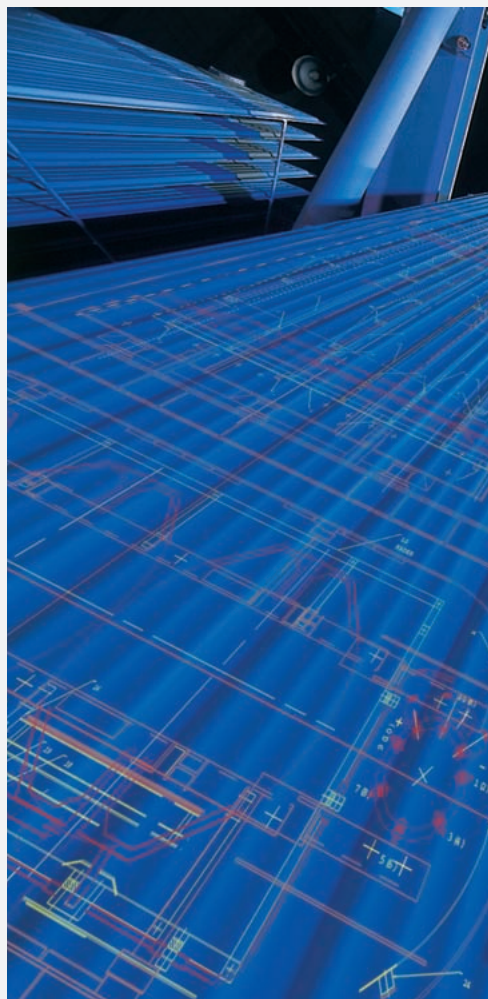




РАЗУМНЫЕ РЕШЕНИЯ  
ПРОЧНЫЕ ВЗАИМОТНОШЕНИЯ



# Силовые трансформаторы

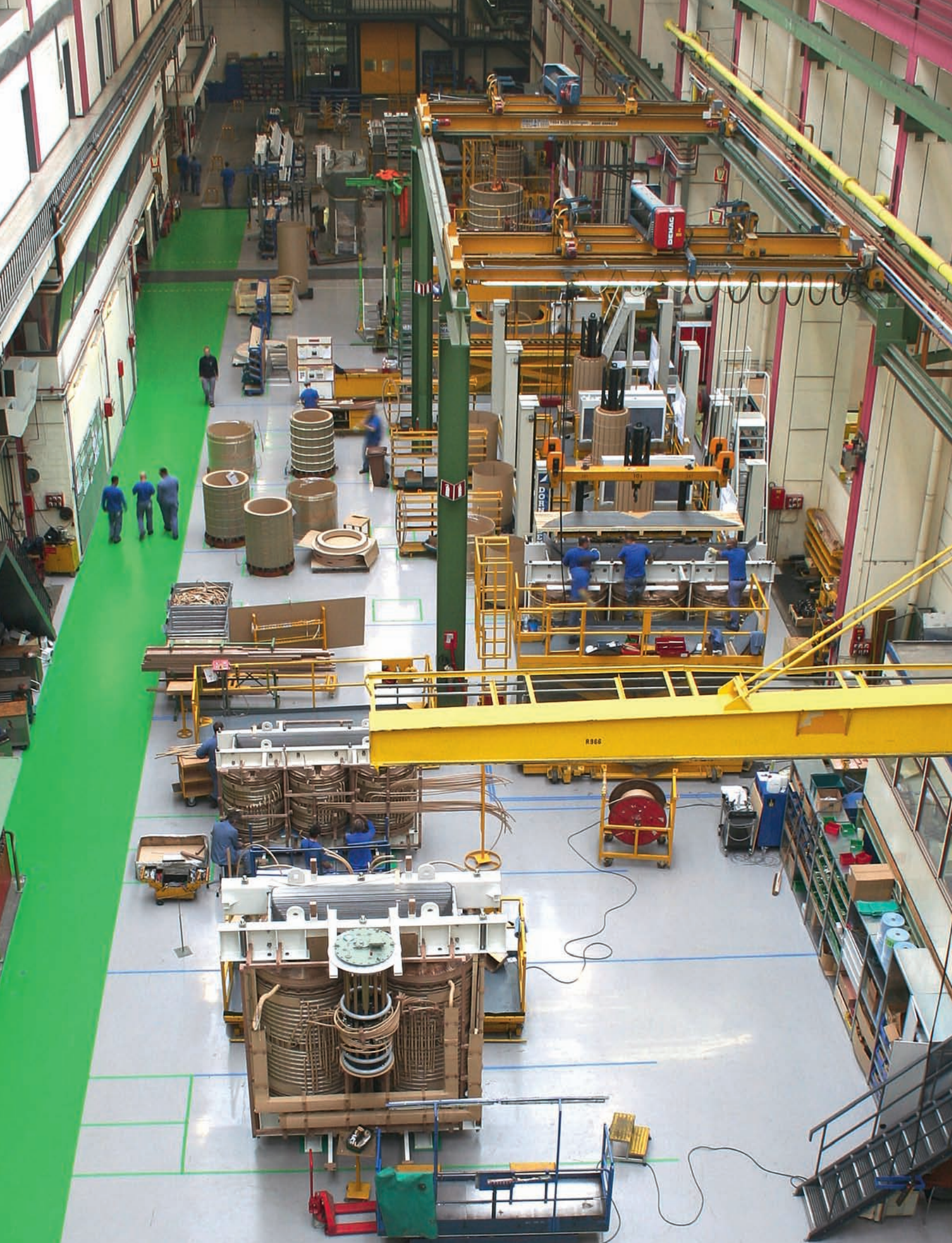


ISO9001  
CERTIFIED



Изготовление регулировочных ответвлений  
из двухжильного медного провода

- 5 О компании CG Power Systems
- 6 Проектирование трансформаторов
- 8 Обеспечение качества
- 9 Конструкция магнитопровода
- 11 Обмотки
- 12 Изоляция
- 13 Сборка магнитопровода и обмоток
- 14 Баки
- 15 Обработка модуля магнитопровода с обмотками
- 16 Система предохранения масла и защитные устройства
- 17 Регулирование напряжения
- 18 Охлаждение
- 19 Система управления и защиты трансформатора
- 20 Испытания
- 22 Транспортировка и монтаж



Сборочный цех трансформаторов  
завод CG PT, Мехелен

### CG Global

CG Power Systems — глобальный игрок на рынке оборудования для энергетики. Стратегией компании является поставка высококачественной продукции при сохранении низкой себестоимости, что позволяет компании предоставлять оптимальные решения в соотношении цена/качество. Данный подход позволил CG Global громко заявить о себе на мировом рынке — количество стран, в которые поставляется продукция CG, достигло 135 государств, а рост продаж вырос на 62% в период с 2007 по 2011 годы.

