархии электроустановки подается требуемое количество реактивной энергии.

На практике выбор определяется техническими и экономическими соображениями.

Место подключения конденсаторных батарей к электрической сети определяется:

- общей задачей (избежать штрафов за подачу реактивной энергии в сторону силовых трансформаторов и кабелей, предотвратить скачки и провалы напряжения);
- режимом работы (постоянные и переменные нагрузки);
- предполагаемым влиянием конденсаторов на характеристики электросети;
- стоимостью установки.

Централизованная компенсация

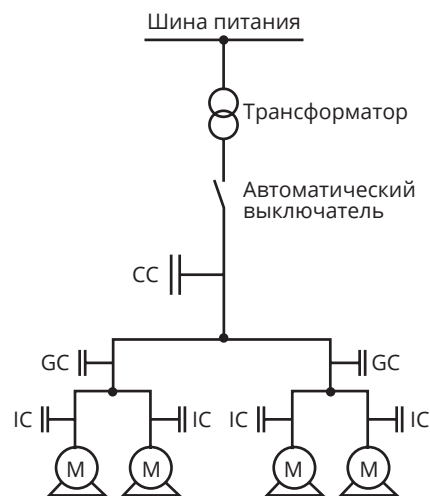
Конденсаторная батарея подключена на вводе электроустановки и компенсирует реактивную энергию для всей электроустановки. Данная схема удобна для стабильного поддержания заданного коэффициента нагрузки.

Посекционная (групповая) компенсация

Конденсаторная батарея подключена к фидерам, питающим одну определенную секцию, которую следует компенсировать. Данная схема удобна для применения в крупных электроустановках, секции которых имеют разные коэффициенты нагрузки.

Индивидуальная компенсация

Конденсаторная батарея подключена непосредственно к вводным зажимам нагрузки (особенно – мощных электродвигателей). Данная схема хорошо подходит для случаев, когда полная мощность нагрузки велика по сравнению с номинальной. Это идеальное техническое решение, поскольку реактивная энергия генерируется в том же месте, где потребляется, и может регулироваться в соответствии с нагрузкой.



СС: Централизованная компенсация

GC: Посекционная (групповая) компенсация

IC: Индивидуальная компенсация

М: Нагрузка в виде электродвигателя

Методика выбора компенсации

Шаг 3: Выбор типа компенсации

В зависимости от требований к характеристикам оборудования и сложности управления, КРМ может быть следующих типов:

- нерегулируемой – путем подключения конденсаторной батареи фиксированной емкости;
- автоматической – путем включения различного количества ступеней регулирования для подачи требуемой реактивной энергии;
- динамической – для компенсации быстро изменяющихся нагрузок.

Нерегулируемая компенсация

В схеме используется один или несколько конденсаторов, обеспечивающих постоянный уровень компенсации. Управление может быть:

- ручным: с помощью автоматического выключателя или выключателя нагрузки;
- полуавтоматическим: с помощью контактора;
- прямое подсоединение к нагрузке и включение/отключение вместе с ней.

Конденсаторы присоединяются:

- к вводным зажимам индуктивных нагрузок (в основном, электродвигателей);
- к шинам, питающим группы небольших электродвигателей или индуктивных нагрузок, для которых индивидуальная компенсация может быть довольно дорогостоящей;
- в случаях, когда коэффициент нагрузки должен быть постоянным.

Автоматическая компенсация

Данный тип компенсации предусматривает автоматическое поддержание заданного $\cos\phi$ путем регулирования количества вырабатываемой реактивной энергии в соответствии с изменениями нагрузки. Оборудование КРМ устанавливается и подключается к тем местам электроустановки, где изменения активной и реактивной мощности относительно велики, например:

- к сборным шинам главного распределительного щита;
- к зажимам кабеля, питающего мощную нагрузку.

Нерегулируемая компенсация применяется там, где требуется компенсировать РМ, не превышающую 15% номинальной мощности трансформаторного источника питания. Если требуется компенсировать более 15%, рекомендуется устанавливать конденсаторную батарею с автоматическим регулированием.

Управление обычно осуществляется электронным устройством (контроллером реактивной мощности), которое отслеживает фактический КМ и выдает команды на подключение или отключение конденсаторов для достижения заданного КМ. Таким образом, реактивная энергия регулируется ступенчато. Кроме того, регулятор реактивной мощности выдает информацию о характеристиках электросети (амплитуда напряжения, уровень искажений, КМ, фактическая активная и реактивная мощность) и состоянии оборудования. В случае неисправности подаются аварийные сигналы. Подключение обычно обеспечивается контакторами. Для быстрой и частой коммутации конденсаторов при компенсации сильно изменяющихся нагрузок следует использовать полупроводниковые ключи.

Динамическая компенсация

Данный тип КРМ используется для предотвращения колебаний напряжения в сетях с изменяющимися нагрузками. Принцип динамической компенсации заключается в том, что вместе с нерегулируемой конденсаторной батареей используется электронный компенсатор реактивной мощности, обеспечивающий опережение или запаздывание реактивных токов относительно напряжения.

В результате получается быстродействующая изменяющаяся компенсация, хорошо подходящая для таких нагрузок, как лифты, дробилки, аппараты точечной сварки и т. д.

Методика выбора компенсации

Чтобы узнать больше о влиянии гармоник на электроустановки, см. Приложение на стр. 53.

Шаг 4: Учет условий эксплуатации и содержания гармоник в сети

Конденсаторы следует выбирать с учетом условий их эксплуатации на протяжении срока службы.

Учет условий эксплуатации

Условия эксплуатации оказывают значительное влияние на срок службы конденсаторов. Следует учитывать следующие параметры:

- температура окружающей среды (°C);
- ожидаемые повышенные токи, связанные с искажением формы напряжения, включая максимальное непрерывное перенапряжение;
- максимальное количество коммутационных операций в год;
- требуемый срок службы.

Учет воздействия гармоник

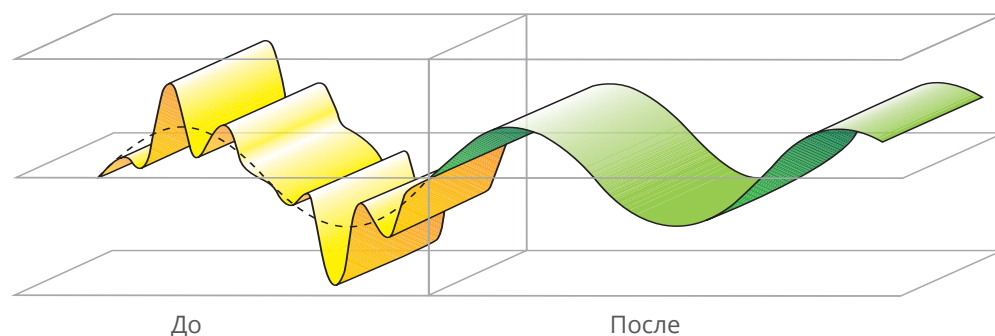
В зависимости от амплитуды гармоник в электросети применяются различные конфигурации устройств КРМ:

- **Стандартные конденсаторы:** при отсутствии значительных нелинейных нагрузок.
- Конденсаторы **повышенной стойкости:** при наличии незначительных нелинейных нагрузок. Номинальный ток конденсаторов должен быть увеличен, чтобы они могли выдерживать циркуляцию токов гармоник.
- Конденсаторы **повышенной стойкости с антирезонансными дросселями** применяются при наличии многочисленных нелинейных нагрузок. Дроссели необходимы для подавления циркуляции токов гармоник и предотвращения резонанса.
- **Фильтры высших гармоник:** в сетях с преобладанием нелинейных нагрузок, где требуется подавление гармоник. Обычно фильтры конструируются для конкретной электроустановки, исходя из результатов измерений на месте и компьютерной модели электросети.

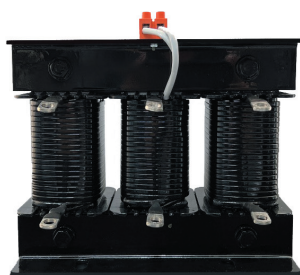
Выбор конденсатора

Предлагаются исполнения с различным уровнем стойкости к неблагоприятным внешним факторам:

- **SystemeSet Can (тип ECO):** конденсаторы стандартной стойкости для стандартных условий эксплуатации при отсутствии значительных нелинейных нагрузок.
- **SystemeSet Can (тип C):** конденсаторы повышенной стойкости для сложных условий эксплуатации, в частности, с искажением напряжения или незначительными нелинейными нагрузками. Следует выбирать конденсаторы с увеличенным номинальным током, чтобы они могли выдерживать циркуляцию токов гармоник.
- **Конденсаторы с антирезонансными дросселями:** применяются при наличии многочисленных нелинейных нагрузок.



Конденсаторы низкого напряжения с антирезонансными дросселями



Конденсаторные батареи следует применять совместно с антирезонансными дросселями для КРМ в сетях со значительными нелинейными нагрузками, генерирующими гармоники. Конденсаторы и дроссели образуют последовательный резонансный контур, частота резонанса которого ниже частоты наиболее мощной высшей гармоники, присутствующей в сети.

По этой причине данная конфигурация обычно называется расстроенной конденсаторной батареей, а дроссели – антирезонансными.

Применение антирезонансных дросселей позволяет избежать гармонического резонанса и перегрузки конденсаторов, и помогает ограничить гармонические искажения в электросети.

Частота настройки обычно выражается относительной расстройкой (в%), коэффициентом частотной расстройки (кратным частоте сети) или указывается непосредственно в герцах.

Наиболее распространенные значения относительной расстройки: 7% и 14% (14% используется при высоком уровне напряжения третьей гармоники).

Относительная расстройка (%)	Коэффициент частотной расстройки	Частота настройки для сети 50 Гц (Гц)	Частота настройки для сети 60 Гц (Гц)
7	3,8	190	230
14	2,7	135	160

Выбор частоты настройки контура «дроссель-конденсатор» зависит от нескольких факторов:

- присутствия гармоник нулевой последовательности (3, 9, ...);
- необходимости уменьшения уровня гармонических искажений;
- оптимизации компонентов конденсатора и дросселя;
- частоты настройки сглаживающего фильтра источника постоянного тока системы управления (если имеется).

Чтобы предотвратить появление помех для системы дистанционного управления, резонансная частота настройки дросселя должна быть меньше частоты настройки сглаживающего фильтра источника питания этой системы.

В установке с антирезонансным фильтром напряжение на конденсаторах выше номинального напряжения системы. В этом случае конденсаторы должны быть рассчитаны на повышенные диапазоны напряжения.

В зависимости от выбранной частоты настройки, часть токов гармоник будет поглощаться расстроенной конденсаторной батареей. В этом случае конденсаторы должны быть рассчитаны на увеличенные токи, являющиеся суммой токов основной и высших гармоник.

Эффективная реактивная мощность

На страницах, посвященных расстроенным конденсаторным батареям, в таблицах указана реактивная мощность (кВАр), генерируемая при использовании конденсаторов совместно с дросселями.

Номинальное напряжение конденсатора

Для работы в составе расстроенных батарей используются специальные конденсаторы. По сравнению со стандартными они отличаются увеличенными значениями параметров, таких как номинальное напряжение, допустимое повышенное напряжение и длительно выдерживаемый ток.



Номинальное напряжение и ток

Согласно стандарту МЭК 60681-1, номинальное напряжение (U_N) конденсатора определяется как допустимое непрерывное рабочее напряжение.

Номинальный ток (I_N) конденсатора – это ток, протекающий через конденсатор, к выводам которого приложено номинальное напряжение (U_N) неискаженной синусоидальной формы, и при котором генерируется точный уровень заданной реактивной мощности (кВАр). Конденсаторы должны быть рассчитаны на непрерывную работу при токе, среднеквадратичное значение которого составляет $1,3 \times I_N$.

Для работы при изменяющемся напряжении сети конденсаторы должны выдерживать повышенные напряжения, действующие в течение определенного интервала времени. Например, чтобы соответствовать стандарту, конденсаторы должны выдерживать напряжение $1,1 \times U_N$ в течение 8 часов в сутки.

Конденсаторы серии **SystemeSet Can** предназначены для работы в промышленных сетях. Они прошли интенсивные испытания, подтвердившие их полную безопасность. Благодаря усиленной конструкции их можно использовать в сетях с колебаниями напряжения и сильными электрическими помехами. Конденсаторы подбираются по номинальному напряжению, соответствующему напряжению сети. В зависимости от уровня ожидаемых помех предусмотрены исполнения силовых конденсаторов SystemeSet Can (тип C) для наиболее сложных условий эксплуатации.

Для совместного использования с антирезонансными дросселями следует выбирать конденсаторы **SystemeSet Can** с номинальным напряжением выше рабочего напряжения сети (U_s). В установках с антирезонансными дросселями напряжение на конденсаторе выше рабочего напряжения сети (U_s).

В таблице ниже указано рекомендованное номинальное напряжение конденсаторов, используемых в антирезонансных фильтрах, для различного рабочего напряжения сети.

При этих значениях обеспечивается безопасная работа в наиболее сложных условиях.

Могут использоваться и другие значения, но при условии детального анализа в каждом конкурентном случае.

