

# ИСТОРИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ ROHDE & SCHWARZ

Давняя традиция

Matthias Keller, Jens Medler

*\_машинный перевод\_*

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real





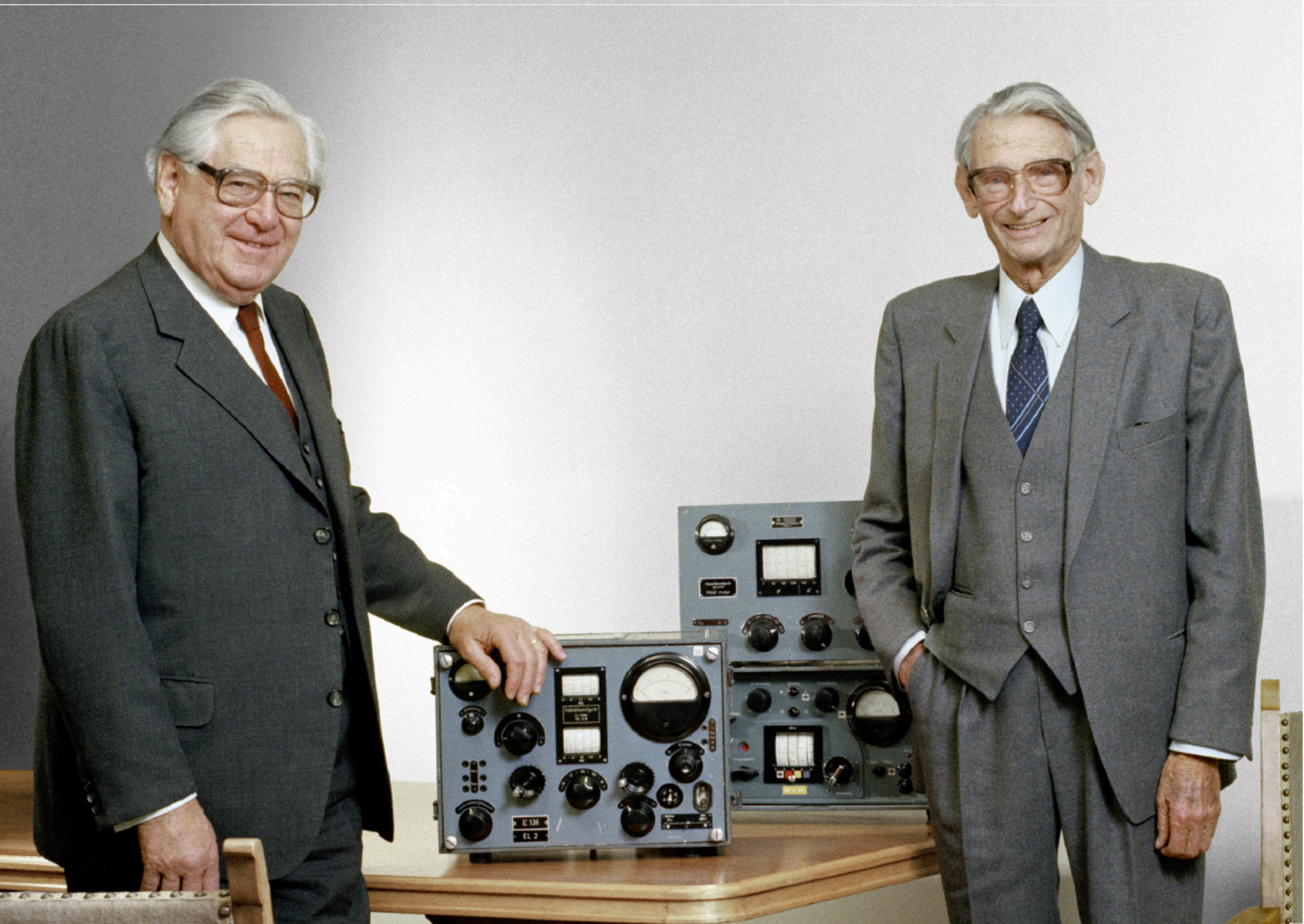


Рис. 1: Доктор Лотар Роде (справа) и доктор Германн Шварц с продуктами из первого десятилетия компании, на переднем плане измеритель дального поля NMF. Он был разработан в 1937 году, примерно в год рождения тестовых приемников на Rohde & Schwarz.

# ИСТОРИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ ROHDE & SCHWARZ

Компания Rohde & Schwarz долгое время создавала тестовые приемники электромагнитных помех. Первый измеритель напряженности поля для измерения электромагнитных помех были созданы в 1930-х годах. Сегодня компания Rohde & Schwarz является мировым лидером на рынке инструментов этого типа.

Вопрос необходимости проведения испытаний приемников электромагнитных помех поднялся с внедрением АМ-вещания в 1920-е годы. Многочисленные жалобы на помехи от радиослушателя потребовали подавления RFI-интерференций для существующих электрических устройств и оборудования, но подходящие процедуры измерения

и инструменты еще не были доступны. Системные технические исследования для определения единообразия измерений процедуры по защите вещания начались только после создания Международного специального официального комитета по радиопомехам (CISPR) в 1933 году.



Вскоре было признано, что влияние на радиосвязь прием зависит от типа помех (широкополосных или узкополосных) и соответствующей службы радиосвязи . В частности, зависимость от частоты следования импульсов привела к определению и внедрению теперь уже знакомого квазипикового детектора . Целью было снизить затраты на подавление RFI, что означало Подавление RFI должно применяться только там, где это уместно. Испытательное оборудование должно указывать только на необходимость действий на частотах, на которых такие действия были субъективно оправданы. Низкий пульс частоты воспринимаются как гораздо менее беспокоящие , чем более высокие (например, 100 Гц импульсное возмущение оказывает такое же влияние на средневолновый приемник на 10 дБ сильнее Помехи частотой 10 Гц), поэтому они могут быть занижены взвешены при измерении. Фактически это именно это и делает квазипиковый детектор. Quasi- таким образом, пиковую оценку можно сравнить с моделированием АМ-радиоприемника вместе с субъективная чувствительность к шуму.

В 1941 году Ассоциация электротехники, электротехнологий электронные технологии (VDE) опубликовал проект стандартов VDE 0876

“Технические требования к устройствам для измерения радиопомех и устойчивости" и VDE 0877 “Принципы измерения напряжений радиопомех”. Эта номенклатура актуальна и по сей день. VDE 0876 отражает серию базовых стандартов CISPR 16-1-x dards (устройство для измерения радиопомех излучение помех), в то время как VDE 0877 отражает Серия базовых стандартов CISPR 16-2-x (meth-ods для измерения излучения радиопомех).

**Первая эпоха: раннее начало.**

Rohde&Компания Schwarz начала разрабатывать и производить измерители напряженности поля в 1930-х годах. Первыми приборами были измерители напряженности поля ННК и измеритель дальнего поля ННФ в 1937 году (рис. 1). ННК был доступен в двух версиях для частотного диапазона частота варьируется от 2,3 МГц до 23 МГц и от 23 МГц до 107 МГц. В трех версиях ННФ cov- расширил общий диапазон частот от 100 кГц до 100 МГц и позволил измерять напряженность поля- от 1 мкВ / м до 0,1 В/м. За ним последовал измеритель ближнего поля ННН в 1938 году, также доступный в трех моделях, охватывающих частотный диапазон от 100 кГц до 100 МГц.