На текущий момент компания достигла оборота в 2 млрд дол. Этот успех обеспечен за счет двух основных факторов: органического роста продаж и поглощения международных компаний. CG Global объединило в себе ряд европейских, азиатских и американских компаний с мировым именем, что позволило корпорации обеспечивать широкий спектр решений в области энергетики и энергоэффективности.

#### В CG Global входят:

Crompton Greaves Ltd (Индия)

Pauwels Group (Бельгия)

Ganz Transelektro (Венгрия)

Microsol (Ирландия)

Sonomatra (Франция)

MSE (США)

PTS (Великобритания)

QEI (США)

Emotron (Швеция)

Подразделение, занимающееся энергетикой (CG Power Systems) находится в Махелене (Бельгия), где также находится центр по разработке новых продуктов и технологических процессов. Производственные мощности CG Global расположены на всех пяти континентах, в таких странах как Индия, Бельгия, Ирландия, США, Канада, Индонезия, Венгрия.

Компания уже добилась признания как производитель высококачественной продукции мирового уровня, конкурирующий в глобальном масштабе. Приобретения обеспечили доступ компании к новым технологиям при производстве: трансформаторов напряжением до 1200 кВ, КРУ напряжением до 800 кВ. В настоящий момент процесс интеграции еще более усилил технологические возможности компании и ее подразделений и позволил заявить о себе как о лидере глобального уровня в сегменте передачи и распределения электроэнергии.

### В Украине

CG Power Systems представлена в Украине через эксклюзивного дистрибьютора — Электротехническую Компанию «Система». Начав сотрудничество с CG в 2010 году ЭК «Система» уже успела зарекомендовать себя при реализации ряда крупных проектов обеспечив поставку, монтаж и наладку высоковольтного оборудования CG для ряда крупных клиентов. На текущий момент оборудование CG успешно эксплуатируется в сетях НЭК «Укрэнерго», ПАО «АЭС Киевоблэнерго», ОАО «Одессаоблэнерго», ОАО «Херсоноблэнерго», КП «Львовтеплокоммунэнерго» и других, получив положительные отзывы эксплуатирующих служб.

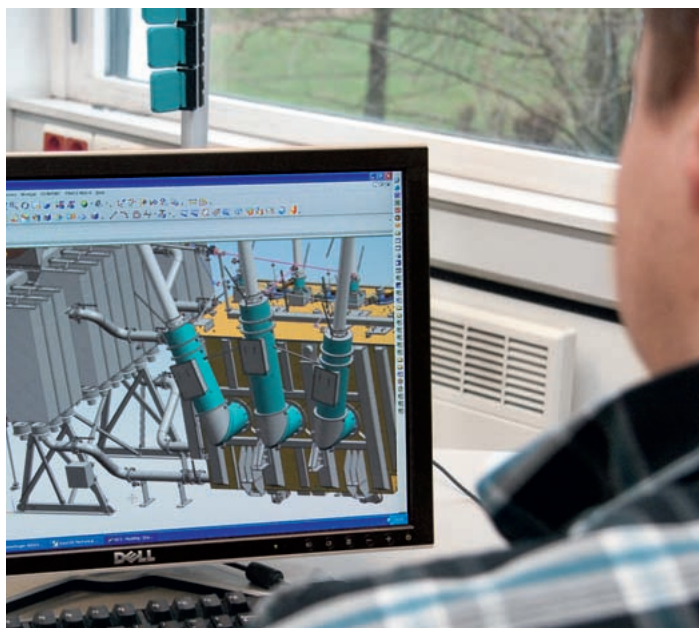
Стратегия CG Global и ЭК «Система» на рынке Украины базируется на следующих элементах:

- разработаны **уникальные предложения** в соотношении цена / качество для всей линейки поставляемой продукции;
- на заводах производителей был обучен **собственный штат инженеров** для проведения проектных, монтажных, пусконаладочных работ;
- в Украине создан **сервисный центр** для обеспечения гарантийного и постгарантийного обслуживания в самые сжатые сроки;
- **продукция прошла сертификацию** в соответствии с требованиями ГОСТ и ДСТУ.

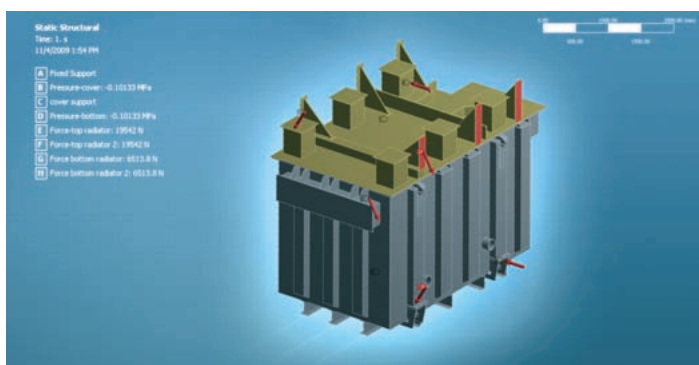
## Проектирование трансформаторов

Имея опыт поставки трансформаторов по всему миру, наши конструкторы компетентны в области требований международных и национальных стандартов ANSI (США), IEC (МЭК), ГОСТ и ДСТУ

К проектированию любой единицы трансформаторного оборудования применяется индивидуальный подход с учетом конкретных требований и области применения.



Конструктора-механики используют в своей работе средства трехмерного 3D моделирования

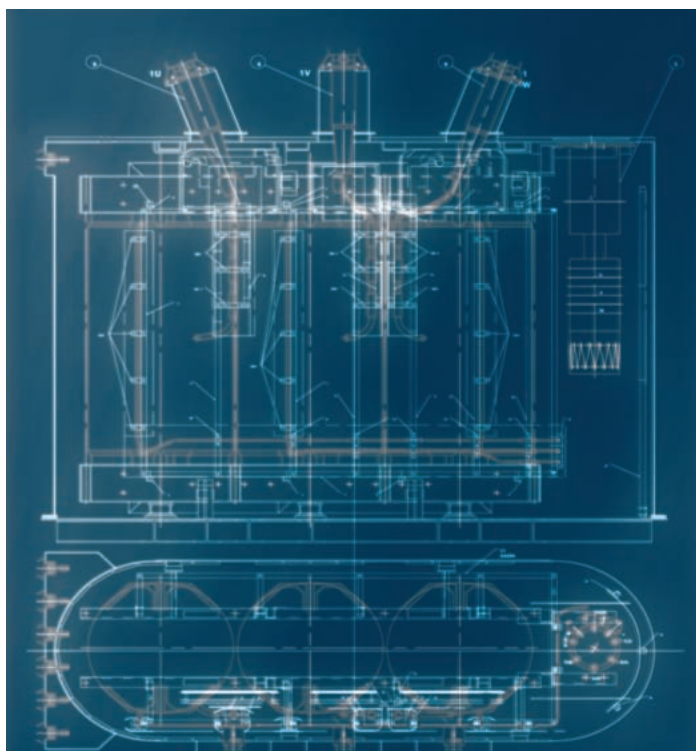


Анализ механической конструкции базируется на применении метода конечных элементов

