



Thema: Entwicklung und Fertigung einer Istwert- Sprungeinheit zur Prüfung von
Subject: Erregersystemen nach VDE-AR-N 4110

Datum: 06.02.2022
Date:

Im Verlauf meiner langjährigen Inbetriebnahme- Tätigkeit von **Energie- Erzeugungs- Anlagen (EEA)** konnte ich feststellen, dass neben der eigentlichen Inbetriebnahme im Auftrag des Anlagenbetreibers, auch der Netzbetreiber in zunehmenden Maß eine Anlagen- Zertifizierung, nach VDE-AR-N 4110, als Voraussetzung einer permanenten Einspeisegenehmigung verlangt.

Als Bestandteil des umfassenden VDE- Regelwerkes werden besonders in der TAR 3 (Technische Anschluss- Regeln) die einzelnen, an der Antriebsmaschine (Turbine) sowie am elektrodynamischen Energiewandler (Generator) und dessen Nebenanlagen, wie Schutz- und Erregersystem, durchzuführenden Prüfungen und Tests beschrieben.

Neben den Turbinentests, welche die Abhängigkeiten von Frequenz und Wirkleistung in unterschiedlichen Betriebsituationen erfolgen, werden auch am Generator die Abhängigkeiten der Generatorspannung zur Blindleistung einschließlich der Reglungs- und Begrenzungsfunktionen in ebenfalls unterschiedlichen Betriebsarten überprüft.

Dabei erfolgen die meisten Tests am Generator bzw. Erregersystem durch die Bewertung von Systemantworten auf vorgegebene, im Erregersystem selbst generierte Sollwert- Sprünge.

Eine Ausnahme bilden dabei die Tests nach TAR 3, Anhang I.3.2.2.4. und Anhang I.3.2.2.5.

Die darin vorgegebenen Prüfschemen sehen keine Sollwert-, sondern negative Istwert- Sprünge vor.

Durch den Test nach *I.3.2.2.4. „Überprüfen der Deckenspannung und der Spannungsregler- Begrenzung“* soll das Erreichen des Erreger- Deckenstrom und dessen Begrenzung mit einem Istwert- Sprung von 100% auf 30% des Istwertes nachgewiesen werden. Dabei wird die Sprunghöhe nicht, sondern nur die Verweilzeit des Istwert- Sprungs variiert.

Bei dem Test nach *I.3.2.2.5. „Überprüfung der Regelmodiumsaltungen“* soll eine Umschaltung der Betriebsarten angeregt werden. Die in diesem Kapitel angegebene Sprunghöhe des Spannungs- Istwertes von 100% auf 70% ist nur als Richtwert zu betrachten. Die endgültige Test- Sprunghöhe wird bei diesem Versuch durch die elektrodynamischen Eigenschaften des Generators sowie durch die, des vom Generator gespeisten Netzabschnittes bestimmt, ohne dabei eine Schutzauslösung durch Überspannung zu erzeugen.

Unter dem Anspruch zukünftig auch an Zertifizierungstests teilzunehmen, erhielt das Ingenieurbüro John die Anfrage, ein Sprungerät zu entwickeln, welches als externes Vorschaltgerät, den dreiphasigen Spannungs- Istwert über eine variabel einstellbare Zeit von 100% auf 30% rechteckförmig reduzieren kann. Im März 2021 wurde dieses Gerät fertiggestellt. Mehr Informationen lagen zum damaligen Zeitpunkt dazu nicht vor.

Im November 2021 hatte ich erstmalig die Möglichkeit an Zertifizierungsmessungen an einem 40,4 MVA Turbosatz durch die FGH Zertifizierungsgesellschaft mbH, im Rahmen einer technischen Assistenz teilzunehmen. Dabei bestand meine Aufgabe darin, die Systemantworten des Generatorschutzes und des Erregersystems an die Vorgaben der Zertifizierungsgesellschaft anzupassen.

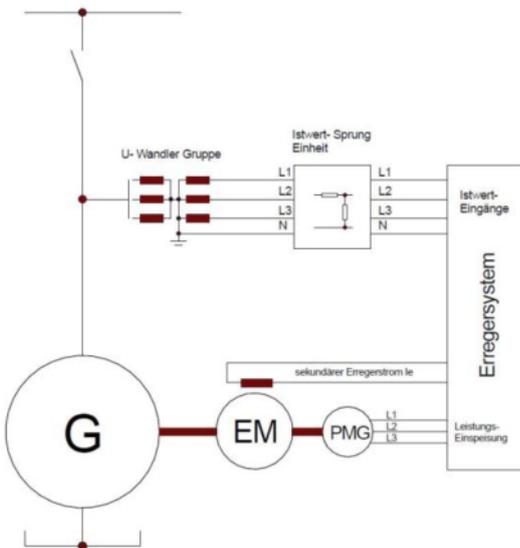
Da ich während dieser Prüfungen erstmalig mit dem Gesamtumfang konfrontiert wurde ergab sich sofort die Tatsache, dass mit meinem Vorschaltgerät zwar der Test nach Kapitel 1.3.2.2.4. durchführbar war, aber der Test nach Kapitel 1.3.2.2.5. nicht, die Sprunghöhe nicht und die einstellbare Sprungzeit nicht weit genug variierbar war.