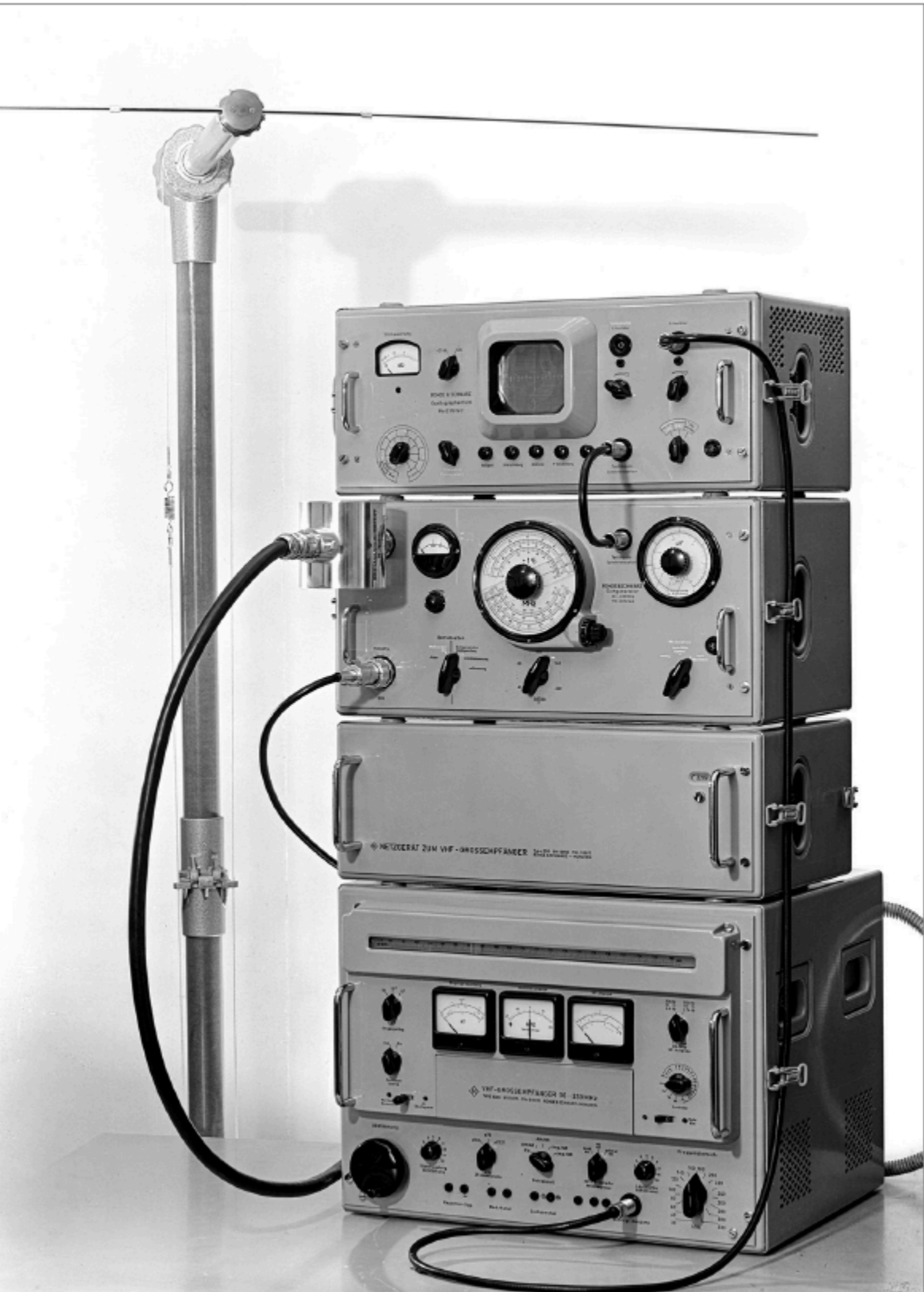
Рис. 2. Появление радиовещания сделало необходимым подавление RFI . Эта бронзовая Американская фигура является лис- ссылка на выступление по радио Президента Франклина Д. Рузвельта в его памятной записке в Вашингтоне, округ Колумбия.





В послевоенный период Германия столкнулась с новой ситуацией для вещания- ing. Копенгагенский план по радиочастотам- cies в Европе, вступивший в силу в 1948 году, был недоброжелателен к проигравшим странам во Второй мировой войне и выделил им лишь очень немногочисленные и неблагоприятные условия. приемлемые частоты в диапазоне средних волн. Как в результате Германия продвинула использование Диапазонов ОВЧ и сверхвысокой частоты для вещания. Миля-краеугольным камнем этой разработки стал первый европейский УКВ-передатчик реан, построенный Rohde & Schwarz и работающий на частоте 90,1 МГц, который был введен в служба баварского общественного вещания состоялась 28 февраля 1949 года в Мюнхене-Фрайманне. Для планирования были необходимы измерители напряженности поля местоположение передатчика и контрольный передатчик

Рис. 3: помехи ОВЧ  
измерительная  
система (новая модель 1957  
года) с Тестовый приемник  
ESG VHF (внизу) и  
интерфейс EZS измерение  
длины дополнение (вверху).



эксплуатация. В 1949 году компания Rohde & Schwarz выпустила измеритель напряженности поля HFD для измерения частот от 87 МГц до 470 МГц в качестве дополнения к NHF. Ядром HFD был измеритель ESD приемник, супергетеродинный приемник с встроенным калибровочным генератором на 100 МГц. Хорошая обеспеченная воспроизводимость калибровки напряжения очень точные сравнительные измерения в линейном диапазоне измерений даже с небольшими изменениями в напряженности поля, в то время как логарифмическое измерение диапазон измерений позволял проводить измерения и регистрировать сильно изменяющиеся напряженности поля. Также был возможен прием FM- или AM-передатчиков .

Открытие диапазона УКВ с 30 МГц до 300 МГц для радио- и телетрансляции принесло новые требования к оборудованию для измерения электромагнитных помех- улучшение. Стандарты также пришлось обновить, начиная с измерений напряжения помех и выше до 20 МГц для измерения напряженности поля возмущения гарантии до 300 МГц. Дополнительно CISPR потребовал измерения помехи напряжение от ИУ на подключении к сети переменного тока частота ниже 30 МГц и излучаемая помеха напряженность поля выше 30 МГц. Rohde & Schwarz поддерживал этот процесс при разработке системы измерения сверхвысокочастотных помех, которая использовалась Немецким телекоммуникационным центром Инженерным центром (FTZ) в Дармштадте и станции измерения помех Deutsche Bundespost для исследования влияния помех влияние на сверхвысокочастотное вещание.

Шумовое воздействие электрических помех на Радиовещание в AM-диапазоне было известно из более ранних исследований , но влияние помех на Телевизионное и FM-радиовещание было в значительной степени неизученным изученным. Сначала считалось, что влияние помех можно определить путем измерения пикового значения импульсов помех. Соответственно, было выбрано отображение невзвешенного пикового значения независимо от частоты следования импульсов . Осциллограф (в качестве прибора был известен в то время) использовался для качественной оценки импульсов помехи с точки зрения формы и ширины и для сравнения интервала протяженности и тестовых импульсов. Оказалось, что четко определенные отдельные импульсы были довольно редкими. Обычным шаблоном были последовательности импульсов с большим или меньшим расстоянием между импульсами, например, от "дребезг" контактов зажигания внутреннего сгорания- ных систем, искрение коллекторов электрических двигатели, или коронных разрядов на высоковольтном



ЛЭП. Опыт показал, что осциллографический метод измерения для получения и оценки серий импульсов не был удовлетворительным заводской. Например, показания существенно различались в зависимости от того, использовались ли редкие очень высокие импульсы сигнала помехи для сравнение с тестового импульса от калиброванной или более частые среднее значение предполагалось. Кроме того, измерение требовалась процедура, которая непосредственно отображала влияние помех на прием телевидения.