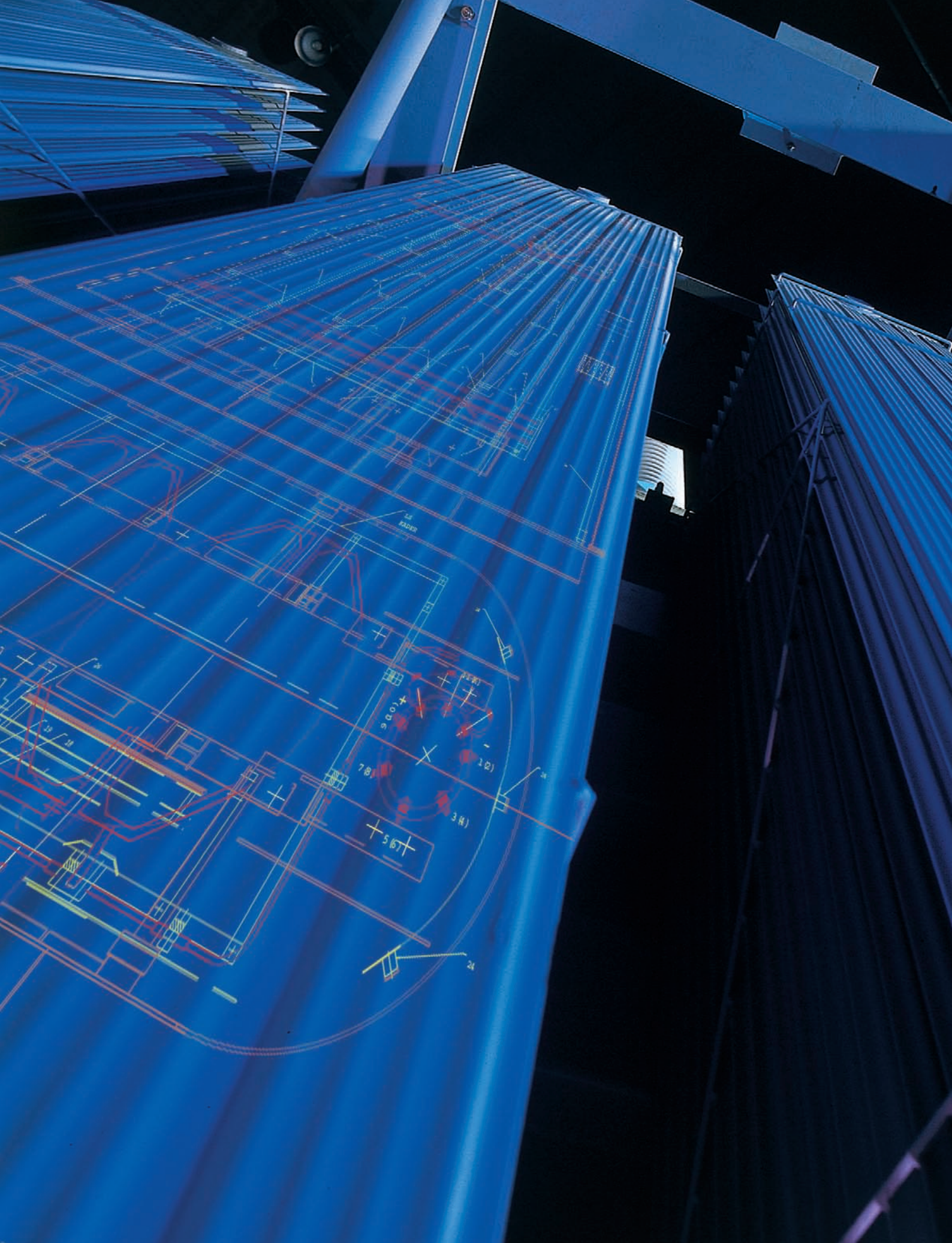
В случае необходимости выполнения требований по сейсмической стойкости CG Power Systems проведет статический/динамический анализ конструкции с целью обеспечения показателей надежности работы трансформатора для конкретных условий эксплуатации.

С целью обеспечения показателей надежности изделий используется специально разработанное программное обеспечение:

- оптимизация конструкции в зависимости от трудовых и материальных затрат, оценки потерь и уровня шума.
- расчет распределения грозовых и коммутационных перенапряжений.
- расчет переходных процессов при коротком замыкании.
- анализ участков, где может возникнуть высокое перенапряжение.
- расчет потерь на рассеивание и тепловое воздействие.



Проектирование ошиновки



От проекта до реализации

## Обеспечение качества

Цель CG Power Systems – создание надежных и безопасных в работе изделий, отвечающих требованиям заказчиков и обеспечивающих высокие показатели по сроку службы. Внедрение стандартов качества и проведение аудита – лишь первый шаг на пути к этой цели. Не менее важно ответственное отношение к системе качества всех работников компании.



Во время тестов каждый трансформатор помечается SFRA подписью

Все предприятия CG Power Systems прошли сертификацию по стандарту ISO 9001. Сертификаты заверены авторитетным институтом **AIBVINÇOTTE**, лабораторией **КЕМА** и Комитетом Канады по Стандартизации.



Проверка качества масла в химической лаборатории

Стандарт ISO 9001 включает в себя большую часть критериев оценки качества из прежнего стандарта серии 9000, включая процедуры поставки и сервиса. Стандарты ISO описывают критерии качества, позволяющие гарантировать соответствие товаров и услуг всем требованиям Заказчиков. Для того, чтобы получить сертификат качества, все службы предприятия-изготовителя должны задокументировать выполняемые процессы и затем успешно пройти аудит независимыми организациями.

Квалифицированные сотрудники проверяют и подписывают журнал поэтапного контроля качества конкретного процесса производства. Специалисты ОТК проводят аудиты с целью обеспечения соответствия производственных процессов критериями системы качества. При необходимости они инициируют корректирующие действия. Кроме этого аудиторы также осуществляют входной и выходной контроль, чтобы обеспечить соответствие материалов требуемому уровню качества.

Система ведения поэтапного контроля качества гарантирует, что ведется постоянная регистрация всех этапов производственного процесса. Проведение аудитов квалифицированными сотрудниками требует, чтобы они были хорошо обучены целям и процедурам выполняемой работы, при этом все сотрудники продолжают проходить углубленную подготовку по всем аспектам своей работы.



## Конструкция магнитопровода

С целью уменьшения потерь тока намагничивания и уровня шума шихтовка всех магнитопроводов производится с полным косым стыком пластин по схеме «step-lap», достигая тем самым наилучшего распределения потока.

Ультрасовременная компьютеризированная линия раскроя листов позволяет изготавливать высокоэффективные магнитопроводы. Эти машины способны вырезать стальные сердечники максимально возможной ширины.

Некоторые машины автоматически складывают стержни с ярмом, позволяя минимизировать обработку стали, ослабить механические напряжения и снизить потери до требуемого уровня.



