

Hybridantrieb für Wärmepumpen: Gesicherte Stromversorgung und mehr

Die Wärmepumpe ist eine beachtenswerte Maschine: Sie ist in der Lage den Energieeinsatz um das bis zu 6-fache in Heizungswärme umzuwandeln. Ein kleiner Wermutstropfen haftet jedoch an der sonst sehr ausgereiften und ruhigen Betriebsweise: An den kältesten Tagen sinkt ihr Wirkungsgrad (COP = Coefficient of Performance) insbesondere bei den zahlenmäßig am weitest verbreiteten Luft/Wasser Geräten erheblich, einhergehend mit hohem Verbrauch an elektrischem Strom, dessen Herkunft in diesen Zeiträumen ohnedies kaum aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden kann. Zweifelsohne ein Grund dafür, dass die Wärmepumpe bei extremen Witterungsbedingungen oft von einer weiteren Heizungsquelle unterstützt wird, beispielsweise von elektrischen Heizstäben, Gasthermen, Öl- oder Pelletskesseln. Diese Zusatzeinrichtungen nützen jedoch nicht die Vorteile der Wärmepumpe im vollen Umfang und reduzieren den Einsatz von Primärenergieträgern nur im überschaubaren Ausmaß. Gemeinsames Merkmal all dieser Lösungen ist der Ausfall der Wärmeproduktion bei Stromausfall mit allen Folgen daraus.

Was im größeren Leistungsbereich unter den Begriffen Gasmotorwärmepumpe oder motorbetriebene Wärmepumpe seit langem bekannt ist, wird in Zukunft auch bei kleineren Heizungsanlagen für Wohnungen und Einfamilienhäuser funktionieren. Gemeint ist der wahlweise Antrieb einer Wärmepumpe mit elektrischer Energie wie bisher und alternativ mit unserem innovativen Gen70G(L) Aggregat das mit Erdgas, Flüssiggas oder mit biogenen Brennstoffen betrieben wird. Das Aggregat stellt neben der mechanischen Leistung für den Verdichter auch Wärmeleistung aus seinem Kühlkreislauf zur Verfügung und unterstützt somit die Wärmepumpe im Sinne einer kleineren Temperaturspreizung.

Hybridantrieb einer Wärmepumpe mit Stirlinggenerator

Es ist bekannt, dass diese Betriebsart bis zu 60 % mehr Wärme aus dem eingesetzten Brennstoff bereitstellt. Dass das gleiche Aggregat nicht nur die Heizungsanlage selbst, sondern auch elektrische Verbraucher im Haus mit Strom versorgen kann, öffnet die Aussicht auf eine neue Qualität bei der Heizungs-technik und lässt jeden Eigenheimbesitzer entspannt auf die gefürchteten Blackout-Szenarien blicken.