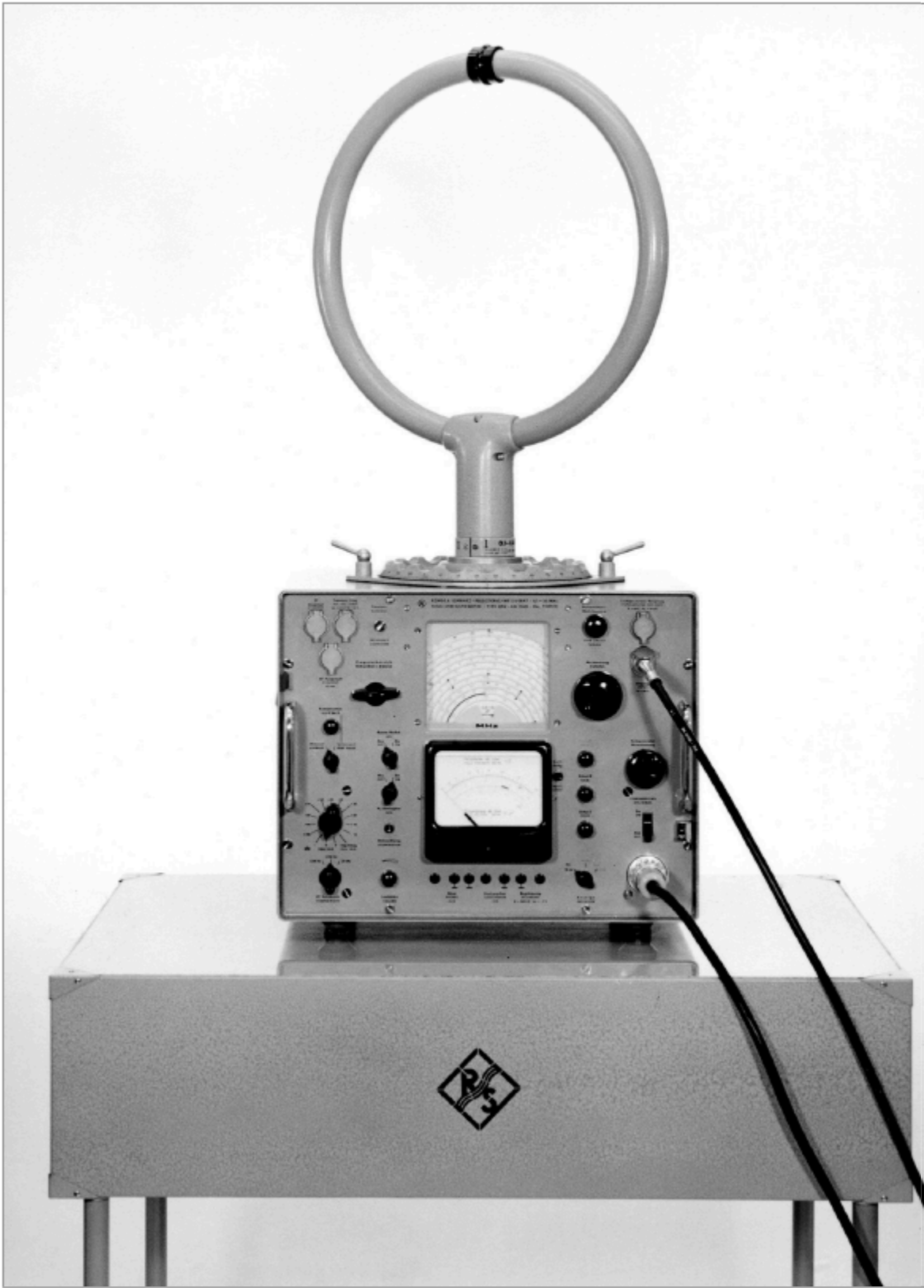
Было обнаружено, что субъективное восприятие искажение изображения также зависело от частота следования импульсов помехи импульсы, но с более резким падением по сравнению с восприятие слуховых помех при радиоприемнике [1]. Для полного отображения взвешивания вплоть до отдельных импульсов потребовались бы измерительные приемники, способные обрабатывать амплитуду различия, превышающие 50 дБ, без перегрузки. В то время это было невозможно, и даже сейчас это стало бы серьезной проблемой для измерительного прибора. Поэтому CISPR предложил задать и реализовал сглаженное взвешивание кривую для индикации квазипика в полосе С CISPR (от 30 МГц до 300 МГц), который по-прежнему является частью Стандарт CISPR 16-1-1 [4]. Он определяет 43,5 дБ девальвация для одиночных импульсов относительно пикового значения значение. Для выпрямителя, CISPR определил заряд постоянную времени в 1 мс и постоянную времени разряда в 550 мс для обеспечения воспроизводимых результатов. Наконец, полоса пропускания для измерений должна была быть адаптирована к новым службам вещания. ИТ изначально было установлено значение 200 кГц для УКВ-помех измерительных систем, но позже CISPR рекомендовал исправил значение 120 кГц. Все это было интегрировано используется при измерении помех EZS дополнение, заменяющее осциллографические измерения метод измерения с помощью приборного дисплея. система была внедрена с 1957 года Deutsche Bundespost и надзорными органами других европейских стран в качестве стандартной системы измерения система страхования. Первоначально (с 1953) в УКВ инструменты ECM 180 (30 МГц до 180 МГц) и ЭОР 300 (85 МГц до 300 МГц) были использованы в качестве измерительный приемник. С 1955 года они были заменены измерительным приемником ESG (рис. 3) (с 30 МГц до 330 МГц).

Измеритель напряженности УКВ-поля HUZ для частот диапазон частот от 47 МГц до 225 МГц был также запущен в это время. У него был пиковый вольтметр индикатор возраста с взвешиванием CISPR. Хотя

этот прибор не соответствовал высоким требованиям-улучшения Рекомендации 305 CISPR [2] или пересмотренного Регламента VDE 0876 в отношении абсолютной точности и устойчивости к перегрузкам, портативный HUZ может использоваться для исследовательских полевых работ измерений, например, для исследования помех от зажигания помех от двигателя транспортного средства подавление помех.

В 1959 году испытанный измеритель дальнего поля NHF был заменен HFH (рис. 4). В отличие от отдельные варианты инструментов предыдущего NHF, HFH охватывал всю частоту диапазон частот от 100 кГц до 30 МГц с грехом пополам. прибор gle. Его можно использовать для измерения напряженности прямого поля на выбор предлагается три варианта измерений

Рис. 4: Напряженность поля HFH измеритель с прикрепленной петлей антенна для прямого поля считывание напряженности в диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц. Транс-корпус порта был сконструирован превращен в оборудование монтажный стол.





петлевые антенны для диапазонов от 0,1 МГц до 0,4 МГц, от 0,4 МГц до 1,6 МГц и 1,6 МГц до 30 МГц или с выносной стержневой антенной и позже с выносной петлевой антенной. Отслеживающий калибровочный генератор был инновацией. IT включена калибровка на каждой частоте, включая контурную антенну, позволяющую напрямую считывать значения напряженности поля без использования калибровочных колебательных кривых. Дисплей можно переключать между измерением среднего и пикового напряжения- улучшено для измерения напряжения помех. Прибор поставляется с индуктивной и емкостной зондирующими антеннами для таких целей, как проверка эффективности экранирования. В качестве специального особенностью является то, что транспортировочный кейс может быть преобразован в стол для испытательного оборудования. Кроме того, диапазон частот может быть расширен до 10 кГц с длинноволновым модулем HFHL дополнение.

Рис. 5: ESU VHF/UHF  
измерительный приемник имел  
сменные радиочастотные  
разъемы и измерительный  
сигнал конечный  
вход, соответствующий  
стандарту Dezifix-B - тип  
разъема, разработанный  
фирмой Rohde & Schwarz и широко  
использовалась в 1960-х годах.

Вторая эпоха:

эпоха аналоговых супергетеродинных приемников с Весовыми детекторами CISPR

Тестовый приемник ESU VHF/ UHF (рис. 5) был запущен в 1961 году. Он охватывал частоту диапазон от 25 МГц до 900 МГц с тремя взаимозаменяемые плагин: RF Part I (от 25 МГц до 225 МГц), радиочастотная часть II (от 160 МГц до 475 МГц) и Радиочастотная часть III (от 460 МГц до 900 МГц). Радиочастотная часть IV (от 900 МГц до 1300 МГц) был добавлен в 1969 году. ESU представлял собой супергетеродинный ламповый приемник со спиральной аналоговой шкалой для отображения частоты. Благодаря прочному металлическому корпусу он весил 30 кг и имел вход для измерения сигнала формируется в соответствии со стандартом Dezifix-B – разъем типа а, разработанный Rohde & Schwarz, который широко использовался в 1960-х годах.

Генератор отслеживающей калибровки, который можно было использовать для калибровки прибора на любой частоте





измерений, был значительным достижением . Работу также упростили благодаря выбору диапазонов отображения (линейный 20 дБ, логарифмический 40 дБ или 60 дБ), переключаемого среднего или пикового значения значение на дисплее, выбор полосы пропускания (25 кГц или 120 кГц) и факультативная автоматическая частота контроль.