Монтаж магнитопровода после шихтовки

Листы укладываются послойно, формируя торроидальную форму магнитопровода и создавая оптимальную радиальную опорную конструкцию для обмоток, что особенно важно при коротких замыканиях.

Незащищенные края всех готовых магнитопроводов скрепляются высокопрочной эпоксидной смолой низкой вязкости в местах соединения стержня с нижним ярмом, чтобы еще больше снизить уровень шума. Конструкция позволяет достичь незначительных повышений температуры, а при необходимости в пакеты магнитопровода добавляются точно расположенные вертикальные масляные каналы.



С целью уменьшения магнитного сопротивления для шихтовки всех магнитопроводов используется схема «step-lap»

Магнитопровод зажимается с помощью стальных зажимов, которые обеспечивают высокую прочность при статических (подъемы) и динамических (короткие замыкания) механических нагрузках. Зажимы легкие по весу, позволяют создать гладкую поверхность на концах обмоток, устраняя тем самым области локального увеличения напряженности электрического поля.



Изготовление регулировочных ответвлений из двухжильного медного провода

Обмотки имеют цилиндрическую форму с концентрическим размещением катушки. Такая конструкция обеспечивает высокую стойкость к токам короткого замыкания и охлаждение поверхностей проводников. В обмотках может использоваться медная и алюминиевая жилы в зависимости от требований Заказчика. Как правило, в трансформаторах средней и большой мощности используется только медная жила.

Могут применяться жилы с бумажной изоляцией либо на основе изоляционного материала Nomex®. Кроме этого, возможно использование транспонированного кабеля. В случае, когда обмотки должны выдержать повышенные электродинамические усилия токов короткого замыкания, используются высокопрочные жилы. Сечения жил выбираются как можно больше, чтобы минимизировать электродинамические усилия и при этом контролировать потери на вихревые токи.



Готовые обмотки ожидают последующего монтажа

Транспонированный кабель может поставляться со слоем эпоксидной смолы, повышая стойкость к электродинамическим усилиям. В современных обмоточных машинах для обеспечения жестких допусков и более эффективного процесса намотки используется авторегулируемые стальные оправки. Обмоточные машины оснащены гидравлической тормозной системой для обеспечения требуемой величины натяжения обмотки.



Оптоволоконные датчики измеряют фактическую температуру в наиболее нагретых точках

Тип обмотки выбирается конструктором с учетом конкретных условий применения. В зависимости от требований по величине тока и напряжения возможны различные конфигурации обмотки: ленточная, с плоскими лобовыми частями, рядовая, винтовая, дисковая, экранированная или с перекрещенными витками. С целью выравнивания напряженности электрического поля на периферии обмотки со стороны высокого напряжения и в других локальных областях с возможной высокой напряженностью поля устанавливаются изоляционные кольца. Для придания дополнительной механической прочности обмотку усиливают распорками в форме ласточкиного хвоста.

Поток масла подается на обмотку зигзагообразно, чтобы обеспечить равномерное охлаждение поверхности обмотки и ограничить образование наиболее нагретых точек. Особое внимание уделяется равномерному распределению масла по всем секциям обмоток.

По требованию Заказчика в обмотку могут быть установлены оптоволоконные датчики температуры для измерения фактической температуры в наиболее нагретых точках при испытаниях и эксплуатации.

По завершении операции намотки катушки сушат в сушильной печи и сжимают гидропрессом, чтобы получить расчетную высоту и гарантировать полное сопротивление токам короткого замыкания. Это позволяет точно задать окончательные размеры конструкции, обеспечивая сборку со стабильными геометрическими параметрами. После этой операции обмотки готовы к сопряжению с магнитопроводом, выводами и прочими внутренними элементами конструкции.

## Изоляция

Главная изоляция изготавливается из высококачественного трансформаторного картона или изоляционного материала Nomex®, полностью пропитанная маслом с целью ограничения внутренних частичных разрядов вследствие воздушных включений. Для обеспечения высокой механической и электродинамической прочности распорки обмоток изготавливаются из уплотненного трансформаторного картона.

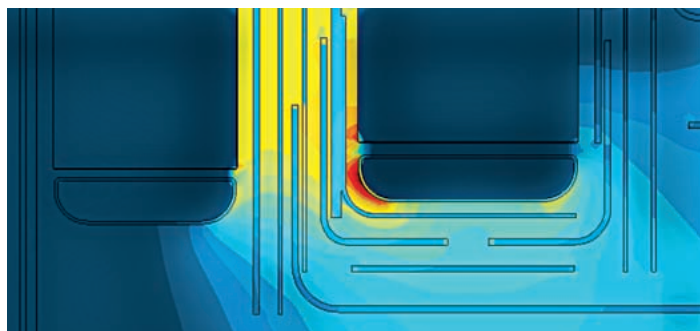
Для ограничения частичных разрядов необходимо следить за тем, чтобы при производстве изоляционных компонентов, при пропитке, все критические поверхности были залиты достаточным количеством масла.



Изоляция может быть выполнена из стандартной или специальной бумаги, изоляционного материала Nomex® или гибрида бумаги и материала Nomex®



Для оптимизации конструкции с точки зрения распределения электрического поля применяются специально отформованные изоляционные компоненты



На этапе проектирования производится расчет изоляции на основе метода конечных элементов

## Сборка магнитопровода и обмоток

Сначала отдельные обмотки устанавливаются друг на друга для сборки отдельных фаз.

Радиальные зазоры между обмотками разделяются твердыми перегородками из трансформаторного картона.

Далее на верхнюю и нижнюю часть обмотки устанавливают изоляционные кольца с целью создания требуемого распределения электрического поля. Это позволяет контролировать величину масляных зазоров и их электрическую прочность.

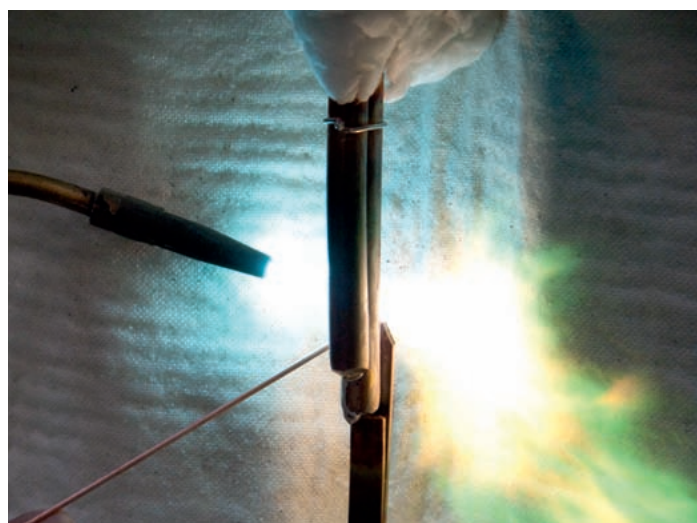
Отдельные фазы в сборе аккуратно устанавливают на стержни магнитопровода и плотно прижимают к сердечнику для обеспечения оптимальной стойкости к токам короткого замыкания.

