

Höchstlastoptimierung mit Elvis

1 Einführung

Vor allem bei Gewerbe- und anderen Großkunden beinhalten Energieliefertarife oft eine höchstleistungsabhängige Komponente. Diese wird meist aus dem gemessenen Viertelstundenmittel mit der höchsten abgenommenen Leistung innerhalb einer Abrechnungsperiode ermittelt. Damit wird ein Anreiz gegeben, Leistungsspitzen zu vermeiden, die für das EVU wegen der vorzuhaltenden Leistungsreserven besonders teuer sind.

Für den Kunden ist es daher wirtschaftlich sinnvoll, durch entsprechende technische (oder auch organisatorische) Maßnahmen die Maximalleistung zu begrenzen. Im einfachsten Fall werden dazu simple „Maximumwächter“ eingesetzt, die bei Überschreiten einer einstellbaren Momentanleistung bestimmte Verbraucher abschalten.

Intelligentere Systeme wenden verschiedene Optimierungsstrategien an, um das eingestellte Viertelstundenziel möglichst nicht zu überschreiten, bei Bedarf aber auch möglichst gut auszunutzen, und berücksichtigen dabei die Charakteristika der unterschiedlichen Verbrauchertypen. Eine solche Höchstlastoptimierung lässt sich mit Elvis komfortabel realisieren.

2 Grundlagen

2.1 Prozess- und Konfigurationsdaten

Welche (dynamischen) Mess- und Stellgrößen und welche Konfigurationsdaten spielen für die Höchstlastoptimierung eine Rolle?

2.1.1 Energiedaten

Arbeit	Dies ist der aktuelle Zählerstand (in kWh)
Leistung	Aktuelle Wirkleistung (in kW)
Synchronimpuls	Vom EVU wird ein Impuls zur Verfügung gestellt, der das Ende einer (Viertelstunden-) Messperiode und den Beginn der nächsten signalisiert.

Die Größen Arbeit und Leistung können entweder direkt von einem entsprechenden Zählermodul berechnet und über den Bus geliefert werden, oder auch von Elvis aus den einzelnen Zählimpulsen erzeugt werden. Im letzteren Fall ist natürlich für eine sichere Übertragung zu sorgen, insbesondere ist auf die Buslast zu achten (evtl. Impulsteiler einsetzen), um Telegrammverluste zu vermeiden.

2.1.2 Verbraucherdaten

Es müssen abschaltbare Verbraucher ausgewählt werden, die in die Höchstlastoptimierung einbezogen werden sollen. Das sind sinnvollerweise Anlagen, die

- eine nennenswerte Leistung benötigen (und die typischerweise zu Lastspitzenzeiten auch eingeschaltet sind)
- ohne oder mit akzeptablen Betriebsbeeinträchtigungen wenigstens kurzzeitig abgeschaltet werden können (z.B. wegen Speicherkapazität, Nachholbarkeit)

Typische Kandidaten sind elektrische Heiz- und Kühlanlagen, Ventilatoren usw.

Für Anlagen, die in mehreren Stufen geschaltet werden können, gilt in diesem Zusammenhang jede Stufe als ein Verbraucher.

Für jeden Verbraucher sind die folgenden Prozessdaten von Bedeutung:

Zustand	Gibt an, ob der Verbraucher im Moment ein- oder ausgeschaltet ist. Dies ist wichtig, da durch das Sperren eines nicht eingeschalteten Verbrauchers natürlich auch keine Leistungsminderung erreicht werden kann.
Freigabe	Die Entscheidungen der Höchstlastoptimierung müssen gegenüber „normalen“ Bedienfunktionen Priorität haben. Das kann z.B. über Aktoren mit UND-Verknüpfungsfunktion erreicht werden, deren einer Eingang von der Höchstlastoptimierung angesteuert wird. Alternativ kann diese Verknüpfung natürlich auch in Elvis vorgenommen werden.

Daneben werden einige Informationen zum Verbraucher benötigt:

Abschaltbare Leistung	Schätzung der Leistungsminderung, wenn der Verbraucher abgeschaltet wird.
Priorität	Verbraucher mit niedrigerer Priorität werden zuerst abgeschaltet und zuletzt wieder zugeschaltet. Die Priorität kann auch dynamisch veränderbar sein (z.B. über ein Zeitprogramm).