Als Konsequenz dessen begann ich mit der Neuprojektierung eines Vorschaltgerätes, welches alle Anforderungen hinsichtlich der geforderten Sprunghöhe und der einstellbaren Sprungzeit gemäß den Zertifizierungsvorgaben erfüllt.

Da ich mit der Neuprojektierung bereits während der noch laufenden Zertifizierung begonnen hatte, konnte ich die Gelegenheit nutzen, meine konzeptionellen Vorstellungen mit den FGH- Kollegen zu diskutieren.

Das daraus resultierende neue Vorschaltgerät wird auf den Folgeseiten beschrieben.

Wie die vorhergehende Version des Vorschaltgerätes wird auch die neu konzipierte Sprungeinheit als Vorschaltgerät zwischen der Sekundärwicklung der Generator- Spannungswandler und den Istwert- Eingängen des Erregersystems angeordnet. Die nachfolgende Skizze zeigt den prinzipiellen Anschlussvorschlag.



Aus der nebenstehenden Skizze ergibt sich bereits das Wirkprinzip der von mir als Vorschaltgerät zur Generierung eines Spannungs- Istwert- Sprungs bezeichneten Baugruppe.

Dabei ist es nicht unwesentlich, dass außer der Umschaltung der statischen Durchgangs- Dämpfung auch der dynamische Verlauf berücksichtigt wird.

Beim Umschalten einfacher Widerstandsteiler oder Ringkern-Stelltrafos wird sich die Ausgangsspannung nicht nur von einer Spannung zur anderen ändern, sondern für die so genannte Schaltzeit, die ohne Weiteres 50 bis 80 ms betragen kann, zu Null werden.

Die vom Ingenieurbüro John entwickelte Istwert-Sprungeinheit hat durch die besondere Wahl des Umschaltprinzips, diese Umschalt- Lücke nicht und weist einen nahezu rechteckförmigen Verlauf auf.

Die weiterentwickelte Version wurde als Prototyp gefertigt und steht ab sofort zur Durchführung des in der VDE-AR-N 4110 angegebenen Prüfverfahrens bereit. Nachfolgend einige Fotos des Fertigerätes:



Der an die Spannungswandler angeschlossene Istwert- Eingang ist für eine Spannung von $3 \times 120 \text{ V} / \sqrt{3}$ ausgelegt und sollte daher für die meisten Anwendungsfälle ausreichend sein.

Die mögliche Belastung des Istwert- Ausgangs ist bis zu einem Phasenstrom von 2 mA ausgelegt, wobei die meisten Erregersysteme an ihren Istwert- Eingängen Ströme von 0,3 bis 0,5 mA benötigen.

Funktionsbeschreibung

Nachdem das Vorschaltgerät korrekt, unter Beachtung der Signalfflussrichtung und der Anschlusspolarität in den Istwert- Kreis eingeschleift und das Steckernetzteil unter Beachtung der untenstehenden Anwendungshinweise mit dem 230 V Stromnetz verbunden wurde, ist das Vorschaltgerät sofort einsatzbereit.

Nach Einstellung der gewünschten Sprunghöhe sowie der gewünschten Sprungzeit, wird der Schalter „Sprung Freigabe“ in die Position „aktiv“ bewegt.

Wird nun zusätzlich der Kippschalter „Sprung Auslösung“ auf das Sprung- Symbol bewegt, erfolgt ein einmaliger Istwert- Sprung mit der zuvor eingestellten Sprung- Höhe und Sprung- Zeit.

Ein vorzeitiges Zurückschalten des Kippschalters führt auch zum vorzeitigen Abbruch der eingestellten und noch nicht abgelaufenen Sprungzeit, Reset- Funktion während des laufenden Sprungs.

Ein erneutes Bewegen des Kippschalters „Sprung Auslösung“ auf das Sprung- Symbol startet einen erneuten Istwert- Sprung. Die aktive Sprungzeit wird zusätzlich durch die Signalleuchte „Sprung aktiv“ angezeigt.

Befindet sich der Kippschalter „Sprung Freigabe“ in der Position „blockiert“, kann zwar das Zeitrelais gestartet und damit neue Zeiteinstellungen kontrolliert werden, aber es erfolgt dabei kein realer Istwert- Sprung.