Повторно прижимается верхнее ярмо магнитопровода, а затем обжимается вся сборка магнитопровода с обмотками.

Далее монтируется ошиновка ( в случае необходимости), опорные конструкции ошиновки. Все соединения обмоток и отводов переключателей трансформатора выполняются до сушки собранного узла в парофазной печи.



Сборка катушки тягового трансформатора 60 МВА  
230/27,5/27,5 кВ



Пайка в среде водорода для получения качественных соединений



Пайка выводов обмотки 40 МВА 230 кВ

Проектирование бака полностью автоматизировано. Компьютер определяет оптимальный размер, количество и расположение необходимых опорных конструкций бака. Иногда углы бака закругляют для снижения веса трансформатора без ущерба для его качества и надежности. Уменьшение размера и веса бака облегчает транспортировку, погрузку-разгрузку, сборку и монтаж трансформатора на месте установки.

Все баки рассчитаны на выдерживание полного вакуума и изготавливаются из листов высококачественной стали.

На каждом баке предусмотрены приспособления для подъема краном или домкратом, закрепления тяговых тросов. Для быстрого доступа ко всем внутренним компонентам предусмотрены лючки и колодцы, включая обесточенные переключатели и втулки-соединения.



Бак тягового трансформатора 60 МВА 230 кВ

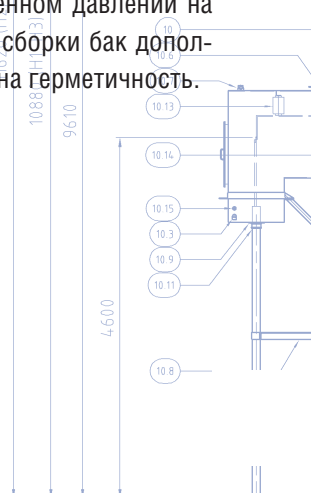


Перед транспортировкой поверхность баков обрабатывается воздушной струей.

В соответствии с требованиями спецификации бак может иметь плоское основание либо конструктивные элементы, которые позволяют перемещать трансформатор в двух направлениях. Трансформатор может быть спроектирован со сварной крышкой или с крышкой на болтах, или как бак-колокол.

Все металлические части подвергаются пескоструйной очистке для удаления сварных брызг, окалины и окислов, чтобы идеально подготовить поверхность к грунтовке и покраске. Внутри бак окрашен белой маслостойкой краской для создания хорошей видимости во время внутреннего осмотра.

Все металлические детали тщательно тестируются на маслогерметичность при пониженном и повышенном давлении на заводе-изготовителе баков, после полной сборки бак дополнительно проходит 24-часовое испытание на герметичность.

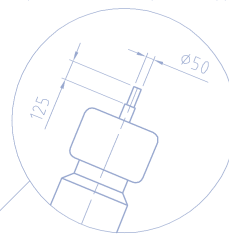


## Обработка модуля магнитопровода с обмотками

Собранный модуль: сердечник с обмотками – тщательно сушат до определенного коэффициента мощности парофазным методом, который обеспечивает быстрый, наиболее экономичный и эффективный способ сушки изоляции трансформаторов. При парофазной сушке в качестве нагревающей среды используются насыщенные пары керосина. В этой системе пары керосина затягиваются в вакуумную среду разогретого автоклава, куда предварительно помещается трансформатор. Конденсация пара на сердечнике и обмотках трансформатора вызывает быстрое повышение температуры и вытягивает влагу из изоляции благодаря вакуумной среде. Высокая температура и пониженное давление используется для ускорения процесса сушки.

Когда коэффициент мощности и степень удаления влаги достигают необходимого уровня, подача паров керосина прекращается и создается высокий вакуум, чтобы выпарить остатки влаги и керосина. Из-за большого выделения влаги в ходе этой операции, размеры изоляции физически сокращаются. После выхода из автоклава, трансформатор перепаковывается до необходимых размеров, а затем проводится окончательный гидравлический обжим для обеспечения максимальной электродинамической стойкости обмоток при коротком замыкании в готовом продукте.

