

**Lieferung, Installation und Inbetriebnahme eines Digitalen Echtzeit Stromnetzsimulators zur Durchführung von Laborversuchen und Simulationen im Bereich Schutz- und Netzleittechnik**

**Projektbezeichnung**

Hochschule Zittau/Görlitz

02763 Zittau

Labor Schutz- und Netzleittechnik der Hochschule Zittau / Görlitz

Lieferung, Installation und Inbetriebnahme eines Digitalen Echtzeit Stromnetzsimulators zur Durchführung von Laborversuchen und Simulationen im Bereich Schutz- und Netzleittechnik

**Vergabeart:**

Offenes Verfahren

**Hinweis zur Angebotswertung:**

Zzgl. zu den Vergabeunterlagen wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass vom Bieter beigelegte Geschäfts- oder Servicebedingungen zwingend zum Ausschluss vom Vergabeverfahren führen!

Änderungen an den Verdingungsunterlagen wie Streichungen, Änderungen oder Hinzufügen von Textpassagen im Leistungsverzeichnis führen ebenso zwingend zum Ausschluss vom weiteren Wertungsverfahren!

Bei Vertragsabschluss wird die VOL/B in der derzeit gültigen Fassung Vertragsbestandteil, darin enthalten sind 24 Monate Mängelbeseitigungsfrist ab Tag der Abnahme.

Um dies zu vermeiden, bitte geben Sie nur nachfolgende Formulare elektronisch mit dem Angebot ab:

- Angebotsschreiben 633
- Eigenerklärung zur Eignung bei VOL- Vergabeverfahren oder Einheitliche Europäische Eigenerklärung (eEEE)
- geforderte Zertifikate als Nachweis der Fachkunde, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit (wenn gefordert)
- ausgefülltes Leistungsverzeichnis
- gesonderte Erklärungen, Nachweise, Referenzen (wenn gefordert)

**Allgemeiner Hinweis:**

Es ist zwingend jede Position des LV mit einem Einheitspreis zu versehen.

Angaben wie beispielsweise "in Pos. ... enthalten", "inklusive" oder ähnliche Angaben sind keine Preisangaben und führen zwingend zum Ausschluss vom weiteren Wertungsverfahren!

**Hinweis zu evt. Auskünften:**

Die Beantwortung von Bewerberfragen ist nur bis 6 Kalendertage vor Angebotsfrist zulässig!  
Bitte beachten Sie das bei evt. Fragestellungen.

**Projektsprache:**

Deutsch

**Leistungsverzeichnis A-1524-EFO****Vorbemerkung:**

Die Hochschule Zittau/Görlitz beabsichtigt nachfolgende Beschaffung, gemäß den beschriebenen Spezifikationen. Die beschriebenen Spezifikationen sind Mindestanforderungen welche zwingend zu erfüllen sind bzw. technisch gleichwertig sein müssen.

Der Fachbereich Schutz- und Netzleittechnik benötigt für die anstehenden Aufgaben in der Lehre einen Digitalen Echtzeit Stromnetzsimulator, welcher die Durchführung der laboratorischen Experimente auf dem genannten Gebiet unterstützen soll. Außerdem sollen vor allem physische Controller und Schutzgeräte getestet werden, weshalb der Simulator mit ausreichenden analogen und digitalen Ein- und Ausgangsmöglichkeiten ausgestattet sein muss, sowie die Fähigkeit zur Kommunikation auf hohem Niveau (z.B. IEC 61850, IEC/IEEE 60255-118-1, IEC 60870-5-104, DNP3, Modbus, Aurora usw.) besitzen muss.

Das Gerät wird im Labor Schutz- und Netzleittechnik (Haus Z I, Raum 0.33) aufgestellt und betrieben. Der Raum erfüllt die für den ordnungsgemäßen Betrieb des Gerätes notwendigen Anforderungen hinsichtlich Medienversorgung (Stromanschluss) und Klimatisierung.