В ESU был основным элементом измерителя напряженности поля HFU VHF/ UHF, который также включал в себя широкополосную дипольную антенну с частотой от 25 МГц до 80 МГц, широкополосная логарифмическая антенна для частот от 80 МГц до 1000 МГц, стойка и мачта, кабели с разъемами Dezifix и транспортировочный кейс. HFU был задуман как частотный дополнительное устройство для расширения диапазона HFH и заменил предыдущие измерители напряженности поля HNF и HFD.

ESU не имел встроенной функции взвешивания для измерения напряженности возмущающего поля в соответствии с VDE 0876. Для этой цели необходимо было подключить отдельный интерфейс EZS дополнение для измерения длины к выходу IF (2 МГц) . После настройки частоты и калибровки Дисплей EZS необходимо было установить примерно на 0 дБ используя переключатель уровня ESU и EZS attenu- ator. Результат измерения в дБ выше 1 мкВ был рассчитан как сумма значения дБ аттенюатор EZS, настройка переключателя уровня ESU и отклонение от 0 дБ на дисплее EZS. Затем напряженность поля помех в дБ выше 1 мкВ / м был рассчитан путем добавления коэффициента антенны . Этот сложный ручной процесс можно проиллюстрировать с помощью измерения напряженности поля в качестве примера:

- Настройка переключателя уровня ESU: 30 дБ
- Ослабление аттенюатора EZS: 2 дБ
- Отклонение от 0 дБ на приборе EZS: -0,5 дБ
- Коэффициент антенны: 10 дБ

Это дает взвешенную измеренную напряженность поля на 41,5 дБ выше 1 мкВ/м, или 119 мкВ/м.

Портативные приборы были также необходимы для работы в диапазоне СВЧ. Это привело к выпуску в 1964 году дисплея напряженности СВЧ-поля HUSE для частотный диапазон от 470 МГц до 850 МГц, как своего рода расширение испытанного HUZ. С выпрямлением пикового значения и полосой IF- при ширине 500 кГц HUSE был в высшей степени пригоден для определения условий распространения телевизионных сигналов в диапазоне сверхвысоких частот.

Портативный измеритель напряженности поля HFV VHF (Рис. 6) появился в 1970 году. Он мог измерять напряженность поля искомых сигналов и сигналов помех конечные значения от 25 МГц до 300 МГц. Весь диапазон можно настраивать без переключения диапазонов. переключаемый дисплей среднего и пикового значений, широкий диапазон измерения 130 дБ, АМ и Демодуляция FM и взвешивание помех в соответствии с VDE и CISPR со стандартом- увеличенная полоса пропускания измерений в 120 кГц сделала этот прибор идеальным для широкого спектра радиосвязи мониторинга и измерения помех. HFV был первым интерференционным приемником Rohde & Schwarz измерительный приемник стандартной комплектации взвешивание муравьев.

С точки зрения полосы пропускания измерений, изображения отклонения, сопротивления перегрузке и массы импульса , HFV соответствовал стандарту VDE 0876 dard (издание от декабря 1955 г.) и CISPR, издание 2 (Издание 1961 г.). Реализованное взвешивание

Рис. Г: мобильный УКВ-канал HFV измеритель напряженности поля с дипольной антенной. Эта модель не была единственной полностью твердотельной state Rohde & Schwarz тестируемый приемник, но также первый, способный принимать автоматические помехи взвешивание козырька в соответствии с в соответствии с VDE 0876 или CISPR Оубл. 2.







Рис. 7: HFU 2 VHF/UHF

измеритель напряженности поля

с тестовым приемником ESU 2

и логарифмически периодической антенной HL023

широкополосная антенна для работы от

80 МГц до 1300 МГц.

кривая соответствовала широко известному в настоящее время квазипиковому детектору. Напротив, более старый HNF, HNN, HFD и HFN не имели функции взвешивания .

Измерительный приемник ESU2 VHF/UHF, первый полностью твердотельный супергетеродинный приемник с двойным преобразованием эродинный приемник для диапазона частот от от 25 МГц до 1000 МГц, за которым последовал 1976 год. ESU2 (рис. 7) был компактным прибором с девятью выбираемыми перекрывающимися частотными диапазонами и встроенной схемой взвешивания, совместимой с с VDE 0876 и CISPR версии 2 (от 25 МГц до 300 МГц) и версии 4 (от 300 МГц до 1000 МГц). Это сделало впервые возможными измерения излучения помех, соответствующие стандарту, на частоте до 1000 МГц с определенной полосой измерения 120 кГц . Кроме того, можно было измерять широкополосные сигналы помех в диапазоне в соответствии со стандартом MIL. Прецизионный cal- линия вибрации на входе приемника, регулируемая от 0 дБ до 90 дБ, содержал привод от двигателя аттенюаторы с шагом 10 дБ и расширил диапазон линейной индикации с 20 дБ до вольт-амперной диапазон измерения возраста от -10 дБ (мкВ) до +120dB( $\mu$ V)

ESU2 можно комбинировать с другими приборами это первый прибор с дистанционным управлением тестовый приемник. В частотном контроллере EZK использовался автономный гетеродин вместе с контуром регулирования частоты для высокоточной настройки приемника. Адаптер EZP panorama, предшественник существующей функции анализа IF, отображал спектр вблизи настроенная частота приемника для упрощения поиска сигналов. Линии управления и аналоговые выходы были подключены к пульту дистанционного управления ESU2-Z4 адаптер, который, в свою очередь, обеспечивал аналого-цифровое преобразование ers и интерфейс шины IEC/IEEE для доступа к

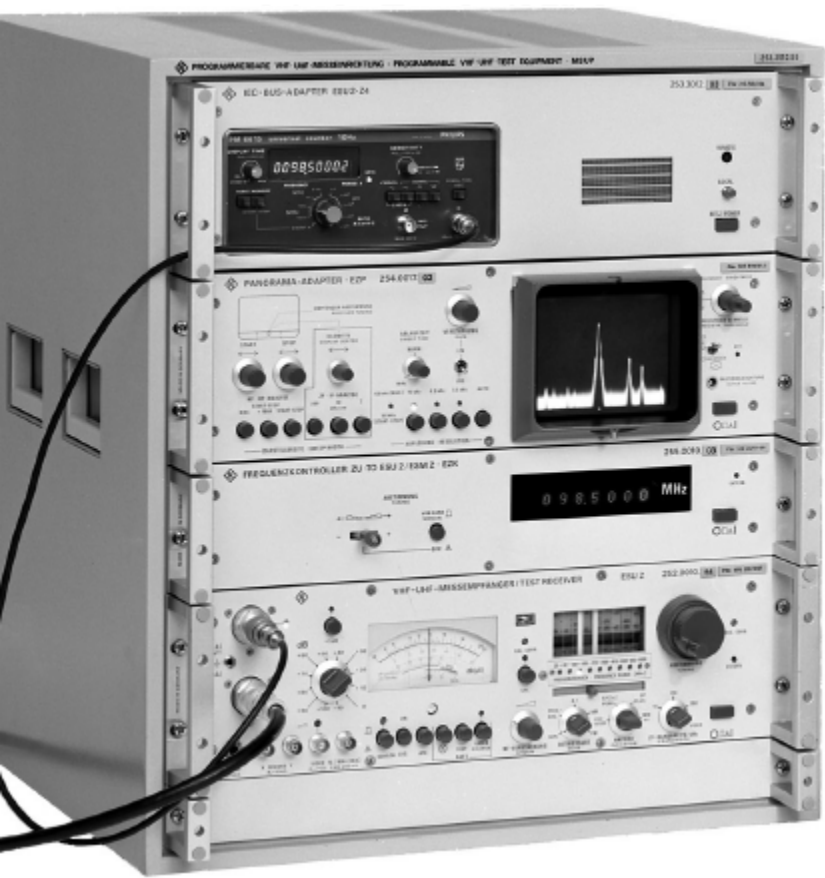


Рис. 8: Тестер MSUP VHF/UHF. В комплекте

в кейсе для прибора находился

Адаптер шины ESU 2-Z4 IEC/IEEE с

встроенный частотомер, панорамирование

EZP адаптер orата, частотный контроллер

EZK контроллер и измерительный приемник

ESU2 (сверху вниз). Настольный компьютер

Tektronix 4051 объединил все это в

автоматизированную тестовую установку.