Minimale Einschaltzeit	Je nach Art des Verbrauchers ist evtl. nach Einschalten eine gewisse minimale Zeit zu warten, bevor wieder ausgeschaltet werden darf.
Minimale Ausschaltzeit	Je nach Art des Verbrauchers ist evtl. nach Ausschalten eine gewisse minimale Zeit zu warten, bevor wieder eingeschaltet werden darf. Relevant z.B. für Motoren, Kühlaggregate usw.
Maximale Ausschaltzeit	Je nach Art des Verbrauchers darf dieser evtl. nicht länger als eine gewisse Zeit abgeschaltet werden. Relevant für alle Verbraucher, die einen Speichereffekt ausnutzen.
Totzeit	Bei Verbrauchern, die auch nach Abschalten eine gewisse Zeit Leistung verbrauchen (z.B. wenn ein laufender Betriebsstakt erst abgeschlossen werden muss), kann eine Totzeit angegeben werden

2.2 Verfahren

Allen Höchstlastoptimierungsverfahren ist gemeinsam, dass sie versuchen, aufgrund einer Prognose des Leistungsverlaufs für den Rest der Messperiode und der Verbrauchereigenschaften durch gezielten Sperren und Freigeben von Verbrauchern die eingestellte Leistungsgrenze möglichst genau zu erreichen.

Es gibt eine Reihe von Verfahren, die sich in der Prognosefunktion unterscheiden. Ohne auf Details einzugehen, hier die wesentlichen Eigenschaften der in der Praxis benutzten Verfahren:

- Freilastverfahren: Hier wird im Wesentlichen die Momentanleistung hochgerechnet. Dies führt zu einer raschen Reaktion, aber auch zu vielen Schaltvorgängen
- Mittellastverfahren: Ähnlich, benutzt aber die mittlere Leistung statt der Momentanleistung und führt daher zu weniger Schaltvorgängen.
- Grundlastverfahren: Sicherstellung einer gewissen Grundlast über die gesamte Messperiode. Dieses Verfahren hat die meisten anpassbaren (und anzupassenden) Parameter.

Welches Verfahren für einen bestimmten Anwendungsfall optimal ist, hängt von der Art der Verbraucher (z.B. sind häufige Schaltvorgänge ungünstig?), dem typischen Lastverlauf (Schwankungsamplitude und -frequenz) und der gesamten abschaltbaren Leistung ab.

3 Implementierung in Elvis

3.1 Projektierung

Im Moment erfolgt nur ein Teil der Projektierung der Höchstlastoptimierung in der Elvis-Projektierung, ein Teil über eine externe Konfigurationsdatei. In späteren Elvis-Versionen werden die Informationen in der Konfigurationsdatei in die Elvis-Datenbank aufgenommen und direkt in der Elvis-Projektierung bearbeitet werden können.

In der Elvis-Projektierung sind folgende Schritte vorzunehmen:

1. Die Höchstlastoptimierung benutzt einige benutzerdefinierte Datenpunkt-Eigenschaften für die Verbraucherdatenpunkte. Diese müssen angelegt werden (am einfachsten über den Import der Datei LM-DPPProperties.csv):
 - „LMPower“: zur Festlegung der abschaltbaren Leistung (in kW)
 - "LMPriority": zur Festlegung der Priorität (1, 2, 3, ...)
 - "LMMinOn": zur Festlegung der minimalen Einschaltzeit (in Sekunden)
 - "LMMinOff": zur Festlegung der minimalen Ausschaltzeit (in Sekunden)
 - "LMMaxOff": zur Festlegung der maximalen Ausschaltzeit (in Sekunden)
 - "LMDeadTime": zur Festlegung der Totzeit (in Sekunden)
 - "LMLastSwitch": interne Verwendung
2. Für jeden Verbraucher ist ein Datenpunkt anzulegen, Datenpunkttyp ist einer der booleschen Type (z.B. Schalter, EIB Schalter).
 - Der ActualValue muss den aktuellen Betriebszustand des Verbrauchers (aus- oder eingeschaltet) abbilden.
 - Der NominalValue wird von der Höchstlastoptimierung auf True gesetzt, wenn der Verbraucher eingeschaltet werden darf und auf False, wenn der Verbraucher ausgeschaltet werden muss. Eine entsprechende Verknüpfung mit der Anforderung z.B. durch lokale Bedienung ist entweder in der Anlage oder über eine Elvis-Berechnung zu realisieren
3. Zusätzlich sind mindestens die folgenden drei Datenpunkte anzulegen, die von der Höchstlastoptimierung benötigt werden:
 - Synchronimpuls: der ActualValue dieses Datenpunkts muss bei jedem Synchronimpuls feuern, am besten als booleschen Befehls-Datenpunkttyp anlegen (Ein solcher Datenpunkttyp kann von LM-DPTypes.csv importiert werden).
 - Zählerstand: der ActualValue dieses Datenpunkts muss den aktuellen Zählerstand (in kWh) enthalten
 - Leistung: der ActualValue dieses Datenpunkts muss die aktuellen Wirkleistung (in kW) enthalten (beim Mittellastverfahren nicht benötigt)
 - Leistungsgrenze: der ActualValue dieses Datenpunkts muss die zu erreichende Leistungsgrenze (in kW) enthalten. Achten Sie darauf, den ActualValue persistent zu machen!
4. Es ist sinnvoll, für Diagnosezwecke weitere Statusdatenpunkte anzulegen:
 - Mittlere Leistung: der ActualValue dieses Datenpunkts wird auf die mittlere Leistung in der aktuellen Messperiode gesetzt.
 - Letzte Mittlere Leistung: der ActualValue dieses Datenpunkts wird auf die mittlere Leistung in der vergangenen Messperiode gesetzt.

