

Bild: hpf

Mit der Zunahme von Elektrofahrzeugen und der wachsenden Anzahl von Ladestationen steigt auch die Belastung des Stromnetzes. Eine der Herausforderungen dabei ist die ungleichmässige Verteilung der Last auf die verschiedenen Phasen des Stromnetzes.

Schiefelast

Durch einphasige Ladevorgänge kann eine unsymmetrische Belastung der einzelnen Phasen (Aussenleiter L1/L2/L3) auftreten. Einphasiges Laden ist bis maximal 3.7 kVA (230 V/16 A) zugelassen. Dies gilt auch bei dreiphasigem Netzanschluss der Ladestation, wenn das Ladegerät im Fahrzeug nur einphasig lädt. Die Ladestation muss in diesem Fall die Leistung begrenzen. Um in kritischen Netzsituationen die Möglichkeit zu haben, Lasten vom Netz zu trennen und damit einen grossflächigen Stromausfall zu vermeiden, müssen Ladestationen mit einem Kontakt für den allfälligen Lastabwurf ausgestattet werden. Je nach Ladeleistung braucht es ab circa zwei bis vier Ladestationen ein Lastmanagement (siehe Beitrag: Ladung, Ladestation einrichten 3).

Umsetzung

Grundsätzlich stehen drei Lösungsansätze für den Anschluss der Wallboxen zur Verfügung:

- Alternierender Anschluss von einphasigen Ladestationen
- Aussenleiterrotation bei dreiphasigen Ladestationen
- Dynamischer Phasenausgleich

Bei der ersten Variante wird der erste Ladepunkt von L1 versorgt, der zweite von L2, der dritte von L3, der vierte von L1 und so weiter. Der Elektriker muss dies manuell an die Wallboxen anschliessen. Nehmen wir an, dass es insgesamt 12 Ladepunkte hat, so sind jeweils vier Wallboxen pro Aussenleiter

angeschlossen. Würde zufälligerweise – trotz Verteilung auf die Parkplätze – genau jeder dritte Parkplatz mit dem gleichen Aussenleiter belegt sein, bringt dieses System nicht den gewünschten Effekt der Lastverteilung.

Mit der zweiten Variante kann der Nachteil der einphasigen Ladestation behoben werden. Hierbei kann dann die Aussenleiterrotation genutzt werden. Sind die Ladegeräte mit einer modifizierten Phasenreihenfolge installiert, werden einphasige Ladesitzungen automatisch auf die Phasen verteilt, was zu einer ausgeglichenen Last führt und die Ladegeschwindigkeit jeder einphasigen Ladung maximiert.

Der dynamische Phasenausgleich geht über statische Ausgleichsmethoden hinaus, indem er die Lastverteilung in Echtzeit anpasst. Ladevorgänge können gezielt auf unterschiedliche Phasen verteilt werden, um Ungleichgewichte auszugleichen. Dies erfolgt durch kontinuierliche Überwachung und Steuerung der Ladeprozesse von Elektrofahrzeugen sowie anderer Verbraucher im Netz. Durch die Vermeidung von Lastungleichgewichten wird die Netzstabilität verbessert, was zu weniger Spannungsschwankungen und Störungen führt.

Beste Lösung

Die Implementierung eines dynamischen Phasenausgleichssystems erfordert eine fortschrittliche technologische Infrastruktur. Mit intelligenten Zählern und Sensoren können die Geräte präzise Daten über den Stromfluss in den verschiedenen Phasen erfassen und ermöglichen eine detaillierte Analyse. Eine schnelle und zuverlässige Kommunikation zwischen den Ladegeräten, dem Stromnetz sowie den Steuerungssystemen ist essenziell. Komplexe Berechnungen sind notwendig, um die optimale Lastverteilung in Echtzeit zu

ermitteln und umzusetzen. Ladestationen und Fahrzeuge müssen in der Lage sein, schnell auf Steuerungsbefehle zu reagieren und die Ladeprozesse entsprechend anzupassen.

Szenarien 1 bis 5

Gemäss dem Bild wird der Strom von 80 A des Hausanschlusses unseres fiktiven Hauses auf fünf Wohnungen und einen Anschluss für den Allgemeinstrom verteilt. Aufgrund des dynamischen Lastmanagements kann dieses für 63 A ausgelegt werden. Die sechs Parkplätze werden mit dreiphasigen Wallboxen und dynamischem Phasenausgleich (22 kW, 32 A) ausgerüstet. Die nachfolgenden Werte sind gerundet und stellen Durchschnittswerte dar.