|                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1937           | HNK               | Измеритель напряженности поля в двух вариантах: от 2,3 МГц до 23 МГц и от 23 МГц до 107 МГц                                                                                                                                                     |
| 1937           | HHF               | Измеритель дальнего поля в трех вариантах: от 100 кГц до 3 МГц, от 2,5 МГц до 25 МГц и от 20 МГц до 100 МГц                                                                                                                                     |
| 1938           |                   | Измеритель ближнего поля в трех вариантах: от 100 кГц до 3 МГц, от 2,5 МГц до 25 МГц и от 20 МГц до 100 МГц                                                                                                                                     |
| 1949           | HFD               | Измеритель напряженности электростатического поля с тестовым приемником, от 87 МГц до 470 МГц                                                                                                                                                   |
| 1953/1955/1957 | UKW-Störmessplatz | Установка для тестирования помех с УКВ-тестовыми приемниками ESM 180 (от 30 МГц до 180 МГц) и ESM 300 (от 300 МГц до 300 МГц), с 1955 года с УКВ-тестовым приемником ESG (от 30 МГц до 330 МГц) и с 1957 года с приложением для измерения помех |
| 1954           | HUZ               | Индикатор напряженности УКВ-поля, от 47 МГц до 225 МГц                                                                                                                                                                                          |
| 1959           | HFH               | Измеритель напряженности поля, от 100 кГц до 30 МГц, преамплекс HHF                                                                                                                                                                             |
| 1960/1969      | ХФУ               | Измеритель напряженности поля с тестовым приемником ESU (три радиочастотных модуля для диапазона частот от 900 МГц до 1300 МГц) и дополнением для измерения помех EZS                                                                           |
| 1964           | HUZE              | Индикатор напряженности поля сверхвысокочастотного диапазона, от 470 до 850 МГц                                                                                                                                                                 |
| 1971           | HFV               | Измеритель напряженности УКВ-поля, от 25 МГц до 300 МГц                                                                                                                                                                                         |
| 1976           | HFU2              | Измеритель напряженности поля с тестовым приемником ESU2, от 25 МГц до 1000 МГц                                                                                                                                                                 |
| 1979           | HFH 2             | Измеритель напряженности поля с тестовым приемником ESH2, от 10 (9) кГц до 30 МГц                                                                                                                                                               |

Тестовые приемники Rohde & Schwarz с 1937 по 1979 год.

digital domain. Это ознаменовало рождение первого системного тестового приемника EMI, который был на самом деле это небольшая система сама по себе (рис. 8).

Наконец, супергетерометр с тройным преобразованием ESH2 тестовый приемник дупе был запущен в 1979 году. С диапазон частот от 10 (9) кГц до 30 МГц, это было идеальное дополнение к ESU2. Вскоре после презентация инструмента, CCIR, а затем CISPR расширил диапазон радиочастот до 9 кГц, по этой причине ESH2 был в конечном итоге поставляется с начальной частотой 9 кГц. Этот измерительный приемник с ручным управлением может быть полунепрерывно настроен с помощью весь частотный диапазон с шагом 100 Гц или 10 кГц, без переключения диапазона. Синтезатором калибровщик управлялся с помощью счетчика вверх-вниз, который, в свою очередь, управлялся механическим / электронным поворотным энкодером с магнитными фиксаторами. Питание счетчика осуществлялось непосредственно от интер- последняя батарея, поэтому последняя настройка частоты была сохранена при циклическом включении прибора. Еще одним нововведением стала шестизначная ЖК-частота индикатор частоты с точностью до кварцевого кристалла.

Естественно, ESH2 имел встроенное взвешивание схема для измерения электромагнитных помех в соответствии с VDE 0876 или CISPR, публикации 1 и 3. Благодаря компактной конструкции, относительно небольшому весу (все еще около 20 кг) и работе от аккумулятора.,

прибор был пригоден для портативного использования. В дополнение к штыревой антенне HFH2-Z1, Петлевая антенна HFH2-Z2 и индуктивная головка HFH2-Z4 головка датчика привела к появлению поля HFH2 измеритель напряженности (рис. 9).

Рис. 9: Поле HFH2 измеритель напряженности с Тестовым приемником ESH 2 и соответствующими антеннами для частотного диапазона от 9 кГц до 30 МГц.





### Третья эпоха: эпоха микропроцессорного управления измерительные приемники

В случае с ESU2 были необходимы четыре отдельных прибора для формирования системного, удаленного управляемого измерительного приемника, но следующий generation интегрировала всю функциональность в одном приборе.

#### Тестовые приемники электромагнитных помех ESH3 и ESVP

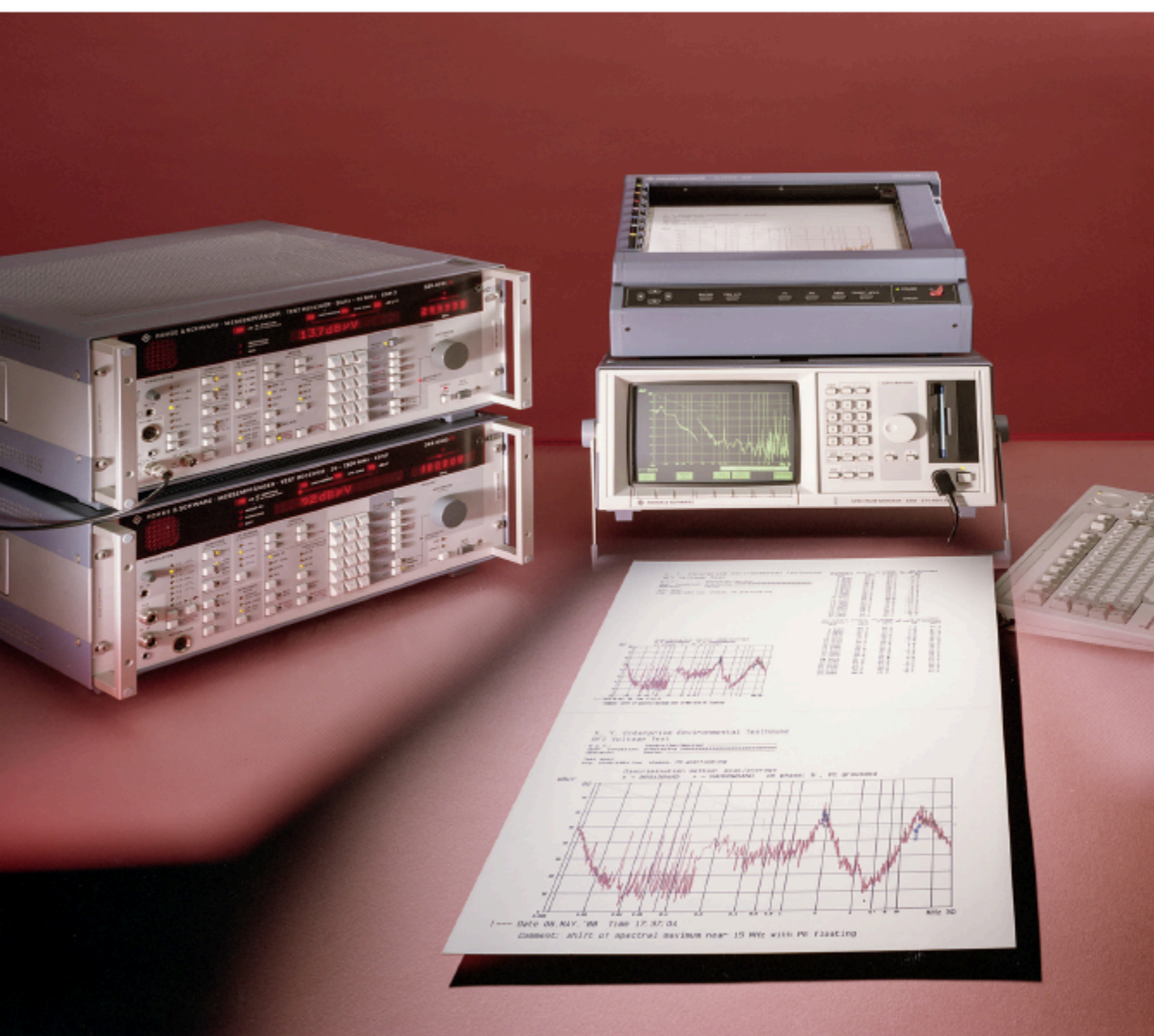
Один приемник (ESH3) для измерения кон- канальные помехи частотой до 30 МГц и второй приемник (ESVP) для измерения поля помех измерения напряженности до 1300 МГц со- красным обозначен частотный диапазон для коммерческой ЭМС измерения в те дни.