Номинальное напряжение конденсатора U_N (В)		Рабочее напряжение сети U_s (В)	
		50 Гц	60 Гц
		400	400
Относительная расстройка (%)	7	480	480
	14	525	525

Конденсаторы низкого напряжения

Содержание

SystemeSet Can

Обзор модельного ряда	18
Каталожные номера	19
Габариты и масса	20

Решения для сетей с содержанием высших гармоник

Условия эксплуатации	21
Номинальное напряжение конденсаторов	21

Конденсатор + антирезонансный дроссель + контактор + автоматический выключатель

Таблица выбора.....	22
---------------------	----



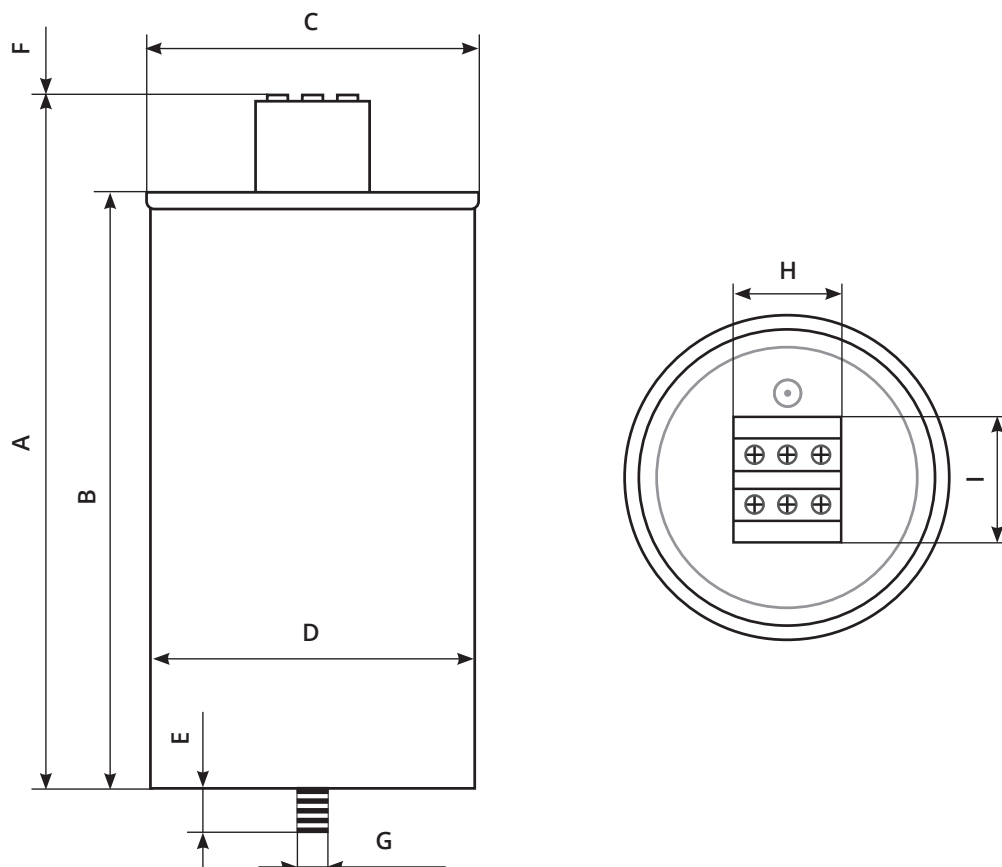
Обзор модельного ряда

		Стандартные конденсаторы (ECO)	Конденсаторы повышенной стойкости (C)
			
Общие характеристики			
Соответствие стандарту		МЭК 60831-1/2	
Номинальное напряжения конденсатора		440В, 480В, 525В	
Частота		50/60 Гц	
Номинальная мощность		30 - 50 кВАр	2,5 - 37,5 кВАр
Потери общие		<0,25 Вт/кВАр	
Допустимое отклонение ёмкости		+/- 5%	
Испытание повышенным напряжением	Между выводами	2,15 x Un (AC), 10с	
	Между выводами и корпусом	3,6кВ (AC), 2,5с	
	Импульсное напряжение	3/8 кВ	
Разрядный резистор		50В/1мин (75В/2мин для конденсаторов >30кВАр)	
Условия эксплуатации			
Температура окружающей среды		-40°C/D	-40°C/+60°C
Высота над уровнем моря		2000 м	4000 м
Относительная влажность воздуха		95%	
Допустимое повышенное напряжение		1,1 x Un 8ч в сутки	
Длительно выдерживаемый ток		1,5 x I _N	2,0 x I _N
Максимальный пусковой ток		До 400 x I _N	До 400 x I _N
Средний срок эксплуатации		120 000 ч	150 000 ч
Содержание гармоник		NLL≤10% (сети с незначительными нелинейными нагрузками)	NLL≤20% (сети со значительными нелинейными нагрузками)
Уровень THDU		≤3%	≤5%
Конструкция			
Корпус		Цилиндр из экструдированного алюминия	
Диэлектрик		Металлизированная полипропиленовая плёнка	
Пропитка		Твёрдая (сухая) биоразлагаемая смола без ПХБ, без SF6	
Безопасность			
Безопасность		Самовосстанавливающийся диэлектрик + предохранитель с мембраной избыточного давления + разрядный резистор	
Степень защиты		IP20, внутри помещения	
Монтаж			
Положение для монтажа		Вертикальное и горизонтальное, установка внутри помещения	
Крепление/заземление		Резьбовой вывод М12 снизу	
Клеммы		Двухсторонняя клемма, защищённая от прикосновений	

Каталожные номера

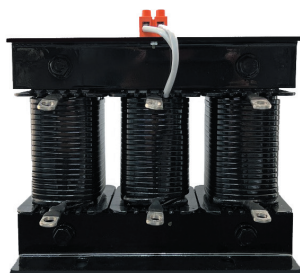
Напряжение сети	380 В	400 В	415 В	440 В	480 В	525 В	I _N , А	C _N , мкФ	Габариты (d x h), мм	Масса, кг	Тип	Код корпуса	Артикул
Ном. напряжение	Мощность в кВт												
440 В	2,2	2,5	2,7	3,0			3,9	16,4	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0303P440
	2,7	3,0	3,2	3,6			4,7	19,7	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0363P440
	3,7	4,1	4,4	5,0			6,6	27,4	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0503P440
	4,5	5,0	5,4	6,1			8,0	33,4	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0613P440
	5,7	6,3	6,8	7,6			10,0	41,7	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0763P440
	6,8	7,5	8,1	9,1			11,9	49,9	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN0913P440
	7,5	8,3	8,9	10,0			13,1	54,8	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1003P440
	9,0	10,0	10,8	12,1			15,9	66,3	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1213P440
	9,4	10,4	11,2	12,6			16,5	69,1	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1263P440
	11,2	12,4	13,3	15,0			19,7	82,2	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1503P440
	11,3	12,5	13,4	15,1			19,8	82,8	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1513P440
	13,6	15,0	16,2	18,2			23,9	99,7	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1823P440
	14,9	16,5	17,8	20,0			26,2	109,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2003P440
	15,1	16,7	18,0	20,2			26,5	110,7	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2023P440
	18,1	20,0	21,5	24,2			31,8	132,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2423P440
	18,6	20,7	22,2	25,0			32,8	137,0	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2503P440
	18,8	20,8	22,4	25,2			33,1	138,1	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2523P440
	22,4	24,8	26,7	30,0			39,4	164,4	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3003P440
	22,4	24,8	26,7	30,0			39,4	164,4	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN3003P440E
	22,6	25,0	27,0	30,3			39,8	166,1	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3033P440
	26,1	28,9	31,1	35,0			45,9	191,8	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3503P440
	27,1	30,0	32,3	36,3			47,6	198,9	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3633P440
	29,8	33,1	35,6	40,0			52,5	219,2	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN4003P440E
	30,1	33,3	35,9	40,3			52,9	220,9	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN4033P440E
	36,1	40,0	43,1	48,4			63,5	265,3	136 x 325	4,8	ECO	D136L	SCAN4843P440E
480 В	1,6	1,7	1,9	2,1	2,5		3,0	11,5	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0253P480
	3,1	3,5	3,7	4,2	5,0		6,0	23,0	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0503P480
	5,3	5,8	6,3	7,1	8,4		10,1	38,7	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN0843P480
	6,3	6,9	7,5	8,4	10,0		12,0	46,1	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1003P480
	6,8	7,5	8,1	9,1	10,8		13,0	49,7	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1083P480
	7,5	8,3	8,9	10,0	11,9		14,3	54,8	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1193P480
	7,8	8,7	9,3	10,5	12,5		15,0	57,6	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1253P480
	9,4	10,4	11,2	12,6	15,0		18,0	69,1	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1503P480
	10,5	11,6	12,5	14,0	16,7		20,1	76,9	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1673P480
	10,5	11,7	12,6	14,1	16,8		20,2	77,4	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1683P480
	11,2	12,4	13,4	15,0	17,9		21,5	82,4	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1793P480
	12,5	13,9	15,0	16,8	20,0		24,1	92,1	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2003P480
	12,6	14,0	15,0	16,9	20,1		24,2	92,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2013P480
	13,0	14,4	15,5	17,5	20,8		25,0	95,8	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2083P480
	14,9	16,5	17,8	20,0	23,8		28,6	109,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2383P480
	15,7	17,4	18,7	21,0	25,0		30,1	115,1	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2503P480
	17,4	19,3	20,8	23,4	27,8		33,4	128,0	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN2783P480
	18,8	20,8	22,4	25,2	30,0		36,1	138,2	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3003P480
	18,8	20,8	22,4	25,2	30,0		36,1	138,2	116 x 250	2,6	ECO	D116	SCAN3003P480E
	20,9	23,2	25,0	28,1	33,4		40,2	153,8	116 x 325	3,2	C	D116L	SCAN3343P480L
	20,9	23,2	25,0	28,1	33,4		40,2	153,8	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3343P480
	20,9	23,2	25,0	28,1	33,4		40,2	153,8	95 x 325	2,3	ECO	D95L	SCAN3343P480E
	21,0	23,3	25,0	28,1	33,5		40,3	154,3	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3353P480
	21,0	23,3	25,0	28,1	33,5		40,3	154,3	116 x 325	3,2	C	D116L	SCAN3353P480L
	22,6	25,0	26,9	30,3	36,0		43,3	165,8	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3603P480
	25,1	27,8	29,9	33,6	40,0		48,1	184,2	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN4003P480E
	28,2	31,3	33,6	37,8	45,0		54,1	207,2	136 x 325	4,8	ECO	D136L	SCAN4503P480E
	31,3	34,7	37,4	42,0	50,0		60,1	230,3	136 x 325	4,8	ECO	D136L	SCAN5003P480E
525 В	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5	2,7	9,6	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0253P525
	2,6	2,9	3,1	3,5	4,2	5,0	5,5	19,2	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0503P525
	4,2	4,6	5,0	5,6	6,7	8,0	8,8	30,8	75 x 245	1,1	C	D75	SCAN0803P525
	4,9	5,4	5,8	6,5	7,8	9,3	10,2	35,8	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN0933P525
	5,2	5,8	6,2	7,0	8,4	10,0	11,0	38,5	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1003P525
	6,5	7,3	7,8	8,8	10,4	12,5	13,7	48,1	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1253P525
	7,9	8,7	9,4	10,5	12,5	15,0	16,5	57,7	95 x 250	1,8	C	D95	SCAN1503P525
	8,9	9,9	10,6	11,9	14,2	17,0	18,7	65,4	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1703P525
	9,7	10,7	11,6	13,0	15,5	18,5	20,3	71,2	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1853P525
	9,7	10,8	11,6	13,1	15,5	18,6	20,5	71,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN1863P525
	10,5	11,6	12,5	14,0	16,7	20,0	22,0	77,0	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2003P525
	11,0	12,2	13,1	14,8	17,6	21,0	23,1	80,8	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2103P525
	11,8	13,1	14,1	15,8	18,8	22,5	24,7	86,6	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2253P525
	13,1	14,5	15,6	17,6	20,9	25,0	27,5	96,2	116 x 250	2,6	C	D116	SCAN2503P525
	14,1	15,7	16,9	19,0	22,6	27,0	29,7	103,9	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN2703P525
	15,7	17,4	18,7	21,1	25,1	30,0	33,0	115,5	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3003P525
	15,7	17,4	18,7	21,1	25,1	30,0	33,0	115,5	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN3003P525E
	19,4	21,5	23,1	26,0	30,9	37,0	40,7	142,4	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3703P525
	19,6	21,8	23,4	26,3	31,3	37,5	41,2	144,4	136 x 250	3,5	C	D136	SCAN3753P525
	21,0	23,2	25,0	28,1	33,4	40,0	44,0	154,0	136 x 250	3,5	ECO	D136	SCAN4003P525E
	23,6	26,1	28,1	31,6	37,6	45,0	49,5	173,2	136 x 325	4,8	ECO	D136L	SCAN4503P525E
	26,2	29,0	31,2	35,1	41,8	50,0	55,0	192,5	136 x 325	4,8	ECO	D136L	SCAN5003P525E

Габариты и масса



Код корпуса	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	F, мм	G, мм	H, мм	I, мм	Масса, кг
D75	245	213	Ø80	Ø75	16	20	M12	39	45	~1,1
D95	250	215	Ø100	Ø95	16	20	M12	47	52	~1,8
D95L	325	290	Ø100	Ø95	16	20	M12	47	52	~2,3
D116	250	215	Ø121	Ø116	16	20	M12	47	52	~2,6
D116L	325	290	Ø121	Ø116	16	20	M12	47	52	~3,2
D136	250	215	Ø141	Ø136	16	20	M12	47	52	~3,5
D136L	325	290	Ø141	Ø136	16	20	M12	47	52	~4,8

Решения для сетей с содержанием высших гармоник



Условия эксплуатации

SystemeSet Can (C) + антирезонансный дроссель + контактор + автоматический выключатель

- Сети со значительными нелинейными нагрузками
- Значительные искажения напряжения

Номинальное напряжение конденсаторов

При работе совместно с антирезонансным дросселем напряжение на конденсаторах превышает рабочее напряжение сети (U_s). Следовательно, конденсаторы должны быть рассчитаны на более высокое напряжение.

В зависимости от выбранной частоты настройки часть гармоник тока поглощается расстроенной конденсаторной батареей. Следовательно, конденсаторы должны быть рассчитаны на более высокие токи, являющиеся суммой основной и высших гармоник.

В таблице ниже указано номинальное напряжение конденсаторов в зависимости от напряжения сети и относительной расстройки.

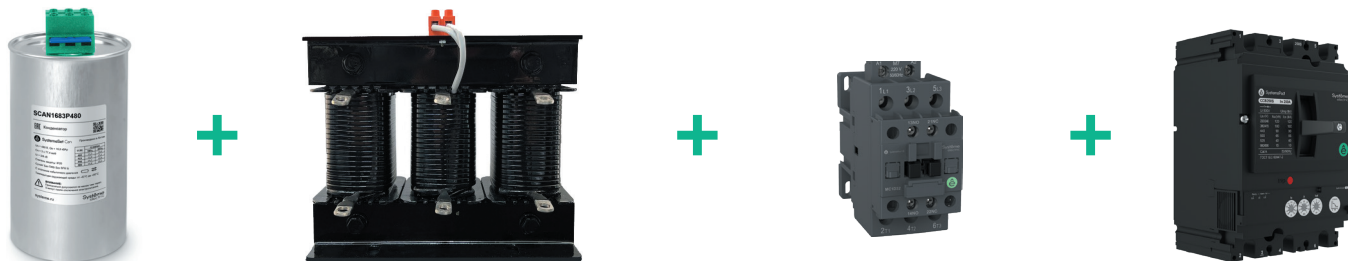
Номинальное напряжение конденсатора SystemeSet Can (U_N)		Рабочее напряжение сети (U_s)	
		50 Гц	60 Гц
		400	400
Относительная расстройка (%)	7	480	480
	14	525	525

Данные значения гарантируют стабильную и безопасную работу в самых тяжелых рабочих условиях. Менее консервативные значения напряжения могут быть выбраны только после детального анализа электроустановки.

В таблицах на последующих страницах указана эффективная реактивная мощность (кВАр), генерируемая при использовании конденсаторов совместно с дросселями.