**Titel 01:****1 pauschal****Lieferung, Installation und Inbetriebnahme eines Digitalen Echtzeit Stromnetzsimulators zur Durchführung von Laborversuchen und Simulationen im Bereich Schutz- und Netzleittechnik****Simulationsalgorithmus**

- elektromagnetische transiente Simulation in Echtzeit
- Zeitschrittweite: 25 – 50  $\mu$ s
- Frequenzbereich: Gleichspannung bis  $\sim$ 3 kHz
- Erfassung von Frequenzen bis zu  $\sim$ 100 kHz

- Verwendung des Knotenpotentialverfahrens zur Berechnung der Netzspannungen und –ströme
- Umrechnung (Zerlegung, Invertierung) von Matrizen (Impedanzmatrix, Admittanzmatrix) mit einer Mindestgröße von 720 x 720 Elementen in jedem Zeitschritt
- Simulation von mindestens 720 einphasigen Hauptstromkreisknoten, bis zu 500 einphasigen Schaltern und maximal 1500 einphasigen radialen Einspeisungen innerhalb eines eng gekoppelten Systems, keine Entkopplungselemente erlaubt
- Admittanz-Elemente zwischen den Knoten können kontinuierlich variiert werden

#### Hardware

- 32 Glasfaser SFP-Ports für jede Einheit und I/O-Karten
- modulares Design
- Simulator muss durch zusätzliche Module erweiterbar sein
- Kommunikation zwischen den Modulen muss so umgesetzt sein, dass die Geschwindigkeit der Simulation nicht negativ beeinflusst wird
- absolute Synchronisation zwischen den Modulen
- Multi-Core-Prozessor
- Simulation läuft direkt auf dem Prozessor (kein Operating System)
- Basismodul muss sich mit einem Local Area Network (LAN) verbinden können
- Simulator muss für die auf dem Ethernet-Protokoll basierende Kommunikation (GOOSE, PMU, DNP3 usw.) geeignet sein
- IEC/IEEE 60255-118-1 PMU-Ausgang, IEC 61850 GOOSE-Messaging, IEC 61850-9-2/IEC 61869-9 Sampled Values, DNP3, IEC 60870-5-104, COMTRADE Playback, Modbus und TCP/UDP-Protokolle sind im Lieferumfang enthalten
  - Vier der oben genannten Protokolle müssen gleichzeitig in einer einzigen Echtzeitsimulation betrieben werden können
- mittels Simulator-Software und Ethernet-Kommunikation kann die Simulation während der Laufzeit kontrolliert, überwacht und angepasst werden
- Simulationszeitschritt lässt sich mit einem 1PPS, IEEE, 1588- oder IRIG-B-Zeitreferenzsignal synchronisieren, das von einem externen Gerät bereitgestellt wird
- Unterstützung der folgenden IEEE 1588 PTP-Protokolle: IEC/IEEE 61850-9-3 Power Utility Profile, IEEE C37.238-2011 und IEEE C37.238-2017
- PTP-Domäne muss vom Benutzer konfigurierbar sein
- Holdover-Modus muss für 1PPS-, IRIG-B- und PTP-Slave-Signale verfügbar sein
- mindestens 32, 16-Bit Analogausgänge (hohe Auflösung / optisch isoliert) mit den Spezifikationen:
  - nutzbarer dynamischer Bereich: ~400:1
  - Ausgabespannung und Strombereich: +/- 10 V und max. 5 mA
  - Auflösung: 305  $\mu$ V
- mindestens 24, 16-Bit Analogeingänge (hohe Auflösung / optisch isoliert) mit den Spezifikationen:
  - nutzbarer dynamischer Bereich: ~400:1
  - Eingangsspannungsbereich: +/- 10 V
  - Auflösung: 305  $\mu$ V

- mindestens 128 Digitaleingänge (optisch isoliert) mit einer Auflösung von 10 ns
- mindestens 128 Digitalausgänge (optisch isoliert)
- 250 Vdc Digital Output Interface – mindestens 16 potentialfreie Ausgänge
- die Ein- und Ausgänge müssen in einer Entfernung von den Verarbeitungselementen des Simulators von bis zu 3 km angebracht werden können, ohne die Funktion einzuschränken → Datenübertragung über eine oder mehrere Glasfaserverbindungen