Микропроцессор 8085, который находился в состоянии графика того времени отмечалась галочкой в ESH3 (1980, рис. 10). Дисплей был цифровым, и впервые в приемнике был установлен IEC / IEEE шинный разъем для дистанционного управления. Память места было мало, поэтому было написано много кода.

на языке ассемблера и, в противном случае, на PL / M. Сначала разработчики пытались приспособить исполняемый файл мог кодировать в 8 Кбайт памяти, но они были вынуждены расширить ее до 16 кбайт, а затем снова до 24 Кбайт, чтобы освободить место для всех функций. На заре микропроцессорной технологии память была дорогой, и поэтому всегда их было мало, поэтому оптимизация была правилом дня.

ESVP, выпущенный в 1983 году, мог похвастаться двумя микропроцессорами 8085. Один коммунитор связан с модулями, в то время как другой- связан с внешним миром через панель управления и интерфейс дистанционного управления. Они общались друг с другом через двухпортовый порт ОПЕРАТИВНАЯ память, действительно высокотехнологичная в то время. Для любителей традиций были сопоставимые модели с та же радиочастотная секция, но без каких-либо микропроцессоров- технология или программное обеспечение sor: ESV и ESH2. Конечно, было внедрено немного цифровых технологий для управления отдельными модулями. Благодаря такому двустороннему подходу эти весьма успешные эффективные модели проложили путь к переходу в эпоху тестовых устройств с микропроцессорным управлением приемники.

Рис. 10: Тестовые приемники ESH 3 (от 9 кГц до 30 МГц, вверху) и ESVP (от 20 МГц до 1300 МГц) с Монитор спектра EZM.



Это поколение также пошло по тому же пути, что и ESU2, начиная с нескольких отдельно работающих приборов, образующих небольшую систему с расширенным функциональным диапазоном. На следующем этапе это затем испытанная функциональность была объединена через центральный блок управления. Здесь эту роль взял на себя EZM spectrum monitor, устройство, похожее на ПК, с операционной системой MS-DOS система, которая удаленно управляла ESH3 и ESVP и отображала измеренные характеристики- изображение на экране с невероятным разрешением 1024 × 512 пикселей. Программные клавиши также были частью изображения. Первое программное обеспечение для измерения электромагнитной совместимости- прибор от Rohde & Schwarz – EZM-K1 – работал на процессоре. Он расширил возможности автоматического измерения подключение к управлению мачтой и поворотным столом для измерения напряженности поля. Измерения в соответствии с различными стандартами и библиотеками предельные линии уже тогда были стандартными. Выходные данные отчетов об испытаниях матричных принтеров или плоттеров расширен функциональный диапазон. ESH3/ ESVP/ezm по комбинации приборов понравилось большой популярностью в тестовых лабораториях для коммерческого и военным стандартам.

#### ESH3 и клапаны ESV тестовые приемники электромагнитного излучения

Для приборов следующего поколения первоначальным подходом снова была разработка отдельной продукции





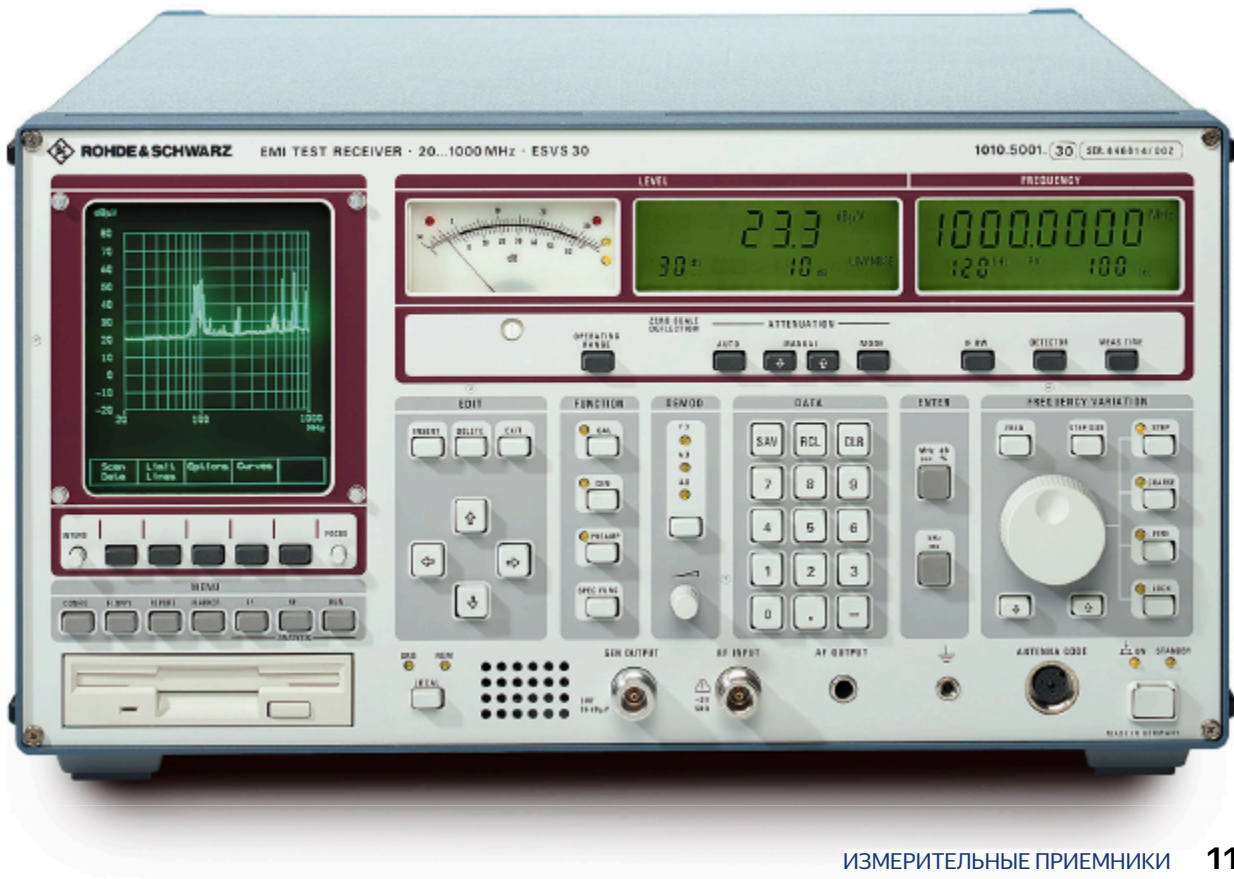
Линейки тестовых приемников Rohde & Schwarz 1990-х годов, представленной в современном графическом стиле [3].

модели для измерения проводимых и излучаемых помех. Второй основной особенностью был четырехстрочный ЖК-дисплей или экран с векторной графикой (рис. 11) на приборах. Даже приборы с ЖК-дисплеем имели встроенные функции автоматизации, которые позволяли им автоматическое управление сетями искусственного электроснабжения и в то же время (благодаря многозадачности операционной системы) вывод отчетов об испытаниях на планшет или принтер. Возможность автономной работы от сети работа от аккумулятора без вмятин сделала приборы идеальными для мобильных приложений и испытаний на открытой местности площадки, безусловно, были обычным явлением. Приборы в конфигурациях более высокого класса имели ЭЛТ с электростатическим отклонением, таким, как обычно устанавливается светодиод в осциллографах – решение, генерирующее очень незначительные электромагнитные помехи. В дополнение к тексту векторная графика может отображать кривые сканирования и спектр IF. А 3.5-дюймовый дисплей был интегрирован накопитель кette drive для сохранения и отображения результатов измерений, предельных линий, коррекции таблиц значений и наборов данных сканирования. Приборы также содержали генератор слежения для использования в четырехполюсных измерениях или специально для определения потерь в кабеле.