DETAIL HV BUSHING  
Top terminal: silver plated copper Alloy

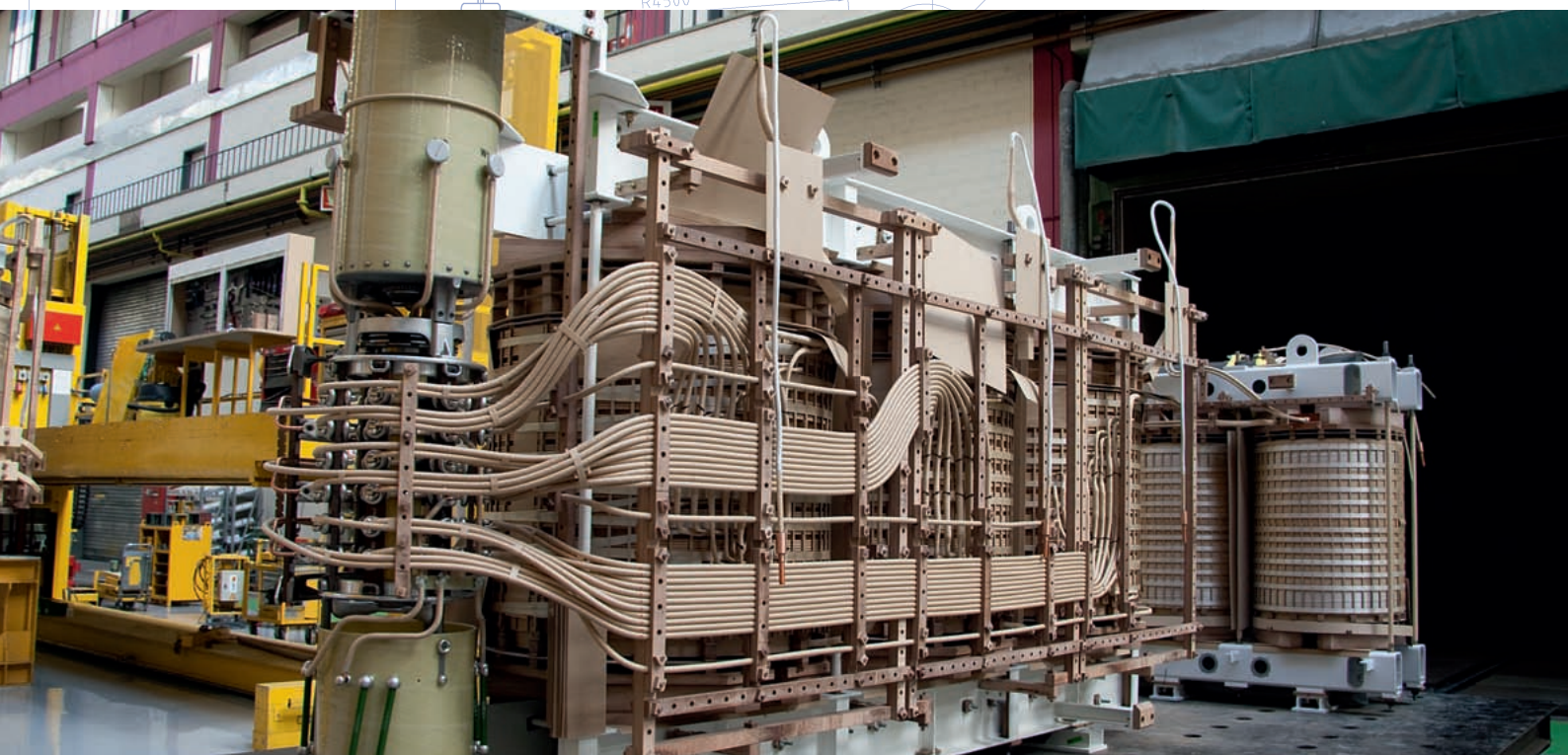


5825

5825

1100

R4500



Две активные части трансформатора готовы к паро-фазной сушке.

102

3000 (250 × 250)

113.5

4500 (250 × 250)

103

158

15

133

106

113.3

88.2

59

113.2

1150

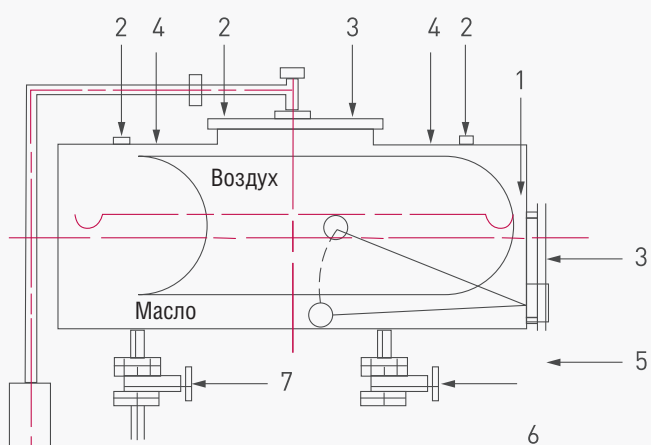
1150

2300

### Система предохранения масла

При проектировании CG Power Systems по умолчанию использует систему предохранения масла с расширителем. Такая система имеет ряд технических преимуществ по сравнению с герметичным баком или системой предохранения с автоматическим регулированием избыточного давления масла:

1. высокая диэлектрическая целостность,
2. постоянное избыточное статическое давление,
3. малые эксплуатационные расходы,
4. возможность использовать реле Бухгольца и улавливать газы.



1. Расширяющаяся нитриловая мембрана
2. Воздушные клапаны
3. Съемные фланцы
4. Подвесные крюки
5. Магнитный датчик уровня масла с одним контактом низкого уровня масла
6. Маслосливной клапан
7. Клапан на соединительном патрубке к баку
8. Силикагелевый «дыхательный клапан»

В системе предохранения масла с расширителем используется расширительный бак, который позволяет трансформаторному маслу расширяться и сжиматься под действием температуры. Расширитель расположен выше уровня основного бака и поддерживает систему в таком состоянии, чтобы основной бак был постоянно заполнен маслом. В расширителе установлен датчик уровня масла, который показывает изменение уровня жидкости.

Из-за нагрева масло в трансформаторе расширяется и беспрепятственно попадает в расширитель. Расширение масла в компенсаторе устройства РПН полностью отделено от масла трансформатора. Отдельный отсек устанавливается на основном расширителе. На каждом расширителе имеется масляный уровень с аварийным контактом, маслясливной патрубком, патрубком подачи воздуха от «дыхательного клапана» и подсо-

единение к трансформатору или РПН. Датчик уровня масла наклонен вниз, чтобы было удобно смотреть показания, стоя у основания трансформатора. «Дыхательный клапан» заполнен силикагелем (Caldigel Orange), который удаляет всю влагу и частицы пыли при подаче воздуха. По запросу, для простоты технического обслуживания и защиты окружающей среды «дыхательный клапан» с повторяющимся циклом нагрева.



Расширитель с индикатором уровня масла для основного бака под углом 30°

### Герметизация

Основной расширитель может быть оснащен нитриловой мембраной, чтобы избежать какого-либо контакта атмосферного воздуха с трансформаторным маслом. Это исключает возможность попадания влаги в трансформаторное масло и окисление масла в расширителе. По запросу устанавливается детектор утечки из расширителя для сигнализации разрыва мембраны. Нитриловая мембрана не устанавливается в отсеке РПН из-за образования газов при каждой операции переключения. По той же причине в отсеке РПН невозможно установить реле Бухгольца; для этой цели разработано специальное защитное реле с системой компенсации резких подъемов уровня масла, которую невозможно проверить газовым (RS2001 от MR) или пружинным реле давления (бета-версия от АББ).



## Регулирование напряжения

Трансформаторы CG Power Systems можно оснастить переключателями числа витков без возбуждения (ПБВ) или регулятором под нагрузкой (РПН), либо обоими устройствами.

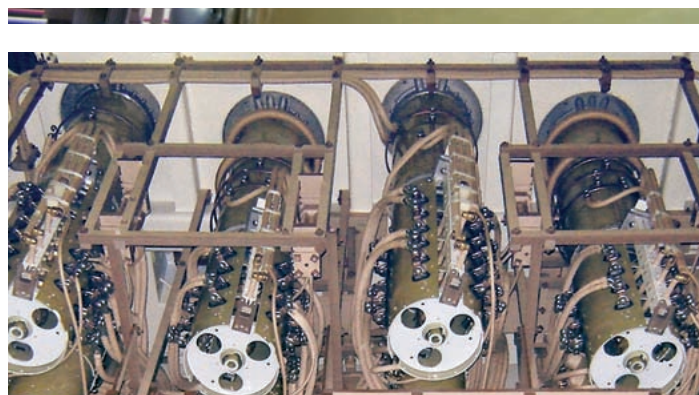
Если требуется РПН, CG Power Systems может установить переключатель резисторного или реакторного типа. Ресурс обоих типов – до 500 000 операций между периодами замены контактов, что существенно сокращает затраты на обслуживание.

РПН может быть установлен непосредственно в основном баке или в отдельном масляном отсеке, чтобы частицы загрязнения, образующиеся в результате дуговых разрядов при коммутации не попадали в трансформаторное масло.

Для предотвращения скачков напряжения на переключателе витков в момент переключения можно добавить варисторную защиту от перенапряжения.