Конденсатор + антирезонансный дроссель + контактор + автоматический выключатель

Таблица выбора



Сеть 400В, 50Гц, напряжение конденсатора 480В, расстройка фильтра 7%

Эффективная мощность, кВАр	Q _c , 480В	Конденсатор	Дроссель	Контактор	Автоматический выключатель
12,5	16,8	SCAN1683P480	SDR071253P480	MC1D25M7	SPC100N025L3DF
25	33,5	SCAN3353P480	SDR072503P480	MC1D40KUE	SPC100N050L3DF
50	67	SCAN3353P480 x 2	SDR075003P480	MC1D95KUE	SPC100N100L3DF
100	134	SCAN3353P480 x 4	SDR07X003P480	MC1G225KUE	SPC250N200L3DF

Сеть 400В, 50Гц, напряжение конденсатора 525В, расстройка фильтра 14%

Эффективная мощность, кВАр	Q _c , 525В	Конденсатор	Дроссель	Контактор	Автоматический выключатель
25	37,5	SCAN3753P525	SDR142503P525	MC1D40KUE	SPC100N050L3DF
50	75	SCAN3753P525 x 2	SDR145003P525	MC1D95KUE	SPC100N100L3DF

Антирезонансные дрессели

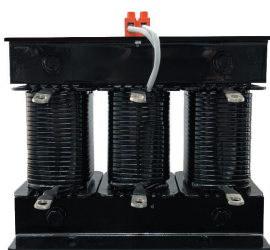
Содержание

SystemeSet DR

Условия эксплуатации	24
Указания по монтажу	24
Технические характеристики	24



Дроссели предотвращают резонансное усиление гармоник в сети и тем самым защищают конденсаторы от перегрузки.



Антирезонансные дроссели

Условия эксплуатации

- Исполнение: для внутренней установки.
- Температура хранения: от -25 до +45 °С.
- Рабочий диапазон относительной влажности воздуха: 20-80%.
- Стойкость к солевому туману: 48 часов (для дросселей на 400 В, 50 Гц)
- Рабочая температура:
 - при высоте над уровнем моря ≤ 1 000 м: мин. = 0 °С, макс. = 125 °С, макс. среднегодовая температура = 40 °С, макс. среднесуточная температура = 85 °С;
 - при высоте над уровнем моря: ≤ 2 000 м: мин. = 0 °С, макс. = 120 °С, макс. среднегодовая температура = 35 °С, макс. среднесуточная температура = 80 °С

Указания по монтажу

- Необходима принудительная вентиляция.
- Для лучшего охлаждения антирезонансный дроссель следует установить так, чтобы его обмотки располагались вертикально.

Поскольку антирезонансные дроссели оборудованы защитой от перегрева, то для отключения ступени устройства KPM в случае перегрева следует использовать размыкающий сухой контакт.

Технические характеристики

Общие характеристики

Описание	Трёхфазный, сухой, с магнитопроводом, изоляция с пропиткой
Степень защиты	IP00
Класс нагревостойкости изоляции	H
Номинальное напряжение	400В – 50Гц
Допуст. отклонение индуктивности фазы	-2, +5%
Напряжение изоляции	3 кВ
Максимальный длительный ток	1,35I _N
Ток насыщения	1,8I _N
Напряжение (50/60 Гц) испытания электрической прочности изоляции между обмотками, обмотками и землей	3 кВ в течение 1 мин
Тепловая защита	Вспомогательный контакт 250 В пер. тока, 2 А

Определим рабочий ток (I_S), как ток, потребляемый системой из конденсатора с антирезонансным дросселем, в случае, когда приложенное синусоидальное напряжение равно рабочему напряжению сети (U_S).

$$I_S = Q \text{ (кВАр)} / (\sqrt{3} \times U_S)$$

Для безопасной работы антирезонансного дросселя в реальных условиях он должен выдерживать длительно допустимый ток (I_{длит.доп.}) с учётом гармоник тока и колебаний напряжения.

В таблице ниже указана величина гармоник тока (в процентах), соответствующая различным коэффициентам частотной расстройки.

(%)	Гармоники тока			
Коэффициент частотной расстройки	i ₃	i ₅	i ₇	i ₁₁
2,7 / 14%	5	15	5	2
3,8 / 7%	3	40	12	5

Чтобы обеспечить возможность длительной работы на повышенном напряжении (до 1.1 × U_S), допустимый ток следует увеличить в 1,1 раза. Значения длительно допустимого тока (I_{длит.доп.}) указаны в таблице ниже.

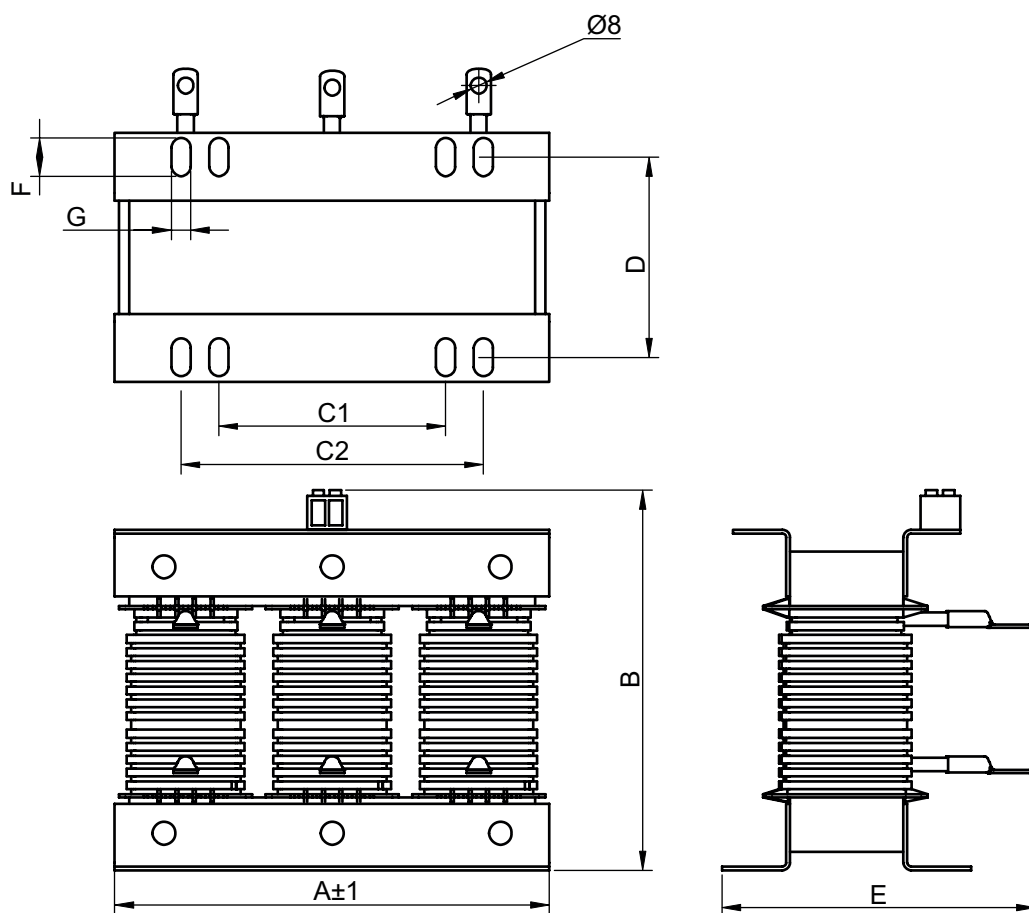
Коэффициент частотной расстройки	I _{длит.доп.} (× I _S)
2,7 / 14%	1,13
3,8 / 7%	1,2

Ном. напряжение, В	Относит. расстройка, %	Мощность, кВАр	Индуктивность, мГн	I_{MP} , А	Макс. потери при I_1 , Вт	Макс. потери при I_{MP} , Вт	Макс. потери при I_{MP} (с учётом гармоник), Вт	A, мм	B, мм	C1, мм	C2, мм	D, мм	E, мм	F, мм	G, мм	Масса нетто, кг	Артикул
400	7% (3.8)	12,5	3,07	22,46	50	75	90	230	201	120	160	100	166	20	10	~15	SDR071253P480
		25	1,53	44,79	73	110	130	230	230	120	160	110	190	20	10	~21	SDR072503P480
		50	0,77	89,57	130	200	250	265	245	120	160	130	220	20	10	~33	SDR075003P480
		100	0,38	178,91	250	355	410	300	290	120	200	160	260	20	10	~57	SDR07X003P480
	14% (2.7)	25	3,32	45,83	140	173	190	265	245	120	160	130	220	20	10	~39	SDR142503P525
		50	1,66	91,67	220	275	305	300	290	120	200	160	260	20	10	~58	SDR145003P525

Примечание:

1. При выборе мощности конденсаторной батареи, руководствуйтесь максимальными критериями I_{MP} (Вт) (определение размера шкафа и расчет вентиляции).

2. Значения, указанные выше в таблице, являются максимально – предельными.



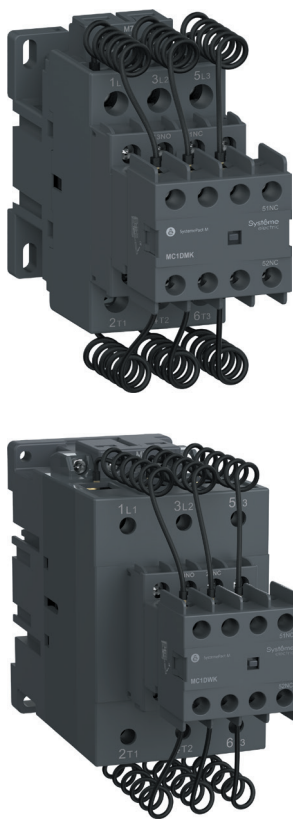
Контакты

Содержание

SystemePact M

Специальные контакторы.....	28
Технические условия	28
Условия эксплуатации	28
Основные технические характеристики.....	29
Габаритные размеры	30
Схемы.....	30
Информация для заказа	31
Таблица выбора референсов.....	31





Специальные контакторы

Специальные контакторы MC1D*K предназначены для коммутации трехфазных одно- и многоступенчатых конденсаторных батарей. Соответствуют МЭК 60947-4-1 согласно категории применения AC-6b и сертифицированы в системе ЕАС.

Технические условия

Контакторы оснащены блоком контактов предварительного срабатывания и гасящих резисторов (внешние присоединения сопротивлений), ограничивающих величину тока до $60I_n$.

Ограничение тока при включении увеличивает срок службы всех компонентов установки, особенно предохранителей и конденсаторов.

Конструкция дополнительного модуля гарантирует безопасную эксплуатацию и длительный срок службы установки.

Условия эксплуатации

Нет необходимости применять дроссели ни в одноступенчатой, ни в многоступенчатой конденсаторной батарее.

Защита от коротких замыканий может быть обеспечена при помощи предохранителей типа gL, рассчитанных на $1,7...2 I_n$.

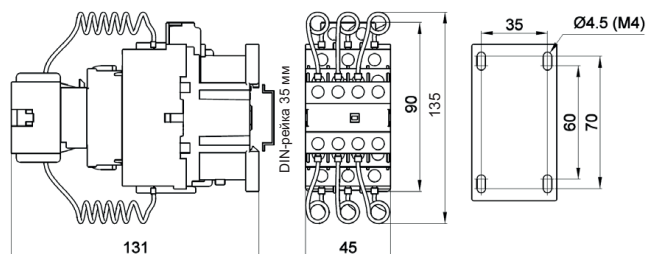
Модель		MC1DEK	MC1DFK	MC1DGK	MC1DLK	MC1DMK	MC1DPK	MC1DTK	MC1DWK
Параметры									
Номинальное напряжение изоляции U_i (В)		690							
Номинальное импульсное напряжение U_{imp} (кВ)		6							
Соответствие стандартам		GB/T 14048.4, GB/T 14048.5, IEC 60947-4-1, IEC60947-5-1, EN 60947-4-1, EN 60947-5-1							
Сертификация		EAC							
Степень защиты (только лицевой панели)		Защита от прямого прикосновения: IP20							
Температура окруж. среды	При хранении (°C)	-60...+80							
	При работе (°C)	-25...+60							
Максимальная рабочая высота (м)		3000							
Степень загрязнения		3							
Категория монтажа		III							
Тип монтажа		Винтовые зажимы 35 мм DIN рейка					Винтовые зажимы 5/75 мм DIN рейка		
Огнестойкость		Токоведущая часть: 850°C							
Рабочее положение*		Вертикальная установка (±20°)							

* Продукт следует устанавливать и использовать в местах, где нет сильной тряски или вибрации.

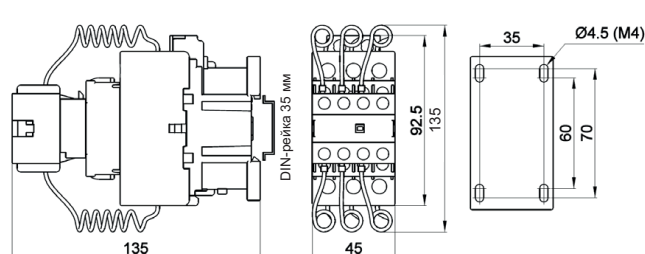
Основные технические характеристики

Модель		MC1DEK	MC1DFK	MC1DGK	MC1DLK	MC1DMK	MC1DPK	MC1DTK	MC1DWK
Параметры									
Силовая цепь									
Максимальный рабочий ток Ie (A) AC-6b		14.9	18.4	25	28.9	36.8	48.1	58.7	93.9
Номинальная рабочая мощность (кВАр) AC-6b	220В/230В	5.5	7	9.5	11	14	17	22	35
	400В/440В	10	12.5	16.7	20	25	33.3	40	65
	660В/690В	17	17	21	28.5	33	42	50	67
Встроенные вспомогательные контакты		1НО+2НЗ							
Электрическая износостойкость AC-6b/400V (10 ⁴ циклов)		20						15	
Максимальная частота коммутации AC-6b/400В (циклы/ч)		180						100	
Механическая износостойкость (10 ⁵ циклов)		15						10	
Макс. мех. частота коммутации (циклы/ч)		500						500	
Технические характеристики цепи управления на переменном токе									
Номинальное напряжение цепи управления Us (В) 50Гц/60Гц		24, 110, 220, 380							
Пределы напряжения цепи управления (+60°C)	Напряжение при срабатывании	ЕК...ТК: 0.8Us...1.1Us (50 Гц), 0.85Us...1.1Us (60 Гц) WK: 0.8Us...1.1Us (+40°C, 50 Гц), 0.85Us...1.1Us (+40°C, 60 Гц)							
	Напряжение при отпуске	0.2Us...0.75Us							
Мощность потребления при 25°C	Срабатывание	63			63		105		200
	Удержание	9.5			9.5		20		21
Встроенные вспомогательные контакты									
Номинальное напряжение изоляции Ui (В)		690							
Мин. коммутационная способность	Umin (В)	24							
	Imin (А)	0.1							
Мин. коммутационная способность	Umin (В)	24							
	Imin (А)	0.1							
A600 AC-15	Ток термической стойкости Ith (А)	10							
	Номинальное рабочее напряжение U (В)	120	240	380	480	500	600		
	Номинальный рабочий ток Ie (А)	6	3	1.9	1.5	1.4	1.2		
	Номинальная мощность контактов S (В·А)	7200							
	Номинальная мощность срабатывания контактов S (В·А)	720							
Q600 DC-13	Ток термической стойкости Ith (А)	2.5							
	Номинальное рабочее напряжение Ue (В)	125	250	—	400	500	600		
	Номинальный рабочий ток Ie (А)	0.55	0.27	—	0.15	0.13	0.1		
	Номинальная мощность контактов (В·А)	69							
	Номинальная мощность срабатывания контактов (В·А)	69							