### Тестовый приемник ESS EMI

Флагманом этого семейства приборов был Тестовый приемник ESS, который наряду с частотой в диапазоне от 5 Гц до 1 ГГц поддерживал все CISPR и MIL с полосой пропускания до 1 МГц. Это было впечатляющее абсолютно бескомпромиссное техническое решение в компактном приборе с максимально возможной

Рис. 11: Являясь одной из лучших моделей своего поколения, ESV отличались аналоговым и цифровым измерением – также для отображения улучшенных данных в виде векторной графики для отображения кривых сканирования.





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| чувствительность и высокая помехозащищенность от импульсов. Три отдельных высокочастотных входных модуля с различными режимами микширования концепции обеспечивают первоклассные радиочастотные характеристики. ESS приборы по-прежнему используются по всему миру.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | визуализация кривой в сочетании с гистограммой<br>отображение до трех детекторов, работающих параллельно. Еще одной новой функцией стала временная область анализ для оценки временной динамики сигнала помехи – функция измерения ориентирована на повседневную практику и полезна для таких задач, как отслеживание неисправного отопительного прибора контроллер. Все это было встроено в корпус существующих моделей. Как и следовало ожидать, ESCS30 соответствовал всем требованиям сот-коммерческие стандарты ЭМС в соответствии с CISPR и VDE. Полностью автоматические и полуавтоматические испытания последовательности комбинированных измерений с высокой точностью удобство благодаря быстрой и надежной настройке приемника. Возможность автономной работы от сети до 4 часов работы от встроенной батареи вместе с благодаря встроенному 3,5-дюймовому дисководу, изготовленному эта модель подходит и для мобильного использования. ESCS30 выиграли конкурс БАПТ для ставок, что делает его первым классом ссылка после его выхода на рынок. |
| <b>Тестовый приемник электромагнитных помех ESCS 30</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| В 1997 году Федеральное управление почты Германии и телекоммуникаций (BAPT) – ныне Германия-федеральное сетевое агентство Map – объявило конкурс для подачи заявок на значительное количество тестов на ЭМС приемники, поскольку BAPT отвечал за защита радиосвязи от интерференции . Требования были очень требовательными и не могли быть выполнены существующими про-трубопровод, например, с точки зрения частотного диапазона. А поэтому проект разработки был реализован быстро. решили воспользоваться этой возможностью. результатом стал инструмент с уникальными функциями. Его основные характеристики включали непрерывную частоту диапазон от 9 кГц до 2,75 ГГц и цветной ЖК-дисплей дисплей с разрешением VGA для измерений |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Rohde & Schwarz test  
приемники с 1980 по  
Сегодня.

|      |           |                                                                                                                                          |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1980 | ESH3      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 9 кГц до 30 МГц                                                                             |
| 1982 | ESV       | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 МГц до 1000 МГц                                                                          |
| 1983 | ESVP      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 МГц до 1300 МГц                                                                          |
| 1991 | ESHS      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 9 кГц до 30 МГц, серия 30 со встроенным дисплеем спектра                                    |
| 1991 | ESV       | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 МГц до 1000 МГц, серия 30 со встроенным дисплеем спектра                                 |
| 1991 | ESAI      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 Гц до 1,8 ГГц                                                                            |
| 1991 | ESBI      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 Гц до 5,2 ГГц                                                                            |
| 1992 | ESS       | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 5 Гц до 1 ГГц                                                                               |
| 1994 | ESMI      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 20 Гц до 26,5 ГГц                                                                           |
| 1995 | ESPC      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 150 кГц до 1 ГГц                                                                            |
| 1997 | ESCS 30   | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 9 кГц до 2,75 ГГц                                                                           |
| 1999 | ESI/ ESIB | Тестовый приемник электромагнитных помех трех моделей для диапазонов частот от 20 Гц до 7 ГГц, от 20 Гц до 26,5 ГГц и от 20 Гц до 40 ГГц |
| 2004 | ESCI      | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 9 кГц до 3 ГГц                                                                              |
| 2006 | ESU       | Тестовый приемник электромагнитных помех трех моделей: от 20 Гц до 8 ГГц, от 20 Гц до 26,5 ГГц и от 20 Гц до 40 ГГц                      |
| 2008 | ESL       | Тестовый приемник электромагнитных помех в двух моделях: от 9 кГц до 3 ГГц и от 9 кГц до 6 ГГц.                                          |
| 2009 | ESCI7     | Тестовый приемник электромагнитных помех, от 9 кГц до 7 ГГц                                                                              |
| 2012 | COЭ       | Тестовый приемник FEMI трех моделей: от 10 Гц до 3 ГГц, от 10 Гц до 7 ГГц и от 10 Гц до 26,5 ГГц                                         |
| 2013 | ESRP      | Тестовый приемник FEMI двух моделей: от 10 Гц до 3 ГГц и от 10 Гц до 7 ГГц                                                               |
| 2016 | ESW       | Тестовый приемник электромагнитных помех в трех моделях: от 2 (1) Гц до 8 ГГц, от 2 (1) Гц до 26,5 ГГц и от 2 (1) Гц до 44 ГГц           |



В

ESPC был специально разработан для развертывания в зоне предварительного соответствия, на что указывает буква “P” в его названии. Несмотря на некоторые сниженные технические характеристики, он обеспечивал результаты измерений со значительно более высокой точностью и достоверностью, чем чистый спектральный анализ лизеры. Поэтому он в первую очередь использовался для измерений при разработке во всех отраслях промышленности и для всех классов продукции, а также в исследованиях и образовании. Даже в испытательных центрах он часто использовался как вспомогательный инструмент.

**Тестовые приемники ESAI, ESBI и ESMI EMI**

Эти модели открыли новую эру.

Впервые тестовые приемники Rohde & Schwarz были основаны на принципе работы spectrum analyzer. Предыдущая линейка обычных приемников для окончательного тестирования все еще поддерживались в параллельном производстве 10 лет в течение нескольких лет, но в конечном итоге она была прекращена выбор был сделан в пользу приборов, основанных на спецификации- spectrum analyzer.

Их особым преимуществом было быстрое многократное сканирование с функцией максимального удержания для предварительного сканирования измерения, что привело к улучшенному получению колеблющихся узкополосных сигналов помех. Кроме того, приборы объединили предварительную точность, селективность, динамический диапазон и чувствительность селективного тестового приемника с возможностью выполнения любых желаемых измерений спектра. Благодаря к частотному диапазону от 20 Гц до 1,8 ГГц, 5,2 ГГц или 26,5 ГГц и технической конфигурации этот тип приемника пользовался большой популярностью у испытательных центров, а также для военного применения, научные исследования, образование и аэрокосмическая промышленность.

**Четвертая эпоха: цифровая эра**

Появление цифрового вещания и коммуникаций системы связи также повлияли на помехи методология взвешивания. CISPR исследовал влияние импульсных помех на многочисленные службы цифровой радиосвязи, в результате чего были разработаны новые весовые функции принят в базовом стандарте CISPR 16-1-1 [4] в 2007 году: среднеквадратичный детектор и измерение амплитудного распределения вероятностей (APD)- функция контроля.

Первым тестовым приемником с среднеквадратичным детектором был ESIB, основанный на спектральном анализе FSE lyzer, выпущенный в 1999 году. Результатом стало выгодное сочетание анализатора спектра и тестового приемника

, которое началось с ESAI и остается очень популярным до сегодняшнего дня прогресса в области цифровых технологий. Чем больше этапов на пути передачи сигнала реализовано с цифровой обработкой сигнала, тем проще это сделать обеспечить различные концепции работы, которые присущи приемникам и анализаторам спектра по своей сути , на одной платформе. В этом случае аналоговое оборудование предназначено для поддержки как функции развертки анализатора спектра , так и ступенчатой частотной развертки приемника. Это дополняется предварительным выбором частоты, который активен во всех режимах работы и необходим для удовлетворения высоких требований к измерениям динамический диапазон.

ESIB был первым компактным тестовым приемником с диапазоном частот до 40 ГГц, который удовлетворял требованиям коммерческих Стандарты ЭМС, а также диапазоны частот для военных стандартов и FCC. В приборе использовался цифровой сигнальный процессор (DSP) и обеспечил поддержку FFT для сокращения измерений время проверки в режиме анализатора спектра, который теперь является стандартной функцией в spectrum analyzer технология анализа и приемника.