Вид снизу смонтированного РПН,  
тип Reinhausen M III 500 Y 72,5/B 10193W



Фазовращатель на 400 МВА до заливки  
бака. Вид шести РПН



Деталь РПН, установленного внутри масляного бака

Трансформаторы CG Power Systems, как правило, охлаждаются съемными панельными радиаторами, обеспечивая надежную систему охлаждения с низкими эксплуатационными расходами. Для повышения эффективности работы радиаторов возможно использование вентиляторов (система естественного масляного и принудительно-воздушного охлаждения ONAF). Если при проектировании или согласно спецификации требуется еще более эффективное охлаждение, то конструкция наращивается устройством циркуляции масла через обмотки (система принудительно-масляного и принудительно-воздушного охлаждения ODAF).

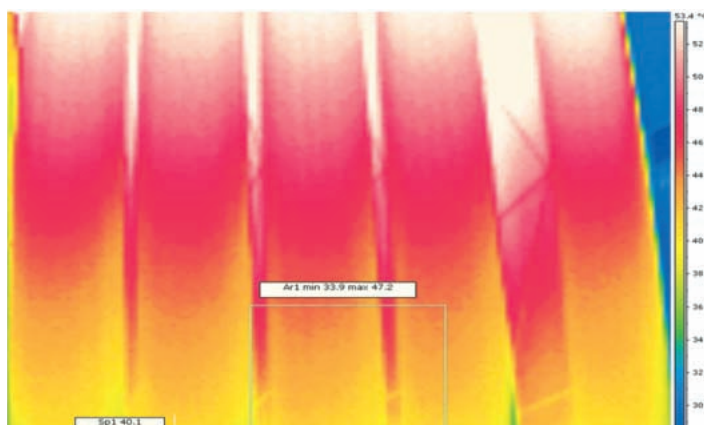
CG Power Systems также обладает богатым опытом применения других систем охлаждения, например, компактных масловоздушных или масловодяных радиаторов; эти решения могут быть использованы по запросу.



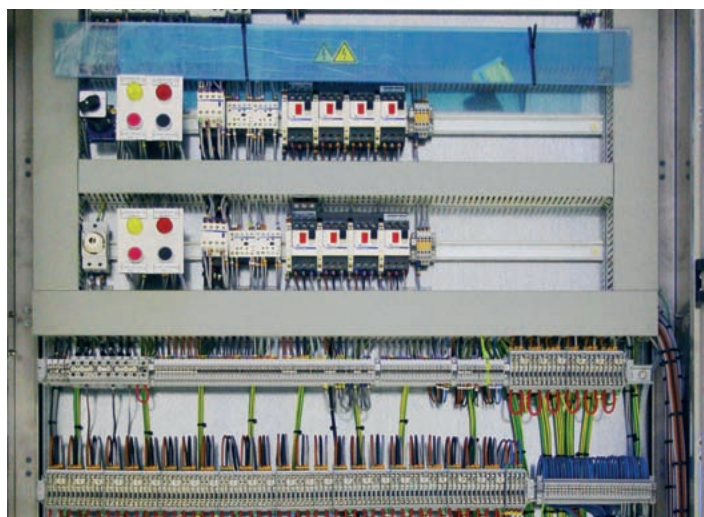
Устройство охлаждения трансформатора 750 МВА

## Регулирование процесса охлаждения

Регулирование процесса охлаждения во многом зависит от конструкции трансформатора и системы охлаждения. Компоненты системы охлаждения отбираются по критериям высокого качества и долговечности. Для систем с насосом используются датчики потока масла, чтобы сигнализировать о сбоях в процессе охлаждения, чтобы при необходимости автоматически переключаться на резервную насосную систему. Реле времени используется для последовательного запуска насосов и вентиляторов с целью снижения пусковых токов. Все необходимые сигнальные контакты входят в стандартную комплектацию. Все оборудование по регулированию процесса охлаждения аккуратно монтируется в блок управления со степенью защиты IP54 (для небольших блоков управления возможно исполнение по IP55).



Термограмма устройства охлаждения автотрансформатора 750 МВА с системой естественного масляного и воздушного охлаждения ONAN.



Вид щита управления трансформатора 120 МВА с системой охлаждения ONAN / ONAF

### Вспомогательные устройства трансформатора

В шкафу управления трансформатора группируются все сигналы от вспомогательных устройств, установленных на трансформаторе вместе с системой регулирования охлаждения.

Все трансформаторы CG Power Systems с масляным расширителем оснащены газовым реле (реле Бухгольца). В случае небольшого внутреннего сбоя, в масле образуются газообразные продукты, которые стремятся выйти через наивысшую точку трансформатора. Для отвода выделяемых газов между основным баком и расширителем устанавливается реле Бухгольца. Как только накапливается достаточное количество газа, поплавков активирует контакт аварийного сигнала. В случае серьезного сбоя, например, короткого замыкания, реле Бухгольца действует как реле переполнения маслом. При образовании большого объема газа или масла мгновенно срабатывает контакт второго поплавка, который размыкает выключатель трансформатора. Поскольку реле Бухгольца выполняет функцию определения резкого перетока масла в расширитель, то отпадает необходимость использования отдельного защитного реле давления. Реле Бухгольца устанавливается над самой высокой головкой, чтобы поплавки Бухгольца дублировали аварийные уровни масла. В случае отсутствия масла в расширителе, датчик уровня масла активирует аварийный сигнал, но реле Бухгольца отключит трансформатор, когда уровень масла упадет еще ниже, до уровня Бухгольца.

Чтобы не повредить бак трансформатора, в случае серьезных внутренних неисправностей, по запросу на баке трансформатора и переключателя витков устанавливаются перепускной клапан с автоматическим повторным включением. Для защиты персонала этот перепускной клапан может быть оснащен щитком и дренажной трубой для слива масла до уровня земли.

Срок службы трансформатора сильно зависит от абсолютной температуры перегретых точек обмотки, которая в свою очередь зависит от температуры масла и нагрузки. Все трансформаторы в стандартном исполнении оснащены датчиком температуры масла и не менее, чем одним датчиком температуры обмотки с контактами, подключаемыми к системам охлаждения, сигнализации и выключения. Для достижения длительного срока службы трансформатора используется стандартный набор контактов сигнализации и выключения, который можно изменить по запросу.

### Мониторинг и Электроника

CG старается не использовать электронные устройства для системы охлаждения, а применяет только надежные компоненты, которые гарантируют бесперебойную работу на протяжении всего срока службы трансформатора. Однако для мониторинга трансформатора используются очень сложные системы, в которых обязательно присутствуют следующие четыре элемента:

- Измерительные датчики. В основном используются датчики Pt100 для измерения температуры верхнего масла, нижнего масла, масла в отсеке переключения витков и температуры окружающего воздуха, преобразователи токов в цепях нагрузки и охлаждения, датчик растворенных газов и влаги, датчики положения вентиляторов. По запросу можно добавить систему мониторинга частичных разрядов или специальную систему мониторинга переключателя витков.
- Микропроцессорный блок управления для сбора и хранения всех данных.
- Алгоритмы расчета, которые применяются для обработки данных и своевременного оповещения о состоянии трансформатора и необходимости в обслуживании, включая расчет температуры наиболее нагретых точек обмотки, расчет сокращения срока службы, расчет износа контактов РПН, расчет точки кипения масла и соответствующих пределов перегрузки.
- Связь системы мониторинга с компьютером, системой SCADA или локальной сетью по протоколам связи TCP/IP, Modbus, DNP3, Profibus и прочим. Для обеспечения надежности передачи данных между системой мониторинга трансформатора и компьютерной системой используется волоконно-оптическая связь.