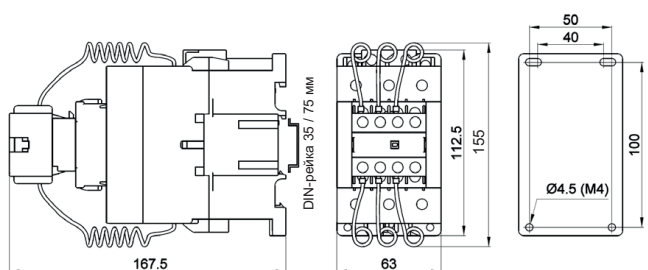
Габаритные размеры



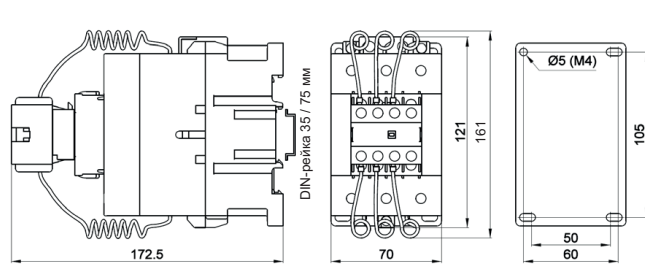
MC1DEK, MC1DFK, MC1DGK



MC1DLK, MC1DMK



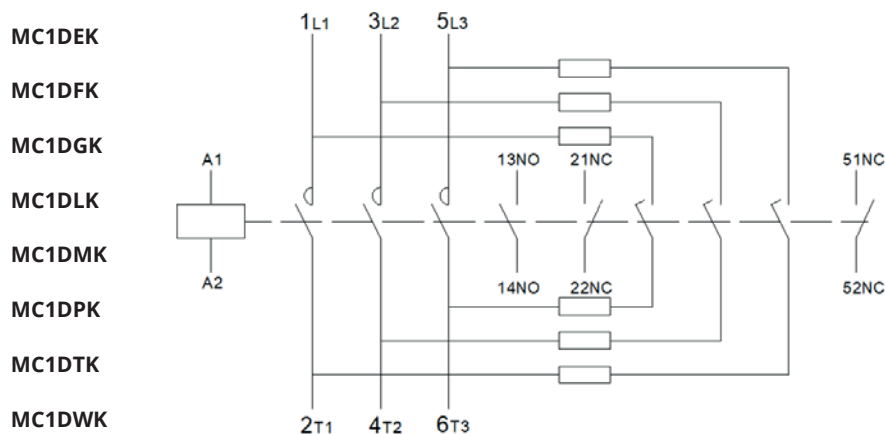
MC1DPK, MC1DTK



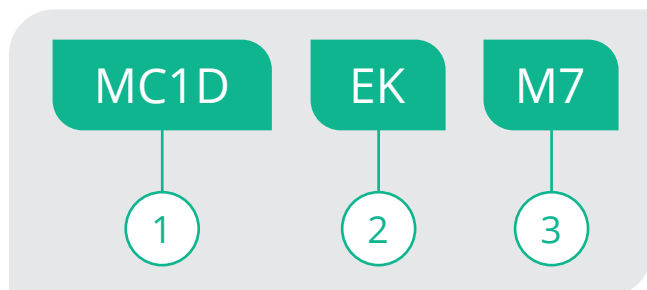
MC1DWK

Примечание: единица измерения – мм. Допуск для монтажных отверстий: $\pm 0,5$; для других внешних размеров: $\pm 1,5$, если не указано иное.

Схемы



Информация для заказа



1 Серия контакторов

MC1D

2 Номинальная рабочая мощность при номинальном рабочем напряжении 400 В и категории AC-6b

EK: 10 кВАр LK: 20 кВАр TK: 40 кВАр
 FK: 12.5 кВАр MK: 25 кВАр WK: 65 кВАр
 GK: 16.7 кВАр PK: 33.3 кВАр

3 Напряжение цепи управления (50/60Гц AC)

B7: 24В F7: 110В
 M7: 220В Q7: 380В

Таблица выбора референсов

Номинальная мощность 50Гц/60Гц AC-6b			Количество полюсов	Встроенные вспомогательные контакты		Напряжение цепи управления 50/60 Гц	Референс	Вес
220V 230V кВАр	400V 440V кВАр	660V 690V кВАр						
						В		кг
5.5	10	17	3	1	2	24	MC1DEKB7	0.50
						110	MC1DEKF7	
						220	MC1DEKM7	
						380	MC1DEKQ7	
7	12.5	21	3	1	2	24	MC1DFKB7	0.50
						110	MC1DFKF7	
						220	MC1DFKM7	
						380	MC1DFKQ7	
9.5	16.7	28.5	3	1	2	24	MC1DGKB7	0.50
						110	MC1DGKF7	
						220	MC1DGKM7	
						380	MC1DGKQ7	
11	20	33	3	1	2	24	MC1DLKB7	0.55
						110	MC1DLKF7	
						220	MC1DLKM7	
						380	MC1DLKQ7	
14	25	42	3	1	2	24	MC1DMKB7	0.55
						110	MC1DMKF7	
						220	MC1DMKM7	
						380	MC1DMKQ7	
17	33.3	50	3	1	2	24	MC1DPKB7	1.09
						110	MC1DPKF7	
						220	MC1DPKM7	
						380	MC1DPKQ7	
22	40	67	3	1	2	24	MC1DTKB7	1.09
						110	MC1DTKF7	
						220	MC1DTKM7	
						380	MC1DTKQ7	
35	65	104	3	1	2	24	MC1DWKB7	1.45
						110	MC1DWKF7	
						220	MC1DWKM7	
						380	MC1DWKQ7	

Конденсаторные установки низкого напряжения SystemeSet

Содержание

Введение	34
Презентация предложения	35
Руководство по выбору	36
Регулируемые конденсаторные установки Кабельный ввод снизу	
Слабозагрязнённая сеть	37
Загрязнённая сеть 3.8	40
Загрязнённая сеть 2.7	43
Регулируемые конденсаторные установки Кабельный ввод сверху	
Слабозагрязнённая сеть/ Загрязнённая сеть 3.8	45
Структура референса УКРМ	48

Энергоэффективность: просто как SystemeSet

Повышение энергоэффективности и снижение расходов на оплату электроэнергии до **30%** с первого же дня эксплуатации SystemeSet

Спроектировано так, как вам нужно

Независимо от того, управляете ли вы небольшой производственной площадкой или глобальным предприятием, быстро и легко укрепить свою конкурентоспособность вы сможете за счёт более эффективного использования электроэнергии благодаря компенсации реактивной мощности (KPM).

Проще и надёжнее всего сделать это с помощью наших конденсаторных установок низкого напряжения SystemeSet. Конденсаторные установки SystemeSet обеспечат высокую энергоэффективность вашей электрической инфраструктуры.

Высокое качество электроэнергии = повышенная производительность

Коррекция коэффициента мощности поможет снизить эксплуатационные и капитальные расходы и обеспечить быстрый возврат инвестиций.

- **Сокращение капитальных расходов – до 30%.**
Оптимизация размеров и характеристик проектируемых электроустановок.
- **Снижение эксплуатационных расходов на 10% благодаря сокращению штрафных санкций за передачу в сеть реактивной энергии.**
Повышение коэффициента мощности способствует сокращению потерь в трансформаторах и проводниках, и следовательно – к уменьшению расходов на электроэнергию.
- **Сокращение потерь электроэнергии – до 30%.**
Оптимизация суммарного энергопотребления технологическими процессами и сокращение выбросов CO₂.
- **Повышение надёжности системы электропитания и оборудования – до 18%.**
Повышение качества электроэнергии способствует сокращению внеплановых простоев и увеличению производительности. Усиление надёжности и продление срока службы электрооборудования достигается за счёт ограничения вредного влияния гармоник, способного привести к повреждениям в электросети.



Презентация предложения

Безопасность

Защита

- Защита ступеней от перегрузки и тока короткого замыкания
- Термостаты для отслеживания колебаний температуры внутри шкафа
- Защита от прямого прикосновения к токоведущим частям

Надежная оболочка

- Степень защиты: IP31 (другие конфигурации по запросу)
- Защита от механического удара оболочки шкафа (без установленного оборудования): IK09
- Высокое качество сварки и покраски оболочки

Протестированное решение

- Все установки SystemeSet разработаны в соответствии со стандартами МЭК 61439-1/2, МЭК 61921

Надежность

Длительный срок службы

- Включение ступеней с помощью специальных контакторов
- Защита от перегрева и сигнализация для антирезонансных дросселей
- В навесных шкафах клеммы или болты заземления установлены на монтажной панели, шпильки заземления приварены к корпусу
- В напольных шкафах болты заземления располагаются на цоколе шкафа

Простая эксплуатация и обслуживание

- Простое программирование и ввод в эксплуатацию контроллера SystemeSet PFC
- Автоматическая диагностика емкости ступеней
- Аварийно-предупредительная сигнализация

Прямая интеграция в системы энергомониторинга и SCADA системы

- Протокол Modbus для интеграции в системы энергомониторинга и управления зданиями

Производительность

Простой монтаж

- Ввод кабеля сверху или снизу
- Автоматическое определение мощности ступеней
- Автоматическое определение полярности трансформатора тока

Расширенные функции измерения и мониторинга

- Мониторинг состояния ступеней в режиме реального времени
- Контроль гармоник до 19 порядка
- Работа контроллера в 4 квадрантах

Настраиваемые уставки защиты от перегрузки и токов короткого замыкания



Руководство по выбору

Выбор установки компенсации реактивной мощности зависит от таких факторов, как характер нагрузки, уровень загрязнения сети гармониками и характеристик Вашей электроустановки. С помощью графика ниже Вы сможете подобрать верное устройство компенсации реактивной мощности.

Нестабильная нагрузка

ВЫБИРАЙТЕ РЕГУЛИРУЕМУЮ КОМПЕНСАЦИЮ

Уровень загрязнения сети

Слабо загрязненная сеть

Gh/Sn	$\leq 25\%$
Thdu	$\leq 5\%$
Thdi	$\leq 10\%$

SystemeSet для слабо загрязненной сети

400 В – 50 Гц

от 6 до 1150 кВАр

Кабельный ввод
снизу – см. стр. 36

Кабельный ввод
сверху – см. стр. 44

Загрязненная сеть

Gh/Sn	$\leq 50\%$
Thdu	$\leq 7\%$
Thdi	$\leq 20\%$

SystemeSet для загрязненной сети

400 В – 50 Гц

от 50 до 1150 кВАр

DR 2.7 – см. стр. 42

DR 3.8 – кабельный ввод
снизу – см. стр. 39

DR 3.8 – кабельный ввод
сверху – см. стр. 45

Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть

Условия эксплуатации

- Внутри помещения
- Температура окружающей среды: от +1 до +35 °C
- Влажность: до 80%
- Максимальная высота над уровнем моря: 2000 м

Стандарты

- МЭК 61921
- МЭК 61439-1/2

Общие характеристики

Электрические характеристики	
Номинальное напряжение	400 В – 50 Гц
Допустимые значения отклонения емкости	±5%
Подключение	Трехфазное
Потери мощности	< 2.5 Вт/кВАр
Максимально допустимый длительно выдерживаемый ток (при наличии тепловой защиты)	1,43 In
Максимально допустимое перенапряжение	1,1 x Un, 8 ч каждые 24 ч
Защита от перегрузок	Защита ступеней автоматическими выключателями и мониторинг уровня THDu контроллером
Категория перенапряжения по ГОСТ Р 50571.4.44-2019	II – для сборных шин шкафа I – для цепей автоматики
Оболочка	
Степень защиты	IP31
Цвет	RAL 7035
Защита от механического удара оболочки шкафа	IK09
Защита от прямых прикосновений при открытой двери	IPxxB
Контроллер	
SystemeSet PFC	С протоколом Modbus
Вводной аппарат защиты	
Установки без вводного автоматического выключателя	Подключение установки к шинам или болтовым клеммам УКРМ должна быть защищена аппаратом защиты в распределительном устройстве выше по цепи
Установки с вводным автоматическим выключателем	SystemePact CCB
Ступени компенсации	
Тип силовых конденсаторов	SystemeSet Can 400В 50 Гц Длительно выдерживаемый ток: 2 In Защита от избыточного давления Разрядные резисторы 50В/1мин (75В/2мин для конденсаторов >30кВАр)
Контакты	Специализированные контакты для коммутации конденсаторных батарей SystemePact M
Защита АВ	SystemePact CCB
Контроль колебаний температуры	
	С помощью термостата и контроллера
Интерфейс связи	
Modbus	RS485
Подключаемые к установке цепи	
Тип цепи шкафа	Характеристики подключаемого к шкафу оборудования
Цепи питающей сети	В соответствии с каталогом
Цепи питания собственных нужд	Цепи не требуются
Цепи трансформаторов тока (ТТ не входят в комплект поставки)	Вторичные цепи ТТ (5 ВА – ток вторичной обмотки 1 А или 5 А)
Цепи от генераторной установки	Сухой контакт от генераторной установки (при наличии на объекте)
Цепи сигнализации установки (сухие контакты)	Система сигнализации объекта
Цепи АСУ (RS-485)	Система АСУ объекта



Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть

Референс	Мощность, кВт	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Отключ. способность	Тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг				
Установки с вводным автоматическим выключателем														
Навесные шкафы, ввод кабеля снизу														
SETA0006W40N5AA	6	3	3+3	2	2	10кА	Systeme9 16A	1	700x500x250	~57				
SETA0009W40N5AA	9	3	3+6,3	3	2		Systeme9 20A							
SETA0012W40N5AA	12,5	3	3+3+6,3	4	3		Systeme9 32A							
SETA0016W40N5AA	16	3	3+6,3+6,3	5	3		Systeme9 40A							
SETA0022W40N5AA	22	3	3+6,3+12,5	7	3		Systeme9 50A							
SETA0032W40N5AA	32	6,3	6,3+12,5+12,5	5	3		Systeme9 63A							
SETA0034W40N5AA	34	3	3+6,3+12,5+12,5	11	4	36кА	SystemePact CCB160F 125A	2	800x800x300	~73				
SETA0037W40N5AA	37,5	6,3	6,3+6,3+12,5+12,5	6	4		SystemePact CCB160F 125A							
SETA0050W40N5AA	50	6,3	6,3+6,3+12,5+25	8	4		SystemePact CCB160F 160A							
SETA0069W40N5AA	69	6,3	6,3+12,5+25+25	11	4		SystemePact CCB250F 200A							
SETA0075W40N5AA	75	25	25+25+25	3	3		SystemePact CCB250F 200A							
SETA0087W40N5AA	87,5	12,5	12,5+25+25+25	7	4		SystemePact CCB250F 250A							
SETA0100W40N5AA	100	25	25+25+25+25	4	4		SystemePact CCB250F 250A							
SETA0125W40N5AA	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB400N 400A				3	1200x800x400	~131	
SETA0137W40N5AA	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4	SystemePact CCB400N 400A								
SETA0150W40N5AA	150	50	50+50+50	3	3	SystemePact CCB400N 400A								
SETA0175W40N5AA	175	25	25+3x50	7	4	SystemePact CCB400N 400A								
Напольные шкафы, ввод кабеля снизу														
SETA0200F40N5AA	200	25	25+25+3x50	8	5	50 кА	SystemePact CCB630N 630A	4	2100x800x600	~450				
SETA0225F40N5AA	225	25	25+4x50	9	5		SystemePact CCB630N 630A							
SETA0237F40N5AA	237,5	12,5	12,5+25+4x50	19	6		SystemePact CCB630N 630A							
SETA0250F40N5AA	250	25	25+25+4x50	10	6		SystemePact CCB630N 630A							
SETA0275F40N5AA	275	25	25+5x50	11	6		SystemePact CCB630N 630A							
SETA0300F40N5AA	300	50	6x50	6	6		SystemePact CCB630N 630A							
SETA0350F40N5AA	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель							
SETA0400F40N5AA	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель							
SETA0450F40N5AA	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель							
SETA0500F40N5AA	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель							
SETA0550F40N5AA	550	50	50+5x100	11	6		Сторонний производитель							
SETA0600F40N5AA	600	50	50+50+5x100	12	7		Сторонний производитель							
SETA0700F40N5AA	700	25	25+25+50+6x100	28	9		65 кА				Сторонний производитель	6	2100x1600x600	~868
SETA0900F40N5AA	900	50	50+50+8x100	18	10						Сторонний производитель			
SETA1000F40N5AA	1000	50	50+50+9x100	20	11	Сторонний производитель								
SETA1150F40N5AA	1150	50	50+10x100	23	11	Сторонний производитель								

Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть

Референс	Мощность, кВт	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Кратковр. выдерж. ток I _{sw}	Рекомен-дованный тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки без вводного автоматического выключателя										
Навесные шкафы, ввод кабеля снизу										
SETA0125W40N5AB	125	25	25+50+50	5	3	30 кА/1 с	SystemePact CCB400N 400A	3	1200x800x400	~131
SETA0137W40N5AB	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0150W40N5AB	150	50	50+50+50	3	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175W40N5AB	175	25	25+3x50	7	4		SystemePact CCB400N 400A			
Напольные шкафы, ввод кабеля снизу										
SETA0200F40N5AB	200	25	25+25+3x50	8	5	35 кА/1 с	SystemePact CCB630N 630A	4	2100x800x600	~450
SETA0225F40N5AB	225	25	25+4x50	9	5		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0237F40N5AB	237,5	12,5	12,5+25+4x50	19	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40N5AB	250	25	25+25+4x50	10	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0275F40N5AB	275	25	25+5x50	11	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40N5AB	300	50	6x50	6	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40N5AB	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель			
SETA0400F40N5AB	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			
SETA0450F40N5AB	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель			
SETA0500F40N5AB	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель			
SETA0550F40N5AB	550	50	50+5x100	11	6		Сторонний производитель			
SETA0600F40N5AB	600	50	50+50+5x100	12	7		Сторонний производитель			
SETA0700F40N5AB	700	25	25+25+50+6x100	28	9	65 кА/1 с	Сторонний производитель	6	2100x1600x600	~868
SETA0900F40N5AB	900	50	50+50+8x100	18	10		Сторонний производитель			
SETA1000F40N5AB	1000	50	50+50+9x100	20	11		Сторонний производитель			
SETA1150F40N5AB	1150	50	50+10x100	23	11		Сторонний производитель			



Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Загрязненная сеть

Коэффициент
расстройки: 3,8
Частота
настройки:
190 Гц

Условия эксплуатации

- Внутри помещения
- Температура окружающей среды: от +1 до +35 °C
- Влажность: до 80%
- Максимальная высота над уровнем моря: 2000 м

Стандарты

- МЭК 61921
- МЭК 61439-1/2

Общие характеристики

Электрические характеристики

Номинальное напряжение	400 В – 50 Гц
Допустимые значения отклонения емкости	±5%
Подключение	Трехфазное
Потери мощности	<9 Вт/кВАр для установок с дросселями
Максимально допустимый длительно выдерживаемый ток (при наличии тепловой защиты)	1,19 In для установок с дросселями 3,8
Максимально допустимое перенапряжение	1,1 x Un, 8 ч каждые 24 ч
Защита от перегрузок	Защита ступеней автоматическими выключателями и мониторинг уровня THDu контроллером
Категория перенапряжения по ГОСТ Р 50571.4.44-2019	II – для сборных шин шкафа I – для цепей автоматики

Оболочка

Степень защиты	IP31
Цвет	RAL 7035
Защита от механического удара оболочки шкафа	IK09
Защита от прямых прикосновений при открытой двери	IPxxB

Контроллер

SystemeSet PFC	С протоколом Modbus
----------------	---------------------

Вводной аппарат защиты

Установки без вводного автоматического выключателя	Подключение установки к шинам УКРМ должна быть защищена аппаратом защиты в распределительном устройстве выше по цепи
Установки с вводным автоматическим выключателем	SystemePact CCB

Ступени компенсации

Тип силовых конденсаторов	SystemeSet Can 480В 50 Гц Длительно выдерживаемый ток: 2 In Защита от избыточного давления Разрядные резисторы 50В/1мин (75В/2мин для конденсаторов >30кВАр)
Антирезонансный дроссель	SystemeSet DR Тепловая защита термостатом
Контакторы	Специализированные контакторы для коммутации конденсаторных батарей SystemePact M
Защита АВ	SystemePact CCB

Контроль колебаний температуры

С помощью термостата и контроллера

Интерфейс связи

Modbus	RS485
--------	-------

Дополнительное оборудование для установки

Тип цепи шкафа	Характеристики подключаемого к шкафу оборудования
Цепи питающей сети	В соответствии с каталогом
Цепи питания собственных нужд	Цепи не требуются
Цепи трансформаторов тока (ТТ не входят в комплект поставки)	Вторичные цепи ТТ (5 ВА – ток вторичной обмотки 1 А или 5 А)
Цепи от генераторной установки	Сухой контакт от генераторной установки (при наличии на объекте)
Цепи сигнализации установки (сухие контакты)	Система сигнализации объекта
Цепи АСУ (RS-485)	Система АСУ объекта



Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Загрязненная сеть

Коэффициент расстройки: 3,8

Частота настройки: 190 Гц

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Отключ. способность	Тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки с вводным автоматическим выключателем										
Напольные шкафы, ввод кабеля снизу										
SETA0050F40P5AA	50	12,5	12,5+12,5+25	4	3	50кА	SystemePact CCB250N 250A	4	2100x800x600	~450
SETA0075F40P5AA	75	25	25+50	3	2		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0100F40P5AA	100	25	25+25+50	4	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0125F40P5AA	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0137F40P5AA	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0150F40P5AA	150	25	25+25+50+50	6	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175F40P5AA	175	25	25+50+100	7	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0200F40P5AA	200	50	50+50+100	4	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0225F40P5AA	225	25	25+50+50+100	9	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40P5AA	250	50	50+2x100	5	3		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0275F40P5AA	275	25	25+50+2x100	11	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40P5AA	300	50	50+50+2x100	6	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40P5AA	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель	5	2100x1400x600	~952
SETA0400F40P5AA	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			
SETA0450F40P5AA	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель			
SETA0500F40P5AA	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель			
SETA0550F40P5AA	550	50	50+5x100	11	6		Сторонний производитель			
SETA0600F40P5AA	600	100	6x100	6	6		Сторонний производитель			
SETA0700F40P5AA	700	50	50+50+6x100	14	8	65кА	Сторонний производитель	7	2100x2800x600	~1904
SETA0800F40P5AA	800	50	50+50+7x100	16	9		Сторонний производитель			
SETA0900F40P5AA	900	50	50+50+8x100	18	10		Сторонний производитель			
SETA1000F40P5AA	1000	50	50+50+9x100	20	11		Сторонний производитель			
SETA1100F40P5AA	1100	50	50+50+10x100	22	12		Сторонний производитель			
SETA1150F40P5AA	1150	50	50+11x100	23	12		Сторонний производитель			



Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Загрязненная сеть

Коэффициент расстройки: 3,8

Частота настройки: 190 Гц

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Кратковр. выдерж. ток I _{сw}	Рекомендованный тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки без вводного автоматического выключателя										
Напольные шкафы, ввод кабеля снизу										
SETA0050F40P5AB	50	12,5	12,5+12,5+25	4	3	35 кА/1 с	SystemePact CCB250N 250A	4	2100x800x600	~450
SETA0075F40P5AB	75	25	25+50	3	2		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0100F40P5AB	100	25	25+25+50	4	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0125F40P5AB	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0137F40P5AB	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0150F40P5AB	150	25	25+25+50+50	6	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175F40P5AB	175	25	25+50+100	7	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0200F40P5AB	200	50	50+50+100	4	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0225F40P5AB	225	25	25+50+50+100	9	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40P5AB	250	50	50+2x100	5	3		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0275F40P5AB	275	25	25+50+2x100	11	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40P5AB	300	50	50+50+2x100	6	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40P5AB	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель	5	2100x1400x600	~952
SETA0400F40P5AB	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			
SETA0450F40P5AB	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель			
SETA0500F40P5AB	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель			
SETA0550F40P5AB	550	50	50+5x100	11	6		Сторонний производитель			
SETA0600F40P5AB	600	100	6x100	6	6		Сторонний производитель			
SETA0700F40P5AB	700	50	50+50+6x100	14	8	65 кА/1 с	Сторонний производитель	7	2100x2800x600	~1904
SETA0800F40P5AB	800	50	50+50+7x100	16	9		Сторонний производитель			
SETA0900F40P5AB	900	50	50+50+8x100	18	10		Сторонний производитель			
SETA1000F40P5AB	1000	50	50+50+9x100	20	11		Сторонний производитель			
SETA1100F40P5AB	1100	50	50+50+10x100	22	12		Сторонний производитель			
SETA1150F40P5AB	1150	50	50+11x100	23	12		Сторонний производитель			

Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Загрязненная сеть

Коэффициент
расстройки: 2,7
Частота
настройки:
135 Гц

Условия эксплуатации

- Внутри помещения
- Температура окружающей среды: от +1 до +35 °C
- Влажность: до 80%
- Максимальная высота над уровнем моря: 2000 м

Стандарты

- МЭК 61921
- МЭК 61439-1/2

Общие характеристики

Электрические характеристики	
Номинальное напряжение	400 В – 50 Гц
Допустимые значения отклонения емкости	±5%
Подключение	Трехфазное
Потери мощности	<9 Вт/кВАр для установок с дросселями
Максимально допустимый длительно выдерживаемый ток (при наличии тепловой защиты)	1,19 I _n для установок с дросселями 3,8
Максимально допустимое перенапряжение	1,1 x U _n , 8 ч каждые 24 ч
Защита от перегрузок	Защита ступеней автоматическими выключателями и мониторинг уровня THDu контроллером
Категория перенапряжения по ГОСТ Р 50571.4.44-2019	II – для сборных шин шкафа I – для цепей автоматики
Оболочка	
Степень защиты	IP31
Цвет	RAL 7035
Защита от механического удара оболочки шкафа	IK09
Защита от прямых прикосновений при открытой двери	IPxxB
Контроллер	
SystemeSet PFC	С протоколом Modbus
Вводной аппарат защиты	
Установки без вводного автоматического выключателя	Подключение установки к шинам УКРМ должна быть защищена аппаратом защиты в распределительном устройстве выше по цепи
Ступени компенсации	
Тип силовых конденсаторов	SystemeSet Can 525B 50Гц Длительно выдерживаемый ток: 2 I _n Защита от избыточного давления Разрядные резисторы 50В/1мин (75В/2мин для конденсаторов >30кВАр)
Антирезонансный дроссель	SystemeSet DR Тепловая защита термостатом
Контакты	Специализированные контакторы для коммутации конденсаторных батарей SystemePact M
Защита АВ	SystemePact CCB
Контроль колебаний температуры	
	С помощью термостата и контроллера
Интерфейс связи	
Modbus	RS485
Дополнительное оборудование для установки	
Тип цепи шкафа	Характеристики подключаемого к шкафу оборудования
Цепи питающей сети	В соответствии с каталогом
Цепи питания собственных нужд	Цепи не требуются
Цепи трансформаторов тока (ТТ не входят в комплект поставки)	Вторичные цепи ТТ (5 ВА – ток вторичной обмотки 1 А или 5 А)
Цепи от генераторной установки	Сухой контакт от генераторной установки (при наличии на объекте)
Цепи сигнализации установки (сухие контакты)	Система сигнализации объекта
Цепи АСУ (RS-485)	Система АСУ объекта



Регулируемые конденсаторные установки

400 В / 50 Гц

Загрязненная сеть

Коэффициент расстройки: 2,7

Частота настройки: 135 Гц

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Кратковр. выдерж. ток I _{sw}	Рекомендованный тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки без вводного автоматического выключателя										
Напольные шкафы, ввод кабеля снизу										
SETA0075F40P5AG	75	25	25+50	3	2	35 кА/1 с	SystemePact CCB250N 250A	4	2100x800x600	~450
SETA0100F40P5AG	100	25	25+25+50	4	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0125F40P5AG	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0150F40P5AG	150	25	25+25+50+50	6	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175F40P5AG	175	25	25+3*50	7	4		SystemePact CCB400N 400A	5	2100x1400x600	~952
SETA0200F40P5AG	200	50	4*50	4	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0225F40P5AG	225	25	25+4*50	9	5		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40P5AG	250	50	5*50	5	5		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0275F40P5AG	275	25	25+5*50	11	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40P5AG	300	50	6*50	6	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40P5AG	350	50	7*50	7	7		Сторонний производитель	7	2100x2800x600	~1904
SETA0400F40P5AG	400	50	8*50	8	8		Сторонний производитель			
SETA0450F40P5AG	450	50	9*50	9	9		Сторонний производитель			
SETA0500F40P5AG	500	50	10*50	10	10		Сторонний производитель			
SETA0550F40P5AG	550	50	11*50	11	11		Сторонний производитель			
SETA0600F40P5AG	600	50	12*50	12	12		Сторонний производитель			