#### Anforderungen an die Simulation

- Simulator muss in der Lage sein, das IEEE-68-Bus-System in harter Echtzeit (ohne Überläufe) zu simulieren
- Simulator muss in der Lage sein, das IEEE-39-Bus-System mindestens zwei mal parallel, unabhängig und gleichzeitig zu simulieren
- Simulation von netzgeführten leistungselektronischen Stromrichtern (d. h. HVDC, SVC, TCSC) mit einer effektiven Zündgenauigkeit von 1 Mikrosekunde oder besser
  - diese Wandler müssen als eingebettete Teile der Hauptnetzlösung und nicht als isolierte Teilsysteme gelöst werden
- Simulation von VSC-basierten leistungselektronischen Systemen

#### Software

- alle Aspekte des Simulators müssen von einer Grafischen Benutzeroberfläche (GUI) aus steuerbar sein
- die GUI muss folgende Funktionen haben:
  - Schaltungskonstruktion: ein Modul, das die Konstruktion von Simulationsschaltungen ermöglicht. Es soll möglich sein, vordefinierte Module aus einer Bibliothek von Komponenten zu verwenden, um neue Simulationsfälle zusammenzustellen.
  - Leitungs- und Kabelkonstanten: müssen anpassbar oder selbst einstellbar sein
  - IEC 61850 Anpassungstools: ein Modul zur Konfiguration der IEC 61850 GOOSE- und MMS-Kommunikation. Dieses Tool muss die Datenbindung für die gesamte GOOSE-Kommunikation innerhalb einer bestimmten Simulation durchführen, CID- und andere Hilfskonfigurationsdateien erzeugen und externe SCL-Dateien importieren. Das Tool muss standardmäßig in der Simulationssoftware enthalten sein.
  - Simulator Betrieb: Simulation muss zu jedem Zeitpunkt ein- und ausschaltbar sein und die Abfrage von Detailsimulationsergebnissen muss jederzeit möglich sein, ohne die Simulation zu beeinflussen
  - Speicherung der Ergebnisse: Speicherung im ASCII-, jpg-, emf- (Vektorformat), pdf- oder COMTRADE-Format
  - Nachanalyse der Simulationsergebnisse
- Simulator muss einen Batch-Modus besitzen
- Simulation von Modellen für Wanderwellen und mehrphasige (max. 18 Leiter), gekoppelte Leitungen und Kabel
- Simulation von frequenzabhängigen Leitungsmodellen im Phasenbereich, das mindestens 12 gekoppelte Leiter darstellt
- Simulation von Transformatoren mit mindestens 2 oder 3 Wicklungen und Spartransformatoren mit einer optionalen Tertiärwicklung
- Aufnahme von Sättigung mit Hysterese und Online-Stufenschalter in die Modelle
- Darstellung von Transformatoren mit Windungs- oder Wicklungsfehlern gegen Erde