- Maximale Mittlere Leistung: der ActualValue dieses Datenpunkts wird auf die größte bislang erreichte mittlere Leistung pro Messperiode gesetzt. Der Wert kann jederzeit manuell auf 0 zurückgesetzt werden.

Die weitere Konfiguration erfolgt über eine Datei im INI-Format, die den Namen *datenbankname*-LM.INI haben muss. Eine entsprechend kommentierte Vorlage steht zur Verfügung.

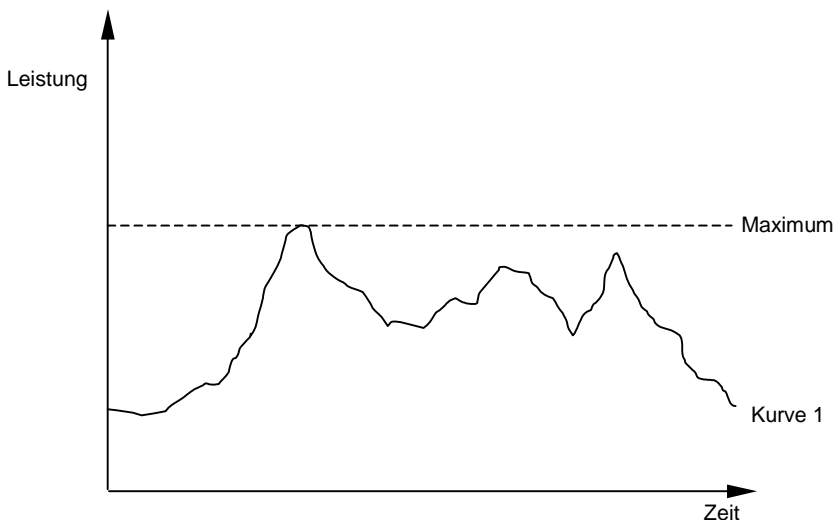
3.2 Konfiguration

Wenn einige der oben beschriebenen Datenpunkteigenschaften vom Benutzer veränderbar sein sollen, kann dies auf einfache Weise über eine entsprechende (geschützte) Konfigurationsseite in der Bedienstation geschehen.

3.3 Analyse und Bewertung

Der wichtigste Parameter der Höchstlastoptimierung ist die Leistungsgrenze. Wird sie zu niedrig gewählt, kann sie nicht eingehalten werden und die (vergebliche) Höchstlastoptimierung führt vielleicht zu auf Dauer nicht akzeptablen Betriebsbeeinträchtigungen. Ist sie zu hoch, wird das Optimierungspotential nicht ausgeschöpft und es fallen unnötig hohe Energiekosten an.