Регулируемые конденсаторные установки

Кабельный ввод сверху 400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть / Загрязненная сеть

**Загрязнённая
сеть –
коэффициент
расстройки 3.8**

Условия эксплуатации

- Внутри помещения
- Температура окружающей среды: от +1 до +35 °С
- Влажность: до 95%
- Максимальная высота над уровнем моря: 2000 м

Стандарты

- МЭК 61921
- МЭК 61439-1/2

Общие характеристики

Электрические характеристики	
Номинальное напряжение	400 В – 50 Гц
Допустимые значения отклонения емкости	±5%
Подключение	Трёхфазное
Потери мощности	< 2.5 Вт/кВАр для установок без дросселей < 9 Вт/кВАр для установок с дросселями
Максимально допустимый длительно выдерживаемый ток (при наличии тепловой защиты)	1,43 In для установок без дросселей 1,19 In для установок с дросселями 3,8
Максимально допустимое перенапряжение	1,1 x Un, 8 ч каждые 24 ч
Защита от перегрузок	Защита ступеней автоматическими выключателями и мониторинг уровня THDu контроллером
Категория перенапряжения по ГОСТ Р 50571.4.44-2019	II – для сборных шин шкафа I – для цепей автоматики
Оболочка	
Степень защиты	IP31
Цвет	RAL 7035
Защита от механического удара оболочки шкафа	IK09
Защита от прямых прикосновений при открытой двери	IPxxB
Контроллер	
SystemeSet PFC	С протоколом Modbus
Вводной аппарат защиты	
Установки без вводного автоматического выключателя	Подключение установки к шинам или болтовым клеммам УКРМ должна быть защищена аппаратом защиты в распределительном устройстве выше по цепи
Установки с вводным автоматическим выключателем	SystemePact CCB
Ступени компенсации	
Тип силовых конденсаторов	SystemeSet Can 400В 50 Гц для установок без дросселей SystemeSet Can 480В 50 Гц для установок с дросселями Длительно выдерживаемый ток: 2 In Защита от избыточного давления Разрядные резисторы 50В/1 мин (75В/2 мин для конденсаторов >30кВАр)
Антирезонансный дроссель	SystemeSet DR Тепловая защита термостатом
Контакты	Специализированные контакторы для коммутации конденсаторных батарей SystemePact M
Защита АВ	SystemePact CCB
Контроль колебаний температуры	
	С помощью термостата и контроллера
Интерфейс связи	
Modbus	RS485
Дополнительное оборудование для установки	
Тип цепи шкафа	Характеристики подключаемого к шкафу оборудования
Цепи питающей сети	В соответствии с каталогом
Цепи питания собственных нужд	Цепи не требуются
Цепи трансформаторов тока (ТТ не входят в комплект поставки)	Вторичные цепи ТТ (5 ВА – ток вторичной обмотки 1 А или 5 А)
Цепи от генераторной установки	Сухой контакт от генераторной установки (при наличии на объекте)
Цепи сигнализации установки (сухие контакты)	Система сигнализации объекта
Цепи АСУ (RS-485)	Система АСУ объекта



Регулируемые конденсаторные установки

Кабельный ввод сверху 400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть / Загрязненная сеть

Слабо загрязнённая сеть

Референс	Мощность, кВт	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Отключ. способность	Тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки с вводным автоматическим выключателем										
Навесные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0012W40N5AK	12,5	3	3+3+6,3	4	3	10кА	Systeme9 32A	1	700x500x250	~57
SETA0032W40N5AA	32	6,3	6,3+12,5+12,5	5	3		Systeme9 63A			
SETA0037W40N5AK	37,5	6,3	6,3+6,3+12,5+12,5	6	4	36кА	SystemePact CCB160F 125A	2	800x800x300	~73
SETA0050W40N5AK	50	6,3	6,3+6,3+12,5+25	8	4		SystemePact CCB160F 160A			
SETA0075W40N5AK	75	25	25+25+25	3	3		SystemePact CCB250F 200A			
SETA0100W40N5AK	100	25	4x25	4	4		SystemePact CCB250F 250A			
SETA0125W40N5AK	125	25	25+50+50	5	3	50кА	SystemePact CCB400N 400A	3	1200x800x400	~131
SETA0150W40N5AK	150	50	3x50	3	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175W40N5AK	175	25	25+3x50	7	4		SystemePact CCB400N 400A			
Напольные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0200F40N5AK	200	25	25+25+3x50	8	5	50 кА	SystemePact CCB630N 630A	4	2100x800x600	~450
SETA0300F40N5AK	300	50	6x50	6	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40N5AK	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель			
SETA0400F40N5AK	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Кратковр. выдерж. ток Icw	Рекомен-дованный тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки без вводного автоматического выключателя										
Навесные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0125W40N5AC	125	25	25+50+50	5	3	30 кА/1 с	SystemePact CCB400N 400A	3	1200x800x400	~131
SETA0150W40N5AC	150	50	50+50+50	3	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0175W40N5AC	175	25	25+3x50	7	4		SystemePact CCB400N 400A			
Напольные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0200F40N5AC	200	25	25+25+3x50	8	5	35 кА/1 с	SystemePact CCB630N 630A	4	2100x800x600	~450
SETA0300F40N5AC	300	50	6x50	6	6		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40N5AC	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель			
SETA0400F40N5AC	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			

Регулируемые конденсаторные установки

Кабельный ввод сверху 400 В / 50 Гц

Слабо загрязненная сеть / Загрязненная сеть

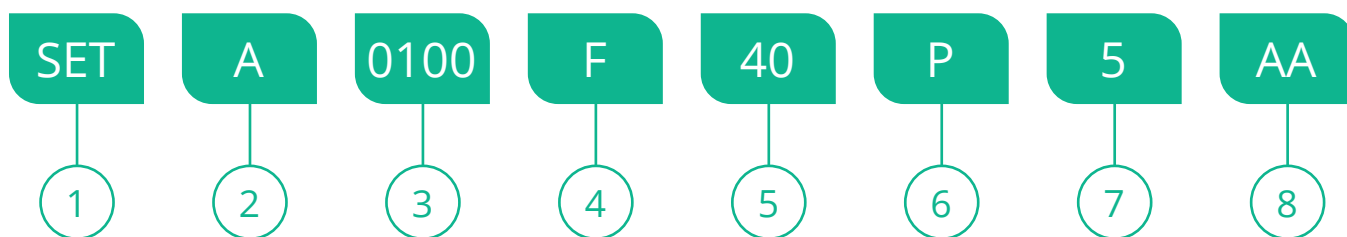
Сильнозагрязнённая сеть, коэффициент расстройки 3.8

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Отключ. способность	Тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки с вводным автоматическим выключателем										
Напольные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0050F40P5AK	50	12,5	12,5+12,5+25	4	3	50кА	SystemePact CCB250N 250A	4	2100x800x600	~450
SETA0075F40P5AK	75	25	25+50	3	2		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0100F40P5AK	100	25	25+25+50	4	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0125F40P5AK	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0137F40P5AK	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0150F40P5AK	150	25	25+25+50+50	6	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0200F40P5AK	200	50	50+50+100	4	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0225F40P5AK	225	25	25+50+50+100	9	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40P5AK	250	50	50+2x100	5	3		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40P5AK	300	50	50+50+2x100	6	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40P5AK	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель	5	2100x1400x600	~952
SETA0400F40P5AK	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			
SETA0450F40P5AK	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель			
SETA0500F40P5AK	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель			
SETA0600F40P5AK	600	100	6x100	6	6		Сторонний производитель			

Референс	Мощность, кВАр	Мин. ступень	Регулирование	Кол-во электрич. ступеней	Кол-во физич. ступеней	Кратковр. выдерж. ток Icw	Рекомендованный тип авт. выкл.	Размер	Габариты ВхШхГ, мм	Макс. масса, кг
Установки без вводного автоматического выключателя										
Напольные шкафы, ввод кабеля сверху										
SETA0050F40P5AC	50	12,5	12,5+12,5+25	4	3	35 кА/1 с	SystemePact CCB250N 250A	4	2100x800x600	~450
SETA0075F40P5AC	75	25	25+50	3	2		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0100F40P5AC	100	25	25+25+50	4	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0125F40P5AC	125	25	25+50+50	5	3		SystemePact CCB250N 250A			
SETA0137F40P5AC	137,5	12,5	12,5+25+50+50	11	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0150F40P5AC	150	25	25+25+50+50	6	4		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0200F40P5AC	200	50	50+50+100	4	3		SystemePact CCB400N 400A			
SETA0225F40P5AC	225	25	25+50+50+100	9	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0250F40P5AC	250	50	50+2x100	5	3		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0300F40P5AC	300	50	50+50+2x100	6	4		SystemePact CCB630N 630A			
SETA0350F40P5AC	350	50	50+3x100	7	4		Сторонний производитель	5	2100x1400x600	~952
SETA0400F40P5AC	400	50	50+50+3x100	8	5		Сторонний производитель			
SETA0450F40P5AC	450	50	50+4x100	9	5		Сторонний производитель			
SETA0500F40P5AC	500	50	50+50+4x100	10	6		Сторонний производитель			
SETA0600F40P5AC	600	100	6x100	6	6		Сторонний производитель			



Структура референса УКРМ



1 **Линейка продукции**
SET: SystemeSet

2 **Тип компенсации**
A: регулируемая (автоматическая)

3 **Мощность**

0006: 6кВАр
0009: 9 кВАр
0012: 12.5 кВАр
0016: 16кВАр
0022: 22кВАр
0032: 32кВАр
0034: 34кВАр
0037: 37.5кВАр
0050: 50кВАр

0069: 69кВАр
0075: 75 кВАр
0087: 87.5 кВАр
0100: 100кВАр
0125: 125кВАр
0137: 137.5кВАр
0150: 150кВАр
0175: 175кВАр
0200: 200кВАр

0225: 225кВАр
0237: 237.5кВАр
0250: 250 кВАр
0275: 275кВАр
0300: 300кВАр
0350: 350кВАр
0400: 400кВАр
0450: 450кВАр
0500: 500кВАр

0550: 550кВАр
0600: 600 кВАр
0700: 700кВАр
0800: 800кВАр
0900: 900кВАр
1000: 1000кВАр
1100: 1100кВАр
1150: 1150кВАр

4 **Тип оболочки**
W: навесной шкаф
F: напольный шкаф

5 **Напряжение**
40: 400 В

6 **Уровень загрязнения сети**
N: слабо загрязнённая сеть
P: загрязнённая сеть

7 **Частота**
5: 50 Гц

8 **Опции**

Слабо загрязнённая сеть

AA: с вводным автоматическим выключателем, кабельный ввод снизу
AB: без вводного автоматического выключателя, кабельный ввод снизу
AK: с вводным автоматическим выключателем, кабельный ввод сверху
AC: без вводного автоматического выключателя, кабельный ввод сверху

Загрязнённая сеть

AA: с вводным автоматическим выключателем, кабельный ввод снизу, коэффициент расстройки 3.8
AB: без вводного автоматического выключателя, кабельный ввод снизу, коэффициент расстройки 3.8
AK: с вводным автоматическим выключателем, кабельный ввод сверху, коэффициент расстройки 3.8
AC: без вводного автоматического выключателя, кабельный ввод сверху, коэффициент расстройки 3.8
AG: без вводного автоматического выключателя, кабельный ввод снизу, коэффициент расстройки 2.7

Приложение

Содержание

Коэффициент мощности наиболее распространенных принимающих устройств

Практический расчет реактивной мощности	50
Коэффициенты мощности для наиболее распространенных типов потребителей	50

Когда следует применять нерегулируемую компенсацию реактивной мощности?

Нерегулируемая компенсация реактивной мощности трансформатора	51
Нерегулируемая компенсация реактивной мощности асинхронного электродвигателя.	52
Требования к компенсации для асинхронных электродвигателей	52

Автоматическая компенсация: советы по монтажу

Компенсация для одиночной шины.	53
Компенсация с несколькими шинами	53
Компенсация для шины, питаемой несколькими трансформаторами.	53

Система управления

Физическое и электрическое управление	54
Контроллер	55
Пояснения к регулировке С/К	56

Общая информация о гармониках

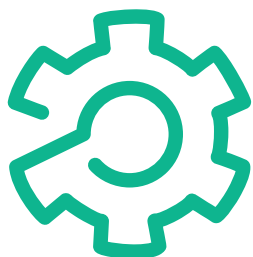
Введение	57
Среднеквадратичное значение.	57
Измерение гармоник: искажение.	58

Причины и следствия воздействия гармоник

Генераторы гармоник	59
Основные источники гармоник	59
Влияние гармоник на потребителей	60



Коэффициент мощности наиболее распространенных принимающих устройств



Практический расчет реактивной мощности

Тип цепи	Полная мощность S (кВА)	Активная мощность P (кВт)	Реактивная мощность Q (кВАр)
Одна фаза (фаза + нейтраль)	$S = B \times I$	$P = B \times I \times \cos \varphi$	$P = B \times I \times \sin \varphi$
Одна фаза (фаза + фаза)	$S = U \times I$	$P = U \times I \times \cos \varphi$	$P = U \times I \times \sin \varphi$
Пример: Нагрузка 5 кВт $\cos \varphi = 0,5$	10 кВА	5 кВт	8,7 кВАр
Три фазы (3 фазы или 3 фазы + нейтраль)	$S = \sqrt{3} \times U \times I$	$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$	$Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi$
Пример электродвигателя с $P_n = 51$ кВт $\cos \varphi = 0,86$ КПД = 0,91	65 кВА	56 кВт	33 кВАр

Расчеты для примера с тремя фазами производились следующим образом:

P_n = мощность, подаваемая на вращающуюся ось = 51 кВт

P = потребляемая активная мощность = $P_n / \eta = 56$ кВт

S = полная мощность = $P / \cos \varphi = P / 0,86 = 65$ кВА

Следовательно:

$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{65^2 - 56^2} = 33$ кВАр

Средние значения коэффициента мощности для различных нагрузок приведены ниже.

Коэффициенты мощности для наиболее распространенных типов потребителей

Устройство	Нагрузка	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
Простой асинхронный электродвигатель	0%	0,17	5,8
	25%	0,55	1,52
	50%	0,73	0,94
	75%	0,8	0,75
	100%	0,85	0,62
Лампы накаливания		1	0
Флуоресцентные лампы		0,5	1,73
Газоразрядные лампы		0,4 - 0,6	2,29 - 1,33
Печи сопротивления		1	0
Индукционные печи		0,85	0,62
Диэлектрические печи		0,85	0,62
Аппарат для контактной электросварки		0,8 - 0,9	0,75 - 0,48
Стационарные однофазные центры дуговой сварки		0,5	1,73
Поворотные центры дуговой сварки		0,7 - 0,9	1,02
Трансформаторы/выпрямители для дуговой сварки		0,7 - 0,9	1,02 - 0,75
Дуговые печи		0,8	0,75

$\cos \varphi$ наиболее распространенных устройств.