- Simulation von Synchronmaschinen (Standard- und Permanentmagnetmaschinen, mehrphasige Synchronmaschinen)
- Simulation von Induktionsmaschinen und Gleichstrommaschinen
- Simulation von Spannungsquellen mit definierbarer Ersatzimpedanz, Quellengröße, Frequenz und Phase
- Simulation von Leitungsschaltern und Fehlerschaltern
- Simulation von Bus-Ableitern
- Simulation von Reihenkondensatoren mit ZnO-Ableitern und Bypass-Schaltern
- Simulation von thyristorgesteuerten Serienkondensatoren (TCSC) mit ZnO-Ableitern und Bypass-Schaltern
- Simulation von HVDC Gruppen für Übertragungs- und Back-to-Back-Systeme
- Filterbankmodell, mit dem mehrere Bänke mit bis zu 12 schaltbaren Filtern zu Simulationen hinzugefügt werden können, ohne die Anzahl der in der Hauptnetzlösung verfügbaren Schalter oder Knoten zu verringern
- Simulation von Statischen VAR-Kompensatoren (SVC) einschließlich TCR- und TSC-Zweigen. Die TCR- und TSC-Zweige müssen in die Netzlösung als Elemente mit kontinuierlich variablem Leitwert eingebettet sein
- Simulation von Messwandler, einschließlich Stromwandler (CT), induktive Spannungswandler (PT) und kapazitive Spannungswandler (CVT) mit vollständiger Unterstützung für die Modellierung von Sättigungs- und Hystereseschleifen
- Simulation von Spannungsquellenrichter: STATCOM, UPFC, SSSC, VSC-basierte HVDC, DFIG-Winderzeugung, usw.
- Simulation von 2- und 3-stufige VSC-Brücken mit geschalteten Widerständen zur Darstellung von EIN/AUS-Zuständen
- COMTRADE- und ASCII-Wiedergabe
- Für den Simulator müssen mindestens die folgenden Steuerungskomponenten vorhanden sein:
  - Benutzereingabe: Schieberegler, Schalter, Taster, Drehknopf, etc.
  - Konstanten: Ganzzahl, Fließkomma, Pl. Datenkonvertierung: deg-rad, rad-deg, int-float, float-int.
  - Mathematische Funktionen: gain, exp, log, ln, ex, xy, sqrt, invers, abs, sum, multiply, divide, max, min, etc.
  - Komplexe mathematische Funktionen: multiplizieren, dividieren, addieren, subtrahieren, usw.
  - Trigonometrische Funktionen: sin, arcsin, cos, arcos, tan, arctan, arctan2.
  - Standard-Steuerblöcke: Totzone, Impulsgenerator, Flankendetektor, Zeit, Zähler, Rampe, Rampengrenzen, Begrenzer, PLL (Phase-Locked-Loop), Flip-Flops, Fourier-Transformation, Integrator, Lead-Lag, Wash-Out, Lookup-Table, nichtlineare Verstärkungen usw.
  - Logikfunktionen: AND, OR, NOR, Bitverschiebungsfunktionen, Bit → Word, If-Then-Else, etc.
  - Messgeräte: Wirk- und Blindleistung, RMS (einphasig und dreiphasig), Winkeldifferenz, Frequenz.
  - Signalverarbeitung: Abtasten und Halten, Downsampler, gleitender Mittelwert, FIR, DFT, ABC-DQ0, DQ0-ABC, ABC-αβ, αβ-ABC, Vektorrotator usw.
  - Generatorsteuerung: Erreger (IEEE Typ 1 bis 5, AC1 bis 4, ST1 bis 3, X1, X2, 2A, SCR, DC2, IVO, usw.), Regler (IEEE Typ 1-3, IVO, europäischer BBGOV1, Gasturbine, Dampfturbine, Wasserturbine, usw.), Netzstabilisatoren (PSS2A, IEEEEST, IEEE2ST).
  - Steuerung von Laststufenschaltern.
  - Relaismodelle: Es müssen mindestens die folgenden Relaismodelle verfügbar sein:
    - Leitungsschutz,

- Differentialschutz,
- Generatorschutz,
- Überstromschutz
- Phasor Measurement Unit (PMU) ist den in IEC/IEEE 60255-118-1 definierten Leistungen und Strukturen entsprechend
- Der Benutzer muss die Möglichkeit haben, Stromversorgungs- und Steuersystemmodelle für den Simulator zu erstellen
- der Simulator muss in der Lage sein PSS/E-Daten, PSCAD-Netzdaten, CYME-Verteilungsnetzdaten und PowerFactory-Netzdaten für die Simulation in Echtzeit zu importieren und zu konvertieren (siehe Bewertungstabelle)
- die Software ist mit einer Standortlizenz zu versehen