Опциональное автоматическое реле напряжения может поставляться как отдельно от трансформатора, так и встраиваться в автономный блок управления, который предназначен для монтажа в помещении пульта управления подстанцией. Волоконно-оптические датчики могут быть установлены в обмотках только на период проведения тепловых испытаний или для регистрации температур наиболее нагретых точек во время работы с соответствующими реле.

Перед отправкой все трансформаторы производства CG Power Systems проходят испытания на соответствие стандартам согласно требованиям Заказчика. Все испытания на соответствие отраслевым и дополнительным стандартам, за исключением проверок на токи короткого замыкания, проводятся квалифицированным персоналом непосредственно на заводе с использованием современной высокоточной контрольно-измерительной аппаратуры.

### Импульсные испытания

Современная цифровая система испытаний Haefely HIAS обеспечивает наиболее точный, из доступных сегодня, анализ результатов импульсных испытаний. Электронная регистрация формы импульсов тока и напряжения позволяет оперативно проводить математическое сравнение характеристик, включая вычисление разницы форм двух рассматриваемых импульсов. Предусмотрена функция быстрой печати результатов испытаний. При необходимости, возможен вывод фотодиапозитивов с импульсного осциллографа.

В зоне испытаний на полу уложена медная заземленная сетка с многочисленными токоотводами для заземления. Это исключает образование высокого сопротивления относительно земли и обеспечивает точные результаты измерений при испытаниях. Импульсный генератор рассчитан на выдачу 200 кВ на ступень, суммарно до 2,8 МВ, с общей накапливаемой энергией 210 кДж. Для точного срабатывания на каждой ступени генератора имеется политригatronный разрядник высокого давления. Для испытаний срезанным импульсом используется разрядник срезанных импульсов Haefely. Наши заводы могут в полной мере проводить испытания напряжениями грозовых и коммутационных импульсов, а также фронтом импульса.

### Испытание на электромагнитные помехи

Для испытаний на электромагнитные помехи используется генератор переменного напряжения с номинальным напряжением 1500/1000 кВА, 3/1-фазное, 170/240 Гц. Параметры напряжения регулируются твердотельным автоматическим регулятором напряжения и твердотельным регулятором скорости двигателя постоянного тока 1000 кВт. Во время испытаний измеряют напряжение частичных разрядов в диапазоне пико- и мкВ, также есть оборудование для определения мест возникновения частичных разрядов методом триангуляции.



Подготовка к испытаниям генераторного трансформатора 150 МВА 235/34,5 кВ с системой принудительно-масляного и принудительно-воздушного охлаждения ODAF в соответствии со стандартами Немецких Железных Дорог.

## Измерение потерь

Электропитание системы измерения потерь осуществляется через регулирующий трансформатор 5/10 МВА, который питает три однофазных вариатора 10 МВА и конденсаторную батарею мощностью 110 МВАр. Автоматизированная система с цифровой индикацией и принтером позволяет определять потери по току с помощью трансформаторов тока и потери по напряжению с помощью газонаполненных конденсаторов.

<Подготовка к испытаниям генераторного трансформатора 150 МВА 235/34,5 кВ с системой принудительно-масляного и принудительно-воздушного охлаждения ODAF в соответствии со стандартами Немецких Железных Дорог.



В испытательной камере проводится испытание электроизоляции трансформатора Brume 110 МВА; 400/76/36 кВ для оператора Elia (Бельгия)

## Динамические испытания

Для динамических испытаний высоким напряжением предусмотрено оборудование с плавным регулированием выходного напряжения от 3 до 350 кВ. Для измерения уровня приложенного напряжения используется цифровой вольтметр, реагирующий на амплитуду и калибруемый по среднеквадратичному значению. Он может измерять напряжение до 1600 кВ.

Ведущие позиции CG Power Systems на международном рынке трансформаторов в течение многих лет убедительно подтверждаются результатами испытаний на короткое замыкание в независимых испытательных центрах Кема (Нидерланды) и IREQ (Канада).

Трансформаторы, которые успешно прошли испытания на токи короткого замыкания:

Испытание силовых трансформаторов CG токами короткого замыкания				
МВ·А	ВН/НН, кВ	Импеданс	лаборатория	год
25	69.8/15.7	11	Кема	1990
10	37.5/10.4	9.85	Кема	1992
30/36	115/13.8	11.47	Кема	1992
23	66/11.5	13.02	Кема	1994
90 однофазовый	150/2x27.5	13.46	Кема	1995
10 однофазовый	55/27.5	1.28	Кема	1995
120/120/40	220/63/10.5	13.24	Кема	1996
185 однофазовый	$\frac{400}{\sqrt{3}}$ $\frac{165}{\sqrt{3}}$ 34	22.9	Кема	1998
58	34.5/11	8.2	Кема	1998
19	33/11.5	6.14	Кема	1998
100/120	220/31.5	12.0	Кема	2001
40	220/(63/31.5)	12.0	Кема	2001
11,2	22.86/13.2	5.165	HydroQuebec	2001
90/120	220/63/10.5	12.35	Кема	2004
81 однофазовый	400/27.5+27.5	14.95	Кема	2004
30/40	60/10.5/5.5	11.88	Кема	2005
30	132/16.05/10	11	Кема	2008
25	45/16.05/10	11	Кема	2008
100	225/64	12	Кема	2009
60 однофазовый	230/27.5	16.8	Кема	2009

## Транспортировка и монтаж

В зависимости от способа транспортировки, трансформаторы CG Power Systems могут быть отгружены с трансформаторными вводами, радиаторами, вентиляторами, расширительным баком, заправленным маслом или без таковых.

Обладая опытом поставки силовых трансформаторов в 135 стран мира, CG Power Systems гарантирует быструю и надежную доставку.

Монтаж трансформатора может быть выполнен самим клиентом или опытной командой сервисной службы CG Power Systems.



Транспортировка повышающего генератор-трансформатора 332 МВА (с водяным охлаждением); 115/21 кВ для немецкой энергетической компании RWE



Транспортировка полностью укомплектованной мобильной подстанции



**ЭК «Система»**

**Эксклюзивный дистрибьютор CG  
на территории Украины**

Жилинская, 75, Киев, Украина

T + 380 44 596 2015

F + 380 44 596 2016

M + 380 67 353 1005

Контактная особа: Александр Прудкой

ap@eks.com.ua

[www.cgglobal.com.ua](http://www.cgglobal.com.ua)