Einstellung der Sprunghöhe

Die Einstellung der gewünschten Sprunghöhe erfolgt für jede Phase getrennt. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch eine Symmetriebewertung der Spannungs- Istwert- Amplituden durchzuführen, bzw. einen einpoligen Phasenausfall zu simulieren.

Die Schrittweite der dreiphasigen Amplituden- Variation kann zwischen 100% und 70% in 5%- Schritten und zwischen 70% und 30% in 10%- Schritten erfolgen.

Damit dürften bezüglich der Amplituden- Variation alle Prüfanforderungen der VDE-AR-N 4110 erfüllt werden.

Einstellung der Sprungzeit

Bei dieser Gerätevariante wird die Sprungzeit durch ein Zeitrelais der Firma „Eltako“ vorgegeben. Dieses Zeitrelais ist einmal digital über ein LCD- Display oder durch Codier- Drehschalter lieferbar.

Das Vorschaltgerät zur Generierung eines Spannungs- Istwert- Sprungs kann wahlweise mit einem der beiden Zeitrelais ausgestattet werden.



Die beiden Varianten sind in den nebenstehenden Bildern dargestellt.

Mit beiden Zeitrelais sind Sprungzeiten im Bereich von 0,1 Sekunde bis 40 Stunden parametrierbar.

Damit dürften in jedem Fall die Vorgaben der VDE-AR-N 4110 mehr als erfüllt werden.

Wichtig dabei ist bei beiden Geräten, dass die Betriebsart „EW“, steht für „Einschaltwischer“, vorgewählt ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es mit dem vorstehend beschriebenen Konzept gelungen ist, ein kleines und handliches Prüfgerät zu entwickeln, mit dem alle, in der VDE-AR-N 4110 vorgegebene Prüfungen, die auf Spannungs- Istwert-Sprüngen basieren, an Erregersystemen durchgeführt werden können.

Mit den Abmessungen (B x H x T) von 200 x 150 x 100 mm und einem Gewicht von nur 0,94 kg dürften auch alle Ansprüche an einen mobilen Vororteinsatz erfüllt sein.

Anwendungs- und Sicherheitshinweise:

- Ein in den Istwert- Kreis eingeschleiftes Gerät befindet sich generell immer in Betrieb, auch wenn dieses von der Steckernetzteil-Versorgung getrennt wurde.
- Ist die eingeschleifte Istwert- Sprungeinheit längere Zeit unbeaufsichtigt, muss sich der Kippschalter mit der Bezeichnung „Sprung Freigabe“ immer in der Stellung „blockiert“ befinden.
- Im Moment des Verbindens des Steckernetzteils mit dem 230 V AC Netz kann es vereinzelt und kurzzeitig zu undefinierten Reaktionen des Eltako- Zeitrelais kommen. Daher muss vor dem Verbinden des Steckernetzteils mit dem 230 V Netz, der Kippschalter „Sprung Freigabe“ in die Stellung „blockiert“ gebracht werden. Dadurch wird ein versehentlich ausgelöster Istwert-Sprung mit Sicherheit vermieden. Zum Beenden des Timer- Betriebs und Trennen des Gerätes von der 230 V Spannungsversorgung ist in umgekehrter Reihenfolge vorzugehen.
- Bei der Aufstellung des Gerätes ist immer ein hinreichender Abstand zwischen der unteren Lüftungsöffnung und der Aufstellfläche von ≥ 4 mm zu gewähren. Anderenfalls ist das Gerät liegend zu betreiben.
- Bei unsachgemäßer Bedienung, Missachtung der vorstehenden Hinweise, oder Anschlussfehlern der Sprung- Einheit an die Bestandsanlage, können enorme Blindleistungs- Schwankungen am Turbosatz einschließlich des gespeisten Betriebs- oder Landesnetzes auftreten, was im Einzelfall bis zur Totalabschaltung führen kann. Das Ingenieurbüro John ist daher nicht für evtl. dabei entstandene Folgeschäden verantwortlich und übernimmt demzufolge auch keinerlei Haftung.



Das Ingenieurbüro John ist gerne bereit, vor Ort mit dieser Sprungeinheit und weiterer Messtechnik, die in der VDE-AR-N 4110 aufgeführten Prüfungen an Erregersystemen auszuführen.

Denkbar wäre auch eine Einzelfertigung der vorstehend beschriebenen Spannungs- Istwert- Sprungeinrichtung in geringen Stückzahlen.

In diesem Fall wird dem Prüfgerät zusätzlich der nachfolgend abgebildete Kabelsatz in den VDE- Farben „gelb“ für L1, „grün“ für L2, „violett“ für L3 und „ blau“ für N zur Istwert- Ein- und Ausspeisung sowie ein Netzanschlusskabel beigegefügt.