Szenario 1: Ein Fahrzeug lädt dreiphasig mit 32 A. Es steht ihm praktisch die Hälfte der maximalen Stromstärke sowie Leistung zur Verfügung.

Szenario 2: Zwei Fahrzeuge laden gleichzeitig mit 31.5 A. Die maximale Stromstärke sowie Leistung sind ausgeschöpft.

Szenario 3: Sobald ein drittes Fahrzeug gleichzeitig laden will, sinkt die Stromstärke für alle auf 21 A. Die Ladeleistung erreicht nur noch 14.49 kW.

Szenario 4: Wird nun noch ein viertes Fahrzeug gleichzeitig angeschlossen, wird noch immer dreiphasig mit 15.8 A geladen. Allen vier Fahrzeugen stehen jeweils 10.86 kW zur Verfügung.

Szenario 5: Ab fünf Fahrzeugen können nur noch die ersten drei dreiphasig mit 15.8 A laden. Alle weiteren müssen per dynamischen Phasenausgleich auf die einzelnen Aussenleiter mit 15.8 A (4 aktive Phasen mal 15.8 A = 63 A) verteilt werden.

Würden noch mehr Ladepunkte am gleichen Lastmanagement angeschlossen, so laden ab neun Fahrzeugen alle nur noch einphasig mit 21 A und ab 12 mit 15.8 A, allerdings dann nur noch mit 3.62 kW. Die Ladezeiten steigen somit bei grossen nachzuladenden Batteriekapazitäten und mehreren Beteiligten beträchtlich an. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass wahrscheinlich selten alle Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden.

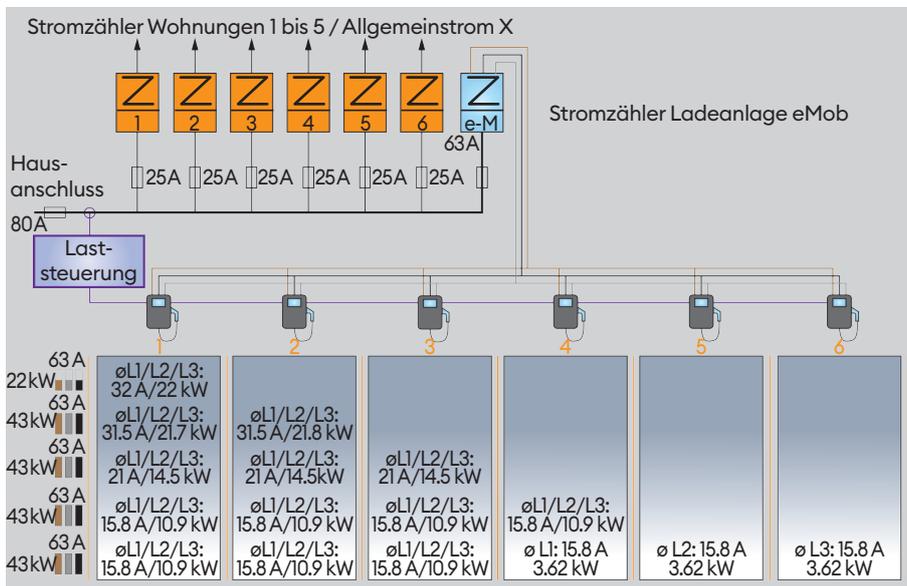
Ladewarteschlange

Abhängig von der maximal verfügbaren Stromstärke der Installation sowie der Anzahl der aktiven Ladegeräte ist möglicherweise nicht genügend Strom in einer Installation vorhanden, um neue Ladevorgänge zu starten. Sitzungen werden in eine sogenannte Warteschlange gestellt, wenn nicht genügend Strom vorhanden ist, und werden gestartet, sobald andere Sitzungen beendet sind. Solche Ladevorgänge werden in der Reihenfolge gestartet, in der sie verbunden wurden. Dies nennt sich First-In-First-Out-Verteilung und wird mit FIFO abgekürzt.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSAs / Harry Pfister

Sponsoren: DERENDINGER

Sponsoren:



Prinzipielle Darstellung eines dynamischen Lastmanagements mit Phasenausgleich.