Brennstoffwärme unterstützt wirksam die Umweltwärme

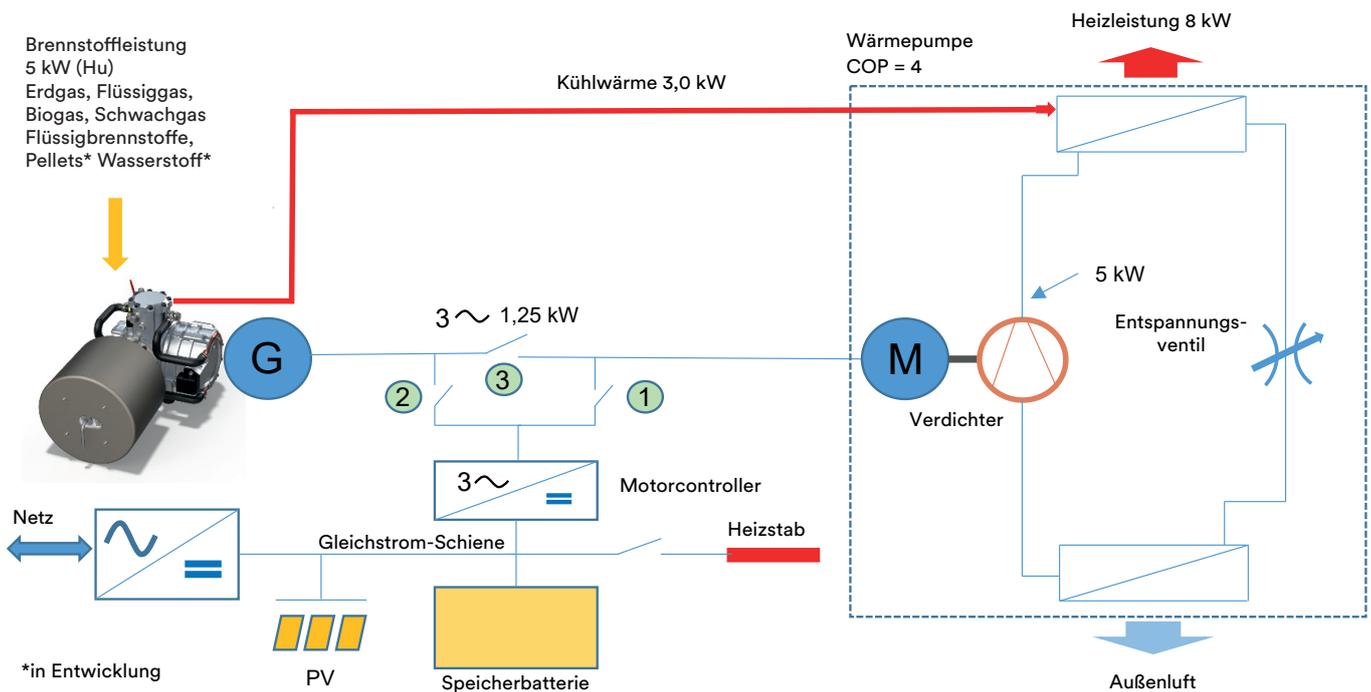
Der Synergieeffekt zwischen Wärmepumpe und dem neuen Aggregat ist leicht erklärt. Wärmepumpen erzielen bei kleinen Temperaturdifferenzen eine hohe Effizienz, die jedoch bei Außentemperaturen unter 0 Grad Celsius rasch absinkt. Insofern macht es Sinn, die Wärmepumpe in frostfreien Zeiten aus dem Stromnetz zu speisen oder besser noch mit Unterstützung durch eine gegebenenfalls vorhandene PV-Anlage. Bei tiefen Außentemperaturen kann der Stirlingmotor mit dem Verdichter der Wärmepumpe gekoppelt werden. Dabei summiert sich die Kühlleistung des Stirlingmotors mit Ausgangsleistung der Wärmepumpe, worauf aus 100 % Brennstoffeinsatz bis zu 160 % Heizleistung geerntet werden kann. So erhöht sich beispielsweise eine Brennstoffleistung von 5 kW für den Betrieb der Stirlingmaschine auf eine Heizleistung von 8 kW. Ein Wert, der zur Beheizung von Niedrigenergiehäusern oder Etagenwohnungen ausreicht. Dass dieselbe Wärmepumpe auch zur Kühlung der Räume verwendet werden kann, ist Stand der Technik und sicherlich ein starkes Argument für voll klimatisierte Lösungen.

Der robuste Stirling-Dauerläufer weist jedoch noch einen weiteren Vorteil auf. In den Heizpausen ist sein integrierter Stromgenerator in der Lage, eine Pufferbatterie zur Versorgung der gesamten Heizanlage und weiterer sensibler Verbraucher zu laden. Dieser Betriebsmodus ist insbesondere bei Netzausfall von unschätzbarem Wert und schafft darüber hinaus vielfältige Einsatzmöglichkeiten bei netzfernen Inselösungen. Dazu gehören auch mobile Anwendungen, beispielsweise die Versorgung parkender Transit-LkW mit Wärme, Kühlung und Strom.

Zügige Serienreife nach Abstimmung der Schnittstellen

Frauscher Motors hat sich auf die Entwicklung und Herstellung von Stirling Generatormodulen spezialisiert. Weitere Forschungsschritte im Bereich der Wärmepumpen oder Klimakompressoren im eigenen Haus wären angesichts der aktuell hohen Produktreife in vielen Unternehmen völlig unangebracht. Da die Schnittstelle zwischen Stirling-Generator und Verdichter-Einheit lediglich aus einer schaltbaren elektrischen Verbindung besteht, können nach Abstimmung der Leistungsparameter marktgängige Komponenten – beispielsweise Scroll-Verdichter, angetrieben von bürstenlosen Synchronmotoren – zur Ankopplung eines Klimakompressors an die Stirlingmaschine verwendet werden.

Funktionsschema am Beispiel einer Gebäudeheizung



Copyright Frauscher Motors 09/2023

Detailbeschreibung über die Betriebsarten:

Für die Ankopplung eines Klimakompressors an die Stirlingmaschine nutzt Frauscher ein im Haus entwickeltes Verfahren, das auf Kupplungen und Wellendurchführungen verzichtet. Dies hat deshalb einen hohen Stellenwert für eine nachhaltige Betriebsweise, da sowohl die Stirlingmaschine als auch ein Verdichtermodule unter hohem Gasdruck stehen, der bei Wellendurchführungen langfristig kaum dicht zu halten ist. Darüber hinaus ist eine verlustarme Übertragung gewährleistet. Obige Grafik zeigt die Funktion und die Energieflüsse in vereinfachter Darstellung. Die angedeuteten Einzelkontakte 1-3 besitzen jeweils 3 Kontakte für die Schaltung einer 3-Phasenwechselspannung.