Практика базирования новых тестовых приемников на текущей серии анализаторов спектра, которая началась с ESIB, была продолжена с R&S® ESU (с 2002 года все продукты Rohde & Schwarz имели в названии аббревиатуру бренда). Высококласный R & S®FSU был крестным отцом R & S® ESU. Название ESU произошло от комбинация FSU и буква “E” для “Empfänger” (по-немецки “приемник”), и с этим обозначением при создании прибора была отдана дань уважения ESU ламповому приемнику 1961 года выпуска. Тот же подход был применен в сегменте средних частот, где источником платформы был анализатор спектра R& S®FSP . В результате были получены результаты трех тестов на электромагнитные помехи- 1) передовой R& S® ESU для автомобильной промышленности и MIL-spec приложений, R& S® ESCI для com- измерения податливости (как указано буквой обозначение “C”) в основном в соответствии с коммерческими стандартами dards и R&S® ESPI с более скромным RF характеристики для области предварительного соответствия (indirect- обозначается буквой “P” в названии).

R &S®ESPI и R&S® ESC были традиционными тестовые приемники, которые могли проводить измерения только на одной частоте приема, но R & S® ESU пошли значительно дальше. Благодаря частотному преобразованию на основе БПФ сканирование частоты с использованием цифровой обработки сигнала,



это значительно сократило время измерения. Неограниченное использование этой технологии, которая была новинкой в мире EMC, потребовало стандартизации, но это еще не было завершено. Никогда- тем не менее, значительная часть автомобильного мира приняла преимущества более быстрого измерения улучшения. Результаты измерений те же при соблюдении общих условий, таких как достаточно длительное время измерения. Дополнительно- таким образом, впервые в R&S®ESU появилась Функция измерения APD, соответствующая Стандарту CISPR 16-1-1 [4]. Триада R & S®ESU, R & S®ESCI и R & S® ESPI получила широкое признание в профессиональном мире.

Текущее поколение тестовых приемников было выпущено в 2012 году. Инструменты среднего уровня были первыми, кто был заменен. Цифровая обработка сигналов редактирование было главным в разработке R&S® ESR. Целью было выполнить вычисление интенсивный БПФ в режиме реального времени в полевых условиях- матрицы с управляемыми вентилями (FPGA). Многие технологии были заимствованы у R & S®FSV в режиме реального времени

анализатор спектра, который был основан на та же платформа и завершенный за короткое время earlier. R&S® ESR был первым тестовым приемником, который может быть оснащен для спектрального анализа в режиме реального времени в качестве опции - sis. Это дало EMC мировое преимущество совершенно новые способы анализа сигналов помех но настоящей изюминкой нового поколения стало частотное сканирование с квазипиковым обнаружение, полностью соответствующее требованиям стандарта CISPR 16-1-1. В зависимости от требуемой полосы пропускания измерений, превышение время измерений было значительно сокращено, часы превратились в секунды. R & S® ESR стал первым приемником, овладевшим искусством визуализации весь диапазон CISPR B (от 150 кГц до 30 МГц) в режиме реального времени с квазипиковым обнаружением, соответствующим стандарту . Спектрограмма представляет пользователю с плавным изменением помех сигналы с течением времени. Последствия изменений в тестируемом оборудовании можно увидеть сразу, а глубина тестирования достигает беспрецедентных размеров.

Рис. 12: текущий флагман EMI парк тестовых приемников: R & S® ESW, показан здесь с мультисканом APD- функция измерения на экране.





Тестовые приемники часто управляются с помощью EMI test программное обеспечение, но “настоящий” тестовый приемник, такой как R & S® ESR должен иметь “аналоговый” вид при управлении вручную, например, при настройке частоты частота с помощью поворотной ручки. Дополнительно R&S®ESR значительно повысилась простота управления благодаря встроенному решетчатому сенсорному экрану, впервые в этом класс инструмента. R&S®ESRP, текущий предварительный вариант R & S® ESR с тем же дизайном экстерьера также имеет эту функцию.

Значительный прогресс был также достигнут в области стандартизации дардизации. Опубликована версия 3.1 коммерческого Стандарта ЭМС CISPR 16-1-1 [4] в 2010 году. В нем описываются тестовые приемники на основе FFT, фактически узаконивающие внедрение этой технологии нология. Комитет MIL по стандартам принял к сведению из этой предыдущей работы и в 2015 году определил условия для использования тестовых приемников на основе БПФ в MIL-STD-461G.

Текущая линейка продуктов была дополнена в 2016 году был представлен топовый R& S®ESW (рис. 12). Наряду с благодаря еще лучшим радиочастотным характеристикам и более высокой скорости измерения R & S® ESW перенял ряд инноваций, таких как в качестве ограничителя импульсов для защиты входа от сильных импульсов помех. Переключаемые режекторные фильтры подавляют сигналы WLAN для включения чувствительных измерения на устройствах с включенным радио модули (добро пожаловать в интернет вещей!). Пользовательский интерфейс также был усовершенствован. Понятно, что организованные меню с полным отсутствием вложенных элементов меню повышают удобство использования и сокращают время обучения. Как и R & S®ESU и R & S® ESR, R & S® ESW, естественно, имеет измерение CISPR APD- функция обеспечения, которую с 2020 года также можно заказать в многоканальной версии. Это позволяет оценивать быстро меняющиеся межканальные параметры фереры, например, при излучении помех измерения на бытовых микроволновых печах в диапазоне частот от 1 ГГц до 18 ГГц.

Компания Rohde & Schwarz работает в сфере тестирования электромагнитных помех Более 80 лет занимается производством приемников. С самых первых приемников для тестирования электромагнитных помех в 1930-е годы, эпоха аналоговых супергетеро- динамические приемники и усовершенствованные приборы на основе БПФ в настоящее время Rohde & Schwarz неоднократно внедряла инновации и устанавливала стандарты. Естественно, компания придерживается этого курса. В нарождающуюся эпоху беспроводных сетей интернета вещей с растущими требованиями к сосуществованию компонентов, тщательному использованию

спектр играет все более важную роль Роль. Помимо тестовых приемников, для этого требуется целый ряд контрольно-измерительного оборудования расширяясь до готовых установок для тестирования ЭМС. Как поставщик полного цикла услуг, Rohde & Schwarz может удовлетворить весь спектр этих потребностей.

Matthias Keller, Jens Medler

Авторы хотели бы поблагодарить Манфреда Штехера за его профессионализм консультации и поддержка в подготовке этого Статья.

Список литературы

[1] Измерения электромагнитных помех в диапазоне УКВ, В. Полманн, Rohde & Schwarz Transactions, Vol. 9 (1957, pp. 73–79).

[2] Документ CISPR N° 305 (Бельгия): P. Jesper, Calcul de la courbe de réponse du récepteur CISPR aux impulsions réceptées pour les fréquences comprises entre 25 et 300 MHz.

[3] Приемник для измерения электромагнитных помех в диапазоне от 5 Гц до 26,5 ГГц – концепция специалисты по электромагнитным помехам доказали свою состоятельность. Rohde & Schwarz News, Том 156 (1997/ IV), стр. 10-12.

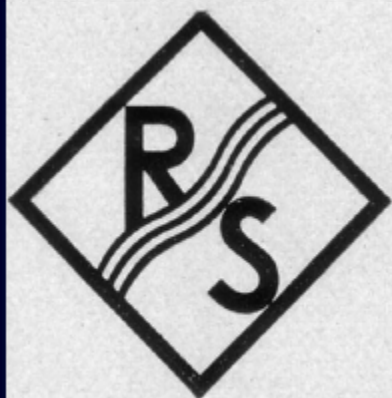
[4] CISPR 16-1-1: 2019 (Изд. 5) Спецификация на радиопомехи и приборы и методы измерения помехоустойчивости – Часть 1-1: Радиопомехи-приборы для измерения помех и помехоустойчивости – Измерительное приложение - ratus.

Для получения дополнительной информации и технических описаний посетите [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com).





Измеритель дальнего поля  
высокой частоты, который  
положил начало истории  
измерительного приемника в  
Rohde & Schwarz, in a con-  
временная реклама.



Meßgeräte für die Tonfrequenz- und Hochfrequenztechnik  
Измерительные приборы для техники низких и высоких частот  
Appareils de mesures pour basses et hautes frequences

**ROHDE&SCHWARZ·MÜNCHEN**