Когда следует применять нерегулируемую компенсацию реактивной мощности?

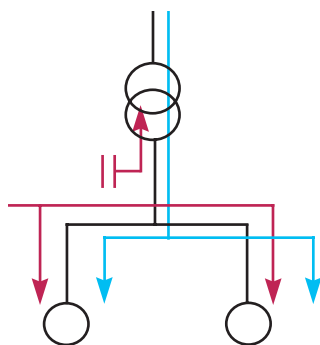


Рис. 1. Перетоки мощности в электроустановке с трансформатором без компенсации

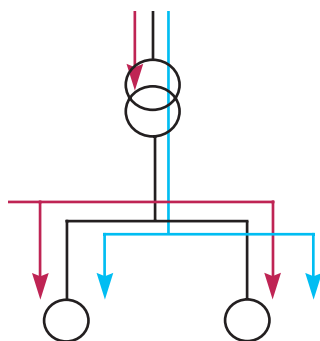


Рис. 2. Перетоки мощности в электроустановке, в которой трансформатор компенсирован нерегулируемой конденсаторной батареей

Нерегулируемая компенсация реактивной мощности трансформатора

Трансформатор потребляет реактивную мощность, которую можно приблизительно определить, добавив:

- фиксированную часть, которая зависит от тока намагничивания без нагрузки I_0 :
 $Q_0 = I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$
- часть, пропорциональную квадрату полной мощности, которую он передает:
 $Q = U_{sc} S^2 / S_n$
 U_{sc} : напряжение короткого замыкания трансформатора в единицах мощности;
 S : полная мощность, передаваемая трансформатором;
 S_n : полная номинальная мощность трансформатора;
 U_n : номинальное напряжение между фазами.

Общая потребляемая трансформатором реактивная мощность составляет:
 $Q_t = Q_0 + Q$.

Если такая компенсация проводится индивидуально, то она может выполняться на клеммах самого трансформатора.

Если компенсация применяется глобально, с компенсацией нагрузки на шине основного распределительного устройства, то нерегулируемая компенсация может применяться, при условии что общая мощность не превышает 15 % от номинальной мощности трансформатора (в ином случае необходимо применять конденсаторные батареи с автоматическим регулированием).

Значения индивидуальной компенсации для конкретного трансформатора, в зависимости от номинальной мощности трансформатора, приведены в таблице ниже.

Трансформатор		Масляный		Сухой	
S (кВА)	U _{sc} (%)	Без нагрузки	Нагрузка	Без нагрузки	Нагрузка
100	4	2,5	5,9	2,5	8,2
160	4	3,7	9,6	3,7	12,9
250	4	5,3	14,7	5,0	19,5
315	4	6,3	18,3	5,7	24
400	4	7,6	22,9	6,0	29,4
500	4	9,5	28,7	7,5	36,8
630	4	11,3	35,7	8,2	45,2
800	4	20,0	66,8	10,4	57,5
1000	6	24,0	82,6	12	71
1250	5,5	27,5	100,8	15	88,8
1600	6	32	126	19,2	113,9
2000	7	38	155,3	22	140,6
2500	7	45	191,5	30	178,2

Когда следует применять нерегулируемую компенсацию реактивной мощности?

Нерегулируемая компенсация реактивной мощности асинхронного электродвигателя

Коэффициент мощности электродвигателей обычно очень низок при работе без нагрузки и низок при нормальной эксплуатации. Поэтому для такого типа потребителей рекомендуется установка конденсаторных батарей. В таблице ниже, в качестве примера, представлены значения мощности конденсаторных установок в кВАр, соответствующие различной мощности электродвигателей.

Номинальная мощность кВт	Количество оборотов в минуту Реактивная мощность в кВАр				
	НР	3000	1500	1000	750
11	15	2,5	2,5	2,5	5
18	25	5	5	7,5	7,5
30	40	7,5	10	11	12,5
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	485	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Когда электродвигатель приводит во вращение потребителей с высокой инерцией, он может продолжать вращаться после прерывания напряжения питания, используя свою кинетическую энергию, и самовозбуждаться от конденсаторной батареи, установленной на его клеммах. Конденсаторы выдают реактивную энергию, требуемую для его работы в режиме асинхронного генератора. Такое самовозбуждение приводит к сохранению напряжения, а иногда к серьезным перенапряжениям в цепи.

Требования к компенсации для асинхронных электродвигателей

В случае установки конденсаторов на клеммы электродвигателя

Во избежание опасного перенапряжения в цепи вследствие явления самовозбуждения, убедитесь, что мощность конденсаторной батареи соответствует следующему неравенству

$$Q_c \leq 0,9 \sqrt{3} U_n I_0$$

- I_0 : сила тока электродвигателя без нагрузки I_0 может быть оценена по следующему выражению: $I_0 = 2 I_n (1 - \cos \varphi_n)$
- I_n : значение номинальной силы тока электродвигателя;
- $\cos \varphi_n$: $\cos \varphi$ электродвигателя при номинальной мощности;
- U_n : номинальное напряжение между фазами.

В случае параллельной установки конденсаторов с отдельными механизмами управления

Во избежание опасного перевозбуждения в цепи по причине самовозбуждения или в случаях, когда электродвигатель запускается при помощи специального распределительного устройства (резисторы, реакторы, автотрансформаторы), конденсаторные батареи включаются только после пуска.

Так же конденсаторные батареи должны отключаться до отключения питания электродвигателя. Таким образом, реактивная мощность электродвигателя может быть полностью компенсирована на полной нагрузке.

Предупреждение: если несколько конденсаторных батарей данного типа соединяются в одной сети, должны устанавливаться реакторы ограничения пускового тока.

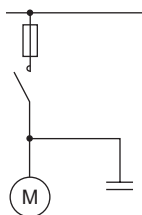


Рис. 3. Установка конденсаторов на клеммы электродвигателя

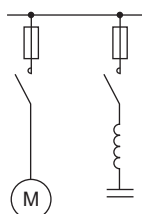


Рис. 4. Параллельная установка конденсаторов с отдельными механизмами управления

Автоматическая компенсация: советы по монтажу

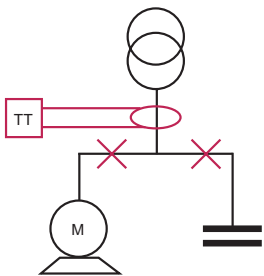


Рис. 5. Схема подключения к одиночной шине низкого напряжения и расположение трансформатора тока

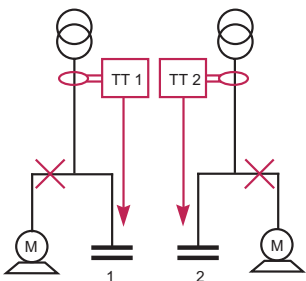


Рис. 6. Схема подключения к независимым шинам низкого напряжения и расположение трансформаторов тока

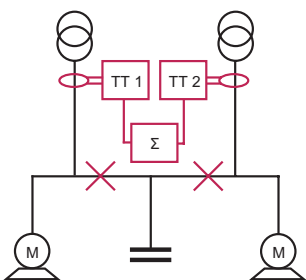


Рис. 7. Схема для различных трансформаторов, подключаемых параллельно, и расположения трансформатора (ТТ)

Компенсация для одиночной шины

Общая информация

Установка с одиночной шиной низкого напряжения применяется наиболее часто. Установки такого типа требуют возможности изменения реактивной мощности с учетом ранее определенных методов.

При компенсации используются все приемные устройства установки, а сила тока трансформатора тока определяется в соответствии с полной силой тока, проходящего через главный защитный выключатель.

Меры безопасности при монтаже

Как указано выше, необходимо обеспечить дополнительную установку трансформатора тока, с тем чтобы он мог считывать общее потребление установки.

Трансформатор тока (СТ) должен быть установлен в соответствии с рис. 5. Его установка в любом из мест, отмеченных крестами, приведет к неправильной работе всей системы.

Компенсация с несколькими шинами

Независимые шины низкого напряжения

Другой опцией при установке является применение нескольких независимых шин, от которых не требуется подключение к двум идентичным трансформаторам. По этой причине требования к реактивной мощности будут различными для каждой из шин и должны оцениваться по отдельности с использованием описанных выше методов.

При компенсации используются все приемные устройства установки, а сила тока трансформаторов тока определяется в соответствии с полной силой тока, проходящего через главный защитный выключатель.

Меры безопасности при монтаже

Так же, как и в предыдущем случае, расположение каждого трансформатора тока (СТ) необходимо будет выбирать аналогичным образом, чтобы трансформаторы могли считывать значения компенсации в каждой из частей установки по отдельности.

Компенсация для шины, питаемой несколькими трансформаторами

В отличие от описанных выше установок, в данной установке трансформаторы подключаются параллельно со стороны низкого напряжения.

Раздельные распределительные трансформаторы

Компенсация в такой установке обеспечивается установкой двух автоматических батарей и соответствующих им трансформаторов тока.

Равноценные распределительные трансформаторы

В таком случае возможно обеспечить компенсацию одной конденсаторной батареей, контроллер которой питается от суммирующего трансформатора, который в свою очередь запитывается от двух трансформаторов тока каждого из распределительных трансформаторов.

Максимальное количество суммирующих вводов 5 (рис. 7).

Меры безопасности при монтаже

- Раздельные распределительные трансформаторы:
Каждая батарея питается от отдельного трансформатора тока, подключаемого к выводу каждого трансформатора. Настройка и монтаж должны производиться так же, как в случае с независимыми шинами.
- Равноценные распределительные трансформаторы:
При компенсации используется одна конденсаторная батарея и единственной мерой предосторожности при вводе в эксплуатацию является следующее: соотношение С/К, которое должно быть запрограммировано в контроллер, должно учитывать сумму всех трансформаторов тока, питающих суммирующий контур.

Система управления

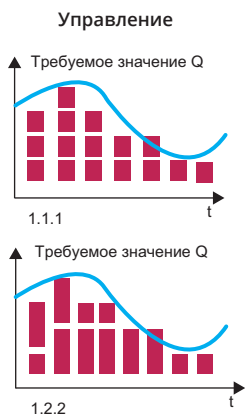


Рис. 8. Последовательности 1.1.1.1 и 1.2.2.2.

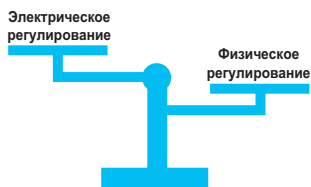


Рис. 9. В правильно подобранной конденсаторной батарее должен существовать баланс между электрическим и физическим регулированием.

Физическое и электрическое управление

Определение автоматической конденсаторной батареи

Тремя показателями, определяющими автоматическую конденсаторную батарею, являются:

- Мощность батареи в кВАр, которая определяется выполненными расчетами и зависит от объективного $\cos\varphi$, который должен поддерживаться в сети.
- Номинальное напряжение - должно всегда равняться или превышать напряжение сети.
- Регулирование батареи с указанием физических ступеней батареи.

Физическое управление

Ступени физического регулирования автоматической конденсаторной батареи указывают на состав и количество входящих в нее узлов «конденсатор-контактор».

Обычно это выражается как отношение между мощностью первой ступени и мощностью остальных ступеней.

Пример:

Батарея на 70 кВАр, сформированная из следующих ступеней: 10 + 20 + 20 + 20, с регулированием по 1.2.2.2, при этом мощность первой ступени равна половине мощности каждой из последующих ступеней.

Другая батарея на 70 кВАр, сформированная из следующих ступеней: 7 ступеней по 10 кВАр, с регулированием по 1.1.1.1.

На рис. 8 мы видим работу двух регулируемых батарей 1.1.1.1 и 1.2.2.2.: как показано в примере.

Регулировка для обеспечения соответствия требованиям по реактивной мощности двух батарей выполняется точно так же, как при установке двух отдельных систем регулирования.

Электрическое регулирование

Электрическое управление показывает, как регулируется мощность в конденсаторной батарее.

В предыдущем примере, электрическое управление обеих батарей одинаковое (7 x 10). Это значит, что регулирование для обеспечения соответствия требованиям по реактивной мощности будет точно таким же, даже если физические ступени каждой из батарей отличаются.

Правильно подобранная батарея

С точки зрения стоимости оборудования, чем больше физических ступеней содержит ступень, тем более дорогой она будет, тем больше узлов «конденсатор-контактор» потребуется и тем больше будет общий размер установки.

С точки зрения регулирования коэффициента мощности, чем ниже уровень электрического управления, тем лучше батарея будет адаптироваться к изменениям в потребной реактивной мощности установки.

Тем не менее, в правильно подобранной конденсаторной батарее должен существовать баланс между электрическим и физическим регулированием.

Контроллеры SystemeSet PFC содержат до 7 отдельных настроек регулирования, которые позволяют оптимизировать стоимость оборудования, одновременно обеспечивая оптимальную точность регулирования.

Пример:

Батарея на 70 кВАр, сформированная из трех ступеней: 10 + 20 + 40 (регулирование 1.2.4), предполагает то же электрическое регулирование, что и в предыдущем примере, но имеет меньшую стоимость, чем батарея 7x10, поскольку содержит только три узла «конденсатор-контактор».

Контроллер – элемент, принимающий решение по вводу или выводу различной мощности

Контроллер

Программирование контроллера

Данные, заносимые в контроллер при вводе в эксплуатацию, включают:

- желаемый $\cos \varphi$ установки,
- отношение С/К.

Эти данные уникальны для каждой установки и не могут быть запрограммированы на заводе.

Что такое отношение С/К?

Контроллер - это элемент, принимающий решение по вводу или выводу различной мощности, в зависимости от трех параметров:

- желаемый $\cos \varphi$ электроустановки,
- существующий $\cos \varphi$,
- сила тока первой ступени (минимальная отметка регулирования батареи).

Ввод тока на контроллер всегда производится через трансформатор типа X/5.

Для того, чтобы контроллер мог принять решение о подключении или отключении определенной ступени, он должен знать, какую реактивную мощность необходимо подать на установку, и данный ввод он получает от вспомогательного трансформатора тока (СТ), с которого контроллер считывает значение.

Метод программирования данного значения, известного как отношение С/К, описан ниже:

$$C/K = \frac{Q_1 / \sqrt{3} \times U}{R_{TI}}$$

где:

Q_1 = реактивная мощность первой ступени (ВАР);

U = напряжение FF;

R_{TI} = коэффициент трансформатора тока (X/5).

Пример:

Батарея на 70 кВАр, сформированная из следующих ступеней: 10 + 20 + 40.

Установка подключается при помощи главного защитного выключателя на 630 А.

Должен устанавливаться трансформатор тока 700/5, а расчет С/К будет следующим:

$$C/K = 10 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 400) / 700 / 5 = 0,10.$$

Важность правильной регулировки С/К

Для понимания важности правильной регулировки значения С/К, необходимо помнить о том, что у каждой батареи есть минимальное заданное количество ступеней (определяемое мощностью первой ступени).