Garantie

- mindestens 10 Jahre garantierte Verfügbarkeit von Ersatzteilen
- Wartungsprogramm zur Verlängerung der Hardware-Garantie und zur Bereitstellung von Software-Updates
- technische Unterstützung für gesamte Hardware und Software für mindestens 10 Jahre
- uneingeschränkte Aktualisierungen (alle Versionen einschließlich Haupt- und Nebenversionen) und Wartung (Patches und Korrekturen) für mindestens 10 Jahre
- Installation vor Ort und einwöchige Schulung durch erfahrene Ingenieure und Platz für bis zu 10 Teilnehmer (Mitarbeiter, Dozenten und Studenten)
- "Reparatur- oder Ersatz-Hardware-Garantie" enthalten, die Teile und Arbeit für mindestens zwei Jahr ohne Selbstbeteiligung abdeckt
- Um sich als potenzieller Lieferant zu qualifizieren und nachzuweisen, dass es sich um ein gut eingeführtes Produkt handelt, muss der Hersteller Referenzen für mindestens zwanzig Simulatorinstallationen im Bereich der elektrischen Energieversorgung vorlegen, die innerhalb der letzten zwei Jahre an Endkunden geliefert wurden.

Zusätzlich zu den Spezifikationen des Simulators gibt es Vergabekriterien, die mit Punkten bewertet und unterschiedlich gewichtet werden. Auf Grundlage dieser Kriterien wird der Auftrag an den Bieter vergeben, der das wirtschaftlich günstigste Angebot vorlegt.

Vergabekriterien

1. Preis

<b>Kriterium</b>	<b>Punkte</b>
Kleinstes Angebot	60
Kleinstes Angebot < Angebot ≤ Budget	60 x (Kleinstes Angebot/ Angebot)
Angebot > Budget	0
<b>Gesamt</b>	<b>60</b>

2. Benchmark IEEE-68-Bus-System

<b>Kriterium</b>	<b>Punkte</b>
<p>Kleinster Zeitschritt &lt; angebotener Zeitschritt &lt; 35 <math>\mu</math>s</p> <p>Alle Leitungen werden als Pi-Abschnitte dargestellt (so dass das gesamte System als eine eng gekoppelte Schaltung modelliert wird)</p> <p>Leistungsschalter müssen an allen Leitungs-, Transformator- und Generatoranschlüssen vorhanden sein</p>	10 x (Kleinster Zeitschritt / Angebotener Zeitschritt)
<p>Kleinster Kompilierzeit &lt; angebotener Kompilierzeit &lt; 35 s</p>	10 x (Kürzeste Kompilierzeit/ angebotener Kompilierzeit )
<p>Anzahl Entkopplungselementen</p>	5 x 1/(1+Anzahl der Entkopplungselemente)
<b>Gesamt</b>	<b>30</b>

3. Wanderwellen-Basisrelaisprüfung

<b>Kriterium</b>	<b>Punkte</b>
<p>Modellierung eines Netzes mit Echtzeit-Simulationszeitschrittes von weniger als 2 <math>\mu</math>s (keine Überschreitungen zulässig). Das Netzwerk muss Folgendes umfassen:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 dreiphasige frequenzabhängige Leiter</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 analoge Ausgänge</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Netzäquivalente Spannungsquellen</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Dreiphasen-Leistungsschalter</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 einphasige Fehlerschalter</li> </ul>	1
<b>Gesamt</b>	<b>5</b>

4. Import von Netzmodellierungsdaten

<b>Kriterium</b>	<b>Punkte</b>
PSS/E-Daten	1



CYME-Verteilungsnetzdaten	1
PowerFactory-Netzdaten	1
PSCAD-Netzdaten	2
<b>Gesamt</b>	<b>5</b>

Zusammenfassung der Punktzahlen:

<b>Kriterium</b>	<b>Punkte</b>
Preis	60
Benchmark	30
Hardware	5
Import/Export von Netzmodellierungsdaten	5
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>

**Leitfabrikat: RTDS Simulator**

Anbieter:

RTDS Technologies Inc.

150 Innovation Drive

Winnipeg, MB R3T 2E1

Canada

Oder gleichwertig

Vom Bieter angeboten (bitte eintragen):

Hersteller: \_\_\_\_\_

Typ: \_\_\_\_\_



**Zusammenstellung A-1524-EFO:**

**Gesamtsumme in Euro netto** .....

**zzgl. .... % MwSt.** .....

**Gesamtsumme in Euro brutto** .....

Datum, Unterschrift, Stempel

-----