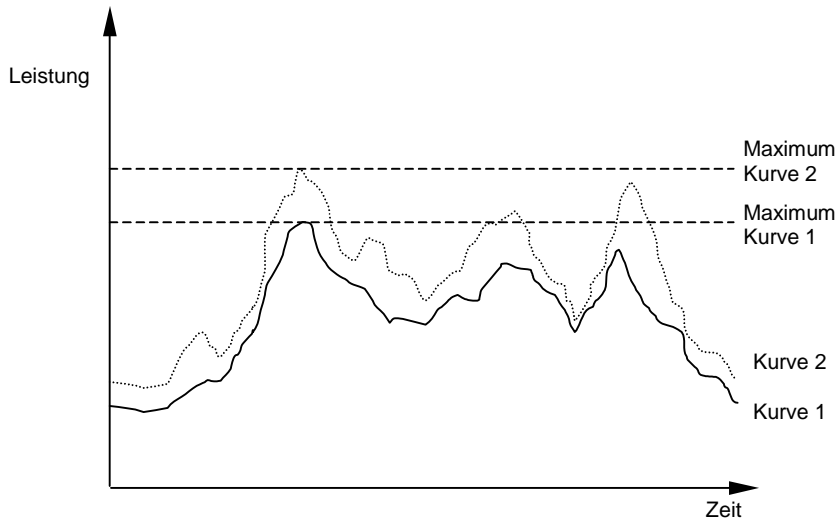
Die Leistungsgrenze wird wesentlich von den nicht abschaltbaren Verbrauchern bestimmt. Zur Ermittlung der Leistungsgrenze kann zunächst die Summe der Leistungen aller nicht abschaltbaren Verbraucher die im typischen Betrieb gemeinsam eingeschaltet sind (Kurve 1) herangezogen werden.



Die Leistungsgrenze für die Optimierung kann nicht unter dem Maximum der Kurve 1 liegen.

Als nächstes sollen auch die abschaltbaren Verbraucher betrachtet werden. Die Summe der nicht abschaltbaren Verbraucher und der abschaltbaren Verbraucher wird durch die Kurve 2 dargestellt.

Hier wird deutlich, dass Einsparpotentiale vorhanden sind, denn die Spitzenlast der nicht abschaltbaren Verbraucher (Maximum Kurve 1) wird durch die zum gleichen Zeitpunkt eingeschalteten Verbraucher die abgeschaltet werden können wesentlich erhöht (Maximum Kurve 2).



Die Leistungsgrenze für die Optimierung kann unter dem Maximum der Kurve 2 liegen.

Wenn die Leistungsgrenze nah an das Maximum der Kurve 1 festgesetzt wird besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass in Einzelfällen diese Grenze nicht eingehalten werden kann. Es muss ja nur, durch das Zusammentreffen ungünstiger Umstände, die Summe der nicht abschaltbaren Verbraucher über dieser Grenze liegen.

Wenn die Leistungsgrenze nach oben verschoben wird, sinkt die Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung aber die Kosten steigen. In der Nähe des Maximums der Kurve 2 ist eine Überschreitung nahezu ausgeschlossen, aber es fallen hohe Kosten an, die vermeidbar sind.

Zur Bewertung leisten die von Elvis zur Verfügung gestellten historischen Daten eine Hilfe:

- Allgemein:
 - Größte Viertelstundenleistung bislang
- Für jede Messperiode:
 - Erreichte Viertelstundenleistung
 - Vorgenommene Abschaltungen

Optional wird von der Höchstlastoptimierung eine Logdatei erzeugt (kann in der Konfigurationsdatei aktiviert werden). Dies ist eine Textdatei, die die folgenden mit TAB getrennten Spalten enthält (kann bequem z.B. in Excel betrachtet werden):

- Time: Uhrzeit
- Event: Ereigniskennung:
 - Sync: Synchronimpuls empfangen
 - Lock (was On): Ein im Moment eingeschalteter Verbraucher wird abgeschaltet
 - Lock (was Off) : Ein im Moment nicht eingeschalteter Verbraucher wird gegen Einschalten gesperrt
 - Unlock: Ein gesperrter Verbraucher wird für das Einschalten freigegeben
- Datapoint: Name des Verbraucher-Datenpunkts
- Work: Aktueller Zählerstand, gerechnet vom Zählerstand beim letzten Synchronimpuls
- Power: Aktuelle Wirkleistung

- MeanPower: Mittlere Leistung in der aktuellen Messperiode
- Seconds: Zeit seit dem letzten Synchronimpuls in Sekunden