По этой причине батарея не сможет установить требуемый коэффициент мощности, если потребность сети не соответствует в точности указанному значению или не кратна данному значению.

Пример:

Батарея на 70 кВАр, сформированная из следующих ступеней: 10 + 20 + 40.

Целевой $\cos \varphi$, запрограммированный в контроллер, равен 1.

Параметры сети в случайный данный момент времени:

$$P = 154 \text{ кВт}$$

$$\cos \varphi = 0,97$$

таким образом, реактивная мощность Q , необходимая для достижения целевого $\cos \varphi$, составит:

$$Q = P \times (\tan \varphi_{\text{initial}} - \tan \varphi_{\text{target}}) = 154 \times (0,25 - 0) = 38,5 \text{ кВАр}$$

Поскольку батарея разделена на ступени 7х10 кВАр, батарея будет постоянно переключаться между мощностью 30 и 40 кВАр.

Во избежание такой нестабильной работы, необходимо отрегулировать значение С/К.

Система управления

Пояснения к регулировке С/К

На **рис. 10** показана важность настройки С/К:

- Ось X представляет собой активную силу тока установки, а ось Y представляет собой реактивную силу тока (индуктивная в положительной полуплоскости и емкостная в отрицательной полуплоскости).
- Данный график может проиллюстрировать любую ситуацию для $\cos \varphi$ установки. То же относится и к координатам точки (X, Y) для трех компонентов активной и реактивной силы тока.
- На схеме показана линия, представляющая $\tan \varphi$, на которой φ означает угол для желаемого $\cos \varphi$.
- Как описано выше, батарея не может быть настроена точно на требуемую реактивную мощность, преобладающую в установке в случайный момент времени, поэтому мы создаем стабильный диапазон работы контроллера, в рамках которого мы точно знаем, что $\cos \varphi$ не будет точно таким, какой требуется, и для которого не будут подключаться или отключаться дополнительные ступени.
- Этот диапазон представляет собой диапазон С/К; кроме того, контроллер будет подключать ступени выше диапазона С/К и отключать их ниже него. Установка слишком низкого значения С/К будет означать бессмысленную выработку контактов, а слишком высокое значение С/К может привести к образованию слишком широкого диапазона стабильной работы без достижения требуемого $\cos \varphi$.
- Регуляторы имеют возможность автоматически регулировать С/К в любых условиях нагрузки.

Вручную можно задать значения С/К от 0,01 до 1,99 при просмотре установленного значения на экране.

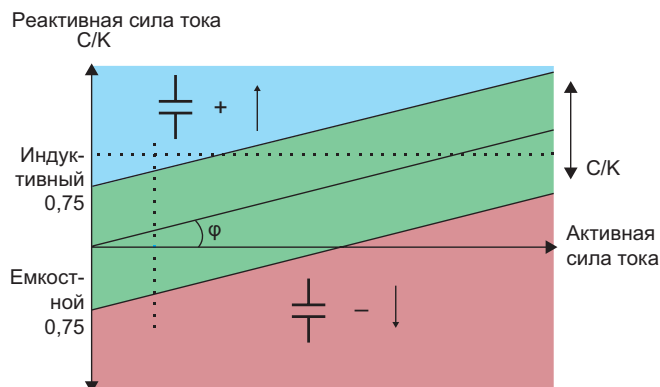


Рис. 10. Пояснение регулирования значения С/К в контроллере реактивной мощности

Общая информация о гармониках

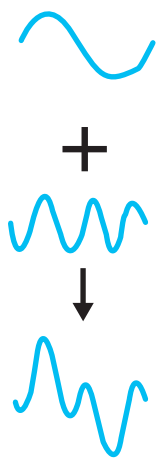


Рис. 11. Разложение несинусоидальной волны

Введение

Гармоники обычно определяются двумя основными характеристиками:

- Их амплитуда:
значение напряжения или силы тока гармоники.
- Их порядок:
значение их частоты по отношению к основной частоте (50 Гц).

В таких условиях, частота гармоник пятого порядка в пять раз превышает основную частоту, т. е. $5 \times 50 \text{ Гц} = 250 \text{ Гц}$.

Среднеквадратичное значение

Среднеквадратичное значение для несинусоидальной волны получается путем расчета среднеквадратичной суммы различных значений волны для гармоник всех порядков, существующих в волне:

Среднеквадратичное значение I:

$$I(A) = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Среднеквадратичное значение всех составляющих гармоник вычитается из результата данного расчета:

$$I_h(A) = \sqrt{I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Данный расчет иллюстрирует один из основных эффектов гармоник, т. е. повышенное среднеквадратичное значение силы тока, проходящего через установку по причине составляющих гармоник, с которыми ассоциируется несинусоидальная волна.

Как правило, распределительное устройство и кабели шин установки подбираются в зависимости от номинальной силы тока при основной частоте; все эти компоненты установок не предназначены для сопротивления повышенным гармоническим токам.

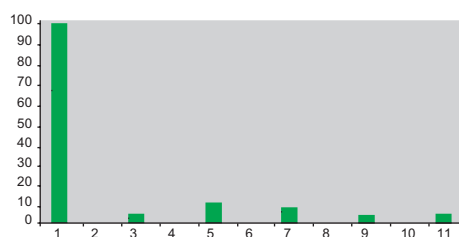


Рис. 12. Типовой график частотного спектра. Частотный спектр, также известный под названием «спектральный анализ», показывает типы генераторов гармоник, работающих в сети

Общая информация о гармониках

Измерение гармоник: искажение

Наличие изменяющегося количества гармоник в сети называется искажением. Оно измеряется коэффициентом нелинейного искажения:

- **Th: индивидуальный коэффициент искажения**

Он отображает в % амплитуду каждой из гармоник по отношению к основной частоте:

$$Th (\%) = A_h / A_1$$

Где:

A_h = значение напряжения или силы тока для гармоники порядка h .

A_1 = значение напряжения или силы тока при основной частоте (50 Гц).

- **THD: суммарный коэффициент нелинейного искажения**

Он отображает в % амплитуду общего нелинейного искажения по отношению к основной частоте или по отношению к общему значению для волны.

$$THD_{CIGREE} = \frac{\sqrt{\sum_2^h A_h^2}}{A_1} \quad THD_{IEC 555} = \frac{\sqrt{\sum_2^h A_h^2}}{\sum_1^h A_h^2}$$

Эксплуатационные значения, используемые для определения действительного состояния установки с точки зрения степени нелинейных искажений, включают:

- **Суммарный коэффициент нелинейного искажения [THD(U)]** – отображает коэффициент искажения напряжения и коэффициент суммы напряжений по гармоникам по отношению к напряжению при основной частоте, все отношения выражены в %.
- **Суммарный коэффициент нелинейного искажения [THD(I)]** – отображает коэффициент искажения силы тока и коэффициент суммы силы тока по гармоникам по отношению к силе тока при основной частоте, все отношения выражены в %.
- **Частотный спектр (TFT)** – представляет собой график, на котором указана амплитуда для каждой из гармоник в соответствии с их порядком.
Изучение данного графика позволяет определить, какие гармоники присутствуют и соответствующую им амплитуду.

Промежуточные гармоники

Промежуточные гармоники представляют собой синусоидальные составляющие с частотами, не кратными основной частоте (а потому располагающимися между основными гармониками). Они являются результатом периодических или случайных изменений мощности, потребляемой различными типами потребителей, такими как дуговые печи, сварочные аппараты и частотные преобразователи (частотно-регулируемые приводы, циклоконвертеры).

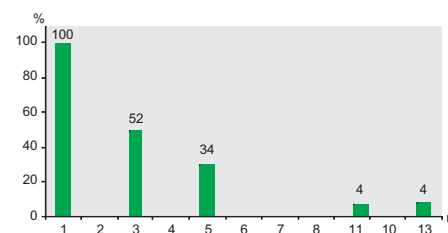


Рис. 13. Частотный спектр гармоник для однофазных промышленных устройств, индукционных печей, сварочных аппаратов, выпрямителей и пр.

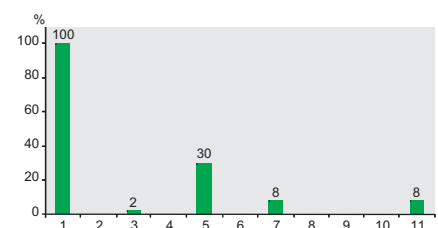


Рис. 14. Частотный спектр гармоник для трехфазных частотно-регулируемых приводов, асинхронных электродвигателей или электродвигателей постоянного тока

Причины и следствия воздействия гармоник



Генераторы гармоник

Гармоники обычно генерируются нелинейными потребителями, которые, несмотря на питание от синусоидального напряжения, потребляют несинусоидальный ток.

Говоря коротко, нелинейные потребители ведут себя как источники силы тока, добавляющие нелинейные искажения (гармоники) в сеть.

Наиболее распространенные нелинейные потребители, генерирующие гармоники, включают устройства силовой электроники, например приводы с регулируемой скоростью, выпрямители, инверторы и др.

Такие потребители, как дроссели насыщения, сварочное оборудование, дуговые электропечи, также генерируют гармоники.

Прочие потребители имеют линейный характер работы и не генерируют гармоник.

Основные источники гармоник

Существует различие между видами потребителей в зависимости от их принадлежности к промышленным или бытовым.

- **Промышленные потребители:**
 - устройства силовой электроники: частотно-регулируемые приводы, выпрямители, ИБП и пр.
 - потребители, в которых используется электрическая дуга: дуговые печи, сварочные аппараты, освещение (флуоресцентные лампы и пр.); гармоники (временные) также генерируются при пуске электродвигателей электронным пускателем и при использовании силовых трансформаторов.
- **Бытовые потребители:** телевизоры, микроволновые печи, индукционные плиты, компьютеры, принтеры, флуоресцентные лампы и пр.

Следующая таблица является руководством по различным типам потребителей с информацией по спектру выдаваемых нелинейных искажений тока.

Информация о спектре нелинейных искажений, создаваемых различными потребителями

Тип потребителя	Создаваемые гармоники	Комментарии
Трансформатор	Четный и нечетный порядок	Составляющая постоянного тока
Асинхронные электродвигатели	Нечетный порядок	Промежуточные гармоники и субгармоники
Газоразрядные лампы	3. ^о + нечетный	Может достигать 30 % от 11
Дуговая сварка	3. ^о	
Дуговые печи пер. тока	Нестабильный меняющийся спектр	Нелинейный – асимметрический спектр
Индуктивный фильтр-выпрямитель	$u = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1 / 4$	ИБП – частотно-регулируемые приводы V
Емкостной фильтр-выпрямитель	$u = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1 / 4$	Питание электронных устройств
Циклоконвертер	Переменные	Частотно-регулируемые приводы V
ШИМ-контроллер	Переменные	ИБП – конвертеры пост./пер. тока

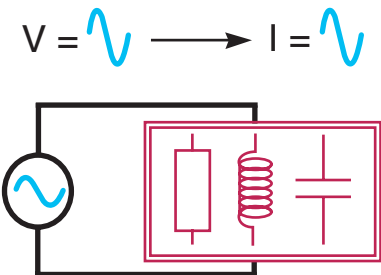


Рис. 15. Линейные потребители, такие как индукторы, конденсаторы и резисторы не создают гармоники

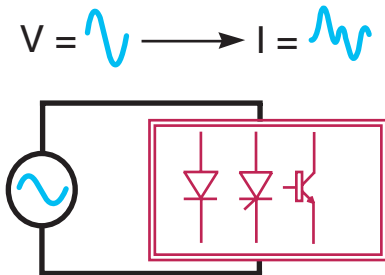


Рис. 16. Нелинейные потребители создают гармоники



Причины и следствия воздействия гармоник



Рис. 17. Кабели

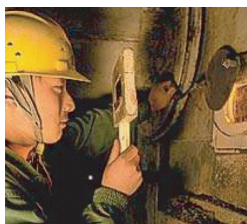


Рис. 18. Индукционная печь



Рис. 19. Конденсатор SystemeSet Can

Влияние гармоник на потребителей

В основном оборудовании возникают следующие два типа эффектов: мгновенные или кратковременные эффекты, а также длительные эффекты.

Мгновенные или кратковременные эффекты:

- Ложное срабатывание защитных устройств,
- Наведенные помехи от систем тока низкого напряжения (дистанционное управление, телекоммуникации),
- Нетипичные вибрации и шум,
- Повреждение по причине тепловой перегрузки конденсатора,
- Неправильная работа нелинейных потребителей.

Эффекты длительного воздействия ассоциируются с перегрузками по току, которые вызывают перегрев и преждевременный износ оборудования.

Затрагиваемые устройства и эффекты:

- Силовые конденсаторы:
 - дополнительные потери и перегрев,
 - меньше возможностей использования с полной нагрузкой,
 - вибрации и механический износ,
 - акустический дискомфорт.
- Электродвигатели:
 - дополнительные потери и перегрев,
 - меньше возможностей использования с полной нагрузкой,
 - вибрации и механический износ,
 - акустический дискомфорт.
- Трансформаторы:
 - дополнительные потери и перегрев,
 - механические вибрации,
 - акустический дискомфорт,
 - автоматический выключатель,
 - ненужное срабатывание по причине превышения пикового значения тока.
- Кабели:
 - дополнительные диэлектрические и химические потери, особенно в нейтрали, при наличии гармоник третьего порядка,
 - перегрев.
- Компьютеры:
 - функциональные нарушения, приводящие к потерям данных или неправильной работе управляющего оборудования.
- Силовая электроника:
 - искажения формы волны: переключение, синхронизация и пр.

Сводная таблица эффектов, причин и последствий воздействия гармоник

Эффекты воздействия гармоник	Причины	Последствия
На проводники	• Гармонические токи приводят к повышению значения I_{rms} • Поверхностный эффект снижает эффективное поперечное сечение проводников по мере повышения частоты	• Ненужное срабатывание защитных устройств • Перегрев проводников
На проводник нейтрали	• Сбалансированные потребители на три фазы + нейтраль генерируют множественные нечетные гармоники третьего порядка	• Смыкание гомополярных гармоник на нейтрали приводит к перегреву и превышению силы тока
На трансформаторы	• Повышенное значение I_{RMS} • Вихревые потери пропорциональны частоте	• Повышенный перегрев по причине эффекта Джоуля в обмотках • Повышенные потери в металле
На электродвигатели	• Подобны эффектам для трансформаторов и генерируют поле в дополнение к основному	• Подобно эффектам для трансформаторов, плюс потеря КПД
На конденсаторы	• Пониженное полное сопротивление конденсаторов с повышенной частотой	• Преждевременное старение, усиление существующих гармоник

Мы в соцсетях



[systemelectric_official](https://t.me/systemelectric_official)



youtube.com/c/SystemeElectric



vk.com/Systemelectric



SYSTEME.RU

Наши бренды

Système
electric



Механотроника

Dēkraft



Système
soft