Bedingung: Der Generator -G- der Stirlingmaschine und der E-Motor des Kompressors -M- sind gleichartige und aufeinander abgestimmte permanentmagneterregte 3-Phasen Synchronmaschinen.



Die möglichen Betriebsmodi sind folgendermaßen darstellbar.:

A) Standard-Heizbetrieb

Der Motor der Wärmepumpe wird über den Motorcontroller und Kontakt 1 aus der Gleichstromschiene betrieben. Die Gleichspannung stammt je nach Betriebszustand aus der Speicherbatterie, der PV-Anlage oder aus dem Netz oder aus Teilen dieser Quellen.

B) Start Stirlingmaschine

Beim Schließen des Kontaktes 2 startet die Stirlingmaschine, nachdem zuvor Brennstoffwärme zugeführt wurde. Der Generator -G- wirkt dabei als Anlassermotor.

C) Betrieb Stirlingmaschine

Nach dem Hochlauf wird die elektrische Generatorleistung über den rückspeisefähigen Motorcontroller in die Gleichstromschiene geleitet und dort bedarfsorientiert zur Batterieladung oder in das Hausnetz geleitet. Kontakte 1 und 3 sind geöffnet.

D) Synchronisierung Stirlingmotor - Wärmepumpe

Kontakt 2 öffnet, Kontakt 1 schließt und bringt den Motor der Wärmepumpe auf eine annähernd gleiche Drehzahl wie der Generator der Stirlingmaschine.

Daraufhin schließt Kontakt 3, der Stirlinggenerator treibt verlustarm direkt den Motor der Wärmepumpe über den 3-Phasen-Link an und vermeidet Verluste über den Umweg einer Gleich- und Wechselrichtung.

E) Heizbetrieb durch den Stirlingmotor und Leistungsmodulation

Hier kann zwischen zwei Varianten gewählt werden, die Heizung hat dabei Betriebsvorrang.

Variante 1)

Die Wärmepumpe wird durch den Stirlingmotor mit voller Drehzahl (Leistung) angetrieben. Sobald die Wärmeanforderung der Heizanlage abschaltet, wird die Verbindung Stirlingmaschine-Wärmepumpe durch Öffnen des Kontaktes 3 getrennt. Gleichzeitig schließt Kontakt 2, der die Generatorleistung in die Gleichstromschiene leitet. Es stellt sich ein Zustand wie unter C) beschrieben ein. Bei Wärmeanforderung werden neuerlich die Zustände D) und E) durchlaufen.

Variante 2)

Da die Stirlingmaschine ein konstantes Drehmoment abgibt, lässt sich die Leistung der Wärmepumpe über eine Drehzahlsteuerung – ausgehend von der Drosselstellung des Entspannungsventiles – regeln. Eine verringerte Drehzahl führt automatisch zu weniger Brennstoffbedarf, da die innere Wärmeabnahme der Stirlingmaschine sinkt. Die Brennstoffzufuhr für den Brenner der Stirlingmaschine wird automatisch angepasst. Dieser Betriebsmodus wird vorteilhaft im Heizbetrieb bei tiefen Außentemperaturen gewählt, da ein bestmöglicher Wirkungsgrad der Heizanlage erreicht wird.

In Heizpausen übernimmt der Stirlinggenerator wieder die Batterieladung, indem er den 3-Phasenlink (Kontakt 3) trennt und Kontakt 2 verbindet. Es stellt sich ein Zustand wie unter C) beschrieben ein.



F) Fehlende Netzversorgung - Stromausfall

In dieser Phase hat die elektrische Versorgung Priorität. Die Stirlingmaschine wird – sofern sie nicht ohnedies in Betrieb ist – wie unter B) beschrieben gestartet und arbeitet in Folge wie unter C) beschrieben. Die Kühlwärme wird dabei gänzlich für den Heizkreislauf verwendet, um ein Einfrieren der Gebäudeinstallation zu vermeiden. Sollte keine Heizanforderung vorliegen, wird die Kühlwärme an das Brauchwasser oder an die Außenumgebung abgeleitet. Sollte die Batterie aufgeladen sein, kann die Wärmepumpe wie unter E) beschrieben starten oder die elektrische Überschussleistung wird über einen E-Heizstab an das Heizsystem oder Brauchwasser abgegeben. Vorteilhaft kann dabei eine PWM-Steuerung zum Einsatz kommen, wodurch eine kontrollierte Laderegulierung der Batterie gewährleistet ist.

Zusammenfassung:

Der Hybridantrieb für Wärmepumpen steht für eine neue Qualität in der Heizungstechnik. Neben der Wärmeversorgung bei erheblicher Einsparung von Brennstoff sorgt die Einrichtung auch für die Bereitstellung elektrischer Energie aus dem Brennstofflager oder Brennstoffnetz. Damit können neben dem Heizbetrieb wichtige Verbraucher bei einem Ausfall der elektrischen Netzversorgung in Betrieb gehalten werden.